

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT PEDAQOJİ UNİVERSİTETİ

FİZİKANIN AKTUAL PROBLEMLƏRİ

RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ

MATERİALLARI

Bakı- 29 noyabr2024

“FİZİKANIN AKTUAL PROBLEMLƏRİ”
RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ
TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ

Sədr:

Prof. Cəfər Cəfərov- ADPU-nun rektoru

Sədr müavini:

Prof. Asəf Zamanov- ADPU-nun Elm və innovasiyalar üzrə prorektoru

Üzvlər:

Dos. Arzu Daşdəmirov- Fizika fakültəsinin dekanı

Prof. Cahangir Hüseynov- Ümumi fizika kafedrasının müdiri

Prof. Aydın Ələkbərov- Ümumi fizika kafedrasının professoru

Prof. Həmzə Seyidli- Ümumi fizika kafedrasının professoru

Prof. Namiq Niftiyev- Ümumi fizika kafedrasının professoru

Prof. İbrahim Bayramov- Elmi təşkilati şöbənin müdiri

F.ü.f.d. Nigar Aslanova- Elmi təşkilati şöbənin Elmi nəşrlər

bölməsinin müdiri

Məsul katib:

F.ü.f.d. Aygün İbrahimli- Ümumi fizika kafedrasının müəllimi

MÜNDƏRİCAT

I BÖLMƏ

YÜKSƏK ENERJİLƏR FİZİKASI VƏ RADİASIYA MATERIALŞÜNASLIĞI

1. Cəbiyeva A.Ə., Məmmədova T.N. Qamma şüalanmanın AlN nanohissəciklərinin ruluş xassələrinə təsiri.....	8
2.Raidə İbayeva, Behbud İbrahimov, Aysel İsmayılova, Şahzadə Yarəhmədov Kvant çuxurlarında zonadaxili optik keçidlər.....	11
3.R.E. Gasimova, V.A. Huseynov, N.A. Zeynalova Physical conditions under which field effects are enhanced in elastic relict antineutrino-electron scattering in a magnetic field	13
4.Səidə Zalova, Ayşən Allahyarova Meylli maqnit sahəsində yarımkeçirici ifratqəfəsdə elektromaqnit şüalanmasının altzonalararası udulması.....	16
5.Səidə Zalova, Lalə İsmayılova Meylli maqnit sahəsində yarımkeçirici ifratqəfəslərdə sərbəst yükdaşıyıcılarla işığın udulması	19
6.X.A.Həsənov, R.Ş.Rəhimov, V.V.Dadaşova, D.F.Rüstənova, A.Y.Həmzəyeva Modifikasiya olunmuş PEŞL-TELLER potensialı nazik təbəqədə elektron ion qarşılıqlı təsirinə matris elementi.....	22
7.T.A.Cəfərov, C.İ.Hüseynov, A.M.Allahverdiyev, G.Ə.Qaraşova $Sn_{1-x}Tb_xSe$ monokristallarının termoelektrik hərəkət qüvvəsinə γ -şüaların təsiri	25
8.Arzu Daşdəmirov, Aydın Ələkbərov Radiasiya şüalarının GaS laylı monokristalının fotokeçiricilik spektrinə təsiri	28
9.Aydın Ələkbərov, Rəzim Bayramlı Temperaturun şüalanmış GaS laylı monokristalının fotokeçiricilik spektrinə təsiri	30
10.Г.Г. Кулиева, С. Е. Халилова, Н.А. Садыкова Решение Уравнения Клейна-Фока-Гордона для потенциала Розен-Морса в связанном состоянии.....	32
11.M.A.Musayev, I.I.Abbasov, J.I.Huseynov, E.A.Eminova Study of the dependence of the radiation intensity in the near infrared range of $ZnSe:Cr$ on the power of the exciting source	35
12.M.A.Musayev, I.I.Abbasov, J.I.Huseynov, E.A.Eminova Study of the dependence of the radiation intensity in the near infrared range of $ZnSe:Fe$ on the power of the exciting source	38
13.Cabbarov Cabbar, Bəşirzadə Nəibə Külək mühərrikləri: Təmiz enerji və gələcək nəsillər üçün dayanıqlı inkişaf	41
14.V.İ.Hüseynov Makroskopik sistemlərin cırılma şərtləri, bozonlar və fermionlar	44
15.R.E. Gasimova, V.A. Huseynov Scattered antineutrino average energy sensitivity to polarization of electrons and flavour in elastic relict antineutrino-electron scattering.....	46
16.T.C.Əhmədov, A.A.Qəribov İstilik və sürətli neytronların təsiri altında uran dioksiddə baş verən nüvə prosesləri	49
17.С.Х.Умаров, В.Д.Пустамов, Я.Б.Намазов Структура поверхности кристалла $TlInS_2$ и влияние на нее быстрых электронов.....	51

II BÖLMƏ (I hissə)

BƏRK CİSİM VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI

1. S.F. Abdullayeva, Ə.R. Aslanova Məhdud kontakt səthli şottki diodlarında əlavə elektrik sahəsi.....	54
2. A.P. Abdullayev, V.İ. Əhmədov, F.Ş. Məmmədov, A.Ə. İsayeva, G.Z. Əsgərova Amorf metallik ərintilər və onların tətbiq perspektivləri.....	56
3. R. Rəhimov, S. Sərməsov Termik emal nəticəsində təbəqələrin quruluşunun və elektrofiziki xassələrinin dəyişməsi.....	59
4. А.П. Абдуллаев, Д.М. Кафарова, И.М. Нуриева, С.Дж. Рзаева Диэлектрические свойства кристалла $TlInSe_2$	62
5. N.N. Niyyəyev, A.O. Daşdəmirov, F.M. Məmmədov, R. Ağayeva $FeGa_{0,8}In_{1,2}Se_4$ kristallarının dielektrik əmsallarının tezlik dispersiyası.....	65
6. T.N. Məmmədov, A.Ə. Cəbiyeva Nd nadir torpaq elementi ilə aktivləşdirilmiş $Y_3Al_5O_{12}$ birləşməsinin sintezi və quruluş xassələri.....	68
7. S.S. Lətifova, İ.N. Abdulova Yeni üsulla germanium və silisiumda aparılan kütlə spektrometriyanın təyini.....	70
8. X.A. Adgözəlova, O.M. Həsənov $Sn_{1-x}Nd_xS$ ($x=0.01; 0.02$) monokristallarının kinetik xassələri.....	73
9. R.M. İsmayilov, X.İ. İsmayilova, R.M. Yunisova Qeyri bircins qızdırılmış $n-Cd_xHg_{1-x}Te$ monokristallarında maqnitkonsentrasiya effekti.....	75
10. R.M. İsmayilov, X.İ. İsmayilova, R.M. Yunisova Çarpaz sahələrdə $n-Cd_xHg_{1-x}Te$ monokristallarının volt-ampere xarakteristikaları.....	79
11. C.İ. Hüseyinov, O.M. Həsənov, A.X. Adgözəlova, H.A. Aslanov, G.Ə. Qaraşova $(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ sistem ərintilərində maqnit müqaviləti.....	82
12. C.İ. Hüseyinov, O.M. Həsənov, A.X. Adgözəlova, H.A. Aslanov, G.Ə. Qaraşova $Gd_xSn_{1-x}Se$ ərintilərinin termomaqnit xassələri.....	85
13. M.A. Musayev, N.M. Əliyeva, A.M. Allahverdiyev $CrGa_2S_4$ kristallarının quruluş xüsusiyyətləri.....	88
14. Mirvari Mustafayeva $Cu_{1-x}Ni_xFeTe_2$ Yarımkeçiricilərinin Maqnit Davranışının Temperaturdan Asılılığın Tədqiqi.....	91
15. T.A. Cəfərov, C.İ. Hüseyinov, X.A. Həsənov, İ.İ. Abbasov $(SnSe)_{1-x}(TbSe)_x$ bərk məhlulları əsasında termoelektrik material.....	94
16. C.C. Bayramov, İ.N. Abdulova, Ü.M. Mustafayeva $TlIn_{1-x}Gd_xS_2$ bərk məhlulların istidən genişlənməsinə və izotermik sıxılmasına defektlərin təsiri.....	97
18. C.C. Bayramov, N.S. Sərdarova, C.Q. Abbaszadə $TlInSe_2-TlGdSe_2$ sistem ərintilərinin çeviricilik xassələri.....	100
19. В.А. Алиев, В.Дж. Рустамов, Я.Б. Намазов, А.К. Алызаде, Т.Х. Дадакишиева О возможности электрохимической модификации ионпроводящих фотопроводников группы $A^3B^3C^6$	103

II BÖLMƏ (II hissə)

BƏRK CİSİM VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI

1. Z.M.Zeynalov, Y.B.Namazov, S.X.Musayev, M.K.Qarayeva İstilik emalının $TlInSe_2<Ln>$ və $TlIn_{1-x}Ln_xSe_2$ monokristallarının fotoelektrik xassələrinə təsiri	106
2. Rasim Məmmədov, Əminə Aslanova, Nəzrin Şikarova Şottki diodunun potensial çəpərinin hündürlüyünün təmas səthinin həndəsi ölçülərindən asılılığı	109
3. V.İ.Hüseynov, S.Ş.Qurbanov, İ.M.Əlimərdanova Kristallarda quruluş elementlərinin yerləşmə vəziyyəti, brave qəfəsi və sinqoniyalar.....	112
4. N.N.Niftiyev, F.K.Kərimli $MnGa_2S_4$ monokristalının elektrikkeçiriciliyi	115
5. N.E.Hüseynova, İ.M.Əfəndiyeva $Au/(%7Zn-PVA)/n-Si$ metal-polimer- yarımkeçirici (MPY) kontakt strukturun xüsusiyyətlərinin $C-V$ və $G/\omega-V$ xarakteristikaları əsasında təhlili	118
6. R.İ.Ələkbərov, Ş.C.Tanrıverdiyeva $Se-As$ xalkogenid şüşəvari sistemində fotoinduksiyanmış optik udulma.....	121
7. Lamiya Balayeva, Ali Hüseynov Structural and Morphological Properties of $Ga_{0.99}B_{0.01}Se$: Towards Advanced Photodetectors.....	124
8. R.X.Ələkbərova, M.N.Ağayev Günəş elementlərinə cərəyan daşıyan şəbəkənin həndəsi formasının təsiri	127
9. Вафа Салимова, Севил Летифова $TlGaSe_2)_{1-x} (TlInS_2)_x (0 \leq x \leq 1)$ в твердом растворе зависимость химической связи и ширины запрещенной зоны от параметров решетки. 129	129
10. N.N.Niftiyev, A.O.Daşdəmirov, Z.A.Orucova $FeGa_2S_4$ kristalının dəyişən elektrik sahəsində elektrik keçiriciliyi.....	132
11. R.B.Bayramlı, E.V.Nəsirov, İ.M.Məhərrəmov, Ü.F.Bayramlı, V.İ.Nəsirov $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$ monokristalında II \leftrightarrow III faza çevrilmələrinin morfoloqiyası	135
12. E.V.Nəsirov, A.G.Rzayeva, S.M.Əhədova, V.İ.Nəsirov $Cu_{1.60}Zn_{0.15}Te$ kristalında polimorf çevilmələr.....	138
13. V.İ.Nəsirov, A.F.Kazimova $K_{0.955}Na_{0.045}NO_3$ kristalında monokristal \rightarrow monokristal çevirmə.....	141
14. V.İ.Nəsirov, N.M.Namazova, R.B.Bayramlı $K_{0.940}Ag_{0.060}NO_3$ kristalında polimorf çevirmələrin kinetikasi.....	145
15. A.M.Allahverdiyev, A.B. İbrahimli Monolit kaskad fotoelementlərin VAX – na tərkib hissələrinin qarşılıqlı təsiri	148
16. A.M. Allahverdiyev, A.B. İbrahimli'n P və $In P - Ga_xIn_{1-x}Ar_yP_{1-y}$ əsaslı fotoelementlərin spektral xarakteristikaları	150
17. В.А.Алиев, В.П.Новиков, В.Дж.Рустамов., Я.В.Намазов, Л.А.Исмаилов Новый взгляд на явления переноса в кристаллах $TlInSe_2$	152
18. L.N.Muxtarlı, N.F.Qəhrəmanov $Cu_3Ga_5S_9$ monokristalının qaytarma əmsalı spektri	155

III BÖLMƏ

NANOMATERİALLAR VƏ MOLEKULYAR FİZİKA

1. <i>L.İ. Vəliyeva, A.A. Mehdiyeva</i> GRB-AST A4 molekulunun ön uclu SER1-ARG2-PRO3 fraqmentinin həndəsi və enerji parametrlərinin müəyyən edilməsi	157
2. <i>Orkhan Gulahmadov, Mustafa Muradov, Lala Gahramanli, Ali Musayev and Jadranka Blazhevsk</i> Enhancing triboelectric nanogenerator performance using nylon/mwcnt nanocomposites fabricated via spray coating method.....	160
3. <i>Fatma İsmayılova</i> Kükürd ionlarının konsentrasiyasının Ag-Ag ₂ S nüvə-örtük tipli strukturlarının udma spektrlərinə təsirinin tədqiqi.....	163
4. <i>Fatma İsmayılova</i> Kükürd ionlarının artan konsentrasiyası ilə Ag-Ag ₂ S quruluşlarının struktur xüsusiyyətlərinin dəyişməsinin tədqiqi	166
5. <i>S.Nuriyeva, S.Məmmədova</i> CH ₃ NH ₃ SnCl ₃ perovskit təbəqələrin sintezi	168
6. <i>Bəkirova Səmayə</i> Ag nanoquruluşunun sintezi, quruluşu və morfologiyasının tədqiqi.....	170
7. <i>Nuriyeva Sevinc, Aytac Qədirova</i> ZnO və ÇLKNB əsasında nanokompozitlərin alınması ..	173
8. <i>Əsmər Əliyeva</i> ZnO nanohissəciklərinin bitkilərdə fotosintez prosesinin aktivliyinə təsiri.	175
9. <i>Telkhan Mahmudova</i> A review of the physical properties of SiC nanoparticles.....	178
10. <i>Telkhanim Mahmudova</i> A review on the synthesis of SiC Nanoparticles.....	180
11. <i>Zeynab Addayeva, Mustafa Muradov, Namiq Niftiyev, Faik Mammadov</i> FeGaInS ₄ /PVS Nanokompozitlərinin Dielektrik Xassələrinin Doldurucunun Konsentrasiyasından Asılılığı	182
12. <i>K.N.Sadixova, İ.S.Əhmədov</i> Fe ₃ O ₄ nanohissəciklərinin qaranlıq şəraitdə xlorofil pigmentinin deqradasiyasına təsiri.....	185
13. <i>R.F.Rzayev, A.O.Daşdəmirov, C.İ. Hüseynov, H.A.Aslanov</i> Nano ölçülü itrium oksid hissəciklərinin atom dinamikasına neytron selinin təsiri	188
14. <i>М.С.Афанасьев, А.Э.Набиев, Дж.И.Гусейнов, Т.М.Айдынова, Н.Ш.Алиев</i> Электропроводность сегнетоэлектрических пленок Ba _{0.8} Sr _{0.2} TiO ₃ на переменном токе	191
15. <i>Qədirova Nüşabə, Hacıyeva Flora</i> Kobalt ferrit CoFe ₂ O ₄ nanohissəciklərinin müxtəlif səthi-aktiv maddələr iştirakında sintezi və stabilləşdirilməsi	194
16. <i>A.Ə.Həsənov, N.H.Həsənov, A.A. Novruzlu</i> KCl-un sulu məhlulunun elektrik keçiriciliyinin elektromaqnit sahəsinin tezliyindən asılılığı	196
17. <i>Maarif Jafarov, Lala Gahramanli, Telxanim Mahmudova</i> Fabrication Technologies for SiC/PVP Nanocomposite Materials	199
18. <i>H.A.Aslanov, A.B.İbrahimli</i> Teyt tənliyi vasitəsilə mayələrin P – V – T asılılığının araşdırılması	202
19. <i>Ə.Cəlilova, F.Hacıyeva</i> FeNi bimetall nanohissəciklərinin SEM və EDS analizi	204
20. <i>Aslanov H.A., İbrahimli A.B.</i> Propilformatın dinamik özlülük əmsalının onun termik xassələrindən asılılığı.....	206
21. <i>A.R.Eminova</i> Mechanisms of defect formation on the nanocrystalline 3C-SiC particles under neutron irradiation	209

IV BÖLMƏ

FİZİKANIN TƏDRİSİ METODİKASI

1.V.Ö.Orucov G.S. Vəlibəyova İnteraktiv məktəb fizika eksperimentləri	211
2.O.M.Gasanov, X. A. Adgezalova Методика преподавания физики в средней школе с использованием компьютерных технологий	214
3.O.M.Gasanov, C.G.Namazova, X.A. Adgezalova Описание электронного учебного модуля «Физика атомного ядра»	217
4.O.M.Gasanov, Дж.И.Гусейнов, X.A. Adgezalova Применения презентаций в лекционной практике	220
5.V.Ö.Orucov, S.X.Cəlilova Fizika təliminin aktual problemlərinin mənzərəsi	223
6.S.R.Əsədova Fizikanın təlimində praktikayönümlü fəaliyyətin mahiyyəti.....	226
7.E.S.Soltanova Fizika Tədrisi Metodologiyasında Sağlamlıq Məhdudiyəti Olan Şagirdlər üçün Təfəkkür Formaları və İnkişaf Texnologiyaları	229
8.H.З.Гусейнли, Дж.Г.Джаббаров Некоторые особенности решение экспериментальных задач в среднем школьном курсе физики.....	232
9.Y.B.Namazov, R.K.Hüseynov, F.R.Namazov Texniki peşə təhsil müəssisələrində fizika təliminin didaktik məsələləri.....	234
10.Cəlilova Sevinc, Nəsibova Ləman Müasir innovasiyaların – İKT-nin fizikanın tədrisinə təsiri.....	237
11.Ağaxəlil Əliyev XI sinif şagirdlərinin fizikadan “Elektromaqnit rəqsləri və dalğaları” fəslinin tədrisi zamanı ekoloji maarifləndirilməsi	239
12.F.Ə.Məmmədov, S.R.Sadiqova Təlim prosesində idrak metodlarının tətbiqinin əhəmiyyəti.....	242
13.J.Ə.Nəsrullayeva, S.Hacıyeva, C.A.Məhərrəmovə Fiziki hadisələrin təsvirində analogiyadan istifadə.....	245
14.G.E.Əkbərova, O.M.Həsənov, G.U.Hacıyeva, A.S.Tağızadə Fizikanın tədrisi prosesində tələbələrin tədqiqatçılıq bacarığının formalaşması və inkişafında eksperimental məsələlərin rolu 248	
15.Vidadi Orucov, Aytən Kərimova Fizika fənninin təlimində qiymətləndirmənin təkmilləşdirilməsi.....	252
16.T.M.Hacıyev XI sinif fizika kursunda “Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsiri. Amper qüvvəsi” mövzusunun tədrisində virtual təcrübələrdən istifadə texnologiyası.....	255
17.G.A.Dadaşzadə Fiziki hadisələrin tədrisində analogiyadan istifadənin əhəmiyyəti.....	258
18.G.Ə.Müsəyeva Orta əsrlərdə azərbaycan filosoflarının (Ə.Bəhmənyar və N.Gəncəvinin) xidmətlərinə dair təlim materiallarından ümumtəhsil orta məktəbin vii sinif fizika tədrisində istifadənin sistemi	261
19.A.C.Məmmədzadə Fizika təlimində interdisiplinar əlaqələrin rolu.....	264
20.R.Ş.Rəhimov, X.V.Cəlilova Fizika dərslərində uyğunluq prinsipinin reallaşdırılması.....	267
21. İ.M. Məmmədov Termoelektrik materialların xüsusiyyətləri.....	269
22. Firəngiz Qurbanova SiO ₂ nanohissəciklərinin alınması texnologiyası	272

I BÖLMƏ

YÜKSƏK ENERJİLƏR FİZİKASI VƏ RADİASIYA MATERIALŞÜNASLIĞI

QAMMA ŞÜALANMANIN AIN NANOHISSƏCİKLƏRİNİN QURULUŞ XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

A.Ə.Cəbiyeva, T.N.Məmmədova

Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti (UNEC)

Aynur.Jabiyeva@unec.edu.az,turan_mammadova@unec.edu.az

Son illərdə yüksək dəqiqliyə malik elektron cihazlara artan tələblərdən irəli gələrək qeyri-üzvi nanohissəciklərin (oksidlər, karbidlər, nitridlər və s.)sənayedə müxtəlif tətbiqlərdə istifadəsi sürətlə genişlənməkdədir. Qeyri-üzvi nanohissəciklər arasında nitrid əsaslı (AlN, GaN, InN, Si₃N₄, TiN və s.) materiallar özlərinin quruluş, optik, elektron və maqnit xassələrinə görə xüsusi diqqət cəlb edirlər [1]. Qeyd edilən materiallar sırasında AlN yüksək mexaniki möhkəmlik, aşağı istidən genişlənmə əmsalı, yüksək simmetriyaya malik kristal quruluş, kənar təsirlərə qarşı ekstremal dayanıqlıq kimi unikal fiziki-kimyəvi xassələri ilə həm keramik material, həm də elektronika və optoelektronikada geniş tətbiq imkanlarına malik funksional materialdır. Eləcə də, onun yüksək istilik keçiriciliyinə malik olması istilik yayılmasının vacib olduğu yüksək temperaturlu elektron və yüksək güclü mikrodalğalı cihazlar üçün tətbiq potensialını artırır. Bundan əlavə, bu materialların geniş qadağan olunmuş zonaya malik olması (6.2 eV) onun 200 nm dalğa uzunluğunun geniş intervalında optik tətbiqlər üçün faydalı olmasını deməyə əsas verir.

Materialın xassələrini bir sıra kristaldaxili (aşqarlanma, sintez prosesi və s.) və xarici (temperatur, xarici elektrik sahəsi, radioaktiv şüalanma və s.) amillərin təsiri altında dəyişməklə onlarda yeni funksional xassələrin yaradılması mümkündür. Qamma şüalarının AlN nanohissəciklərinə təsiri tədqiqatçılar tərəfindən demək olar ki, tədqiq edilməmişdir. Bu tip şüalanma nanohissəciklərin xassələrini, ölçüsünü, morfologiyasını və səth kimyasını nəzarətdə saxlamaq və tənzimləmək üçün güclü vasitə kimi istifadə edilir. Bu baxımdan qamma şüalanmanın AlN nanohissəciklərinin elektron quruluşuna və funksional xassələrinə təsiri mexanizminin aydınlaşdırılması, sərt radiasiya mühitlərində işləmək üçün nəzərdə tutulmuş nanomaterial əsaslı cihazların və sistemlərin dizaynı, eləcə də optimallaşdırılması üçün çox vacibdir [1,2].

Təqdim olunan işdə AlN nanohissəciklərinin alınması və qamma şüalanma dozasının nanohissəciklərin quruluş xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir.

Alüminium nitrid nanohissəcikləri karbotermik reduksiya yolu [3] ilə sintez edilmişdir. Sintez prosesinə başlanmadan əvvəl istifadə olunacaq qablar nitrat (HNO₃) və xlorid (HCl) turşularının

1:3 nisbətində hazırlanmış məhlulunda müəyyən müddət saxlanılmış, daha sonra distillə edilmiş su ilə yaxalandıqdan sonra avtoklavda qurudulmuşdur. AlN hissəciklərini hazırlamaq üçün ilkin reagentlər kimi alüminium xlorid ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 97%), karbamid (CON_2H_4 , 99,0%), susuz etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 99,5%) və azot (N_2 , 99,999%) istifadə edilmişdir. Sintez prosesində iki sulu məhlul hazırlanmışdır. Birinci məhlul 0,01mol alüminium xlorid ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 97%) və susuz etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 99,5%) qarışığı, ikinci məhlul isə 0,06mol karbamid (CON_2H_4 , 99,0%) və susuz etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 99,5%) qarışığıdır. Sintez prosesində əsas olaraq reagentlərin, yəni alüminium xlorid və karbamid qarışığının istilik birləşməsinə təmin etmək idi. İlkin olaraq, reagentlər iki fərqli məhlul əldə etmək üçün qızdırıcıda 60°S temperaturda susuz etanolda həll edilmişdir. Bu məhlulları həll etdikdən sonra alüminium xlorid məhlulu 70°S temperaturda karbamid məhluluna yavaş-yavaş əlavə edilmişdir. Bu proseslərdən alınan mürəkkəb məhlul filtrasiya yolu ilə ayrılmışdır. Sonda alınmış alüminium-karbamid xlorid qarışığı sobaya yerləşdirilmiş, azot qazı mühitində 5 saat ərzində 1000°S qızdırılmış və nəhayət AlN birləşmələri formalaşmışdır. Alınan AlN tozu 350 Mrad şüalanma dozasında qamma şüalanmasına məruz qalmışdır. Bundan sonra təmiz və qamma şüalarının təsirinə məruz qalmış nanohissəciklərinin quruluş xüsusiyyətlərində baş verən dəyişikliklər müqayisəli təhlil edilmişdir.

Alınmış birləşmələrin quruluş analizi CoK α şüalanması ($\lambda = 0,17889$ nm) olan D8 Advance (Bruker) rentgen difraktometrindən istifadə etməklə aparılmışdır. Alınmış məhsulların kristalit ölçüsünü qiymətləndirmək üçün Ritveld metodundan istifadə edilmişdir. Əldə edilmiş rentgen difraksiya pikləri FullProf proqram təminatının verilənlər bazası əsasında təyin edilmişdir [4]. Nanokristallar heksogonal ($P6_3/mc$ fəza qrupu) quruluşa malik olduğu və qəfəs sabitlərinin ilkin hala uyğun qiymətlərinin $V = 41.740 \text{ \AA}^3$, $a = 3.11133$, $c = 4.9789$ olduğu müəyyən edilmişdir. Spektrlərin şüalanmaya uyğun olaraq ilkin hala nisbətən dəyişməsi qamma şüalanmadan sonra 2.7% olaraq özünü göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, şüalanmadan sonra qəfəsdə yaranan deffekt və deformasiyalar kristal qəfəsin böyüməsinə gətirib çıxarıb. Amorflaşma kristal qəfəsin genişlənməsində əsas faktor kimi rol oynamışdır. Məlum olmuşdur ki, qamma şüalanmadan sonra zərrəciklərin ölçülərində 5.236%-ə qədər kiçilmə özünü göstərir. Lakin bu nisbidir, çünki səpilmə bucağının yüksək qiymətlərində istiqamətlərə görə bu dəyişim müxtəlif vəziyyətlərdə bir-birindən fərqli hətta bu istiqamətlərdə yığılma kimi effektlər müşahidə olunur.

Ədəbiyyat

1. Mahua Ghosh Chaudhuri, Feasibility Study of Synthesis of Nanostructured Aluminum Nitride Through Sol-Gel Route Journal of Engineering Research and Applications, Volume 6, 2016, pp.20-22.
2. Hayk H. Nersisyan, Bung Uk Yoo, Kab Ho Lee, and Jong Hyeon Lee, A thermochemical pathway

for controlled synthesis of AlN nanoparticles in non-isothermal conditions, *Thermochimica Acta*, Volume 604, 2015, 77-82.

3. Zhifang Gao, Yizao Wan, Guangyao Xiong, Ruisong Guo, Honglin Luo, Synthesis of aluminum nitride nanoparticles by a facile urea glass route and influence of urea/metal molar ratio, *Applied Surface Science* 280, 2013, 42–49.

4. Quanli Hu, Tetsuji Noda, Hisashi Tanigawa, Toshiaki Yoneoka, Satoru Tanaka, The oxygen-related defect complexes in AlN under gamma irradiation and quantum chemistry calculation, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* Volume 191, 2002, 536-539.

EFFECT of GAMMA IRRADIATION ON STRUCTURAL PROPERTIES of AlN NANOPARTICLES

A.A.Jabiyeva, T.N.Mammadova
Azerbaijan State University of Economics (UNEC)

Abstract: *In the presented work, aluminum nitride (AlN) nanoparticles were synthesized by carbothermic reduction-nitridation reaction. Currently, the carbothermic reduction and nitridation process is an important method for obtaining aluminum nitride nanoparticles on a large scale in industry. The synthesized AlN nanoparticles were exposed to gamma irradiation at a radiation dose of 350 Mrad. The effect of gamma rays on the crystal structure and morphology of AlN particles was studied using X-ray diffraction. The change in the spectra according to the irradiation compared to the initial state is 2.7% after gamma irradiation. It was found that after irradiation, lattice defects and deformations caused the growth of the lattice, which suggests that amorphization plays an important role in the expansion of the crystal lattice.*

Keywords: *AlN, nanoparticle, X-ray diffraction, gamma irradiation*

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ AlN

А.А.Джабиева, Т.Н.Мамедова
Азербайджанский Государственный Экономический Университет (UNEC)

Аннотация: *В представленной работе наночастицы нитрида алюминия (AlN) были синтезированы с помощью реакции карботермического восстановления-нитридации. В настоящее время процесс карботермического восстановления и азотирования является важным методом получения наночастиц нитрида алюминия в больших масштабах в промышленности. Синтезированные наночастицы AlN подвергались гамма-облучению при дозе облучения 350 Мрад. Влияние гамма-лучей на кристаллическую структуру и морфологию частиц AlN было изучено с помощью рентгеновской дифракции. Изменение спектров в зависимости от облучения по сравнению с исходным состоянием составляет 2,7% после гамма-облучения. Установлено, что после облучения дефекты решетки и деформации вызывают рост решетки, что позволяет предположить, что аморфизация играет важную роль в расширении кристаллической решетки.*

Ключевые слова: *AlN, наночастица, рентгеновская дифракция, гамма-облучение*

KVANT ÇUXURLARINDA ZONADAXİLİ OPTİK KEÇİDLƏR

İbayeva R¹, İbrahimov B¹, İsmayılova A², Yarəhmədov Ş².

ARETN Fizika İnstitutu¹,

Bakı Dövlət Universiteti²

raidaibayeva1@gmail.com

Xülasə: Bu işdə, birinci tərtib həyəcanlaşma nəzəriyyəsi çərçivəsində kvant çuxurlarında zonadaxili optik keçidlər hesablanmışdır.

Açar sözlər: kvant çuxur, optik keçid, zonadaxili, konfaynment.

Kvant çuxuru cihazının əsası, nazik yarımkeçirici təbəqənin daha böyük zona keçidinin iki qalın yarımkeçirici təbəqə arasında yerləşdiyi haldan ibarətdir. Bu qurğular hazırda bir çox elektron cihazların bütün adi elektron komponentlərini əvəz edir. Yarımkeçirici materialın eni De-Broyl dalğa uzunluğu ilə müqayisə oluna bildiyi üçün ölçülü kvantlama ilə nəticələnəcək, elektronlar və dəşiklər potensial enerjilərinin ən aşağı olduğu kiçik diapazonlu yarımkeçiricilərdə məhdudlanacaq [1]. Əksər hallarda, kiçik zona keçidi materialının qalınlığı təxminən 100 Å və ya daha az olur.

Kvant çuxurunda yükdaşıyıcılar artan istiqamətdə (z-istiqamətində), yəni artma oxuna perpendikulyar istiqamətdə məhdudlanır və digər istiqamətlərdə sərbəst hərəkət edir. Hərəkət z-istiqamətində məhdudlaşdığından və digər istiqamətlərdə sərbəst olduğundan, bu cihazlar da iki ölçülü strukturlar kimi təsvir olunur. Bu aşağı ölçülü strukturlardan daha səmərəli cihazlar alınə bilər. Bu cihazlar müvafiq həcmi material cihazları ilə eyni prinsip əsasında işləyir. Kvant çuxuru cihazları III-V qrupunun çox nazik epitaksial təbəqələrinin heterostrukturlarına, molekulyar şüa epitaksiyası və Metal-Orqanik Kimyəvi Buxar Depozisiyasından istifadə edərək hazırlanmış II-VI qrup yarımkeçirici materiallara malikdir [2]. Əvvəllər qəfəsə uyğun heterostrukturlara diqqət yetirilirdi, lakin hazırda müxtəlif tərkibli qəfəsə uyğunsuzluğu olan gərilmiş təbəqələrlə bir çox materiallar hazırlanır ki, bu da daha yaxşı xarakteristik materiallar hesab olunur. Bu cihazlara kvant çuxuru lazerləri, modulyatorlar və açarlar daxildir [3]. Kvant çuxuru strukturları orta infraqırmızı spektral diapazonda tənzimlənə bilən infraqırmızı fotodetektorları, faza modulyatorları, elektro udma modulyatorları və optik açarları hazırlamaq üçün istifadə edilmişdir [4]. Onlar bu gün elektron avadanlıqların, xüsusən də optik lif rabitəsinin əsas komponentləridir. Bu cihazlar hətta optik və optoelektronik inteqral sxemlər hazırlamaq üçün digər optik və elektron cihazlarla birləşdirilir.

Bu işdə kvant çuxurlarda zonadaxili optik keçidlərə baxılmışdır. Kvant çuxurunda keçirici zona halları üçün enerji dispersiyası aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$E_c(s, \vec{k}_{II}) = E_{c2} + E_s^c + \frac{\hbar^2 k_{II}^2}{2m_{e2}} \{s = 1, 2, 3 \dots\}$$

Kvant çuxurunda valent zona halları üçün dispersiya əlaqəsi belədir:

$$E_v(p, \vec{k}_{II}) = E_{v2} - E_p^v - \frac{\hbar^2 k_{II}^2}{2m_{h2}} \{p = 1, 2, 3 \dots\}$$

Dalğa vektoru \vec{k}_0 yaxınlığında keçirici və valent zona halları üçün təqribi effektiv kütlədə dalğa funksiyası aşağıdakı kimi yazılır:

$$\begin{aligned}\psi_{c,s,\vec{k}_{II}}(\vec{r}) &= \frac{e^{i\vec{k}_{II}\vec{\rho}}}{\sqrt{A}} \phi_s^c(z) \sqrt{V} \psi_{c,\vec{k}_0}(\vec{r}) \\ \psi_{v,p,\vec{k}_{II}}(\vec{r}) &= \frac{e^{i\vec{k}_{II}\vec{\rho}}}{\sqrt{A}} \phi_p^v(z) \sqrt{V} \psi_{v,\vec{k}_0}(\vec{r})\end{aligned}$$

Burada, kvant çuxurunun müstəvisində istiqamət vektoru $p = x\hat{x} + y\hat{y}$ olacaq. A- kvant çuxurunun sahəsi və V isə kristalın həcmidir. Kvant çuxurlarında optik keçid sürətlərini hesablamaq üçün valent və keçirici zonası halları arasında impuls matrisi elementi lazım olacaq.

Qeyd edək ki, \vec{k}_0 və \vec{k}'_0 dalğa vektorlarını ehtiva edən eksponensialları nəzərə almamışıq. Çünki bu dalğa vektorlarının ölçüləri sıfıra yaxınlaşır. Həcmi halda olduğu kimi, biz də fərz edəcəyik ki, foton dalğa vektoru qelektron dalğa vektorları ilə müqayisədə çox kiçikdir və nəzərə almamaq olar.

$$\begin{aligned}\langle \psi_{c,s,\vec{k}_{II}} | e^{i\vec{q}\cdot\vec{r}} \hat{p} \cdot \hat{n} | \psi_{v,p,\vec{k}_{II}} \rangle \\ = \vec{p}_{cv}(\vec{k}_0, \vec{k}'_0) \cdot \hat{n} \int d^3 \vec{r} \frac{e^{-i\vec{k}_{II}\vec{\rho}}}{\sqrt{A}} [\phi_s^c(z)]^* \frac{e^{i\vec{k}'_{II}\vec{\rho}}}{\sqrt{A}} \phi_p^v(z) \\ = \vec{p}_{cv}(\vec{k}_0, \vec{k}'_0) \cdot \hat{n} \int d^2 \vec{\rho} \int dz \frac{e^{-i\vec{k}_{II}\vec{\rho}}}{\sqrt{A}} [\phi_s^c(z)]^* \frac{e^{i\vec{k}'_{II}\vec{\rho}}}{\sqrt{A}} \phi_p^v(z) \\ = \vec{p}_{cv}(\vec{k}_0, \vec{k}'_0) \cdot \hat{n} \int d^2 \vec{\rho} \frac{e^{-i\vec{k}_{II}\vec{\rho}}}{\sqrt{A}} \frac{e^{i\vec{k}'_{II}\vec{\rho}}}{\sqrt{A}} \int dz [\phi_s^c(z)]^* \phi_p^v(z) \\ = \delta_{\vec{k}_{II}, \vec{k}'_{II}} \vec{p}_{cv}(\vec{k}_0, \vec{k}'_0) \cdot \hat{n} \int dz [\phi_s^c(z)]^* \phi_p^v(z)\end{aligned}$$

Yekun düstur göstərir ki, ilkin və son vəziyyətlərdə elektronların impulsları bərabər olmalıdır və impuls matrisinin elementi kvant konfaynmenti istiqamətində keçiricilik və valentlik zona hallarının qəfəs funksiyalarının üst-üstə düşmə inteqralları ilə hesablanır. Bu üst-üstə düşən inteqral bizə kvant çuxurlarında optik keçidlər üçün vacib seçim verir.

Ədəbiyyat

1. G.B. Ibragimov, R.Z. Ibaeva, A.S. Alekperov, B.G. Ibragimov, Light absorption by free charge carriers in the presence of phonons in an anisotropic quantum wire, Vol.6, No.1, 2024, pp.56-62.
2. Meenakshi, Dhingra, Ajay, Shankar, and Tiwari, B.B., A Review on Quantum Well Structures in Photonic Devices for Enhanced Speed and Span of the Transmission Network .Indian J. Physics, 2010, 84(8):1031-1037.
3. Nag, B.R., Physics of Quantum Well Devices. Kluwer Academic Press: Pp21, 22, 139,223,236, 2002.
4. Das, S., Navak, R. K., Sahu, T. and Panda, A. K., Electron Mobility Enhancement in Barrier Delta Doped Asymmetric Double Quantum Well Structures. Proceedings of the 17th Inter-

national Workshop on the Physics of Semiconductor Devices, Pp 255: In physics of Semiconductor Devices by V. K Jain and A. Verma, Spriger International Publishing Switzerland, 2014.

INTRA-BAND OPTICAL TRANSITIONS IN QUANTUM WELLS

Ibaeva R¹., Ibragimov B¹., Ismailova A²., Yarekhmadov Sh².

Institute of Physics ARETN¹, Baku State University²

Abstract: In this paper, we calculated optical interband transition in quantum wells in the first order of perturbation theory.

Keywords: quantum wells, optical transition, confinement,

ВНУТРИЗОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ В КВАНТОВЫХ ЯМАХ

Ибаева Р¹., Ибрагимов Б¹., Исмаилова А²., Ярехмадов Ш².

Институт Физики ARETN¹, Бакинский Государственный Университет²

Аннотация: В этой работе мы рассчитали оптический межзонный переход в квантовых ямах в первом порядке теории возмущений.

Ключевые слова: квантовая яма, оптический переход, межзонный, конфайнмент

PHYSICAL CONDITIONS UNDER WHICH FIELD EFFECTS ARE ENHANCED IN ELASTIC REIC ANTINEUTRINO-ELECTRON SCATTERING IN A MAGNETIC FIELD

Gasimova R. E. ^{1,2}, Huseynov V. A. ^{3,4,5}, Zeynalova N. A. ⁴

¹Department of General Physics, Azerbaijan State Pedagogical University

²Department of Theoretical Astrophysics and Cosmology, Shamakhy Astrophysical Observatory,

³ Institute of Sustainable Development and Energy; Department of Engineering Physics and Electronics, Azerbaijan Technical University

⁴Laboratory for Physics of Cosmic Ray Sources, Institute of Physics

⁵Department of Physics, Baku Engineering University

gasimovar@yahoo.co.uk.vgusseinov@yahoo.com

The purpose of the presented article is to determine the ranges of change of the magnetic field (MF) strength and energy of the electron in the initial state where the field effects become significant if a relic antineutrino scatters by the transversely polarized ultra-relativistic electron

$$\tilde{\nu}_i + e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_i + e^- \quad (1)$$

in a constant homogeneous MF of the strength $B \ll B_0 = m_e^2/e = 4.414 \times 10^{13} G$ where B_0 is the critical Schwinger field strength, e is the elementary charge, m_e is the electron mass and $\tilde{\nu}_i = \tilde{\nu}_e, \tilde{\nu}_\mu, \tilde{\nu}_\tau$ ($\tilde{\nu}'_i = \tilde{\nu}'_e, \tilde{\nu}'_\mu, \tilde{\nu}'_\tau$) are the three flavours of antineutrinos in the initial (final) state.

We assume that the energy of the incoming relic antineutrino satisfies the condition $\omega_{min} \ll \omega \ll m_e$, where $\omega_{min} = eB/p_\perp = fm_e/\sqrt{\gamma^2 - 1}$, $f = B/B_0$ is the dimensionless field parameter

(or dimensionless field strength) characterizing the external MF, the relativistic factor γ is determined as $\gamma = \varepsilon/m_e$, the transfer momentum of an electron in the initial state is $p_{\perp}(2eBn)^{1/2} = m_e(2fn)^{1/2}$. We choose the gauge of a four-potential of an external field as $A^{\mu} = (0, 0, xB, 0)$. In this gauge the MF vector \vec{B} is directed along the z -axis. We use the pseudo-Euclidean metric with signature $(+ - - -)$ and the system of units where $\hbar = c = 1$.

We suppose that electrons in the initial and final states are ultra-relativistic and possess sufficiently high energies $\varepsilon^2 \gg m_e^2$, $\varepsilon'^2 \gg m_e^2$ where $\varepsilon = \gamma m_e$, $\gamma = \sqrt{1 + 2fn + (p_z/m_e)^2}$, p_z and n are the energy, relativistic factor, z -component of the momentum and the number of the Landau energy level belonging to the electron in the initial state, respectively. The primed quantities $\varepsilon' = \gamma' m_e$, $\gamma' = \sqrt{1 + 2fn' + (p'_z/m_e)^2}$, p'_z and n' belong to the electron in the final state. Since B is assumed to be $B \ll B_0$, therefore $f \ll 1$. We also assume that electrons in the initial and final states possess large transverse momenta $p_{\perp} = (2eBn)^{1/2} = m_e(2fn)^{1/2} \gg m_e$, $p'_{\perp} = (2eBn')^{1/2} = m_e(2fn')^{1/2} \gg m_e$. The assumptions $\varepsilon^2 \gg m_e^2$, $\varepsilon'^2 \gg m_e^2$, $p_{\perp} \gg m_e$, $p'_{\perp} \gg m_e$ and $f \ll 1$ mean that the main contribution to the differential probability of the process (1) comes from the electron states occupying high Landau levels ($n, n' \gg 1$). In this case motion of the electrons in the initial and final states are semiclassical [1, 2].

We consider the case when the longitudinal momentum of the electrons in the initial state is zero: $p_z = 0$. Let an incident relic antineutrino fly along the z -axis (along the MF direction): $k^{\mu} = (\omega, 0, 0, \omega)$. Experimental observations on antineutrino oscillations [3-6] and the results of KATRIN experiments confirm that an antineutrino has a non-zero mass. However, here we assume that an antineutrino possesses sufficiently small mass (this case is not excluded). Therefore, we consider a massless antineutrino model that is justified for the ultra-relativistic antineutrinos ($\omega, \omega' \gg m_{\nu}$ where m_{ν} is the relic antineutrino mass and ω' is the energy of the scattered antineutrino).

The above indicated conditions and restrictions mean that the differential probability of the process (1) will depend on two parameters: the field parameter $\chi = (\varepsilon/m_e)(B/B_0) = \gamma f$ and the kinematical parameter $\kappa = (2\omega\varepsilon)/m_e^2 = 2(\omega/m_e)\gamma$ [2].

The influence of the external MF on the relic antineutrino-electron scattering is determined by the parameter

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{B}{B_0} \frac{m_e}{\omega} = \frac{1}{2} \frac{m_e}{\omega} f. \quad (2)$$

When the parameter $\eta \gg 1$, the field effects become essentially. In the limiting case $\chi \gg 1 \gg \kappa$ we obtain the following ranges of change of the magnetic field strength and energy of the electron in the initial state where the field effects become significant if a relic antineutrino scatters by the transversely polarized ultra-relativistic electron ($\tilde{\nu}_i e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_i e'^-$) in a constant homogeneous MF

$$282 \text{ GeV} \leq \varepsilon < 600 \text{ GeV}, \quad (3)$$

$$3.76 \times 10^8 \text{ G} < B < 1.70 \times 10^9 \text{ G}. \quad (4)$$

When the energy of the electron in the initial state changes in the range (3) and the MF strength changes in the range (4), the field effects become significant. For instance, for the values $\varepsilon = 450 \text{ GeV}$ and $B = 1.25 \times 10^9 \text{ G}$, we obtain $\chi \simeq 25 \gg 1$, $\kappa \simeq 5.79 \times 10^{-4} \ll 1$ and $\eta \simeq 4.3 \times 10^4 \gg 1$.

References

- [1] A. A. Sokolov and I. M. Ternov, *Radiation from Relativistic Electrons*, (Nauka, Moscow, the USSR, 1983) (republished by AIP, New York, the USA, 1986).
- [2] I. M. Ternov, V. Ch. Zhukovskii, and A. V. Borisov, *Kvantovye Protsessy v Sil'nom Vneshnem Pole (Quantum Processes in a Strong External Field)*, (Mosk. Gos. Univ., Moscow, the USSR, 1989).
- [3] Y. Fukuda *et al.* (Super-Kamiokande Collaboration), *Phys. Rev. Lett.* **81**, 1562 (1998).
- [4] Q. R. Ahmad *et al.* (SNO Collaboration), *Phys. Rev. Lett.* **89**, 011301 (2002).
- [5] M. Aker *et al.* (KATRIN Collaboration), *Nature Physics* **18**, 160 (2022).
- [6] S. Navas *et al.*, (Particle Data Group), *Phys. Rev.D* **110**, 030001 (2024).

MAQNIT SAHƏSINDƏ ELASTİK RELİKT ANTINEYTRİNO-ELEKTRON SƏPİLMƏSİNDƏ SAHƏ EFFEKTLƏRİNİN GÜCLƏNDİYİ FİZİKİ ŞƏRAIT

Qasımov R. E.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

Hüseynov V. A.

Azərbaycan Texniki Universiteti, Fizika İnstitutu, Bakı Mühəndislik Universiteti

Zeynalova N. A.

Fizika İnstitutu

Xülasə: İşdə xarici maqnit sahəsində elastik relikt antineytrino-elektron səpilməsində sahə effektlərinin əhəmiyyətli dərəcədə gücləndiyi fiziki şərait müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: relic antineytrino, maqnit sahəsi, sahə effektləri

ФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УСИЛЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ЭФФЕКТОВ В УПРУГОМ РАССЕЯНИИ РЕЛИКТОВОГО АНТИНЕЙТРИНО НА ЭЛЕКТРОНЕ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Гасымова Р. Э.

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет, Шамахинская

Астрофизическая Обсерватория

Гусейнов В. А.

Азербайджанский Технический Университет, Институт Физики, Бакинский

Инженерный Университет

Зейналова Н. А.

Институт Физики

Резюме: Определены физические условия, при которых полевые эффекты в упругом рассеянии реликтового антинейтрино на электроны во внешнем магнитном поле существенно усиливаются.

Ключевые слова: реликтовое антинейтрино, магнитное поле, полевые эффекты.

**MEYLLI MAQNIT SAHƏSİNDƏ YARIMKEÇİRİCİ İFRATQƏFƏSDƏ
ELEKTROMAQNIT ŞÜALANMASININ ALTZONALARARASI UDULMASI**

Səidə Zalova¹, Ayşən Allahyarova²

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu¹

Bakı Dövlət Universiteti²

zalova0300@gmail.com

***Xülasə:** Yarımkeçirici üst qəfəsdə elektromaqnit şüalanmasının udulmasına xarici meylli maqnit sahəsinin təsiri tədqiq edilmişdir. Absorbsiya əmsalının maqnit sahəsinin istiqaməti ilə super şəbəkənin oxu arasındakı bucaqdan asılılığı GaAs-GaInAs super qəfəsi üçün elektromaqnit sahəsinin tezliyindən asılı olaraq ədədi olaraq müəyyən edilir.*

***Açar sözlər:** maili maqnit sahələri, yarımkeçirici super şəbəkə, subbandlararası udma*

Yarımkeçirici ifratqəfəslər-heterostrukturlar əsasında yaradılmış süni periodik strukturlardır. Aşağı ölçülü yarımkeçirici quruluşlar kimyəvi buxar çökdürmə, metal üzvi kimyəvi buxar çökmə və molekulyar şüa epitaksiyasından elektron litoqrafiya, öz-özünə təşkil olunma üsulundan istifadə etməklə yaradıla bilər. Bu texnologiyalar bir atom layı dəqiqliklə istənilən profilli aşağı ölçülü sistemlər yaratmağa imkan verir. Müasir texnologiya yarımkeçirici ifratqəfəs, kvant çuxurlar, kvant naqillər və kvant nöqtələr yaratmağa imkan verir.

Yarımkeçiricilərin optik spektroskopiyası digər üsullar arasında rezonans hallarının, qadağan olunmuş enerji və aşqar hallarının başa düşülməsinə təsir göstərmişdir. Təbii ki, yarımkeçiricilərin inkişafından uzun müddət əvvəl spektroskopik üsullardan atom spektrlərinin təhlilində istifadə edilmişdir. Qadağan olunmuş zonaya yaxın udmada olan fotonlar optik prosesdə iştirak edən hallar arasındakı enerji intervalını əks etdirdiyindən, spektrin əsas xüsusiyyətləri qadağan olunmuş enerjinin qiyməti ilə əlaqələndirilə bilər. İcazə verilən enerji halları optik keçidlər üçün zəruri olduğundan icazə verilən hal sıxlığının optik keçidlərlə necə əlaqəli olduğunu başa düşmək faydalıdır.

Həcmi və ya üçölçülü materiallarda enerji səviyyələrinin dolması Fermi-Dirak statistikasına ilə müəyyən edilir və icazə verilən vəziyyətlərin sıxlığı daşıyıcının enerjisindən $\varepsilon^{1/2}$ kimi asılıdır. İkiölçü maddələrdə icazə verilən enerji hallarının sıxlığı pilləli olur. Bir ölçülü maddələrdə enerji hallarının sıxlığı kənarlarda yüksək enerjilərə doğru $\varepsilon^{-1/2}$ ilə azalan pik yaradır. Kvazi-sıfır ölçülü maddələrdə icazə verilən halların sıxlığı δ -funksiyalar toplusuna qədər azalır [1].

Nanotexnologiyanın inkişafı bu strukturların fiziki xassələrinə xarici təsirlərin öyrənilməsinə zəruri edir. Yarımkeçirici ifratqəslərin optik xüsusiyyətlərinin tədqiqinə çoxsaylı nəzəri tədqiqatlar həsr olunmuşdur [2-7]. Bu işdə meylli maqnit sahəsində yarımkeçirici ifratqəfəslərdə altzonalarası optik keçidlər tədqiq olunubdur.

Biz tədqiq üçün güclü əlaqə yaxınlaşmasında z istiqaməti boyunca d periodik potensialı $U(z) = \Delta (1 - \cos pzd) / 2$ olan N elektronlu yarımkeçirici ifratqəfəs strukturunu nəzərdən keçiririk. Məhdudlaşdırıcı izotropik parabolik potensial çuxur $V(x, y) = m^* \omega_0^2 (x^2 + y^2) / 2$ kimi götürülüb. Bu halda p_z keçirici elektronun z -istiqamətində impuls operatoru, Δ isəminizonanın enidir. Maqnit sahəsi $B = (0, B \sin \theta, B \cos \theta)$ y oxundan ifratqəfəs oxuna paralel olan z oxuna meylli yönəlib. Vektor potensialın Landau kalibrovkası isə belə olar: $A = (0, xB \cos \theta, -xB \sin \theta)$.

Baxdığımız halda sistemin Hamilton funksiyası aşağıdakı kimi olar [2-4]:

$$H = \frac{p_x^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega_c^2 \left(x \cos \theta + \frac{p_y}{m \omega_c} \right)^2 + \frac{\Delta}{2} (1 - \cos (k_z - \frac{eB}{\hbar} x \sin \theta) d) \quad (1)$$

Burada p_x və p_y impulsun uyğun olaraq, x və y oxu istiqamətində komponentləri, $\omega_0 = eB/m$ tsiklotron tezliyi, m elektronun effektiv kütləsidir.

Altzonalararası optik udulma əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanır [6]:

$$\alpha = \frac{2\pi\sqrt{\epsilon}}{c\hbar n_0} \left[1 - \exp\left(-\frac{\hbar\Omega}{k_B T}\right) \right] \sum_{nk_y k_z} \sum_{n'k'_y k'_z} f_0(E_n(k^z)) | \langle nk_y k_z | H_R | n'k'_y k'_z \rangle |^2 \delta(E_n(k'_z) - E_{n'}(k''_z) + \hbar\Omega) \quad (2)$$

Burada H_R elektron fotom qarşılıqlı təsiri operatoru, ϵ - dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsidir, $f_0(E_n(k^z))$ - elektronların paylanma funksiyası, $N_f - \Omega$ tezlikli fotonların konsentrasiyasıdır. $\delta(E_n(k'_z) - E_{n'}(k''_z) + \hbar\Omega)$ - Dirak delta funksiyasıdır, $\vec{\epsilon}$ şüalanma sahəsinin polyarizasiya vektoru, c işıq dalğasının sürətidir.

Maqnit sahəsində elektron -foton qarşılıqlı təsir operatorunun ifadəsi aşağıdakı kimidir.

$$H_R = \frac{e}{m^*} \sqrt{\frac{2\pi\hbar n_0}{\epsilon(\omega)\omega}} \vec{\epsilon} \left(p + \frac{e}{c} A \right) \quad (3)$$

H_R operatorunun matris elementlərini hesabladığımızda yüksək tezlikli sahə bircins hesab olunur.

Elektronların sayını N_e olan yarımkeçirici ifratqəfəslərdə paylanma funksiyası aşağıdakı şərtdən hesablanır:

$$\sum_{nk_x k_z} f_0(E_{nk_x k_z}) = N_e \quad (4)$$

(1) ifadəsi ilə verilən Hamilton operatorunun məxsusi qiymət və məxsusi funksiyasını (2)-(4)-də nəzərə alsaq, meylli maqnit sahəsində yarımkeçirici ifratqəfəslərdə altzonalararası optik udulma əmsalı üçün analitik ifadə alırıq. Maqnit sahəsinin meyl bucağını dəyişməklə GaAs-GaInAs ifratqəfəs üçün udulma əmsalınının elektromaqnit tezliyinin verilmiş qiymətində bucaqdan asılılığı müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. H.B. İbrahimov. Nanoölçülü sistemlərin fizikası. Bakı 2010, 254s.
2. N. A. Goncharuk, L. Smrčka, J. Kučera, and K. Vybourný. Electronic structure of three-dimensional superlattices subject to tilted magnetic fields. Phys. Rev. B 71, 195318, 2005.

3. Daniela Pfannkuche and Rolf R. Gerhardt. Theory of magnetotransport in two-dimensional electron systems subjected to weak two-dimensional superlattice potentials. Phys. Rev. B 46, 12606, 1992.
4. Sang Chil Lee and Dong Shik Kang Jeong Dae Ko, Young Hun Yu and Jai Yon Ryu Suck Whan Kim. Magnetophonon Resonances in the Miniband Transport in Semiconductor Superlattices. Journal- Korean Physical Society 39(4), 2001.
5. G.B. Ibragimov, R.Z. Ibaeva. Light Absorption by Free Charge Carriers with Scattering Mechanisms in a Semiconductor Superlattice Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Technique, 2024
6. G.B. Ibragimov. Intersubband optical absorption in parabolic quantum wires under a tilted magnetic field. Physica Status Solidi (b) v. 241, p. 1923-1927, 2004.
7. S.A. Zalova. Optical properties of semiconductor superlattices. AJP FIZIKA, v. XXX №3, Section: E, 2024

**INTER-SUBBAND ABSORPTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION IN AN
ULTRATHIN SEMICONDUCTOR IN AN INCLINED MAGNETIC FIELD**

Saida Zalova¹, Aishen Allahyarova²

Institute of Physics of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan¹
Baku State University²

Summary: We investigate the effect of an externally tilted magnetic field on the absorption of electromagnetic radiation in a semiconductor superlattice. The dependence of the absorption coefficient on the angle between the direction of the magnetic field and the superlattice axis has been numerically determined as a function of electromagnetic frequency for a GaAs-GaInAs superlattice.

Keywords: tilted magnetic fields, semiconductor superlattice, intersubband absorption

**МЕЖСУББАНДНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В
ПОЛУПРОВОДНИКЕ УЛЬТРАТОНКОМ В НАКЛОННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Саида Залова¹, Айшен Аллахьярова²

Институт физики Министерства науки и образования Азербайджанской Республики¹
Бакинский Государственный Университет²

Резюме: Исследуется влияние внешнего наклонного магнитного поля на поглощение электромагнитного излучения в полупроводниковой сверхрешетке. Численно определена зависимость коэффициента поглощения от угла между направлением магнитного поля и осью сверхрешетки в зависимости от частоты электромагнитного поля для сверхрешетки GaAs-GaInAs.

Ключевые слова: наклонные магнитные поля, полупроводниковая сверхрешетка, межподзонное поглощение

MEYLLI MAQNIT SAHƏSİNDƏ YARIMKEÇİRİCİ İFRATQƏFƏSLƏRDƏ SƏRBƏST YÜKDAŞIYICILARLA IŞIĞIN UDULMASI

S.Zalova¹, L.İsmayılova²

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu¹

Bakı Dövlət Universiteti²

zalova0300@gmail.com

***Xülasə:** İkinci tərtib həyacanlaşma nəzəriyyəsi istifadə edərək meylli maqnit sahəsində yarımkeçirici ifratqəfəslərdə yükdaşıyıcılar fononlardan səpildikdə sərbəst yükdaşıyıcılarla işığın udulma əmsalı hesablanmışdır.*

***Açar sözlər:** super qəfəslər, elektron-foton qarşılıqlı təsiri, sərbəst yük daşıyıcılarının udulması*

Son onilliklər ərzində kvant çuxur heterostrukturlarının elektron və optik xassələrinə həsr olunmuş üzrə çoxlu sayda nəzəri və eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır. Bu cür tədqiqatların aparılmasına səbəb bu sistemlərin optoelektronika cihazlarında mümkün tətbiqləri ilə əlaqədardır. Molekulyar şüa epitaksiyası və metalüzvi kimyəvi buxarın çökməsi kimi böyümə üsulları kəskin interfeyslərə malik yüksək təmiz strukturların hazırlanmasını mümkün etdi və elektron strukturun demək olar ki, istənilən ehtiyaclara uyğun qurulmasına imkan verdi. Bir çox yarımkeçirici materiallarda elektron xassələrini araşdırmaq üçün optik fononlarla qarşılıqlı əlaqəni nəzərdə tutan Landau səviyyələri arasında elektronların rezonans səpilməsi nəticəsində yaranan maqnit müqavimətinin ölçülməsindən istifadə edilmişdir.

Esaki və Tsunun yarımkeçirici ifratqəfəslərdə [1] ilk pioner işlərindən sonra, tunnel diodları, isti elektron tranzistorları və optoelektronika cihazlarında tətbiqinə və kinetik xüsusiyyətlərinə görə yarımkeçirici ifratqəfəslər intensiv tədqiq olunmuşdur. Son zamanlar kompozisiya ifratqəfəsləri, aşqarlanmış ifratqəfəslər, kvant naqilləri və kvant nöqtələri kimi aşağı ölçülü sistemlərin xassələrinin öyrənilməsinə maraq getdikcə artır. Aşağı ölçülü sistemlərdə elektronların və fononların məhdudlaşdırılması elektronların hərəkətliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır və xarici təsir altında qeyri-adi xassələrə səbəb olur. Belə xassələr, məsələn, ikiölçülü elektron qazlarda (qrafen, səthlər, kvant quyuları) elektron-fonon qarşılıqlı təsirləri ilə bağlı bir çox tədqiqatları göstərmək olar [2- 5 və bu işlərdə olan ədəbiyyatlar]. Bu işdə meylli maqnit sahəsində yarımkeçirici ifratqəfəslərdə fononların iştirakı ilə sərbəst yükdaşıyıcılarla işığın udulması tədqiq edilmişdir.

Biz tədqiq üçün güclü əlaqə yaxınlaşmasında z istiqaməti boyunca d periodik potensialı $U(z) = \Delta (1 - \cos pzd) / 2$ olan N elektronlu yarımkeçirici ifratqəfəs strukturunu nəzərdən keçiririk. Məhdudlaşdırıcı izotropik parabolik potensial çuxur $V(x, y) = m\omega_0^2 (x^2 + y^2) / 2$ kimi götürülüb. Bu halda p_z keçirici elektronun z -istiqamətində impuls operatoru, Δ isə minizonanın enidir. Maqnit sahəsi $B = (0, B \sin \theta, B \cos \theta)$ y oxundan ifratqəfəs oxuna paralel olan z oxuna meylli yönəlib. Vektor potensialın Landau kalibrovkası isə belə olar $A = (0, xB \cos \theta, -xB \sin \theta)$.

Baxdığımız halda sistemin Hamilton funksiyası aşağıdakı kimi olar [4].

$$H = \frac{p_x^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega_c^2 \left(x \cos \theta + \frac{p_y}{m\omega_c} \right)^2 + \frac{\Delta}{2} \left(1 - \cos \left(k_z - \frac{eB}{\hbar} x \sin \theta \right) d \right) \quad (1)$$

Elektronlar, fononlar və elektromaqnit dalğası qarşılıqlı təsirdə olduqda işıqın udulması ikinci tərtib həyacanlaşma nəzəriyyəsindən istifadə etməklə Fermi qızıl qaydası ilə hesablanır. Işıqın udulma əmsalı ədəbiyyatdan yaxşı məlum olan aşağıdakı düstur ilə təyin olunur [2]:

$$\alpha = \frac{\varepsilon^{1/2}}{n_0 c} \sum_i W_i f_i, \quad (2)$$

burada ε -dielektrik sabiti, n_0 -şüalanma sahəsindəki fotonların sayı, f_i -sərbəst elektronların paylanma funksiyası, W - elektronlar, fononlar və fotonlar arasında qarşılıqlı təsir nəticəsində elektronların ilkin haldan son hala keçidinin matrisinin elementləridir və belə müəyyən edilir[2]:

$$W_i = \frac{2\pi}{\hbar} \sum_{fq} \left[\left| \langle f | M_+ | i \rangle \right|^2 \delta(E_f - E_i - \hbar\Omega - \hbar\omega_q) + \left| \langle f | M_- | i \rangle \right|^2 \delta(E_f - E_i - \hbar\Omega + \hbar\omega_q) \right], \quad (3)$$

burada E_i və E_f elektronların ilkin və son vəziyyətdə olan hallarının enerjiləridir, $\hbar\Omega$ və $\hbar\omega_q$ uyğun olaraq fotonun və fonon enerjisidir .

Ədəbiyyat

- 1.Esaki and R. Tsu, IBM J. Res. Dev. 14, 61 1970.
- 2.G.B. Ibragimov Free-carrier magnetoabsorption in quantum well wires Journal of Physics: Condensed Matter 15 (50), 8949, 2003.
- 3.Sang Chil Lee, Jeong Woo Kang, Dong Shik Kang, Young Bong Kang, Kyung Hwa Kim, Hyung Soo Ahn, Min Yang, Nam Lyong Kang, Suck Whan Kim, _ Angular dependence of magnetophonon resonances in semiconductor superlattices in tilted magnetic fields. Physica B 387 313–322, 2007.
4. G.B. Ibragimov , R.Z. Ibaeva , A.S.Alekperov, B.G.Ibragimov.Light absorption by free charge carriers in the presence of phonons in an anisotropic quantum wire. Advanced Physical Research 6 (No.1), pp.56-62, 2024
- 5.G.B. Ibragimov, R.Z. Ibaeva. Light Absorption by Free Charge Carriers with Scattering Mechanisms in a Semiconductor Superlattice. Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques., v.18, N 1,pp.116-120. 2024

ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА СВОБОДНЫМИ НОСИТЕЛЯМИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УЛЬТРАКОРПУСАХ В НАКЛОННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Залова С¹., Исмаилова Л².

Институт физики Министерства науки и образования Азербайджанской Республики¹

Бакинский Государственный Университет²

Резюме: С использованием теории возбуждения второго порядка рассчитан коэффициент поглощения света свободными носителями заряда при рассеянии носителей заряда на фоновых в полупроводниковых сверхрешетках в наклонном магнитном поле.

Ключевые слова: сверхрешетки, электрон-фотонное взаимодействие, поглощение свободных носителей заряда

ABSORPTION OF LIGHT BY FREE CARRIERS IN SEMICONDUCTOR ULTRA PACKAGES IN AN INCLINED MAGNETIC FIELD

Zalova S¹., Ismailova L²

Institute of Physics of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan¹

Baku State University²

Summary: The absorption coefficient of light by free charge carriers was calculated when charge carriers are scattered from phonons in semiconductor superlattices in a biased magnetic field using the second-order excitation theory.

Keywords: superlattices, elektron- foton interaction, free carrier absorption

MODİFİKASIYA OLUNMUŞ PEŞL-TELLER POTENSİALLI NAZİK TƏBƏQƏDƏ ELEKTRON İON QARŞILIQLI TƏSİRİNİN MATRİS ELEMENTİ

X.A.Həsənov ¹, R.Ş.Rəhimov ², V.V.Dadaşova ², D.F.Rüstəмова ³, A.Y.Həmzəyeva ⁴

¹Azərbaycan Respublikası Fövqəladə Hallar Nazirliyinin Akademiyası

² Bakı Dövlət Universiteti

³Qərbi-Kaspi Universiteti

⁴Gəncə Dövlət Universiteti

khanlarhasanli@gmail.com

Xülasə: Modifikasiya olunmuş Peşl-Teller potensiallı yarımkeçirici nazik təbəqələrdə kvant çuxurunda elektronların dispersiya qanunu və məxsusi dalğa funksiyaları müəyyənləşdirilmişdir. Alınmış ifadələr əsasında elektron ion qarşılıqlı təsirinin matris elementi üçün analitik ifadə alınmışdır.

Açar sözlər: Peşl-Teller potensialı, kvant çuxuru, dalğa funksiyası, qarşılıqlı təsir, matris elementi

Kvant çuxurları, kvant məfilləri, kvant nöqtələri və kvant borularının nanotexnologiyada tətbiq imkanları genişləndikcə, aşağı ölçülü elektron sistemlərində baş verən fiziki proseslərin nəzəri və eksperimental tədqiqinə maraq artır. Kvant çuxurlarının formalaşması prosesində çuxurla ətraf mühit arasında məhdudlayıcı potensial meydana gəlir. Yarımkeçirici kvant çuxurları, elektronların hərəkəti bir istiqamətdə məhdudlaşmış, qalan iki istiqamətdə isə qeyri-məhdud olan kvant təbəqələridir. Kvant çuxurlarının xassələrinin formalaşmasında məhdudlayıcı potensialın forması vacib rol oynayır. Kvant nanostrukturalarında baş verən prosesləri təsvir etmək üçün məhdudlayıcı potensialın düzgün riyazi modelləşdirilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu potensialın forması dəqiq bilinmədiyi üçün, müxtəlif modellərdən istifadə edilir. Araşdırmalar göstərir ki, düzbucaqlı və parabolik formalı potensiallardan daha çox istifadə olunur.

Məlumdur ki, dar kvant çuxurlarına düzbucaqlı potensial, nisbətən geniş kvant çuxurlarına isə parabolik potensial daha çox uyğun gəlir. Əsil həqiqətdə isə, parabolik potensial yalnız aşağı enerji səviyyələrində reallaşır, kvant ədədinin artımı ilə məhdudlayıcı potensialın forması parabolik potensialdan fərqli formaya düşür. Buna görə də, zərrəciyin enerjisinin artımı ilə kvant çuxuru-ətraf mühit sərhəd keçidini daha güclü his etdiyindən bir tərəfdən məhdudlayıcı potensialın sonlu malik olmasını, digər tərəfdən isə qeyri parabolik formasını nəzərə almaq zərurəti yaranır. Çox parametrlı, mürəkkəb potensiallardan istifadə etməklə göstərilən çətinliyi aradan qaldırmaq olur.

Bu işdə kvant çuxurunda məhdudlayıcı potensial olaraq, modifikasiya olunmuş Peşl-Teller potensialından [2, 3] istifadə edilmişdir. Bu potensial şəklinə görə düzbucaqlı potensialla parabolik potensial arasındadır və limit halında parabolik potensial əsasında hesablanmış nəticələri verir. Ona görə də, Peşl-Teller potensialının parametrlərini uyğun qaydada seçməklə eksperimentə daha yaxşı uyğunlaşma əldə oluna bilər. Məlumdur ki, kvant mexaniki sistemin qarşılıqlı təsir nəticəsində bir haladan başqa hala keçməsi səpilmə matrisi ilə təsvir olunur. Fiziki sistemin başlanğıc və son halları

arasındakı kvant keçidinin amplitudu matris elementi ilə təyin olunur. Keçid ehtimalı uyğun matris elementinin kvadratı ilə mütənəsir olur. Bu işdə Peşl-Teller potensiallı yarımkeçirici kvant çuxurunda elektron-ion qarşılıqlı təsirinin matris elementi hesablanmışdır.

Əgər elektronların hərəkətinin məhdudlaşdığı istiqamət olaraq (kvant təbəqəsinə perpendikulyar istiqamət) z oxunu götürsək, modifikasiya olunmuş Peşl-Teller potensialını aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$V(z) = -\frac{\hbar^2 \alpha^2 \lambda' (\lambda' - 1)}{2m \coth^2 \alpha z}$$

Burada $\lambda' > 1$ və α – potensialın parametrləri olub, uyğun olaraq potensial çuxurun dərinliyini və yarımənini ifadə edirlər. $\lambda' = \lambda + 1$ əvəzləməsi aparsaq və enerjinin hesablanma başlanğıcını $\frac{\hbar^2 \alpha^2}{2m} \lambda(\lambda + 1)$ qədər aşağı sürüşdürsək, (1) potensialını

$$V(z) = -\frac{\hbar^2 \alpha^2}{2m} \lambda(\lambda + 1) \coth^2 \alpha z \quad (1)$$

$\lambda > 0$ (2) şəklində yazıla bilər. Qalan iki istiqamətdə (x və y) hərəkət məhdudlaşmadığı üçün, potensialına malik kvant çuxurunda elektronların dispersiya qanunu aşağıdakı şəkildədir:

$$\varepsilon = \frac{\hbar^2 \alpha^2}{2m} (\lambda(\lambda + 1) - (\lambda - n)^2) + \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m} + \frac{\hbar^2 k_y^2}{2m} \quad (2)$$

Burada m - keçirici elektronların effektiv kütləsi, $n = 0, 1, 2, \dots$; $n < \lambda$; $\lambda > 0$; k_x, k_y - dalğa vektorunun, uyğun olaraq x və y istiqamətlərindəki proyeksiyaları, $N = 0, 1, 2, \dots$ isə enerji səviyyələrinin nömrəsidir ($N \leq \lambda$). (2) ifadəsindən görüldüyü kimi, enerjinin k_x və k_y -dən asılılığı parabolikdir, lakin parabolaların minimumları ekvidistant deyil, λ -nın verilmiş qiymətində qonşu enerji səviyyələri arasında

$$\Delta E_{\lambda, N} = \frac{\hbar^2 \alpha^2}{2m} (\lambda(\lambda + 1) - (\lambda - N)^2)$$

qədər fərq olur. Peşl-Teller potensiallı [1,2] kvantlanmış nazik təbəqə üçün (2) məxsusi enerji qiymətlərinə uyğun məxsusi dalğa funksiyasını aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\psi_{n, k_x, k_y, \lambda}(x, y, z) = e^{i(k_x x + k_y y)} \left(\frac{\alpha(\lambda - n) \Gamma(2\lambda - n + 1)}{\Gamma(n + 1)} \right)^{\frac{1}{2}} \text{LegendreP}(\lambda, n - \lambda, \coth \alpha z) \quad (3)$$

$\Gamma(x)$, $\text{LegendreP}(x)$, $\text{BesselJ}(x)$ uyğun olaraq Qamma, Lejandr və Bessel xüsusi funksiyalarıdır[3].

$$\text{Bilirik ki, elektron ion qarşılıqlı təsirinin potensialı } U(x, y, z) = \frac{z_{ion} e^2}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Onda elektron ion qarşılıqlı təsirinin matris elementi[4] isə

$$M_{e-ion} = \left(\frac{2\alpha}{L_y L_x} \right) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i((k'_y - k_y)y + (k'_x - k_x)x)} \text{LegendreP}[1, -1, \text{Tanh}(\alpha z)]^2 \frac{z_{ion} e^2}{\chi(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}} dx dy dz \quad (4)$$

İfadə olunur. Buradan silindrik koordinatlara keçək[5].

$$M_{e_{-ion}} = \left(\frac{2\alpha}{L_y L_x} \right) \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} e^{iqr \cos \varphi} LegendreP[1, -1, \text{Tanh}(\alpha z)]^2 \frac{z_{ion} e^2}{\chi(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}} r dr d\varphi dz \quad (5)$$

Bu integralları ayrı-ayrı hesablayaq $\int_0^{2\pi} e^{iqr \cos \varphi} d\varphi = 2\pi Bessel[0, qr]$ (6)

Növbəti integral $\int_0^{\infty} \frac{BesselJ(0, qr)}{(r^2 + z^2)^{1/2}} r dr = \frac{e^{-qz}}{q}$ (7)

Sonuncu integral $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-qz} LegendreP[1, -1, \text{Tanh}(\alpha z)]^2 dz = \frac{\pi q \csc \frac{\pi q}{2\alpha}}{4\alpha^2}$ (8)

(6), (7) və (8)-i (5)-də yerinə yazsaq elektron ion qarşılıqlı təsirinin matris elementi üçün

$$M_{e_{-ion}} = \frac{\pi^2 z_{ion} e^2}{2\alpha \chi L_y L_x} \csc \frac{\pi q}{2\alpha}$$

İfadəsini alırıq.

MATRIX ELEMENT OF ELECTRON-ION INTERACTION IN THIN FILMS WITH MODIFIED PESHEL-WIRE POTENTIAL

Hasanov K.A., Rahimov R.Sh., Dadashova V.V., Rustamova D.F., Hamzayeva A.Y.

Abstract: Dispersion law and eigenwave functions of electrons in a quantum hole in modified Peshel-Teller potential semiconductor thin films were evaluated. An analytical expression for the matrix element of the electron-ion interaction was obtained based on the obtained expressions.

Keywords: Peshel-Teller potential, quantum hole, wave function, interaction, matrix element

МАТРИЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРОН-ИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПЕШЕЛЬ-ТЕЛЛЕРА ПОТЕНЦИАЛОМ

Гасанов Х.А., Рагимов Р.Ш., Дадашова В.В., Рустамова Д.Ф., Хамзаева А.Ю.

Аннотация: Выполнены оценки закона дисперсии и собственных волновых функций электронов в квантовой дырке в модифицированных потенциальных полупроводниковых тонких пленках Пешля-Теллера. На основе полученных выражений получено аналитическое выражение для матричного элемента электрон-ионного взаимодействия.

Ключевые слова: потенциал Пешля-Теллера, квантовая дырка, волновая функция, взаимодействие, матричный элемент

$Sn_{1-x}Tb_xSe$ MONOKRİSTALLARININ TERMOELEKTİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNƏ γ -ŞÜALARIN TƏSİRİ

T.A.Cəfərov, C.İ.Hüseynov, A.M.Allahverdiyev, G.Ə.Qaraşova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

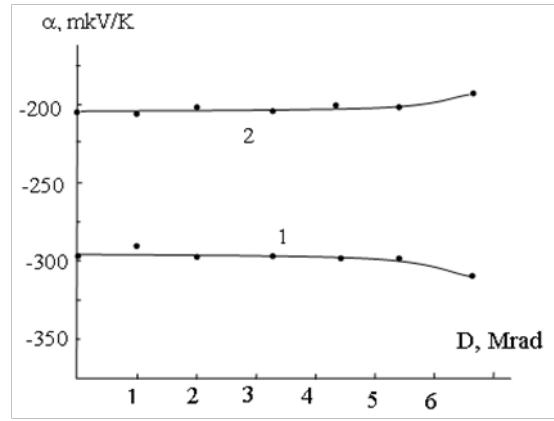
Xülasə: İşdə $Sn_{1-x}Tb_xSe$ sistemdə bərk məhlullar alınmış, onların tərkib-xassə xarakteristikaları öyrənilmiş, termo-e.h.q.-si əmsalının temperatur asılılığı və bu xassələrə kiçik dozalı ionlaşdırıcı şüalarının tədqiq olunmuşdur. Şüalanma zamanı yaranan akseptor tipli nöqtəvi radiasiya defektlərin konsentrasiyası $x=0,05$ tərkibli nümunədəkinə nisbətən daha azdır və radiasiyaya qarşı daha davamlıdır.

Aşar sözlər: Nadir torpaq elementləri, γ - şüaları, udulma dozası, elektrik keçiriciliyi, Holl əmsalı, yüüklük, istilik keçiriciliyi, termo elektrik hərəkət qüvvəsi

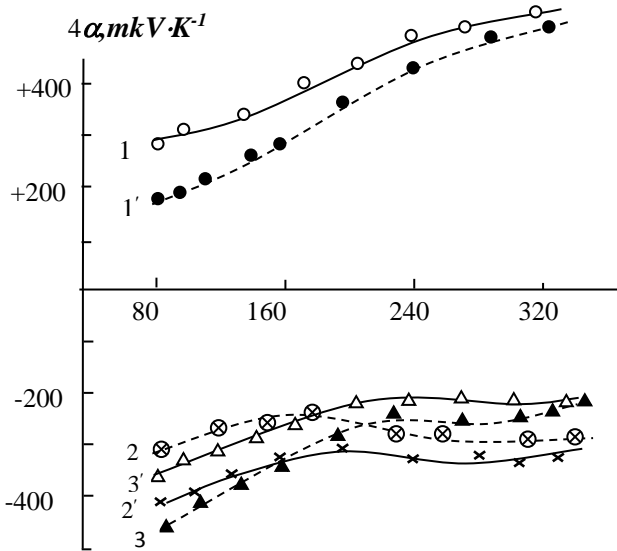
$SnSe - TbSe$ sisteminin bərk məhlul oblastından yuxarıda qeyd etdiyimiz üsulla alınmış kristallik nümunələrinin termo-e.h.q.-nin və Holl əmsalının tərkib asılılığı tədqiq olunmuşdur. Terbiyum konsentrasiyasının artımı ilə termo-ehq-si (α) azalır və $x \geq 0,001$ % də işarəsini p -tipdən n -tipə dəyişərək maksimumdan keçməklə $Tb_xSn_{1-x}Se$ bərk məhlullarında mütləq qiyməti stabilləşir. Holl əmsalının qiyməti də termo.e.h.q.-nin qiymətinə analoji dəyişir. $Sn_{1-x}Tb_xSe$ sistem ərintilərinin şüalanmadan əvvəl və sonra bir sıra elektrofiziki parametrləri 300 K temperaturda ölçülməklə tərkib-xassə asılılıqları müəyyənəşdirilmiş, geniş temperatur intervalında termo-e.h.q.-si tədqiq olunmuş və bu xassələrə γ - şüaların təsiri araşdırılmışdır. γ - şüaların mənbəyi kimi kvantının enerjisi 1,25 MeV olan ^{60}Co izotopundan istifadə olunmuşdur. Şüalanma $D = 0,6 Qr/san$ dozada, 30 saat ərzində aparılmışdır.

$Sn_{1-x}Tb_xSe$ sistem ərintilərindən $Sn_{0,99}Tb_{0,01}Se$ və $Sn_{0,95}Tb_{0,05}Se$ tərkibli kütləsi 2 qram olan nümunələrin şüalanmadan əvvəl qalvanomaqnit, termoelektrik və istilik xassələri geniş temperatur intervalında tədqiq olunmuşdur. Sonra nümunələr qamma şüalarla şüalandırılmış və bu xassələr yenidən tədqiq olunmuşdur. Şüalanma dozasını müəyyən etmək üçün nümunələr $t=5, 10, 15, 20; 25$ və 30 saat müddətində (uyğun olaraq $D = 1,08; 2,16; 3,24; 4,32; 5,4; 6,48$ Mrad dozalarda) şüalandırılmış və $T=300K$ temperaturda kinetik parametrlər ölçülmüşdür. Müəyyən edilmişdir ki, kiçik dozalı şüalanmalar kristalın kinetik parametrlərinin qiymətini çox cüzi dəyişir. Hətta demək olar ki, bu dəyişməni ölçmə xətası daxilində nəzərə almamaq olar. Beləliklə nümunələr şüalanma gücü 0,6 Qr/san, kvantının enerjisi 1,25 MeV olan γ - şüalarla 30 saat ərzində (6,5Mrad) şüalandırılmışdır. Şüalanma mənbəyi kimi ^{60}Co izotopundan istifadə olunmuşdur. Alınan nəticələrin müqayisəli şəkildə təhlili aparılmış və $Sn_{0,99}Tb_{0,01}Se$ və $Sn_{0,95}Tb_{0,05}Se$ bərk məhlulların elektrofiziki xassələrinə γ - şüaların təsiri araşdırılmışdır.

Şəkil 1-də $\text{Sn}_{0,99}\text{Tb}_{0,01}\text{Se}$ və $\text{Sn}_{0,95}\text{Tb}_{0,05}\text{Se}$ sistem ərintilərinin $T=300\text{K}$ temperaturda termo. e.h.q-nin şüalanma dozasından asılılıq qrafikləri verilmişdir. Göründüyü kimi termo e.h.q hər iki nümunədə kiçik dozalarda demək olar ki dəyişmir. 6,5Mrad dozada isə $\text{Sn}_{0,99}\text{Tb}_{0,01}\text{Se}$ nümunəsində 7% artır, $\text{Sn}_{0,95}\text{Tb}_{0,05}\text{Se}$ nümunədə şüalanmadan sonra 10% azalır. Ana maddədən ($p\text{-SnSe}$) onun terbiumlu bərk məhlullarına keçdikdə α -nın həm qiymətinin, həm də



Şəkil 1. $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ sistem ərintilərdə termo.e.h.q şüalanma dozasından asılılığı. $1-x=0,01$; $2-x=0,05$, $T=300\text{K}$



Şəkil 2. Termo.e.h.q - α , temperatur asılılığı 1- SnSe ; 2- $\text{Sn}_{0,99}\text{Tb}_{0,01}\text{Se}$, 3- $\text{Sn}_{0,95}\text{Tb}_{0,05}\text{Se}$. 1', 2' və 3' -şüalanmadan sonra

$\text{Tb}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{Se}$ və $\text{Tb}_{0,05}\text{Sn}_{0,95}\text{Se}$ monokristalları istiqamətlənmiş ərimə zonası üsulu ilə alınmışdır və şüalanmadan əvvəl və sonra bir sıra elektrofiziki xassələri 77-320 K intervalında tədqiq olunmuş və bu xassələrə γ - şüaların təsiri araşdırılmışdır. $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ ($x=0; 0,01; 0,05$) sistem ərintilərinin 300K temperaturda bəzi kinetik parametrlərinin: xüsusi elektrikkeçiriciliyi (σ), termo.e.h.q (α), yükdaşıyıcıların konsentrasiyası (n) və Holl yürüklüyünün (μ) şüalanmadan əvvəl və şüalanmadan sonra təyin edilmişdir.

Şüalanmadan sonra kinetik parametrlərin qiymətlərində xeyli dəyişmələr baş vermişdir. 2-ci nümunədə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası bir tərtib azalmış, 3-cü nümunədə isə əksinə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası bir tərtib, yürüklüyü isə 6 dəfə artmışdır. $T=300\text{K}$ -də termo e.h.q. (α) şüalanmadan sonra 2-ci nümunədə, $\Delta\alpha=18\text{mkV/dər}$ artdığı halda, 3-cü nümunədə $\Delta\alpha=19\text{mkV/dər}$ qədər azalmışdır.

Şəkil 2-də SnSe , $\text{Tb}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{Se}$ və $\text{Tb}_{0,05}\text{Sn}_{0,95}\text{Se}$ nümunələrinin termo e.h.q-nin şüalanmadan əvvəl və sonra temperatur asılılığı verilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, $T=85\text{K}$ temperaturunda α -nın qiyməti SnSe və $x=0,01$ tərkibli nümunədən fərqli olaraq $x=0,05$ tərkibli nümunədə şüalanmadan sonra 16% azalmışdır. Əksinə olaraq $x=0,01$ tərkibli nümunədə -22%, SnSe birləşməsində isə -18% artma müşahidə olunmuşdur.

Şüalanma kristallarda bir-birləri ilə və kimyəvi aşqarlarla qarşılıqlı təsirdə olan vakansiyalar, düyünlərarası atomlar, müxtəlif tip kompleks defektlərin yaranmasına səbəb olur. Radiasiya defektləri öz-özünü kompensasiyaya gətirir və yarımkeçiricinin keçiriciliyi məxsusi keçiriciliyə yaxınlaşır. γ -şüalarının təsiri ilə n -tip keçiriciliyə malik $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ ($x=0,01; 0,05$) kristallarında, donor aşqar mərkəzlərini kompensasiya edən, akseptor tipli radiasiya defektləri yaradır və radiasiya defektləri hesabına yükdaşıyıcıların yürüklüyü və elektrikkeçiriciliyi artır. Tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ sistem ərintilərində şüalanma zamanı yaranan akseptor tipli nöqtəvi radiasiya defektlərin konsentrasiyası $x=0,05$ tərkibli nümunədə nisbətən daha azdır və radiasiyaya qarşı daha davamlıdır.

ВЛИЯНИЕ γ -ЛУЧЕЙ НА ТЕРМО-ЭДС МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$

Джафаров Т.А., Гусейнов Дж.И., Аллахвердиев А.М., Гарашова Г.А.

Резюме: В работе получены твердые растворы в системе $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$, изучены их состав и свойства, изучена температурная зависимость коэффициента термо-ЭДС и малодозного ионизирующего излучения от этих свойств. Концентрация точечных радиационных дефектов акцепторного типа, возникающих при облучении, меньше, чем в образце с $x = 0,05$, и он более устойчив к радиации.

Ключевые слова: Редкоземельные элементы, γ -лучи, доза поглощения, электропроводность, коэффициент Холла, теплопроводность, термо-ЭДС.

THE EFFECT OF γ -RAYS ON THE THERMOELECTRIC MOTIVE FORCE OF $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ MONOCRYSTALS

Jafarov T.A., Huseynov J.I., Allahverdiyev A.M., Garashova G.A.

Summary: In this study, solid solutions were obtained in the $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ system, their composition and properties were studied, the temperature dependence of the thermo-e.f.m. coefficient and small-dose ionizing radiation on these properties were studied. The concentration of acceptor-type spot radiation defects generated during irradiation is lower than in the sample with $x = 0.05$ and is more resistant to radiation.

Key words: Rare earth elements, γ -rays, absorption dose, electrical conductivity, Hall coefficient, conductivity, thermal conductivity, thermoelectric motive force

RADİASIYA ŞÜALARININ GaS LAYLI MONOKRİSTALININ FOTOKEÇİRİCİLİK SPEKTRİNƏ TƏSİRİ

A.O.Daşdəmirov, A.Ə.Ələkbərov

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

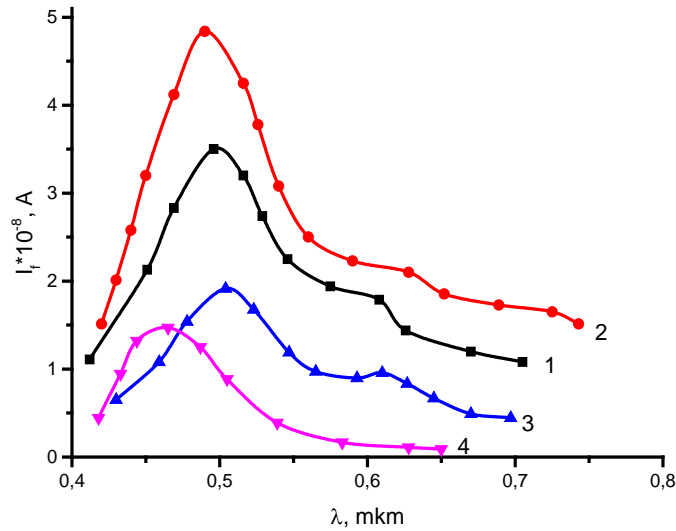
adashdemirov@gmail.com

aydin60@inbox.ru

Həcmi kristallarla müqayisədə laylı kristallar radiasiyaya davamlılığı, yüksək cilalanma səthinə, interkalsiya qabiliyyətinə, ftohəssaslığa malik olması onların tətbiq imkanlarını genişləndirir. Eyni sözləri A^{III}B^{VI} tip laylı kristallar üçün də qeyd etmək olar. Xüsusi texnologiya tələb etmədən bir neçə mikrometr qalınlıqlı təbəqələrə ayrılan belə kristalların politipliyyəti səbəbindən kövrəkolduğu üçün uzun müddət istifadə etmək mümkün olmur. Yaranan çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün müxtəlif atom aşqarlarından və radiasiya şüalanmasından istifadə olunur.

Radiasiya şüaları kristallarda müxtəlif təbiətli radiasiya defektləri yaratmaqla aynaşısı onların kristal quruluşuna, fiziki xassələrinə, o cümlədən fotoelektrik xassələrinə əsaslı təsir edir. Uzun müddət aparılan genişmiqyaslı tədqiqatlar ionlaşdırıcı şüaların təsirləri haqqında vahid nəzəriyyə formalaşdırma bilməyib. Keçən əsrin 80-cı illərindən başlayaraq aparılan tədqiqatlar kiçik dozalı radiasiya şüalarının kristalda yüksək nizamlılıq yaratmaqla onlardan yüksək tezlik diapazonunda işləyən cihaz və strukturlar yaratmağa imkan vermişdir [1÷4].

Tədqiqat obyektolan GaS laylı monokristalları Bricmen metodu ilə yetişdirilmiş, otaq temperaturunda xüsusi müqaviməti $2 \cdot 10^9 \text{ Om} \cdot \text{sm}$, yükdaşıyıcılarının yüüklüyü $8 \text{ sm}^2/\text{V} \cdot \text{sanolan}$, sarı rəngli ftohəssas yarımkeçirici maddədir.



Şəkil 1. GaS laylı monokristalının fotokeçiricilik spektri.

1–D=0; 2–D=30 krad; 3–D=200 krad; 4–D=400 krad.

Şəkildə otaq temperaturunda, müxtəlif dozalarla (D=30÷400 krad) şüalanmış GaS laylı kristallarının fotokeçiricilik spektri göstərilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi, şüalanmanın kiçik

dozasında (30 krad)monokristalın fotokeçiriciliyi artır. Bunun səbəbi kiçik dozalı (D=30 krad)qamma şüalarınkristalda nizamlı struktur yaratması, kation vakansiyaların radiasiya defektlərinin kristal boyu miqrasiya etməsi nəticəsində annihilyasiya olunması ilə, qeyri-əsas yükdaşıyıcıların yaşama müddətinin və yürüklüyünün artmasının stimullaşması ilə fotokeçiriciliyin bütün spektr boyu artmasıdır [5].

Şüalanma dozasının sonrakı artımı kristalda əlavə radiasiya defektlərinin, onların iştirakı ilə atom klasterlərinin və rekombinasiya mərkəzlərinin yaranmasına gətirib çıxarır. Bütün bu amillər kristaldakı şüalı rekombinasiya mərkəzlərinin də konsentrasiyasının kəskin azalmasına–strukturun deqradasiyasına səbəb olur[6].

Ədəbiyyat

1. Г.А.Абдуллаев, В.М.Салманов. Взаимодействие лазерного излучения с полупроводниками A^3B^6 . (1979).
2. R.Fivaz, E.Mooser. Phys. Rev. **136**, (34), 833 (1964).
- 3.К.Лейман. Взаимодействие излучения с твердым телом и образование элементарныхдефектов.М.: Атомиздат, 1979.
4. К.А.Аскеров, Ф.К.Исаев. Дефектообразование и диффузионные процесс в некоторыхслоистых полупроводниках. Азернешр, 126с, 1991.
5. В.М.Лисицын. Радиационная физика твердого тела. Томск.: Делтаплан, 172с, 2008.
6. Р.С.Мадатов, А.Р.Наджафов, Ш.П.Шекили, Т.Б.Тагиев. АМЕА Хəbərlər (5), 78 (2005).

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ЛУЧЕЙ НА СПЕКТР ФОТОПРОВОДИМОСТИ СЛОИСТОГОМОНОКРИСТАЛЛА GaS

Дашдемиров А., Алекперов А.

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет

Резюме: Слоистый монокристалл GaS характеризуется высокой fotocувствительностью в видимой области спектра. Однако политипность слоистых монокристаллов типа $A^{III}B^{VI}$ ограничивает время эксплуатации приборов, изготовленных на их основе. Для предотвращения этого явления применяются примеси разных атомов и радиационное излучение. Благодаря эффекту малых доз, было ликвидировано это негативное явление и увеличена фотопроводимость слоистого монокристалла GaS.

Ключевые слова: слоистый монокристалл, радиационное излучение, фотопроводимость, эффект малых доз.

EFFECT OF RADIATION BEAMS ON THE PHOTOCONDUCTIVITY SPECTRUM of LAYERED GaS SINGLE CRYSTAL

A.O.Dashdemirov, A.S.Alekperov

Azerbaijan State Pedagogical University

Summary: Layered GaS single crystal is characterized by high photosensitivity in the visible spectrum. However, the polytypic nature of layered $A^{III}B^{VI}$ single crystals limits the service life of devices manufactured on their basis. To prevent this phenomenon, impurities of different atoms and radiation are used. Due to the low-dose effect, this negative phenomenon was eliminated and the photoconductivity of layered GaS single crystal was increased.

Keywords: layered single crystal, radiation, photoconductivity, low-dose effect.

TEMPERATURUN ŞÜALANMIŞ GaS LAYLI MONOKRISTALININ FOTOKEÇİRİCİLİK SPEKTRİNƏ TƏSİRİ

¹Ələkbərov A., ²Bayramlı R.

¹Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

²Bakı Mühəndislik Universiteti

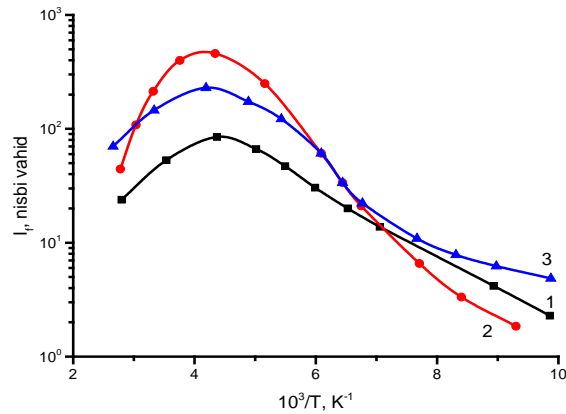
aydin60@inbox.ru

bayramov.razim@mail.ru

Yarımkəçirici kristalların fiziki xassələrinə güclü təsir göstərən xarici faktorlardan biri də temperaturdur. 1-ci şəkildə $\lambda=0,51$ mkm dalğa uzunluqlu monoxromatik işığın təsiri altında olan p-GaS kristalının fotokeçiricilik spektrinin temperaturdan asılılıq qrafiki göstərilmişdir. Radiasiya şüalarının, xüsusi halda, müxtəlif dozalı (30 krad və 100 krad) qamma şüalarının təsirinə məruz qalmış p-GaS laylı monokristallarının fotokeçiricilik spektrinin tədqiqi həm nəzəri, həm də praktiki baxımdan əhəmiyyətlidir.

Qrafiklərdən görüldüyü kimi, şüalanma dozası fotokeçiriciliyin dəyişməsinə keyfiyyətə ciddi təsir göstərmir. Lakintemperaturun $T > 200$ K qiymətlərində cərəyanın temperatur sönməsi qeydə alınır. Bunun səbəbi r -səviyyəsində termogenerasiya olunan elektronların s -səviyyəsində zəbt olunmasıdır. $T < 200$ K temperaturlarında dəşiklər t -səviyyələrində lokallaşdığı üçün temperaturun düşməsi ilə fotocərəyan azalır [1].

Eyni mənzərə $T > 240$ K temperaturlarında da baş verir. 30 krad şüalanma dozasında, $T > 170$ K temperaturlarında, monokristalda şüalı rekombinasiya mərkəzlərinin yaranması və kiçik dozalar effekti nəticəsində kristalda nizamlı düzülüşün formalaşması ilə dəşiklərin yürüklüyünün artması fotokeçiriciliyin də artmasına gətirib çıxarır [2]. Qamma şüalanmanın yüksək dozalarında ($D=100$ krad), şüasız rekombinasiya mərkəzlərinin konsentrasiyasının artması ilə fotokeçiricilik azalır.



Şəkil 1. GaS laylı monokristalının fotokeçiriciliyinin temperatur asılılığı ($\lambda=0,51$ mkm).

1– $D=0$; 2– $D=30$ krad; 3– $D=100$ krad

$A^{III}B^{VI}$ tip laylı kristallarda fotokeçiricilik tərkibində Ga vakansiyaları olan Frenkel cütlərindən də asılıdır [3÷5]. Belə mərkəzlər elektroneytral olsa da r -mərkəzləri ilə müqayisədə dəşiklər elektronlara nisbətən az zəbt etmə xassəsinə malikdir. Şüalanmanın təsiri ilə r -mərkəz dəyişi

zəbt etməklə sərbəst r -mərkəz və donor yaranır. Bu səbəbdən də r -mərkəzlərin konsentrasiyasının artması fotocərəyanın və lüminesensiyanın intensivliyinin artmasına səbəb olur.

Məlumdur ki, kükürd atomlarını düyünlərarasına sürüşdürülməsi qallium atomlarını sürüşdürməkdən iki dəfə az enerji tələb edir. Bu səbəbdən kükürd atomları tərəfindən dəşiklərin zəbt olunması rekombinasiyalı şüalanmaya səbəb olur [6].

Beləliklə, aparılan tədqiqatın nəticələrinin təhlili onu deməyə əsas verir ki, GaS laylı monokristalının fətohəssaslığını artırmaq və şüalı rekombinasiyanı reallaşdırmaq üçün kiçik dozalı (konkret halda 30 krad) şüalanmaya məruz qoyduqdan sonra optimal temperatur rejimi ($200\text{K} < T < 250\text{K}$) seçmək lazımdır.

Ədəbiyyat

1. Р.Бьюб. *Фотопроводимость твердых тел*. М.: ИЛ, 558 с. (1962).
2. А.С.Ələkbərov. Radiasiya şüalanmasının və nadir torpaqelementlərinin laylı kristalların fiziki xassələrinə təsiri. Bakı, 228 s. (2021).
3. О.З.Алекперов. Неорганические материалы. **35**, (11). 1315 (1999).
4. Л.Н.Курбатов, А.И.Дирочка, В.А.Сосин. ФТП. **19**, (3) 820 (1977).
5. Н.Камимара, К,Накао. J. Phys. Soc. Jap. **24**, (6) 1313 (2005).
6. Р.С.Мадатов, М.А.Мехрабова, Ш.Р.Шекили. Порогообразования радиационных дефектов в слоистых полупроводниках типа $A^{III}B^{VI}$. Академик А.Ş.Мехдиевин 70 illiyinə həsr edilmiş konfrans. Milli Aviasiya Akademiyası. s.150. 2004.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СПЕКТР ФОТОПРОВОДИМОСТИ ОБЛУЧЕННОГО СЛОИСТОГО МОНОКРИСТАЛЛА GaS

¹Алекперов А., ²Байрамлы Р.

¹Азербайджанский Государственный Педагогический Университет

²Бакинский Инженерный Университет

Резюме: Анализ результатов проведенных исследований позволяет предположить, что для повышения фоточувствительности слоистого монокристалла GaS и реализации радиационной рекомбинации необходимо выбрать оптимальный температурный режим ($200\text{K} < T < 250\text{K}$) после его воздействия небольшой дозой радиации (в данном случае 30 крад).

Ключевые слова: слоистый монокристалл, спектр фотопроводимости, температурный режим, рекомбинация, доза облучения.

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE PHOTOCONDUCTIVITY SPECTRUM OF IRRADIATED LAYERED GaS SINGLE CRYSTAL

¹Alekperov A., ²Bayramli R.

¹Azerbaijan State Pedagogical University

²Baku Engineering University

Summary: Analysis of the results of the conducted studies suggests that in order to increase the photosensitivity of the layered GaS single crystal and implement radiation recombination, it is necessary to select the optimal temperature regime ($200\text{K} < T < 250\text{K}$) after its exposure to a small dose of radiation (in this case 30 krad).

Keywords: layered single crystal, photoconductivity spectrum, temperature regime, recombination, radiation dose.

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ КЛЕЙНА-ФОКА-ГОРДОНА ДЛЯ ПОТЕНЦИАЛА РОЗЕН-МОРСА В СВЯЗАННОМ СОСТОЯНИИ

Кулиева Г.Г., Халилова С. Е., Садыкова Н.А.

Сумгаитский Государственный Университет

gulnara.quliyeva@sdu.edu.az

Резюме: Потенциал Розен-Морса играет важную роль в атомной, молекулярной и химической физике, поскольку она может быть использована для описания молекулярных колебаний и для получения энергетических спектров линейных и нелинейные системы. Потенциал Розен-Морса с тригонометрической функцией имеет применение в объяснении характера кварк-глюонной динамики в квантовой хромодинамике.

Ключевые слова: потенциал Розена-Морса, метод Никифорова-Уварова, спектральная задача.

Как известно, модифицированный потенциал Розена-Морса определяется в виде [4]:

$$V(r) = \frac{V_1}{\cosh^2(\alpha r)} - \frac{V_2 \sinh(\alpha r)}{\cosh^2(\alpha r)}. \quad (1)$$

Здесь V_1 , V_2 определяют глубину потенциала и α параметры экранирования. Для скалярного $S(r)$ и векторного $V(r)$ потенциалов уравнение КФГ в атомных единицах ($\hbar = c = 1$) в сферической системе координат определяется в виде:

$$\left[-\nabla^2 + (M + S(r))^2 \right] \psi(r, \theta, \varphi) = [E - V(r)]^2 \psi(r, \theta, \varphi), \quad (2)$$

В уравнении (2) волновую функцию $\psi(r, \theta, \varphi)$ в сферической системе координат можно взять в следующей форме:

$$\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = \frac{\chi_{nl}(r)}{r} Y_{lm}(\theta, \varphi), \quad (3)$$

Подставляя функцию (3) в уравнение (2), радиальное уравнение КФГ можно переписать в следующем виде:

$$\chi''(r) + \left[E^2 - M^2 - 2(MS(r) + EV(r)) + (V^2(r) - S^2(r)) - \frac{\ell(\ell+1)}{r^2} \right] \chi(r) = 0. \quad (4)$$

Для решения уравнения (4) по методу Никифоров-Уварова [2] мы вводим новую переменную $s = \sinh(\alpha r)$, тогда получим:

$$(1+z^2)\alpha^2 \frac{d^2}{dz^2} \chi(z) + \alpha^2 z \frac{d\chi(z)}{dz} + \left[E^2 - M^2 - 2(MS(z) + EV(z)) + (V^2(z) - S^2(z)) - \frac{l(l+1)}{\operatorname{arcsinh}^2(z)} \right] \chi(z) = 0 \quad (5)$$

Уравнение (5) после простых упрощений можно переписать в виде:

$$(1+z^2)\chi''(z) + z\chi'(z) + \frac{1}{\alpha^2} \left[E^2 - M^2 - 2(MS(z)) + EV(z) \right] +$$

$$+ \left(V^2(z) - S^2(z) \right) - \frac{l(l+1)\alpha^2}{\text{arc sinh}^2(z)} \Big] \chi(z). \quad (6)$$

Подставляя новую переменную $z = \sinh(\alpha r)$ в выражение (1), для потенциала Розена-Морса тогда получим:

$$V(z) = \frac{V_1}{1+z^2} - \frac{V_2 z}{1+z^2} \quad (7)$$

Теперь кратко проанализируем поведение потенциала. Для нахождения связанного состояния необходимо найти минимум точки потенциала из условия $dV/dz = 0$. Потенциал (7) в случае $V_2 > 0$ будет иметь минимум в точке

$$z = z_0 = \frac{V_1}{V_2} + \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2}}{V_2} > 0. \quad (8)$$

$$(1+z^2)\chi''(z) + z\chi'(z) + \frac{1}{\alpha^2} \left[E^2 - M^2 - 2(MS(z) + EV(z)) + \right. \\ \left. + (V^2(z) - S^2(z)) - \frac{l(l+1)\alpha^2}{1+z^2} (c_0 + c_1 z + c_2 z^2) \right] \chi(z) = 0 \quad (9)$$

Для решения уравнения (9) методом Никифорова-Уварова необходимо преобразовать к гипергеометрическому уравнению, которое имеет вид:

$$\chi''(s) - \frac{s}{1-s^2} \chi'(s) + \frac{1}{(1-s^2)^2} \left[\beta^2 + i s \gamma^2 + (1-s^2)\varepsilon^2 \right] \chi(s) = 0 \quad (10)$$

Теперь мы можем успешно применить метода Никифорова-Уварова [1] для решения уравнения (10). Радиальное волновой функции $\chi(s)$ получаем:

$$\chi(s) = C_{nl} (1+s)^{(1/4-B/2)} (1-s)^{(A/2-1/4)} \frac{\Gamma(n+A+1)}{\Gamma(A+1)} {}_2F_1(-n, 1+n - \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1-4\beta + \sqrt{(1-4\beta)^2 + 16\gamma^2}}, 1 - \frac{1}{2} \sqrt{1-4\beta - 4i\gamma}; \frac{1}{2}(1-s)). \quad (15)$$

Литература

1. Nikiforov A.F. and Uvarov V.B. Special Functions of Mathematical Physics, (Birkhauser, Basel 1988).
2. Greiner W. Relativistic Quantum Mechanics, 3ed. edition Berlin, Springer, 2000.
3. Ahmadov A.I., Aydin C. and Uzun O. // Int. J. Modern. Phys. A 29, 1450002 (2014).
4. Ahmadov A.I., Demirci M., Aslanova S.M., Mustamin M.F. //Phys. Lett. A, 384, 126372 (2020).

BAĞLI HALLAR ÜÇÜN KLEN-FOK-QORDON TƏNLIYININ ROZEN-MORS POTENSIALI ÜÇÜN HƏLLİ.

Quliyeva G.H., Xəlilova S.E., Sadıqlı N.A.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Xülasə Bu işdə Rozen-Mors potensialı üçün Klen-Fok-Qordon tənliyini həll etmişik. Bu həlli edərdən Nikiforov-Uvorov metodunu tətbiq etmişik. Klein-Fok-Qordon tənliyini həll etməklə, ixtiyari vəziyyətlər üçün enerji xüsusi qiymətləri və uyğun xüsusi funksiyalar əldə etdik. Orbital kvant ədədinin $l \neq 0$ ixtiyari qiyməti üçün enerjinin xüsusi dəyəri və müvafiq radial dalğa funksiyaları üçün analitik ifadələr alınır.

SOLUTION OF THE KLEIN-FOCK-GORDON EQUATION FOR THE ROSEN-MORSE POTENTIAL IN A BINDED STATE

Guliyeva G.H., Khalilova S.E., Sadıqlı N.A.

Sumgayit State University

Abstract: In the present work, an analytical solution for bound states of the Klein-Fock-Gordon equation is found for the modified Rosen-Morse potential. To overcome the difficulties arising in the case in the centrifugal part of the Rosen-Morse for bound states, we applied the developed approximation. Analytical expressions for the energy eigenvalue and the corresponding radial wave functions for an arbitrary value $l \neq 0$ of the orbital quantum number are obtained. It is shown that energy levels and eigenfunctions are very sensitive to the choice of potential parameters and orbital and radial quantum numbers.

STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE RADIATION INTENSITY IN THE NEAR INFRARED RANGE OF ZnSe:Cr ON THE POWER OF THE EXCITING SOURCE

Musayev M.A.¹, Abbasov I.I.¹, Huseynov J.I.², Eminova E.A.¹

¹Azerbaijan State Oil and Industry University

²Azerbaijan State Pedagogical University

ibrahimabbasov179@gmail.com

Summary: *In this work, the luminescence of impurity-defect centers for two ZnSe:Cr+ crystals with different concentrations of chromium atoms in the near infrared range was investigated. In particular, the dependence of the intensity of the maxima in the spectra on the power of the excitation source is considered.*

Key words: *polycrystalline CVD (chemical vapor deposition) ZnSe, impurity-defect luminescence, chromium in zinc selenide, high isostatic pressure(HIP).*

Numerous studies [1-6] IR lasers generating in the range of 4-5 μm on Cr²⁺ doped polycrystalline CVD ZnSe samples are promising for optics, optoelectronics, laser technology, etc. The radiative processes are mainly intracenter d-d transitions described by crystal field theory [1-3].

These studies mainly investigated the mid-infrared (IR) range, at low temperatures.

In this paper, we investigate the photoluminescence spectra in the wavelength range of 0.8–1.1 μm observed upon excitation by semiconductor lasers ($\lambda_{\text{ex}} = 532 \text{ nm}$) in two CVD ZnSe samples doped with different iron concentrations at room temperature ($T = 300 \text{ K}$). In particular, the dependence of the intensity of the maxima in the photoluminescence spectra on the excitation source power is considered.

Fe film was deposited on both sides of CVD ZnSe samples by electron beam evaporation, followed by diffusion doping by HIP (high isostatic pressure) processing

Diffusion doping in the first ZnSe: Cr³¹ sample was carried out at 1000 atm, 1423 K for 70h and in the second ZnSe: Cr³² sample at 1000 atm, 1423 K for 76 h.

The maximum iron impurity concentration determined from the absorption edge shift in the ZnSe:Cr samples is $6.1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ (ZnSe: Cr³¹) and $4.65 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ (ZnSe: Cr³²), respectively. The forbidden band widths are respectively 2.34 eV and 2.4 eV. The luminescence studies were carried out on a Nanofinder 30 Confocal micro-Raman spectrometer (Tokyo Instr., Japan). The second harmonic of the Nd:YAG laser with the radiation wavelength $\lambda_{\text{ex}} = 532 \text{ nm}$ and the maximal power 10 mW was used as an excitation source. The spectral resolution was not worse than $\sim 0.014 \text{ nm}$. A cooled CCD camera with the resolution 1024×128 pixels operating in photon-counting mode served as a radiation detector. the luminescence spectra were recorded in the region $\lambda = 440 \div 1500 \text{ nm}$.

The samples were excited by light with wavelength $\lambda_{ex} = 532$ (at a power of 1 mW) and the luminescence spectrum of both samples shows maxima at 930 nm, but they differ in intensity and half-width.

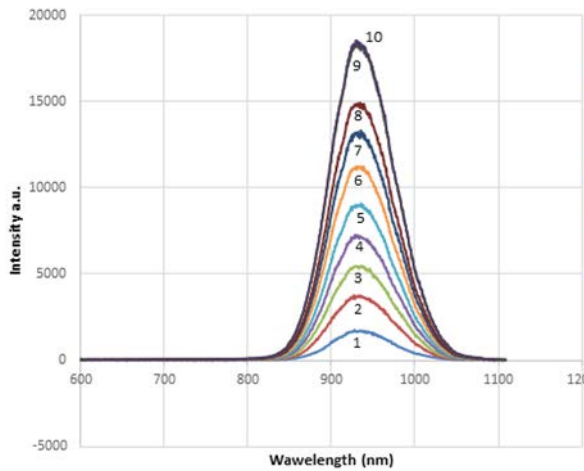


Fig.1. Dependence of radiation intensity corresponding to $\lambda_{max} = 930$ nm on the power of excitation source (laser at $\lambda_{ex} = 532$ nm, sample ZnSe:Cr31)

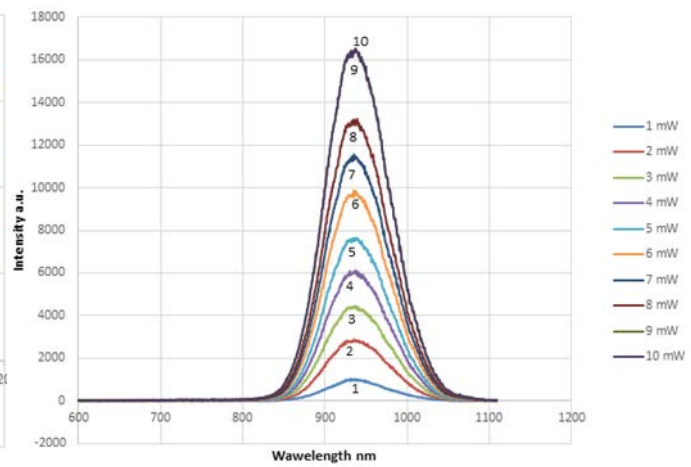


Fig.2. Dependence of radiation intensity corresponding to $\lambda_{max} = 930$ nm on the power of excitation source (laser at $\lambda_{ex} = 532$ nm, sample ZnSe:Cr32).

The dependence of the intensity of the maximum in the spectrum on the excitation power was also investigated, with the excitation power varying from 1 mW to 10 mW. (Fig.1,2). As can be seen from the figures, the behavior of the intensity of the maxima on the excitation power is quite different. With an increase in the source power from 1 mW to 10 mW, the intensity of the maxima in the Cr 31 and Cr 32 samples also increases, but in the Cr31 sample, where the concentration of chromium atoms is higher, it is greater. Changes in the spectral position of the maxima in the Cr31 sample are not so noticeable, compared to the Cr32 sample, where it changes in the range of 930 nm-936 nm. The half-width of the maxima in the Cr31 sample decreases compared to Cr32.

It can be said that the mechanism of radiative recombination, which forms emission lines in the spectral range of 0.8-1.1 μm , is associated with intracenter radiative transitions of iron atoms included in the complex defect in the form of Fe^{2+} , i.e. it is associated with the radiative transition ${}^3T_1 - {}^5T_2$ [6-8].

References

1. Surma, M., Godlewski, M., Surkova, T. (1994). *Physical Review B*, 50 (12), 8319.
2. Peppers, V.J., Fedorov, V., and Mirov, S.B. (2015). *Optics Express*, 23(4), 4406-4414.
3. Mirov, S., Fedorov, V., Martyshkin, D. et al. (2015). *IEEE J. Sel. Top. Quant. Electronics*. 21(1), 907-917.
4. Kozlovsky, V.I., Korostelin, Yu.V., Landman, Yu.P., Podmarkov, A.I., & Frolov, M.P. (2003). Efficient lasing on a Cr^{2+} ZnSe crystal grown from the vapor phase. *Quantum electronics*, 33(5), 408-410
5. Page, R.H., Schaffers, K.I., DeLoach, L.D., et al. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 33(4), 609-619.

6. Sorokina, I.T., Sorokin, E., Mirov, S.B., et al. *Optics Lett.*, 27, 1040.

7.I.I.Abbasov, M.A. Musayev, C.I. Huseynov, et al. *Adv. Phys. Res* 5 (2023) pp.192-199.

8.I.I.Abbasov. *AJP Phizika*. Vol. XXVIII, №4, section En.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ В БЛИЖНЕМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ZnSe:Cr ОТ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА ВОЗБУЖДЕНИЯ

Мусаев М.А., Аббасов И.И., Гусейнов Дж.И., Эминова Э.А.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Азербайджанский государственный педагогический университет

Резюме: В данной работе исследована люминесценция примесно-дефектных центров для двух кристаллов ZnSe:Cr с различной концентрацией атомов хрома в ближнем инфракрасном диапазоне. В частности, рассмотрена зависимость интенсивности максимумов в спектрах от мощности источника возбуждения.

Ключевые слова: поликристаллический CVD (химическое осаждение из газовой фазы) ZnSe, примесно-дефектная люминесценция, хром в селениде цинка, высокое изостатическое давление (HIP).

ZnSe:Cr-POLİKRYSTALININ YAXIN İNFRAQIRMIZI DİAPAZONUNDA ŞÜALANMA İNTENSİVLİYİNİN HƏYƏCANLANDIRICIMƏNBƏNİN GÜCÜNDƏN ASILILIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Musaev M.A., Abbasov İ.İ., Hüseynov C.İ., Eminova E.A.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Xülasə: Buişdə yaxıninfraqırmızı diapazondaxromatomlarının müxtəlif konsentrasiyası olan iki ZnSe:Cr + kristalları üçün aşkar-defekt mərkəzlərinin luminesensiyası öyrənilmişdir. Xüsusilə, spektrlərdə maksimumlarının intensivliyinin həyəcanlandırıcı mənbəyinin gücündən asılılığı nəzərdən keçirilir.

Açar sözlər: CVD (kimyəvi buxar çökməsi) ZnSe- polikristal, aşkar-defektlyumensensiyası, xrom lüminesensid, yüksək izostatik təzyiq (HIP).

STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE RADIATION INTENSITY IN THE NEAR INFRARED RANGE OF ZnSe:Fe ON THE POWER OF THE EXCITING SOURCE

Musayev M.A.¹, Abbasov I.I.¹, Huseynov J.I.², Eminova E.A.¹

¹Azerbaijan State Oil and Industry University

²Azerbaijan State Pedagogical University

ibrahimabbasov179@gmail.com

Summary: *In this work, the luminescence of impurity-defect centers for two ZnSe:Fe+ crystals with different concentrations of chromium atoms in the near infrared range was investigated. In particular, the dependence of the intensity of the maxima in the spectra on the power of the excitation source is considered.*

Key words: *polycrystalline CVD (chemical vapor deposition) ZnSe, impurity-defect luminescence, chromium in zinc selenide, high isostatic pressure(HIP).*

Numerous studies [1-6] IR lasers generating in the range of 4-5 μm on Fe²⁺ doped polycrystalline CVD ZnSe samples are promising for optics, optoelectronics, laser technology, etc. The radiative processes are mainly intracenter d-d transitions described by crystal field theory [1-3].

These studies mainly investigated the mid-infrared (IR) range, at low temperatures.

In this paper, we investigate the photoluminescence spectra in the wavelength range of 0.8–1.1 μm observed upon excitation by semiconductor lasers ($\lambda_{\text{ex}} = 532 \text{ nm}$) in two CVD ZnSe samples doped with different iron concentrations at room temperature ($T = 300 \text{ K}$). In particular, the dependence of the intensity of the maxima in the photoluminescence spectra on the excitation source power is considered.

Fe film was deposited on both sides of CVD ZnSe samples by electron beam evaporation, followed by diffusion doping by HIP (high isostatic pressure) processing. Diffusion doping in the first ZnSe: Fe11 sample was carried out at 1000 atm, 1423 K for 66.5 h and in the second ZnSe: Fe12 sample at 1000 atm, 1523 K for 26 h.

The maximum iron impurity concentration determined from the absorption edge shift in the ZnSe:Fe samples is $9.83 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ (ZnSe: Fe11) and $7.27 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ (ZnSe: Fe12), respectively. The forbidden band widths are respectively 2.6 eV and 2.62 eV . The luminescence studies were carried out on a Nanofinder 30 Confocal micro-Raman spectrometer (Tokyo Instr., Japan). The second harmonic of the Nd:YAG laser with the radiation wavelength $\lambda_{\text{ex}} = 532 \text{ nm}$ and the maximal power 10 mW was used as an excitation source. The spectral resolution was not worse than $\sim 0.014 \text{ nm}$. A cooled CCD camera with the resolution 1024×128 pixels operating in photon-counting mode served as a radiation detector. the luminescence spectra were recorded in the region $\lambda = 440 \div 1500 \text{ nm}$.

The samples were excited by light with wavelength $\lambda_{ex} = 532$ (at a power of 1 mW) and the luminescence spectrum of both samples shows maxima at 930 nm, but they differ in intensity and half-width. The dependence of the intensity of the maximum in the spectrum on the excitation power was also investigated, with the excitation power varying from 1 mW to 10 mW. (Fig.1,2). As

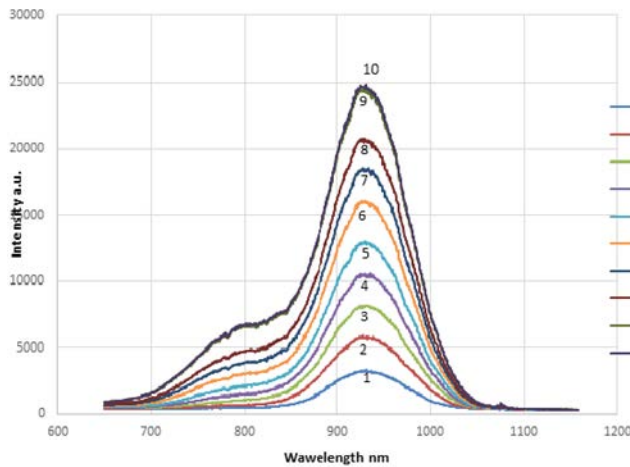


Fig.1. Dependence of radiation intensity corresponding to $\lambda_{max} = 930$ nm on the power of excitation source (laser at $\lambda_{ex} = 532$ nm, sample ZnSe:Fe11)

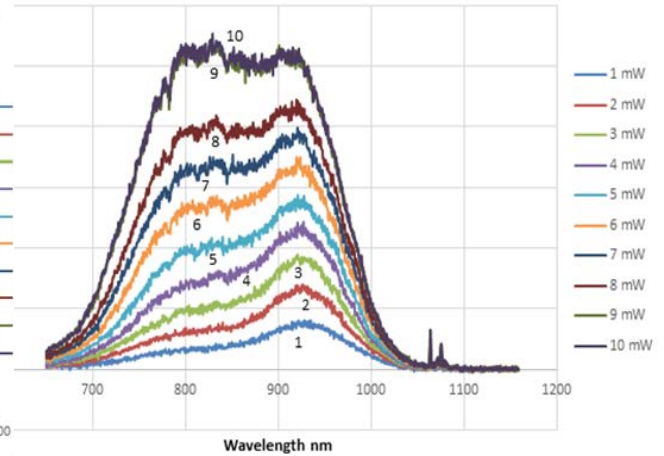


Fig.2. Dependence of radiation intensity corresponding to $\lambda_{max} = 930$ nm on the power of excitation source (laser at $\lambda_{ex} = 532$ nm, sample ZnSe:Fe12).

can be seen from the figures, the behavior of the intensity of the maxima on the excitation power is quite different.

In the ZnSe:Fe11 sample with a concentration higher than that of ZnSe:Fe12, starting from an excitation power of 5 mW, changes are observed in the spectrum at a wavelength of 800 nm, and with an increase in excitation power to 10 mW, this change turns into a stepwise inflection (Fig.1). However, in the ZnSe:Fe12 sample, changes in the spectrum at a wavelength of 800 nm occur from the very beginning of excitation, and with an increase in excitation power to 10 mW, a wide doublet structure with maxima at 800 nm and 930 nm appears in the spectrum (Fig.2). The appearance of a doublet structure with maxima at 800 nm and 930 nm in the ZnSe:Fe12 sample with increasing excitation power indicates the complex nature of impurity-defect centers where radiative recombination occurs.

It can be said that the mechanism of radiative recombination, which forms emission lines in the spectral range of 0.83-0.93 μm , is associated with intracenter radiative transitions of iron atoms included in the complex defect in the form of Fe^{2+} , i.e. it is associated with the radiative transition ${}^3\text{T}_1 ({}^3\text{H}) \rightarrow {}^5\text{E} ({}^5\text{D})$ [6-8].

References

1. Surma, M., Godlewski, M., Surkova, T. (1994). *Physical Review B*, 50 (12), 8319.
2. Peppers, V.J., Fedorov, V., and Mirov, S.B. (2015). *Optics Express*, 23(4), 4406-4414.

3. Mirov, S., Fedorov, V., Martyshkin, D. et al. (2015). *IEEE J. Sel. Top. Quant. Electronics*. 21(1), 907-917.
4. Kozlovsky, V.I., Korostelin, Yu.V., Landman, Yu.P., Podmarkov, A.I., & Frolov, M.P. (2003). Efficient lasing on a Cr²⁺/ZnSe crystal grown from the vapor phase. *Quantum electronics*, 33(5), 408–410
5. Page, R.H., Schaffers, K.I., DeLoach, L.D., et al. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 33(4), 609–619.
6. Sorokina, I.T., Sorokin, E., Mirov, S.B., et al. *Optics Lett.*, 27, 1040.
7. I.I. Abbasov, M.A. Musayev, C.I. Huseynov, et al. *Adv. Phys. Res* 5 (2023) pp.192-199.
8. I.I. Abbasov. *AJP Phizika*. Vol. XXVIII, №4, section En.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ В БЛИЖНЕМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ZnSe:Fe ОТ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА ВОЗБУЖДЕНИЯ

Мусаев М.А., Аббасов И.И., Гусейнов Дж.И., Эминова Э.А.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Азербайджанский государственный педагогический университет

Резюме: В данной работе исследована люминесценция примесно-дефектных центров для двух кристаллов ZnSe:Fe⁺ с различной концентрацией атомов железа в ближнем инфракрасном диапазоне. В частности, рассмотрена зависимость интенсивности максимумов в спектрах от мощности источника возбуждения.

Ключевые слова: поликристаллический CVD (химическое осаждение из газовой фазы) ZnSe, примесно-дефектная люминесценция, железа в селениде цинка, высокое изостатическое давление (HIP).

ZnSe:Fe-NIN YAXIN İNFRAQIRMIZI DİAPAZONUNDA ŞÜALANMA İNTENSİVLİYİNİN HƏYƏCANLANDIRICI MƏNBƏNİN GÜCÜNDƏN ASILILIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Musaev M.A., Abbasov İ.İ., Hüseynov C.İ., Eminova E.A.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Xülasə: Bu işdə yaxın infraqırmızı diapazonda dəmir atomlarının müxtəlif konsentrasiyası olan iki ZnSe:Fe⁺ kristalları üçün aşkar-defekt mərkəzlərinin lyüminsensiyası öyrənilmişdir. Xüsusilə, spektrlərdə maksimumların intensivliyinin həyəcanlandırıcı mənbəyinin gücündən asılılığı nəzərdən keçirilir.

Açarsözlər: CVD (kimyəvi buxar çökməsi) ZnSe- polikristal, aşkar-defekt lyüminsensiyası, dəmir lisinkselenid, yüksək izostatik təzyiç (HIP).

KÜLƏKMÜHƏRRIKLƏRİ: TƏMİZENERJIVƏ GƏLƏCƏKNƏSİLLƏR

ÜÇÜNDAYANIQLI İNKİŞAF

Cabbarov C., Bəşirzadə N.

Bakı Dövlət Universiteti

Nunubashirzade500@gmail.com

Öz dəyərinə və məhdudiyyətsiz mövcudluğuna görə külək enerjisi Azərbaycanda üstünlük verilən enerji mənbəyi kimi müəyyənləşdirilmişdir. Külək enerjisinin proqnozlaşdırılan illik gücü təxminən rentabelli külək enerjisi baxımından 3000 MVt təşkil edir ki, bu da bir neçə milyard kVt saat elektrik enerjisi istehsal edəcək. Bu, 1 milyon tonlarla ənənəvi yanacağa qənaət etməyə imkan yaradacaq və beləliklə də karbon emissiyalarını azaldacaq. Bu, ölkənin Paris sazişi çərçivəsində özünün Milli Səviyyədə Müəyyən Edilmiş Təhffə (NDC) sənədində qəbul edilmiş 1990-cı il baza ilindən başlayaraq ölçülməklə 2030-cu ilədək İQ (istixana qazlarının) emissiyasını 35% azaltmaq barədə götürdüyü öhdəliyə uyğundur (İRENA - 2019).

Giriş. Enerji ehtiyaclarının sürətlə artdığı bir dövrdə, təbii və təmiz enerji mənbələrinə keçid zərurətə çevrilib. Qlobal iqlim dəyişikliyi və ətraf mühitin mühafizəsi mövzusunda dünya səviyyəsində qəbul edilən strategiyalar nəticəsində bərpa olunan enerji növləri, xüsusilə də külək enerjisi ön plana çıxır. Bakı şəhəri və ümumilikdə Xəzər dənizi sahili, külək enerjisi üçün ideal ərazi xüsusiyyətlərinə malikdir və bu texnologiyadan istifadə etmək həm Azərbaycanın enerji təhlükəsizliyi, həm də ətraf mühitin qorunması baxımından böyük potensial daşıyır.

Külək Enerjisinin Ətraf Mühit və İqlimə Təsiri. Külək enerjisi, iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə çox vacib bir alətdir. Külək mühərriklərinin istehsalı və istifadəsi zamanı karbon emissiyası minimal olur, yəni ətraf mühitə çox az təsir göstərir. Azərbaycanın neft-qaz sektoruna olan asılılığını azaldaraq, ölkənin enerji təhlükəsizliyini təmin etməklə yanaşı, təbiətə də zərər vermədən dayanıqlı bir enerji modeli qurmağa kömək edə bilər.

Külək mühərrikləri (və ya külək türbinləri) külək enerjisini elektrik enerjisinə çevirmək üçün istifadə olunur. Bu proses əsasən küləyin təbii kinetik enerjisinin elektrik enerjisinə çevirir.

Külək mühərrikləri, küləyin pərlərə təzyiqi ilə fırlanmağa başlayır. Külək, türbin pərlərini döndərir və bu fırlanma hərəkəti mühərrikin içindəki rotor və generator sistemini fırladır və elektromaqnit induksiya hadisəsinə əsasən küləyin mexaniki enerjisi elektrik enerjisinə çevrilir. Külək mühərrikinin əsas komponentləri bunlardır: Pərlər, Rotor- Generator sistemi, Nasazlıq əleyhinə sistemlər və sensorlar.

İstehsal Olunan Enerjinin Fırlanma Periodundan Asılılığı. Külək mühərrikində istehsal olunan enerji pərlərin fırlanma sürəti ilə birbaşa əlaqəlidir. Külək mühərrikləri adətən 3-15 dövr/dəqiqə (RPM) arasında fırlanır. Küləyin sürəti dəyişkən olduğundan, enerji istehsalı da dəyişir.

Buna görə müasir külək mühərrikləri enerjini sabitləşdirmək üçün xüsusi invertorlardan istifadə edilir.

Nəticə: Külək mühərriklərini mövcud generatorlarla müqayisə etsək, onun bir çox üstünlüklərini göstərə bilərik:

1. Eyni gücə malik külək mühərriklərinin Yerləşdiyi ərazi , su elektrik stansiyası (SES) ərazisindən 1000 dəfə azdır. Bu çatışmazlıq günəş generatorlarına da aiddir.

2. SES-in tikintisinə 10-15 il vaxt sərf olunarsa, Külək mühərriklərinin quraşdırılmasına bir neçə ay kifayətdir.

3. SES bir məkanda yerləşdiyi üçün onun sıradan çıxarılması böyük ziyan verə bilər. Külək mühərriklərini isə həm istismarçılara yaxın, həm də xırda qruplar halında quraşdırılması onların hamısının birdən yox edilməsinin qarşısını alır və həm də enerji ötürülməsi zamanı itkiləri əsaslı dərəcədə azaldar.

Uzunmüddətli perspektivdə külək enerjisi sektoru həm iş imkanlarını artıracaq, həm də Azərbaycanın enerji ehtiyaclarını təmiz və davamlı bir şəkildə qarşılamağa kömək edəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Amerikanın Enerji Nazirliyi (DOE) və Milli Bərpa Olunan Enerji Laboratoriyası (NREL) hesabatları.
2. Avropa Külək Enerjisi Assosiasiyası (WindEurope) və Beynəlxalq Külək Enerjisi Şurası (GWEC) sənədləri.
3. Bax, B., & Yılmaz, F. (2019). Renewable Energy Resources: Turbines, Solar, Biomass, and Wind. Academic Press.

ВЕТРЯНЫЕ ТУРБИНЫ: ЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ДЛЯ БУДУЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Джаббаров Д., Беширзада Н.

Бакинский Государственный Университет

Резюме: Развитие ветряные турбины связано с постоянными инновациями, особенно с 1970-х годов, когда нефтяные кризисы подтолкнули страны к поиску возобновляемых источников энергии. С прогрессом в аэродинамике, компьютерном моделировании и материалах, таких как углеволокно, турбины стали крупнее, эффективнее и способны вырабатывать большие энергии. Современные ветропарки теперь могут обеспечивать электроэнергией целые города, значительно влияя на мировой энергетический баланс. Ветряные турбины, как чистый и возобновляемый источник энергии, играют важную роль в сокращении выбросов парниковых газов и борьбе с изменением климата. Оптимальная скорость ветра для турбин составляет около 12-15 м/с (27-34 миль/ч). В этом диапазоне турбины достигают максимальной эффективности без перегрузок. Если скорость ветра превышает 25 м/с (56 миль/ч), большинство турбин автоматически отключается для предотвращения повреждений, что обеспечивает их безопасность и долговечность.

Ключевые слова: Ветряные турбины, Развитие, Влияние на климат, Принцип работы, Оптимальная скорость.

WIND TURBINES: CLEAN ENERGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR FUTURE GENERATIONS

Jabbarov J., Beshirzade N.

Baku State University

***Summary:** The development of wind turbines has been marked by constant innovation, especially since the 1970s when oil crises pushed nations to seek renewable energy alternatives. With progress in aerodynamics, computer simulations, and materials like carbon fiber, turbines have become larger, more efficient, and capable of producing more power. Modern wind farms can now generate sufficient electricity to power cities, significantly contributing to the global energy mix. As a clean, renewable energy source, wind energy plays a crucial role in reducing greenhouse gas emissions and combating climate change. The optimal speed for wind turbines is generally around 12-15 m/s (27-34 mph). At this range, turbines achieve peak efficiency without overloading. If the wind speed exceeds 25 m/s (56 mph), most turbines automatically shut down to prevent damage, ensuring safety and longevity.*

***Keywords:** Wind Turbines ,Development, Impact on climate, Operating principle, Optimal speed.*

MAKRASKOPİK SİSTEMLƏRİN CIRLAŞMA ŞƏRTLƏRİ, BOZONLAR VƏ FERMİONLAR

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Hüseynov V.İ.

qalaca@mail.ru

Cırlaşmış sistem elə sistemə deyilir ki, bu sistemdə hər bir enerji səviyyəsinə bir neçə zərrəcik uyğun gəlsin. Əgər, sistemin V həcmindəki ümumi enerji hallarının sayı G , zərrəciklərin sayı isə N olarsa, cırlaşma şərtini [1].

$$G \ll N \quad (1)$$

kimi yaza bilərik.

Müvafiq nəzəriyyələrdə göstərilir ki, vahid həcmdəki enerji hallarının g sayı

$$g = \left(\frac{2\pi mkT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

ifadəsi ilə müəyyən edilir. Burada, k -Bolsman sabiti, m -zərrəciyin kütləsi, h - Plank sabitidir.

(2) ifadəsinə enerji sıxlığının ifadəsi də deyirlər. Onda, V həcmindəki enerji hallarının ümumi G sayı üçün,

$$G = V \left(\frac{2\pi mkT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

İfadəsini yaza bilərik.

(3) ifadəsini (1) düsturunda yerinə yazmaqla cırlaşma şərtini,

$$V \left(\frac{2\pi mkT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \ll N \quad (4)$$

kimi ifadə edə bilərik.

Hər tərəfi N -ə bölərək, $n = \frac{N}{V}$ olduğunu nəzərə alsaq, cırlaşma şərtinin (5) düsturu ilə göstərilən və çox istifadə olunan riyazi formasını alarıq:

$$\frac{1}{n} \left(\frac{2\pi mkT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \ll 1 \quad (5)$$

(5) ifadəsindən görüldüyü kimi, üç müxtəlif səbəbdən zərrəciklər sistemi cırlaşma bilər:

- 1) Sistem kiçik kütləli zərrəciklərdən təşkil olunduqda;
- 2) Temperatur kifayət qədər alçaq olduqda;
- 3) Qaz sisteminin sıxlığı (konsetrasiyası) böyük olduqda

Aydındır ki, göstərilən səbəblərin hər üçü eyni zamanda mövcud olarsa, sistem cırlaşmış sistemə çevrilir. Bəzən şərtlərdən, ikisinin ödənməsi də sistemin cırlaşmış sistemə çevrilməsini təmin edir [2].

Cırlaşmış sistemi təşkil edən zərrəciklərin spin xassəsindən asılı olaraq, bu sistemlərin halı, Fermi-Dirak, yaxud Boze-Eynşteyn paylanma funksiyası ilə araşdırıla bilər [3]. Sistemi təşkil edən zərrəciklərin spini-Plank sabitinin kəsr ədədlərə hasilinə bərabər olarsa, $(0,5h, 1,5h, 2,5h$ və $s)$ belə zərrəciklər fermionlar adlanır. Fermionlara misal olaraq elektronları, protonları, neytronları, və.s göstərmək olar. Fermionların enerji səviyyələri arasında paylanması Pauli prinsipinə tabedir. Yəni, enerji səviyyəsi fermionla tutulmuşdursa, bu kvant halında spini eyni olan digər fermion yerləşə bilməz.

Spini, Plank sabitinin tam ədədlərə hasilinə bərabər olarsa, $(h, 2h, 3h,$ və.s.) belə zərrəciklər bozonlar adlanır. Bozonlara misal olaraq fotonları, fononları və s göstərmək olar.

Fermionlardan fərqli olaraq eyni bir səviyyədə sonsuz sayda bozon ola bilər. Hesablamalar göstərir ki, əgər hər hansı enerji səviyyəsində n sayda bozon varsa, buraya daha bir bozonun düşmə ehtimalı, həmin səviyyədə zərrəciklərin olmadığı halla müqayisədə, $(n+1)$ dəfə artmış olur.

Fermionların kvant statistikasını ilk dəfə Fermi və Dirak tərəfindən verilmişdir. Bu statistika Fermi-Dirak statistikasını adlanır. Bozonlar- Boze və Eynşteynin müəyyən etdiyi statistika tabedir. Bu səbəbdən uyğun statistika Boze-Eynşteyn statistikasını adlanır.

Ədəbiyyat

1. Eyvazov E.Ə. Bərk cisimlər fizikası, Bakı-2003.
2. B.M.Əsgərov Bərk cisimlərin nəzəriyyəsi. AAEU-2013.
- 3.Н.Н. Калиткин, С.А. Колганов Функции Ферми-Дирака. Свойства функций. Москва-2018

УСЛОВИЯ ВЫРОЖДЕНИЕ МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, БОЗОНЫ И ФЕРМИОНЫ

Гусейнов В. И.

Резюме: Когда система состоит из частиц малой массы; Когда температура достаточно низкая, а плотность (концентрация) газовой системы велика, система становится квантовой. Если квантовая система состоит из бозонов, она подчиняется статистике Бозе-Эйнштейна, а если она состоит из фермионов, она подчиняется статистике Ферми-Дирака.

Ключевые слова: Вырожденный систем, энергетический уровень, плотность энергии, концентрация, принцип Паули, фермион, бозон, статистика Ферми-Дирака, статистика Бозе-Эйнштейна

CONDITIONS FOR DEGENERACY OF MACROSCOPIC SYSTEMS, BOSONS AND FERMIONS

Huseynov V. İ.

Summary: When the system consists of particles of low mass; When the temperature is low enough and the density (concentration) of a gas system is high, the system becomes quantum. If a quantum system consists of bosons, it obeys Bose-Einstein statistics, and if it consists of fermions, it obeys Fermi-Dirac statistics.

Keywords: Degenerate systems, energy level, energy density, concentration, Pauli principle, fermion, boson, Fermi-Dirac statistics, Bose-Einstein statistics

**SCATTERED ANTINEUTRINO AVERAGE ENERGY SENSITIVITY TO
POLARIZATION OF ELECTRONS AND FLAVOUR IN ELASTIC RELIC
ANTINEUTRINO-ELECTRON SCATTERING**

Gasimova R.E. ^{1,2}, Huseynov V.A. ^{3,4,5}

¹ **Department of General Physics, Azerbaijan State Pedagogical University**

² **Department of Theoretical Astrophysics and Cosmology, Shamakhy Astrophysical
Observatory**

115 (main building of ANAS, 10th floor), Baku, AZ 1073, Azerbaijan;

³ **Institute of Sustainable Development and Energy; Department of Engineering Physics and
Electronics, Azerbaijan Technical University**

⁴ **Laboratory for Physics of Cosmic Ray Sources, Institute of Physics**

⁵ **Department of Physics, Baku Engineering University**

gasimovar@yahoo.co.uk.vgusseinov@yahoo.com

Due to the extremely low energy ($\omega \sim 10^{-4} eV$) and tiny interaction cross sections (eg., the cross section for the relic neutrino (antineutrino)-electron scattering is $\sigma \sim (G_F^2/\pi)\omega^2 \sim 10^{-63} - 10^{-64} cm^2$ [1]) of relic neutrinos and antineutrinos, the Cosmic Neutrino Background detection problem [1-9] cannot be resolved and remains a major puzzle of modern Physics and Astronomy. Here, we develop the idea of amplification of the energy of the incident relic antineutrino initiating the threshold reactions $\tilde{\nu}_l p \rightarrow n l^+$ where $l^+ = e^+, \mu^+, \tau^+$ and $\tilde{\nu}_l = \tilde{\nu}_e, \tilde{\nu}_\mu, \tilde{\nu}_\tau$ [4]. When a relic antineutrino scatters by the ultra-relativistic electron of sufficiently high energy, the energy transfer from the high-energy electron to the relic antineutrino is more plausible and realistic than the energy transfer from the relic antineutrino to the high-energy electron. This unique opportunity ought to lead to the increase of the energy of a relic antineutrino and therefore, it opens a gate to the solution of the problem of amplification of the energy of a relic antineutrino.

The purpose of the presented article is to analyze the sensitivity of the average energy of the antineutrino in the final state to the polarization of the spin of the electron in the initial (final) state and antineutrino flavour in the elastic scattering of a relic antineutrino by an ultra-relativistic electron

$$\tilde{\nu}_i + e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_i + e^{-'} \quad (1)$$

in a constant homogeneous MF of the strength $B \ll B_0 = m_e^2/e = 4.414 \times 10^{13} G$ in the framework of the low-energy approximation of the Weinberg-Salam electroweak interaction theory where B_0 is the critical Schwinger field strength, e is the elementary charge, m_e is the electron mass.

We have obtained the asymptotic formula for the scattered relic antineutrino average energy

$$\langle \omega' \rangle_{\tilde{\nu}_i e^-} = \frac{1}{3} \varepsilon \frac{\Gamma(2/3) \tilde{a}(3\chi)^{2/3} - 5\Gamma(1/3) \tilde{b}(3\chi)^{1/3}}{\Gamma(2/3) \tilde{a}'(3\chi)^{2/3} - \Gamma(1/3) \tilde{b}'(3\chi)^{1/3}} \quad (2)$$

where

$$\tilde{a} = \frac{5}{27}(g_L^i)^2 + 2(g_R^i)^2 + \frac{8}{9}g_L^i g_R^i \zeta \zeta', \quad (3)$$

$$\tilde{b} = -\frac{1}{27}(g_L^i)^2 \zeta + (g_R^i)^2 \zeta' + \frac{1}{9}g_L^i g_R^i (\zeta - \zeta'), \quad (4)$$

$$\tilde{a}' = \frac{5}{27}(g_L^i)^2 + (g_R^i)^2 + \frac{2}{3}g_L^i g_R^i \zeta \zeta', \quad (5)$$

$$\tilde{b}' = -\frac{4}{27}(g_L^i)^2 \zeta + 2(g_R^i)^2 \zeta' + \frac{1}{3}g_L^i g_R^i (\zeta - \zeta') \quad (6)$$

where $\chi = (\varepsilon/m_e)(B/B_0)$ is the dynamic parameter, $\zeta(\zeta')$ is the projection of the spin of the electron in the initial (final) state onto the z-axis (the magnetic field direction), $g_L^i = g_L^{\mu(\tau)} = -0.5 + \sin^2 \theta_W$ and $g_R^i = g_R^{\mu(\tau)} = \sin^2 \theta_W$ for the $\tilde{\nu}_\mu e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_\mu e^{-'}$ ($\tilde{\nu}_\tau e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_\tau e^{-'}$) scattering and $g_L^i = g_L^e = g_L^{\mu(\tau)} + 1 = 0.5 + \sin^2 \theta_W$ and $g_R^i = g_R^e = g_R^{\mu(\tau)} = \sin^2 \theta_W$ for the $\tilde{\nu}_e e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_e e^{-'}$ scattering.

The analysis of the formula (2) shows that the average energy of the antineutrino in the final state is proportional to the energy of the electron in the initial state: $\langle \omega' \rangle_{\tilde{\nu}_i e^-} \sim \varepsilon$ and it is in order of the energy of the electron in the initial state. The electron spin quantum number (ζ, ζ') dependence of $\langle \omega' \rangle_{\tilde{\nu}_i e^-}$ and the presence of the electroweak structural constant g_L^i in the formula (2) indicate that the average energy transported by the relic antineutrino in the final state is sensitive to the polarization of the spin of the electron in the initial (final) state and antineutrino flavour, respectively. The sensitivity of the average energy of the antineutrino in the final state to the polarization of the spin of the electron in the initial (final) state and antineutrino flavour for the energy $\varepsilon = 450 GeV$ and magnetic field strength $B = 1.25 \times 10^9 G$ is presented in the Table. For the given values of ε and B , we obtain $\chi \simeq 25 \gg 1$. The Table tells us that the average energy transported by the relic antineutrino in the final state is more pronounced for a relic muon (tauon) antineutrino than a relic electron antineutrino. It is also visible from the Table that the scattered muon (tauon) antineutrino can even take away about 89 % of the energy of the electron in the initial state if the electrons in the initial and final states have the spin orientations $\zeta = -1, \zeta' = -1$, respectively. In all the cases considered above, the energy of the antineutrino in the final state is enhanced to energies of $\sim 10^2 GeV$.

Table. The sensitivity of the average energy of the antineutrino in the final state to the polarization of the spin of the electron in the initial (final) state and antineutrino flavour

Reaction	$\langle \omega' \rangle_{\tilde{\nu}_i e^-}$	$\langle \omega' \rangle_{\tilde{\nu}_i e^-}$
	$\zeta = +1, \zeta' = -1$	$\zeta = -1, \zeta' = -1$
$\tilde{\nu}_e e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_e e^{-'}$	0.62 ε	0.52 ε
$\tilde{\nu}_\mu e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_\mu e^{-'}$	0.66 ε	0.89 ε
$\tilde{\nu}_\tau e^- \rightarrow \tilde{\nu}'_\tau e^{-'}$	0.66 ε	0.89 ε

References

- [1] J. D. Shergold, JCAP **11**, 052 (2021); [arXiv:2109.07482v2](#) [hep-ph].
- [2] B. Follin, L. Knox, M. Millea, Zh. Pan. Phys. Rev. Lett. **115** (9), 091301 (2015);
- [3] M. Aker *et al.* (KATRIN Collaboration), Nature Physics **18**, 160 (2022).
- [4] R. Lazauskas, P. Vogel, and C. Volpe, J. Phys. G. **35**, 025001 (2008).
- [5] M. G. Betti *et al.* (PTOLEMY), JCAP **07**, 047 (2019); [arXiv:1902.05508](#) [astro-ph.CO].
- [6] A. Faessler *et al.*, Int. J. Mod. Phys. E **26**, 1740008 (2017).
- [7] M. Bauer, and J. D. Shergold, Phys. Rev. D **104**, 083039 (2021).

ELASTİK RELİKT ANTİNEYTRİNO-ELEKTRON SƏPİLMƏSİNDƏ SƏPİLƏN ANTİNEYTRİNONUN ORTA ENERJİSİNİN ELEKTRONLARIN POLARİZASIYASINA VƏ AROMATA HƏSSASLIĞI

Qasımoğlu R. E., Hüseynov V.A.

Xülasə: İşdə xarici maqnit sahəsində elastik relikt antineytrino-elektron səpilməsində səpilən antineytrionun orta enerjisinin elektronların polarizasiyasına və antineytrionun aromata həssaslığı tədqiq olunmuşdur.

Açar sözlər: relic antineytrino, maqnit sahəsi, antineytrino aromati, polyarizasiya

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СРЕДНЕЙ ЭНЕРГИИ РАССЕЯННОГО АНТИНЕЙТРИНО К ПОЛЯРИЗАЦИЯМ ЭЛЕКТРОНОВ И АРОМАТУ В УПРУГОМ РАССЕЯНИИ РЕЛИКТОВОГО АНТИНЕЙТРИНО НА ЭЛЕКТРОНЕ

Гасымова Р.Э., Гусейнов В.А.

Резюме: В данной работе исследована чувствительность средней энергии антинейтрино к поляризациям электронов и аромату при упругом рассеянии реликтового антинейтрино на электроне во внешнем магнитном поле.

Ключевые слова: реликтовое антинейтрино, магнитное поле, аромат антинейтрино, поляризация.

İSTİLİK VƏ SÜRƏTLİ NEYTRONLARIN TƏSİRİ ALTINDA URAN DİOKSİDDƏ BAŞ VERƏN NÜVƏ PROSESLƏRİ

¹Əhmədov T.C.,² Qəribov A.A.

tabrizahmadovbsu19@gmail.com

Xülasə: Bu işdə təbii uran izotop tərkibli UO_2 -də istilik və sürətli neytronların təsiri altında baş verən neytron tutma və elastik səpilmə proseslərinin mikroskopik və makroskopik en kəsikləri hesablanmışdır. Uran dioksid (UO_2) əyləndirilməsi istehsalında və nüvə reaktorlarında aktiv zonalarda geniş tətbiq olunur. Neytron-maddə qarşılıqlı təsiri zamanı U-238 və U-235 izotoplarının xüsusiyyətləri tədqiq edilmiş, bu proseslərin effektivliyi qiymətləndirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, U-235 izotopunda neytron tutmanın en kəsikləri və bu proseslərin sürətləri U-238 izotopundan daha yüksəkdir.

Açar Sözlər: Uran dioksid, neytron tutma, mikroskopik en kəsik, makroskopik en kəsik, U-235, U-238, istilik neytronları, sürətli neytronlar.

Uran dioksid - UO_2 nüvə yanacağı və digər uran tərkibli nüvə materiallarının alınmasında aralıq məhsul kimi geniş tətbiq edilir. Uran tərkibli materiallar əsasən nüvə reaktorlarda aktiv zonada istifadə olunurlar. Odur ki, onlar müxtəlif enerjili neytronların və parçalanma məhsullarının təsirinə məruz qalırlar. Uran yanacağının tərkibində 5-6% U-235 ilə zənginləşdirilmiş halda olur və 94-95%-i U-238 -dən ibarətdir.

Təqdim olunmuş bu materialda təbii uran izotop tərkibli UO_2 - də isti və sürətli neytronların təsiri altında neytron tutma, elastik səpilmə proseslərinin mikroskopik və makroskopik en kəsikləri hesablanmışdır. Bu təyinatlar üçün ilkin növbədə UO_2 -nin molekul, U-238, U-235, oksigen nüvələrinin sıxlıqları hesablanmışdır. Uranil molekulunun molekul sıxlığı aşağıdakı ifadə ilə təyin edilmişdir.

$$N_{UO_2} = \frac{\rho \cdot N_A}{M(UO_2)} \quad (1)$$

burada $\rho = 10.97 \text{ qf/sm}^3$, $M(UO_2) = 270.03$, N_A - avoqadro ədədi.

Uran izotopları isə

$$N_{u_i} = \frac{\rho \cdot N_A}{M(UO_2)} x_i \quad (2)$$

burada x_i - izotopun faizlə miqdarı.

$$\Sigma_i = \sigma_i \cdot N_i$$

Nüvə sıxlıqlarının və proseslərinin mikroskopik en kəsiklərinin qiymətləri əsasında proseslərin makroskopik en kəsikləri və radiosion tutmanın parçalanmaya nisbətləri təyin edilmişdir.

Cədvəl 1.

Sıxlıqların qiyməti	$N(UO_2)$ molekul/ sm^3	$N(O)$ nüvə/ sm^3	$N(U-238)$ nüvə/ sm^3	$N(U-235)$ nüvə/ sm^3
N_i	$2,44 \cdot 10^{22}$	$4,88 \cdot 10^{22}$	$2,42 \cdot 10^{22}$	$1,7 \cdot 10^{20}$

Aşağıdakı cədvəldə UO_2 -yə istilik və sürətli neytronların təsiri altında radiosion tutma, elastik səpilmənin en kəsikləri verilmişdir.

Cədvəl 2.

Neytronlar	UO ₂ -də U-238				UO ₂ -də U-235			
	σ_a , barn	$\Sigma_a = \sigma_a * N_i$ sm ⁻¹	σ_s barn	$\Sigma_s = \sigma_s * N_i$ sm ⁻¹	σ_a , barn	$\Sigma_a = \sigma_a * N_i$ sm ⁻¹	σ_s barn	$\Sigma_s = \sigma_s * N_i$ sm ⁻¹
İstilik neytronları E _n = 0,025 eV	2,68	0,065	9,38	0,2269	633	0,1161	14,3	24,3*10 ⁻⁴
Sürətli neytronlar E _n = 2 Mev	0,6	0,014	6,60	0,1597	1,37	0,002	6,0	10,2*10 ⁻⁴

Göründüyü kimi U-235 -də radiosion tutmanın en kəsikləri və uyğun olaraq proseslərin sürətləri çoxdur.

Ədəbiyyat:

1. A.A.Qəribov. Praktiki neytron və nüvə reaktoru fizikası, Bakı, 2022, 680 s.
2. Advances in small Modular Reactor. Technology Developments. IAEA, 2014, 137 p.
3. Nuclear Technology. Review 2016. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016, 84p.

NUCLEAR PROCESSES IN URANIUM DIOXIDE UNDER THE INFLUENCE OF THERMAL AND FAST NEUTRONS

Summary: In this study, the microscopic and macroscopic cross-sections for neutron capture and elastic scattering processes in natural uranium isotope UO₂ were calculated under the influence of thermal and fast neutrons. Uranium dioxide (UO₂) is extensively used as an intermediate product in nuclear fuel production and as a primary material in the active zones of nuclear reactors. The interaction of neutrons with U-238 and U-235 isotopes was analyzed, and the efficiency of these processes was assessed. The results revealed that the neutron capture cross-sections and reaction rates are significantly higher for the U-235 isotope compared to the U-238 isotope.

Keywords: Uranium dioxide, neutron capture, microscopic cross-section, macroscopic cross-section, U-235, U-238, thermal neutrons, fast neutrons.

ЯДЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ДИОКСИДЕ УРАНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕПЛОВЫХ И БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

Резюме: В данной работе были рассчитаны микроскопические и макроскопические сечения процессов захвата и упругого рассеяния нейтронов в природном изотопе урана UO₂ под воздействием тепловых и быстрых нейтронов. Диоксид урана (UO₂) широко используется в качестве промежуточного продукта при производстве ядерного топлива и в качестве основного материала в активных зонах ядерных реакторов. Проведен анализ взаимодействия нейтронов с изотопами U-238 и U-235, а также дана оценка эффективности этих процессов. Результаты показали, что сечения захвата нейтронов и скорости реакций значительно выше для изотопа U-235 по сравнению с изотопом U-238.

Ключевые слова: Диоксид урана, захват нейтронов, микроскопическое сечение, макроскопическое сечение, U-235, U-238, тепловые нейтроны, быстрые нейтроны.

СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛА $TlInS_2$ И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Д.ф.-м.н., проф ¹Умаров С. Х., К.ф.н., доцент ²Рустамов В.Д., ²Намазов Я.Б.

¹Бухарский медицинский институт им. Абу Али ибн Сино, Бухара, Узбекистан

²Гянджинский Государственный Университет

Резюме: Непрерывно растёт потребность в новых полупроводниковых материалах, обладающих не только оригинальными электрофизическими, оптическими, эксплуатационными характеристиками, но и высокой стойкостью к различным внешним факторам (температура, давление, радиация), для целей использования их в микроэлектронике. Низкоразмерные халькогениды, имеющие слоистые и цепочечные структуры, относятся к числу таких перспективных материалов. Среди них одним из наиболее интересных является слоистый монокристалл $TlInS_2$, который имеет не только перспективные полупроводниковые характеристики [1-3], но и позволяет регулировать и подбирать оптимальные свойства путем замещения атомов серы, таллия другими атомами в широком концентрационном интервале.

Ключевые слова: монокристалл, структура поверхности, электронное облучение.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния электронного облучения на структуру поверхности образцов полупроводникового соединения $TlInS_2$.

Для синтеза монокристаллов $TlInS_2$ использовались следующие исходные компоненты: Tl - чистотой 99,99%, In - чистотой 99,99% и особо чистая сера 99,999%. Исследуемое соединение синтезировалось в откачанной (10^{-3} Па) и запаянной кварцевой ампуле из смеси навесок исходных компонентов, взятых в стехиометрическом соотношении. После синтеза усовершенствованным методом Бриджмена–Стокбаргера были выращены качественные монокристаллические слитки, из которых скалыванием были получены образцы для исследований.

Определение элементного состава образца осуществлялось на сканирующем электронном микроскопе SEM EVO MA10 (OxfordInstruments) с использованием энергодисперсионной спектроскопии (CarlZeiss) на площади размером 50×50 мкм.

Исследованиемorfологии поверхности монокристалла $TlInS_2$ проводилось на сканирующем зондовом микроскопе SPM 9700HT (Shimadzu). Для этого выбирался участок образца размером 30×30 мкм и в нем в четырех произвольных направлениях в интервале от 5,83 мкм до 8,52 мкм с общей протяженностью 30 мкм определялось количество “пиков-выступов”, их полуширина и высота, до и после электронного облучения образца.

Облучение монокристалла $TlInS_2$ осуществлялось на ускорителе “Электроника У-003” [4] электронами с энергией 2 МэВ и плотностью тока пучка $0,375$ мкА/см². Энергия электронов была выбрана исходя из плотности и толщины образца и определялась с использованием стандартного измерительного клина (P4701) Riso 2 PieceAluminum (Бельгия) из алюминия. Образец устанавливался перпендикулярно направлению пучка электронов на

расстоянии 0,4 м от развертки ускорителя и проводилось облучение до флюенса электронов $2 \cdot 10^{17}$ эл/см².

Состояние поверхности исходного монокристаллического образца TlInS₂, измеренное на сканирующем зондовом микроскопе, приведено на рис.1.

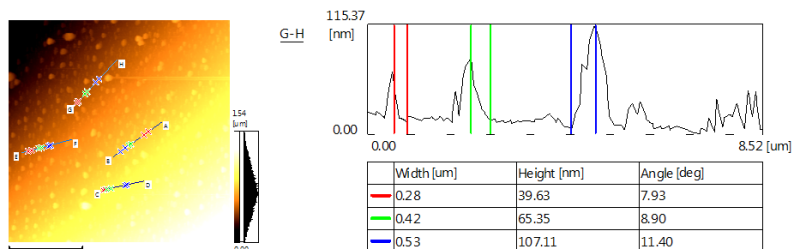


Рис.1. Состояние поверхности синтезированного образца TlInS₂ с указанными линиями (цветные) исследования шероховатости и данные о некоторых обнаруженных шероховатостях поверхности на отрезке G-H.

Однако, после облучения электронами флюенсом $2 \cdot 10^{17}$ эл/см² максимальная высота бугорка увеличилась до 234,03 нм, а максимальная ширина – до 1,49 мкм на отрезке E-F длиной 7,17 мкм (рис.2). Таким образом, средняя ширина бугорков шероховатостей увеличилась по сравнению с исходным необлученным кристаллом. Например, максимальная ширина бугорка в исследованных четырех направлениях с общей длиной 30 мкм была равна 0,83 мкм, а в облученном (наблюдалось в общей сложности 16 пиков) максимальная ширина равнялась уже 1,49 мкм. Еще одной особенностью результата облучения кристалла TlInS₂ является то, что средняя высота бугорков выросла от 39,63 нм в исходном до 234,03 нм в облученном образце.

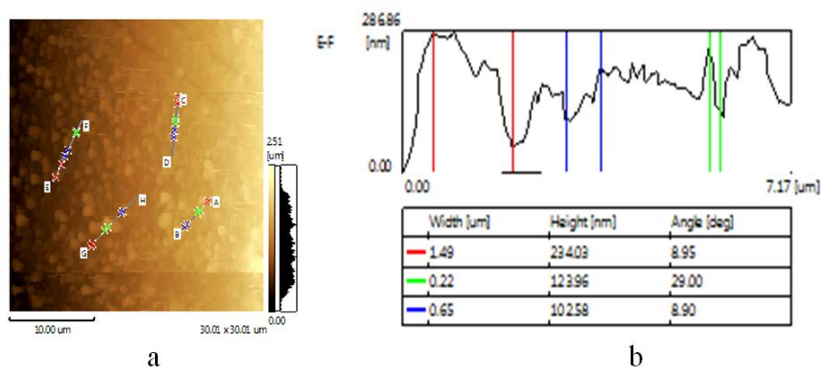


Рис.2. Состояние поверхности облученного быстрыми электронами образца TlInS₂ с указанными линиями (цветные) исследования шероховатости (a) и данные (b) о некоторых обнаруженных шероховатостях поверхности на отрезке E-F.

Таким образом, исследование поверхности монокристалла TlInS₂ сканирующим зондовым микроскопом показало, что облучение быстрыми электронами приводит к увеличению ширины и высоты бугорков на поверхности образца более чем в два раза.

Полученные результаты по влиянию ускоренных электронов на структуру поверхности монокристалла TlInS₂ показывают, что данный кристалл является радиационно стойким при

облучении электронами энергией 2 МэВ до флюенса $2 \cdot 10^{17}$ эл/см². Эта особенность соединения TlInS₂ позволяет рассматривать его как эффективный радиационно стойкий фоточувствительный полупроводниковый материал для создания фотоэлектронных миниатюрных приборов, работающих в условиях радиационного воздействия.

Литература

1. Allakhverdiyev K.R., Turetken N., Salaev F.A., Mikailov F.A. Succession of the low temperature phase transitions in TlInS₂ // Solid State Communications, 1995, Vol.96, 11, pp.827-831.
2. Наджафов А.И. Высокотемпературные межполитипные переходы и фазовая диаграмма стехиометрического TlInS₂ // Fizika, 2007, XIII, №1-2, с.115-119.
3. Borovoi N.A., Gololobov Yu.P., Isaenko G.L., Stepanishchev N.B. Peculiarities of Phase Transitions in Polytypes of Monoclinic TlInS₂ // Inorganic Materials, 2009, Vol.45. pp1-6.
4. М.Ю. Ташметов, Н.Б. Исматов, Р.П. Саидов, Ш.М. Махкамов. Комплекс радиационной обработки на базе ускорителя электронов “Электроника У-003” // Вопросы атомной науки и техники. Харьков (Украина), 2017, № 5 (111), с.91-97.

TlInS₂ KRİSTALININ SƏHTİNİN STRUKTURU VƏ SÜRƏTLİ ELEKTRONLARIN ONA TƏSİRİ

Umarov S.X., Rüstəmov V.D., Namazov Y.B.

Xülasə. Sürətli elektronların TlInS₂ monokristallarının səth quruluşuna təsiri tədqiq edilmişdir. TlInS₂-nin enerjisi 2 MeV və axıcılığı 2×10^{17} el/sm² olan elektronlarla şüalanması nümunənin səthində qabarın hündürlüyünün və onun eninin 2 dəfədən çox artmasına səbəb olur.

Açar sözlər: monokristal, səth quruluşu, elektron şüalanma.

STRUCTURE OF THE SURFACE OF TlInS₂ CRYSTAL AND INFLUENCE OF FAST ELECTRONS ON IT

Umarov S.X., Rustamov V.D., Namazov Y.B.

Abstract. The effect of fast electrons on the structure of the surface of TlInS₂ single crystals has been studied. Irradiation of TlInS₂ with electrons with an energy of 2 MeV and a fluence of 2×10^{17} el/cm² leads to an increase in the height of the bump and its width on the sample surface by more than 2 times.

Key words: single crystal, surface structure, electron irradiation.

II BÖLMƏ

BƏRK CİSİM VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI

MƏHDUD KONTAKT SƏTHLİ ŞOTTKI DİODLARINDA ƏLAVƏ ELEKTRİK SAHƏSİ

Abdullayeva S.F., Aslanova Ə.R.

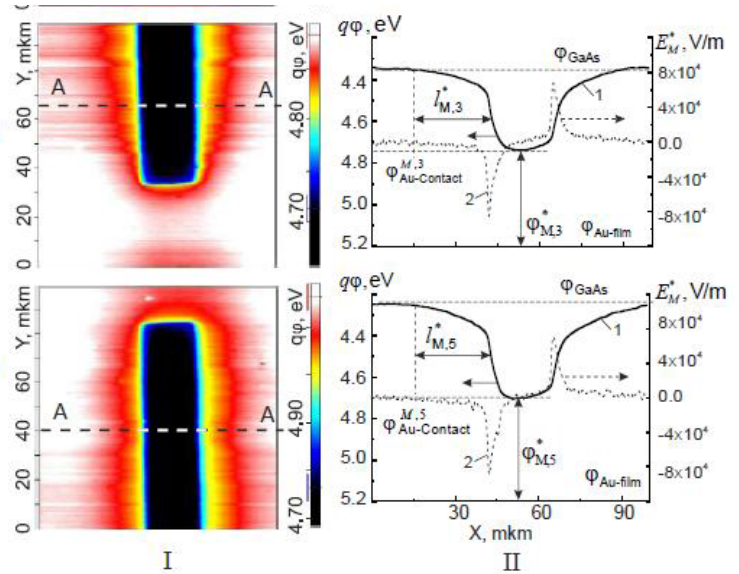
Bakı Dövlət Universiteti

seideabdullayeva2002@gmail.com

aslanova78@yahoo.com

Ölkəmizdə və xaricdə müasir elektronkada diod və omik kontakt kimi geniş tətbiq olunan real metal-yarımkeçirici kontaktlarda (MYK) əlavə elektrik sahəsinin (ƏES) yaranmasına böyük maraq göstərilir. Real MYK-larda kontakt səthinin yarımkeçirici və metalın sərbəst səthləri ilə məhdudlanması hesabına ƏES yarandığı müəyyən edilmişdir[1]. Belə ki, Şottkinin nəzəri modelinə əsasən, çıxış işi Φ_M olan metal ilə çıxış işi Φ_S olan n-tip yarımkeçirici bilavasitə kontaktda olduqda və $\Phi_M < \Phi_S$ şərti ödənildikdə MYK omik xassələrə malik olur. Real halda isə metal və yarımkeçirici bilavasitə kontaktda olduqda sərhəd səthlə qovuşan metal və yarımkeçiricinin sərbəst səthlərinin çıxış işləri (4-5eV) dəyişməz qalır, lakin kontakt səthində potensial çəpərin hündürlüyü təqribən 1 eV tərtibində olur. Metalın əhatəsində intensivliyi $E_{\text{ə}}$ olan ƏES yaranır və o mikro-nano ölçülü MYK-larda yarımkeçiricinin kontaktaltı hissəsini tam örtür. Qeyd edək ki, ƏES kontakt səthi ilə ona qovuşan metal və yarımkeçiricinin sərbəst səthləri arasında əmələ gələn kontakt potensialları fərqi hesabına yaranır. Müasir Atom-Qüvvə Mikroskopiyaya (AQM) üsulu MYK – larda e-nin yaranmasını müşahidə etməyə imkan verir.

Məruzədə eni 20 mkm olan düzbucaqlı Au- Şottki diodunun kontakt səthinin ətrafında ƏES-nin yaranmasından bəhs olunur. Aşkar olunan AQM təsvirlərdən (şəkil 1) məlum olur ki, Au-nGaAs Şottki diodunun səthi ilə zondun ucu arasındakı kontakt potensialları fərqi (KPF) kontakt və yarımkeçiricinin sərbəst səthləri boyunca paylanır. Metal səthində KPF kontaktdan kənarında olan nGaAs -nin sərbəst səthindəki KPF-dən çox



Şəkil 1. ƏES-li düzbucaqlı Au-nGaAs kontaktın səth potensialının paylanması AQM təsvirləri.

kiçikdir. Kontakt periferiyasından uzaqlaşdıqca KPF metal səthindəki minimum qiymətindən yarımkeçiricinin sərbəst səthindəki maksimum qiymətinə qədər artır. Bu zaman müxtəlif uzunluqlu kontaktın ətrafında ƏES-nin təsiri ilə eni təxminən 25 mkm olan keçid zonası əmələ gəlir.

Şəkildən aydın görünür ki, real MYK – larda onları əhatə edən ƏES yaranır və yarımkeçiricinin kontaktaltı hissəsinə keçərək iki potensial çəpərli energetik quruluşun yaranmasına səbəb olur.

Ədəbiyyat

- 1. Мамедов Р.К.** Контакты металл – полупроводник с электрическим полем пятен, Баку, БГУ. 2003, 231 с

AMORF METALLİK ƏRİNTİLƏR VƏ ONLARIN TƏTBİQ PERSPEKTİVLƏRİ

A.P Abdullayev, V.İ Əhmədov, F.Ş.Məmmədov, A.Ə İsayeva, G.Z.Əsgərova

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

adilabdullayev@rambler.ru

***Xülasə.** Müasir elmi-texniki tərəqqi, bir tərəfdən, prinsipial olaraq yeni texnologiya və proseslərin yaradılması ilə müşayiət olunursa, digər tərəfdən, bu gün daha aktual olan materiallardan istifadəni də tələb edir. Eyni zamanda, ən son texnologiyalar artıq məlum olan materialları təkmilləşdirməyə imkan verir. Həm nəzəri, həm də praktiki tətbiqlər baxımından ən çox maraq doğuran lent şəklində alınmış amorf materiallardır. Hal-hazırda, amorf lentlər sensor elementi kimi impuls generatorlarında, maqnit sahəsində yüksək həssaslıqlı sensorların istehsalında istifadə olunur. Bu materialların tətbiq sahəsi günü-gündən daim genişlənir.*

***Açar sözlər:** amorf, maqnit xassələr, ferromaqnit, tablama, Stels texnologiyası*

Giriş. Amorf metallar, kristal quruluşa malik olmayan, qısa məsafədə nizamsız, qarışıq atom qrupları ilə təşkil olunmuş metalik materiallardır. Bu materiallar, tipik kristal quruluşun əksinə olaraq, nizamsız quruluşla xarakterizə olunan amorf struktura malikdir. Amorf metallar, kristallik və ya polikristallik materiallara nisbətən daha fərqli struktura malik olan metallik materiallardır. AMƏ-ni ərintidə kifayət edəcək qədər amorflaşdırıcı elementin olması şərti ilə, maye metalı $10^4 \div 10^{60}$ C/san sürətlə soyutmaqla, ərintinin sürətlə tablanması yolu ilə, almaq mümkündür. Amorflaşdırıcı olaraq qeyri metallar: bor, fosfor, silisium, karbondan istifadə edilir. Uyğun olaraq amorf metallik ərintiləri “metal-qeyri metal” və “metal-metal” ərintilərinə ayırırlar.

Belə amorf quruluş qeyri adi maqnit, mexaniki, elektrik xassələrinə və korroziyaya davamlılığa səbəb olur. Yüksək maqnit yumşaqılıqla yanaşı bu materiallar dartılma zamanı müstəsna yüksək mexaniki bərklik və möhkəmliyə malikdir. [1-3].

Amorf materialların tətbiq sahələri. Elektron qurğuların miniatürləşməsi ona gətirib ki, cərəyan keçirici xətlərin, kontakt sahələrinin və müasir inteqral sxemlərin elementlərinin xətti ölçüləri 0,5 - 1 mkm aşmır. İşçi elementlərin submikron ölçülərində metal - yarımkeçirici sərhəddində atomların qarşılıqlı diffuziyası üçün şərait yaranır [4].

Amorf nümunələrdən hazırlanan emal edici və kəsici alətlərdən istifadə avtomobil və maşınqayırma sənayesində keyfiyyəti yüksəldə bilər. Nazik lent təbəqəsi avtomobillərdə detalların istismar xüsusiyyətlərinin yüksəlməsinə kömək edir. Amorf metallar həmçinin, korroziyaya yüksək davamlılıq nümayiş etdirir. Belə ki, Zn əsaslı amorf materialların korroziyaya davamlılığı 08X18H10 əsaslı polad ilə müqaisədə daha yüksəkdir.

Stels (gizli) texnologiyalar təyyarələri, gəmiləri, nəqliyyat vasitələrini və hətta personalı radar, infraqırmızı və digər aşkarlama üsulları ilə daha az müşahidə olunan və ya aşkar edilə bilən etmək üçün istifadə olunan texnika və materiallar toplusuna aiddir [1,5]. Stels texnologiyalarda amorf materiallardan aşağıdakı hallarda istifadə olunur:

1. Amorf materiallar tez-tez stels təyyarələrin səthlərinə tətbiq olunan xüsusi örtüklər və ya

kompozit materiallar olan RAM-larda (Radar Absorbent Materialları) əsas komponentlər kimi istifadə olunur. Bu materiallar radar enerjisini radar qəbuledicisinə əks etdirmək əvəzinə onu udmaq üçün nəzərdə tutulub.

2. Stels örtüklər tez-tez digər dielektrik materiallar və keçirici doldurucularla birlikdə amorf materiallardan ibarət çox qatlı kompozit strukturlardan ibarətdir.

Amorf metalların tətbiqinin böyük əhatə dairəsi olmasına baxmayaraq, bir çox çatışmayan xüsusiyyətləri də vardır. Birincisi, aşağı istilik keçiricilik xassəsini göstərmək olar. Digər bir çatışmayan tərəfi amorf materiallarda olan qeyri-stabillik xüsusiyyətidir ki, bu onlarda yaranan davamlılıq xassəsini azaldır. Qeyd edək ki, amorf ərintilərin konstruksiyalarda tətbiq edilməsini məhdudlaşdıran səbəblərdən biri də onların qaynaq olmasının çox zəif olmasıdır.

Əsas nəticələr

1. Amorf materialların istehsalı üçün istifadə olunan xammalın kimyəvi tərkibinin müəyyən edilməsi materialın xarakteristikasında fundamental addım olsa da, bu nəticənin yeniliyi tərkibin unikallığından və ya xammalda aşkar edilən hər hansı gözlənilməz çirklərdən asılıdır.

2. Amorf maqnit materialları ilə bağlı mövcud anlayış və ya metodologiyalardakı boşluqların müəyyən edilməsi bu sahədə əvvəllər nəzərdən qaçırılmış çətinlikləri və ya imkanları aşkar edərsə, bu yeni tədqiqat istiqamətlərini stimullaşdırır və maqnit materialşünaslığında biliklərin inkişafına töhfə verə bilər.

3. Amorf metalların xüsusiyyətləri, onları bir çox texnoloji və tətbiq sahələrində keyfiyyətli materiallar kimi cazibədar edir. Bu materialların potensialı, inkişaf etməkdə olan texnologiya və tədqiqat sahələrində daha da ətraflı araşdırma və tətbiq üçün güclü bir motivasiya yaradır.

ƏDƏBİYYAT

1. Abdullayev, A. P., Ahmadov, V. I. and Isayeva, A. A. Magnetic penetration investigation on the bands made of amorphous magnetically soft (CoFe)₇₅Si₁₀B₁₅ alloys under the thermal processing // International Journal of Modern Physics B –Sinqapur: – 2021.v.35, № 3
2. Петраковский, Г.А. Аморфные магнетики // УФН, – 1981, т.143, №2, – с. 305-331.
3. Hasegawa, R. /Advance in amorph and nanocrystalline magnet materials // Journal of Magnetism and Magnetic materials, – 2006. v. 304, №. 2, – p. 187-191.
4. Meydan, T. Application of amorphous materials to sensors // Journal of magnetism and magnetic materials. – 1995. No 133, –p. 525–532.
5. Ripka, P. Magnetic sensors and magnetometers //Artech House Publishers- 2001.

АМОΡФНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

А.П.Абдуллаев, В.И.Ахмедов, Ф.Ш.Мамедов, А.А.Исаева, Г.З.

Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства

***Резюме.** Современный научно-технический прогресс, с одной стороны, сопровождается созданием принципиально новых технологий и процессов, с другой стороны, требует использования более актуальных материалов. В то же время, новейшие технологии позволяют совершенствовать уже известные материалы. Наибольший интерес с точки зрения как теоретических, так и практических приложений представляют собой аморфные материалы, полученные в виде пленки. В настоящее время аморфные пленки используются в качестве сенсорных элементов в импульсных генераторах и для производства высокочувствительных датчиков в магнитных полях. Сфера применения этих материалов с каждым днем продолжает расширяться.*

***Ключевые слова:** аморфный, магнитные свойства, ферромагнит, отжиг, технологии Стелс.*

AMORPHOUS METAL ALLOYS AND PROSPECTS FOR THEIR APPLICATION

A.P.Abdullaev, V.I.Akhmedov, F.Sh.Mamedov, A.A.Isaeva, G.Z.

Azerbaijan University of Architecture and Construction

***Abstract.** Modern scientific and technological progress is accompanied by the creation of fundamentally new technologies and processes on one hand, and by the need to use more relevant materials on the other. At the same time, the latest technologies allow for the enhancement of already known materials. Amorphous materials obtained in the form of films are particularly interesting from both theoretical and practical perspectives. Currently, amorphous films are used as sensor elements in impulse generators and in the production of highly sensitive sensors in magnetic fields. The range of applications for these materials continues to expand day by day.*

***Keywords:** Amorphous, magnetic properties, ferromagnet, annealing, Stealth technology*

Bu iş Azərbaycan Elm Fondunun maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir. Qrant № AEF – MQM – QA – 2-2023-3(45)-05/01/1-M-01

TERMİK EMAL NƏTİCƏSİNDƏ TƏBƏQƏLƏRİN QURULUŞUNUN VƏ ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİNİN DƏYİŞMƏSİ

Rəhimov R., Sərməsov S.

Bakı Dövlət Universiteti

rehim@rehimli.info, ssarmasov@rambler.ru

Giriş. Son illərdə enerji effektivliyi və materialların funksional xassələrinin artırılması məqsədilə termoelektrik materialların inkişafı diqqət mərkəzindədir. Termik emal, materialların struktur dəyişikliklərini stimullaşdıraraq, onların elektrik keçiriciliyi, istilik keçiriciliyi və digər elektrofiziki xassələrini optimallaşdırmağa imkan verir. Bu proses zamanı materialın daxilində atomların yerləşməsi, defektlərin yaranması və nanostrukturaların formalaşması baş verir. Təbəqələrin istilik təsiri, kristalın quruluşunu və elektron daşıyıcılarının hərəkətini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Məsələn, temperaturun artması ilə nəticələnən difüziya, atomların hərəkətini asanlaşdırır və bu da materialın elektrik keçiriciliyinin artmasına səbəb olur. Eyni zamanda, istiliyin təsiri ilə yaranan defektlər və dəyişikliklər, materialın elektrik və istilik xassələrini mənfi yöndə təsir edə bilər. Bu kontekstdə, PbTe kimi termoelektrik materialların termik emal nəticəsində əldə olunan dəyişikliklərin öyrənilməsi, onların aktivliyini artırmaq və yeni tətbiq sahələri üçün daha effektiv materialların hazırlanmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Tədqiqatın məqsədi, termik emalın PbTe-nin quruluşu və elektrofiziki xassələri üzərindəki təsirlərini analiz etməkdir. Beləliklə, bu prosesin materialın xassələrinə olan təsirlərini anlamaq, müasir texnologiyalarda daha səmərəli və dayanıqlı materialların hazırlanmasını asanlaşdıracaq

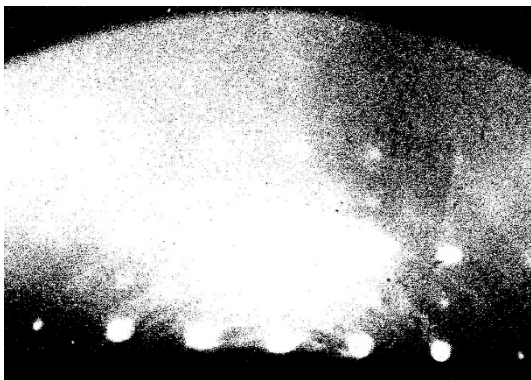
Alınan nazik təbəqələrin adətən bir sıra struktur defektlərə malik olması onun elektrofiziki xassələrinə təsir edir. Bu defektlər strukturun tarazlıq halının pozulmasının nəticəsidir. Aşağı temperaturda termik emal ilə bu defektlərin bir hissəsini aradan qaldırmaq mümkündür [1].

Altılığın temperaturu 30- 40⁰S olduqda alınan nazik təbəqələrdə sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının və yürüklüyünün ölçülməsi ilə onların keyfiyyəti müəyyənləşdirilmişdir. Təcrübələrin nəticələrinə görə göyərdilmiş təbəqələrdə kristalcıqların kiçik diametri defektlərin yüksək konsentrasiyasına uyğun gəlir. Bu halda təbəqələrin alınmasında kondensasiya sürətinin rolu o qədər də nəzərə çarpmır, yüksək və alçaq sürətlərdə alınan təbəqələr yaxın fiziki parametrlərə malik olurlar. Qalınlığı 0.50 mkm olan təbəqələrdə qısamüddətli (~2 dəqiqə) termik emal yürüklüyün xeyli artmasına səbəb olur. Lakin təbəqənin qalınlığı 3 mkm tərtibində olduqda belə termik emal yürüklüyün qiymətində heç bir dəyişikliyə səbəb olmur. Yalnız 30 dəq. müddətində 450⁰S temperaturda termik emal yürüklüyün artmasına gətirir [2].

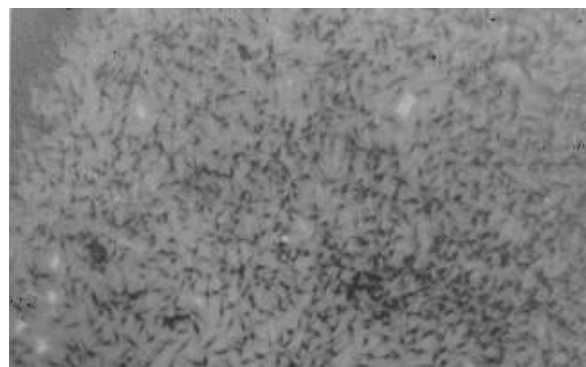
PbTe nazik təbəqələrinin vakuumda termik emalı həmişə fiziki parametrlərin yaxşılaşmasına səbəb olmur. Təcrübələr göstərir ki, ən təkmil səth və optimal fiziki parametrlərə malik təbəqələr

altlığın temperaturu $30\text{--}40^{\circ}\text{S}$ termik emal, temperaturu isə 500°S seçiminə uyğun gəlir. Bu temperaturda təbəqənin səthindən hər saniyədə bir monoqat buxarlanır və bu da $p\text{-}n$ keçidlər alınması üçün vacib amillərdən biridir. Alınan təbəqələrin vakuumba termik emal prosesində oksid fazasının əmələ gəlməsi müşahidə olunur. Belə fazanın əmələ gəlməsi əksölünmə elektronqramlarından aydın sezilir [3].

Termik emal, materialların quruluşunu və xüsusilə onların elektrofiziki xassələrini dəyişməyə imkan verən mühüm prosesdir. PbTe təbəqələri üzərində edilən tədqiqatlar göstərir ki, bu proses materialın istilik keçiriciliyini və elektrik xassələrini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırıla bilər. Belə demək olar ki, termik emal materialın strukturunu dəyişərək, daha yaxşı nanostrukturlar yaradıla bilər. Bu dəyişikliklər materialın enerjiyə qənaət edən və daha səmərəli cihazların yaradılması üçün əhəmiyyət kəsb edir.



Şəkil 1- dəPbTeO₃ təbəqəsinin termik emaldan sonra ($T_e=500^{\circ}\text{S}$) elektronqramı



Şəkil 2. -də termik emala məruz qalan Pb_{0.77}Sn_{0.23}Te təbəqəsinin səthinin elektron mikrofotografyası ($T_a=30^{\circ}\text{S}$, $d=500\text{ nm}$, $T_e=500^{\circ}\text{S}$, $\tau=2\text{ dəq}$)

Əsas nəticələr.

Termik emal PbTe materialının elektrik və fiziki xassələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. bunlar aşağıdakılardır.

1. PbTe-nin keçiriciliyi temperaturlarla dəyişir. Aşağı temperaturlarda, material daha az keçirici olur, amma temperatur artdıqca, daşıyıcı konsentrasiyası artır və keçiricilik yüksəlir.
2. Termik emal zamanı PbTe materialında mövcud olan kristal qüsurların və dislokasiyaların miqdarı azalır. Bu proses materialın kristallığını artıraraq elektronların hərəkətliliyini və keçiriciliyi yaxşılaşdırır.
3. Müəyyən şəraitdə termik emal PbTe-nin səthində və ya daxilində nanostruktur formalaşmasına səbəb ola bilər. Bu, materialın elektrik və termoelektrik xassələrində dəyişikliklərə gətirib çıxarır.

Ədəbiyyat.

1. Г.З. Багиева, Н.Б. Мустафаев, Г.Дж. Абдинов, Д.Ш. Абдинов. Электрические свойства монокристаллов PbTe с избытком теллура. Физика и техника полупроводников, 2011, том 45, вып. 11
2. Р. М. Калмыков, А. М. Кармоков. Влияние изотермического отжига на электропроводность и термо-ЭДС PbTe, легированного CdSe. Прикладная физика, 2017, № 4
3. Kalmykov, R.M. The influence of structural and phase changes on the thermoelectric properties of PbTe doped with CdSe. Nano Hybrids and Composites. – 2020. – V. 28. – P. 20-25.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЛОЕВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Рагимов Р.Ш., Сармасов С. Н.

Бакинский Государственный Университет.

Аннотация. Термическая обработка является важным процессом, позволяющим изменять структуру материалов и, в частности, их электрофизические свойства. Исследования, проведенные на пленках PbTe, показывают, что этот процесс может значительно улучшить теплопроводность и электрические свойства материала. Можно сказать, что термическая обработка изменяет структуру материала, создавая лучшие наноструктуры. Эти изменения имеют важное значение для создания более энергоэффективных и эффективных устройств.

Ключевые слова: Структур, электрофизические свойства, теплопроводность, термическая обработка.

CHANGES IN THE STRUCTURE AND ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF LAYERS AS A RESULT OF THERMAL TREATMENT.

Rahimov R.Ş., Sarmasov S.N.

Baku State University.

Abstract. Thermal processing is an important process that allows altering the structure of materials and, in particular, their electrophysical properties. Studies conducted on PbTe films show that this process can significantly improve the thermal conductivity and electrical properties of the material. It can be said that thermal processing changes the structure of the material, creating better nanostructures. These changes are of great importance for the creation of more energy-efficient and efficient devices.

Keywords: Structure, electrophysical properties, thermal conductivity, thermal treatment.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛА TlInSe₂

Абдуллаев А. П., Кафарова Д. М.

Азербайджанский архитектурно строительный университет

Нуриева И. М., Рзаева С. Д.

Азербайджанский медицинский университет. Научно-исследовательский центр

dgafarova14@gmail.com

Анотация. Исследованы температурные и частотные зависимости диэлектрической проницаемости в кристалле TlInSe₂ на переменном токе. Определены значения диэлектрической проницаемости. Предположено, что возрастание ϵ' связано с увеличением концентрации дефектов с ростом температуры.

Ключевые слова: кристалл, диэлектрическая проницаемость, концентрация, конденсатор, диэлектрические потери, кристаллической структуры

В последнее время соединения типа A²B³C₂⁶ широко исследуются, поскольку халькогениды, как и соединения на основе халькопирита, обладают уникальными свойствами под воздействием различных внешних факторов [1, 2]. Соединения TlInSe₂ представляют собой материалы, в которых при определенных условиях проявляются особенности низкоразмерных (1D) систем [3], в связи с чем эти соединения широко исследуются. Температурная зависимость теплоемкости, решеточных параметров и фотопроводимости TlInSe₂ изучена в работах [4].

Для измерения электрических свойств из образцов кристаллов TlInSe₂ изготавливались пластинки толщиной 0.5 мм, на которые наносились обкладки из серебряной пасты. Конденсаторы помещались в криостат, регулируемый в интервале температур от 290 до 380К. Точность измерения температуры составляла ± 0.5 К. Измерения емкости, тангенс угла диэлектрических потерь с помощью цифровых измерителей импеданса E7-25 (частоты 25 - 10⁶ Гц). На образец подавалось измерительное напряжение 1V. Из формул

$$\epsilon' = \frac{Cd}{\epsilon_0 S} \text{ и } \epsilon'' = \text{tg} \delta \epsilon'$$

соответственно рассчитаны действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости.

На рис. 1 представлены температурные зависимости действительной части диэлектрической проницаемости (ϵ') соединений TlInSe₂ на различных частотах (f).

Отсюда, что в изученных материалах в основном наблюдается термически активируемый рост ϵ' . Известно, что в случае параллельного соединения C и R действительной части диэлектрической проницаемости описывается соотношением

$$\epsilon' = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \omega \text{tg} \delta} \quad (1)$$

где σ - электропроводность, $\operatorname{tg} \delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь, $\omega = 2\pi f$ - частота, ϵ_0 - электрическая постоянная. Из (1) видно, что действительной части диэлектрической проницаемости прямо пропорциональна электропроводность и $\operatorname{tg} \delta$ слабо зависит от температуры. Поэтому с ростом температуры растет возрастает ϵ' . В температурном интервале 290 - 380К на частотах 10^2 - 10^6 Гц значение действительной части диэлектрической проницаемости изменяется в пределах 33 - 1390.

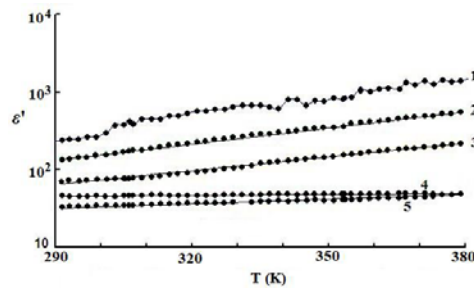


Рис. 1 Температурные зависимости действительной части диэлектрической проницаемости кристаллов TIInSe₂ для частот измерений: 1 - 100, 2 - 1000, 3 - 10000, 4 - 1000000 и 5-100000 Гц.

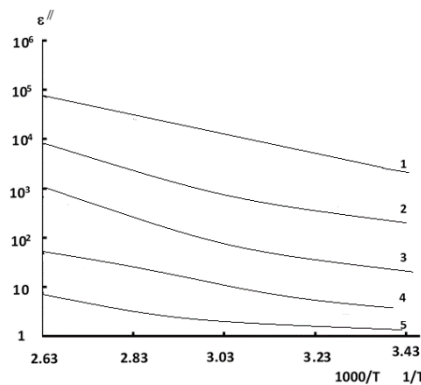


Рис. 2 Температурные зависимости мнимой части диэлектрической проницаемости кристаллов TIInSe₂ для частот измерений: 1 - 10^2 , 2 - 10^3 , 3 - 10^4 , 4 - 10^5 , 5 - 10^6 Гц.

С ростом частоты ϵ'' уменьшается. На рис. 2 приведены температурные зависимости мнимой части диэлектрической проницаемости (ϵ'') кристаллов TIInSe₂. Видно, что при 10^2 - 10^6 Гц частотах на зависимости $\lg \epsilon'' \sim 10^3/T$ основной состоит прямых с различными наклонами. В температурной области с ростом частоты значения энергии активации ($\Delta E^{\epsilon''}$) уменьшаются. Видно, что величина энергии активации есть функция частоты.

Заключение. Таким образом, исследованы температурные зависимости диэлектрической проницаемости кристаллов TIInSe₂ на переменном токе, определены

значения диэлектрической проницаемости и предположено, что возрастание ϵ' связано с увеличением концентрации дефектов с ростом температуры.

Литература:

1. A.P. Abdullayev et al. Determination shape of the potential well of traps in TlGaTe₂ crystals. International Journal of Modern Physics B, Vol. 37, №. 28, 2350248 (2023) (9 pages) <https://doi.org/10.1142/S021797922350248X>
2. О.З.Алекперов и др.Полиморфные превращение в кристаллах TlInSe₂ и электрофизические свойства фаз. Azərbaycan Milli EA “Xəbərlər” jurnalı. Fizika-riyaziyyat və texnika elmləri seriyası. Cild XXVI, 2010, №5 s. 189-194.
3. Nazim Mamedov, Kazuki Wakita, Seiji Akita and Yoshikazu Nakayama. 1D-TlInSe₂: Band Structure, Dielectric Function and Nanorods. Japanese Journal of Applied Physics Vol. 44, No. 1B, 2005, pp.709-714
4. K.K. Mamedov, A.M. Abdullaev and E.M. Kerimova Phys. Stat. Sol. (a), 1986, 94, 115-119.

DIELECTRICAL PROPERTIES OF TlInSe₂ CRYSTAL

Abdullayev A.P., Gafarova D. M.

Azerbaijan Architecture and Construction University

Nuriyeva I. M., Rzayeva S. J.

Azerbaijan Medical University. Scientific Research Center

Abstract. The temperature and frequency dependences of the dielectric permittivity of TlInSe₂ crystals are studied at AC. The dielectric constant values were determined. It is assumed that the increase in ϵ' is associated with an increase in the concentration of defects with increasing temperature.

Keywords: crystal, dielectric constant, concentration, capacitor, dielectric losses, crystal structure

TlInSe₂ KRİSTALININ DIELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Abdullayev A.P., Qafarova D. M.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Nuriyeva İ. M., Rzayeva S. C.

Azərbaycan Tibb Universiteti. Elmi Araşdırmalar Mərkəzi

Xülasə. Dəyişən elektrik sahəsində TlInSe₂ kristallarda dielektrik nüfuzluğun temperatur və tezlikdən asılılıqları tədqiq edilmişdir. Dielektrik nüfuzluğunun qiyməti müəyyən edilmişdir. Təyin olunmuşdur ki, temperaturun artması ilə ϵ' -in qiymətinin artması defektlərin konsentrasiyasının artması ilə əlaqədardır.

Açar sözlər: kristal, dielektrik sabiti, konsentrasiya, kondensator, dielektrik itkisi, kristal quruluşu.

FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ KRISTALLARININ DIELEKTRİK ƏMSALLARININ TEZLİK DİSPERSİYASI

*Niftiyev N.N., *Daşdəmirov A.O., **Məmmədov F.M., *Ağayeva R.M.

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

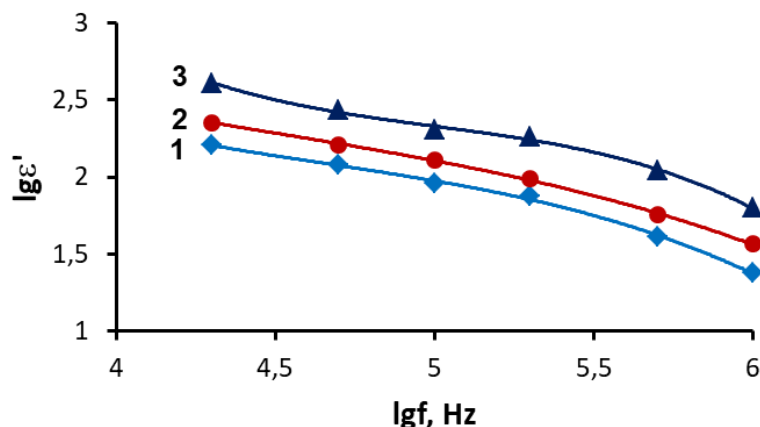
**AMEA Kataliz və Qeyri – üzvi Kimya İnstitutu

E-mail: namiq7@bk.ru

AB₂X₄ tipli keçid metal xalkogenidləri (A-Mn, Fe; B-Ga, In, Sb, Bi; X-S, Se, Te) maraqlı fiziki xüsusiyyətlərə malikdir və uzun illərdir ki, tədqiqatçıların diqqətini cəlb edir [1-2]. Bu yaxınlarda müəyyən edilmişdir ki, bu tip bəzi birləşmələr maqnit topoloji izolyatordur və super sürətli yaddaş elementlərinin, spintronik cihazların, kvant kompüterlərinin, detektorların və s. yaradılması üçün perspektivlidir [3-4].

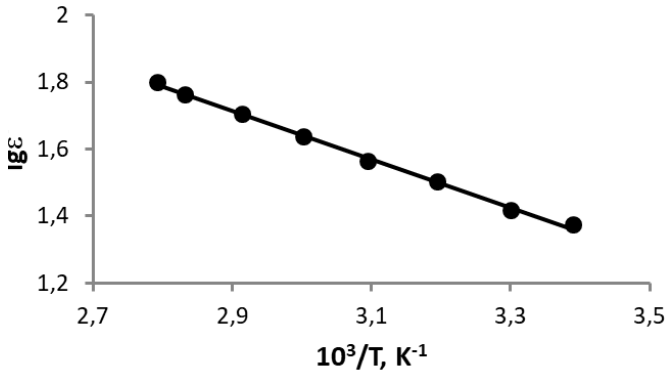
İşdədəyişən elektrik sahəsində FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄kristallarının dielektrik xassələri tədqiq edilmişdir. FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄kristal stexiometrik miqdarda yüksək təmizlikli elementlərdən (99,99) alınmışdır. Rentqenoqrafik metodla analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ kristal qəfəs parametrləri $a = 3,983 \text{ \AA}$ və $c = 38,811 \text{ \AA}$ olan triqonal sinqoniyaya (fəza qrupu $3ml$) kristallaşır [5]. Elektrik tutumunu ölçmək üçün qalınlığı $\sim 1 \text{ mm}$ olan FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ kristal lövhələrə gümüş pastası vuraraq kondensatorlar hazırlanmış və ölçülmələr E7-20 ($25 \div 10^6 \text{ Hz}$) rəqəmli immetans ölçü cihazından istifadə etməklə aparılmışdır. Dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi $\epsilon' = Cd/\epsilon_0 S$, xəyali hissəsi isə $\epsilon'' = \text{tg}\delta \cdot \epsilon'$ ifadələrindən hesablanmışdır.

Şəkil 1 – də FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ kristalının müxtəlif temperaturlarda dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin (ϵ') dəyişən elektrik sahəsinin tezliyindən asılılıq qrafiki göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, tezlik artdıqca ϵ' – in qiyməti azalır. Müəyyən edilmişdir ki, $295 \div 358 \text{ K}$ temperaturlarda və $2 \cdot 10^4 \div 10^6 \text{ Hz}$ tezlik oblastında ϵ' – in qiyməti $23 \div 410$ intervalında dəyişir və kifayət qədər dispersiyaya uğrayır. Tədqiq olunan temperaturlarda ϵ' - in azalması müşahidə olunur.

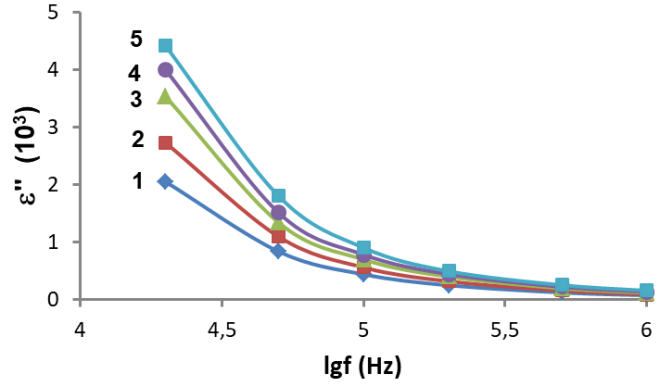


Şəkil 1. FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ kristal üçün müxtəlif temperaturlarda dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin elektrik sahəsinin tezliyindən asılılığı. T, K: 1-295, 2-323, 3-358.

Şəkil 2-də $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalının dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin temperaturdan asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir. Şəkildən görünür ki, tədqiq olunan materialda temperatur yüksəldikcə dielektrik nüfuzluğunun artması müşahidə olunur. Bunun səbəbi əsasən temperatur yüksəldikcə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması ilə əlaqədardır. $\epsilon' \sim 10^3/T$ asılılığından aktivləşmə enerjisi hesablanmışdır və $E=0,14$ eV-a bərabərdir.



Şəkil 2.



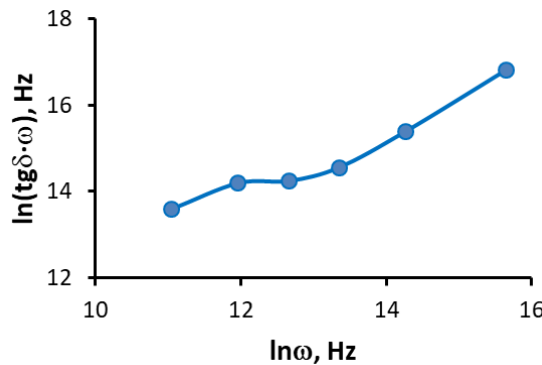
Şəkil 3. $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ – ün müxtəlif

temperaturalarda $\epsilon'' \sim \lg f$ asılılığı. T, K: 1-295,

2-313, 3-333, 4-343, 5-358.

Şəkil 3-də $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalı üçün 295÷358K temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsinin (ϵ'') elektrik sahəsinin tezliyindən asılılıq qrafiki göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, $2 \cdot 10^4 \div 10^6$ Hz tezlik intervalında tezlik artdıqca asılılıq monoton olaraq azalır. Təcrübədə müşahidə olunan dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsinin tezlikdən asılı olaraq monoton azalması $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalında relaksasiya dispersiyasının baş verdiyini göstərir.

Şəkil 4 - də $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalı üçün 295 K temperaturda $\ln(\text{tg} \delta \cdot \omega)$ ilə $\ln \omega$ – nin asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir. Dielektrik itkisinin tezlikdən asılılığı keçirici mexanizmdən asılıdır. Məsələn, keçiricilikdə dominant rol oynayan zona mexanizmində $\ln(\text{tg} \delta \cdot \omega) \sim \ln \omega$ koordinatında düzxətli asılılıq müşahidə edilməlidir. Şəkil 4 göstərir ki, 295K temperaturda asılılıq düz xəttədən fərqlənir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristallarında keçiricilik qarışıq – zona və sıçrayış mexanizmləri ilə xarakterizə olunur.



Şəkil 4. $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalları üçün 295 K temperaturda $\ln(\text{tg} \delta \cdot \omega) \sim \ln \omega$ asılılığı.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Niftiyev N.N., Dashdemirov A.O., Mammadov F.M., Muradov M.B. Frequency dispersion of dielectric coefficients of MnGaInTe_4 crystals. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, **27** (2024) 189-193.
2. Нифтиев Н.Н., Дашдемиров А.О., Мамедов Ф.М., Агаева Р.М. Электрические свойства $\text{FeGa}_{0,4}\text{In}_{1,6}\text{Se}_4$ на переменном токе. *Электронная обработка материалов*, **60** (2024) 56–61.
3. Garnica M., Otrokov M., Aguilar P.C and et.al. Native point defects and their implications for the Dirac point gap at $\text{MnBi}_2\text{Te}_4(0001)$. *Quantum Materials*, **7** (2022).
4. Otrokov M. M., Klimovskikh I. I., Bentmann H. and et.al. Prediction and observation of an antiferromagnetic topological insulator. *Nature*, **576** (2019) 416 –422.
5. Мамедов Ф.М., Имамалиева С.З., Амирасланов И.Р., Бабанлы М.Б. Фазовая диаграмма системы $\text{FeGa}_2\text{Se}_4\text{--FeIn}_2\text{Se}_4$ и кристаллическая структура FeGaInSe_4 , Конденсированные среды межфазные границы, **20** (2018) 604-610.

FREQUENCY DISPERSION OF DIELECTRIC COEFFICIENTS of $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ crystals

*Нифтиев Н.Н., *Дашдемиров А.О., **Мамедов Ф.М., *Агаева Р.М.

Summary: ϵ' , ϵ'' and $\text{tg}\delta$ of the $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ crystal were studied at different frequencies and temperatures. It was found that the real and imaginary parts of the permittivity are subject to a significant degree of dispersion, which has a relaxation character. The activation energy of the $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ crystal was calculated and the value $\Delta E = 0.14$ eV was found. The conductivity is characterized by a zone-hopping mechanism.

Keywords: $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$, alternating current, frequency, permittivity, dielectric loss, band-hopping mechanism, activation energy

ЧАСТОТНАЯ ДИСПЕРСИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ КРИСТАЛЛОВ $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$

*Niftiyev N.N., *Dashdemirov A.O., **Mamedov F.M., *Agaeva R.M.

Резюме: Изучены ϵ' , ϵ'' и $\text{tg}\delta$ кристалла $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ при различных частотах и температурах. Установлено, что действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости подвержены значительной степени дисперсии, имеющей характер релаксации. Рассчитана энергия активации кристалла $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ и найдено значение $\Delta E = 0,14$ эВ. Проводимость характеризуется зонно-прыжковым механизмом.

Ключевые слова: $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$, переменный ток, частота, диэлектрическая проницаемость, диэлектрических потерь, зонно-прыжковый механизм, энергия активации

Nd NADIR TORPAQ ELEMENTİ İLƏ AKTİVLƏŞDİRİLMİŞ $Y_3Al_5O_{12}$ BİRLƏŞMƏSİNİN SİNTEZİ VƏ QURULUŞ XASSƏLƏRİ

T.N.Məmmədova¹, A.Ə.Cəbiyeva²

Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti (UNEC)^{1,2}

turan_mammadova@unec.edu.az, Aynur.Jabiyeva@unec.edu.az

Nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanmış kristal quruluşlu materiallar, bir çox hallarda yüksək lüminessensiya xassələrinə malik olduqlarına görə optoelektronika və lazer texnologiyalarında geniş tətbiq imkanlarına malikdirlər. İtrium alüminium qarnet (YAG, $Y_3Al_5O_{12}$) bir materiallardan biridir və nadir torpaq elementləri ilə aşqarlandığında, xüsusilə lazer kristalı və fosfor kimi istifadə edilir [1]. YAG, geniş optik şəffaflıq aralığına, yüksək istilik və kimyəvi stabilliyə malik olduğundan, lazer və görüntüləmə texnologiyalarında və optik cihazlarda tətbiq baxımından önəmli rol oynayır. Neodim (Nd^{3+}) aşqarlanmış YAG kristalları yüksək emissiya xassələri və optik göstəriciləri ilə fərqlənilir. Bu materiallar dalğa uzunluğunun infraqırmızı (İQ) oblastında intensiv darzolaqlı fotolüminessensiyaya malikdirlər, bu isə öz növbəsində onların lazer tətbiqləri üçün vacib materiallar olduğunu göstərir [2]. Materialın qeyd edilən xassələri ilə yanaşı, həm də dalğa uzunluğunun görünən oblastında intensiv fotolüminessensiya müşahidə olunur ki, bu xassələr Nd:YAG kristallarının təkcə lazer tətbiqləri üçün deyil eləcə də, xüsusi ilə optoelektronikada bir sıra digər tətbiq imkanlarının olduğunu göstərir [3]. Xüsusi ilə qeyd etmək lazımdır ki, bu materialın iri ölçülü kristallarından nanoölçülü kristallara keçidi ilə onların fiziki xassələrində nəzərə çarpan dəyişikliklərin edilməsi mümkündür ki, bu da həmin materialların tətbiq imkanlarına əhəmiyyətli təsir edir.

Digər tərəfdən iriölçülü kristallarla müqayisədə nanoölçülü kristalların fotolüminessensiya spektrlərinin intensivliyi, yəni, materialların şüalanma qabiliyyəti daha effektiv olur. Məlumdur ki, hissəcik ölçüləri və daxil olan aşqar ionlarının konsentrasiyası materialın fotolüminessensiya intensivliyinə, həmçinin onun optik şəffaflığına və termal stabilliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilər. Məhz bu baxımdan təqdim olunan işdə Nd^{3+} ionları ilə aşqarlanmış YAG nanokristalları sol-gel metodu ilə sintez olunmuş və onun quruluş xassələri analiz edilmişdir.

Nd nadir torpaq elementi ilə aktivləşdirilmiş YAG birləşməsi mərhələli şəkildə sol-gel metodu ilə sintez edilmişdir [4]. Bu metod, yüksək homogenliyə malik olan nanohissəciklərin alınması üçün ən əlverişli üsullardan biridir. Birinci mərhələdə itrium oksid (Y_2O_3), alüminium nitrat ($Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$) və neodim oksid (Nd_2O_3) prekursorları qarışdırılıb. Prekursorlar nisbətlərinə uyğun olaraq distillə su ilə qarışdırılmış və sirkə turşusunda (CH_3COOH) 70-80 °S - də həll olunmuşdur. Qarışığa etilen qlikol ($HOOH$) əlavə olunaraq 65 °S -də 3 saat müddətində qarışdırılmışdır. Daha sonra pH səviyyəsi tənzimlənərək qarışıq gel halına gətirilmişdir. Bu gel müəyyən bir müddət saxlandıqdan sonra qurutma prosesi həyata keçirilmişdir. Qurudulmuş gel yüksək

temperaturda (800-1200 °S) hava atmosferində kalsinasiya edilərək kristal YAG fazasının formalaşması təmin edilmişdir. Birləşmədə kristallaşma dərəcəsinin daha da yaxşılaşdırılması məqsədilə sintez prosesindən sonra Mufel peçində 1000 °S temperaturunda 3 saat müddətində termik dəmləmə prosesi aparılmışdır.

Sintez edilmiş nümunənin quruluş xassələri D8 Advance (Bruker) qurğusunda tədqiq edilmişdir. Əldə olunmuş rentgen diffraksiya spektrləri Ritveld metodu ilə FullProf proqramından istifadə edilməklə analiz edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Nd Y₃Al₅O₁₂ birləşməsi 1a–3d fəza simmetriyası ilə kubik kristal quruluşa malikdir. Kristal qəfəsin parametrləri $a = 12.023 \text{ \AA}$ olaraq müəyyən edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, müəyyən edilmiş kubik kristal quruluş həm təmiz, həm də Nd³⁺ ionları ilə aşqarlanmış YAG kristalları üçün xarakterikdir. Nd³⁺ ionlarının YAG matrisinə daxil edilməsi ilə yalnız qəfəs parametrlərində cüzi dəyişikliklər baş verə bilər. Lakin, daxil edilmiş Nd³⁺ ionlarının kristal quruluşdakı vəziyyətini müəyyən etmək üçün əlavə tədqiqatlara ehtiyac vardır.

Ədəbiyyat

- [1] Shengquan Yu, Wei Jing, Mingjing Tang, Tao Xu, Wenlong Yin, Bin Kang, Journal of Alloys and Compounds, 2019, Pages 751-759.
- [2] Maria Luisa Saladino, Giorgio Nasillo, Delia Chillura Martino, Eugenio Caponetti, Journal of Alloys and Compounds 491, 2010, 737–741.
- [3] Wei Jinga, Shenquan Yua, Xiangbo Ji, et al. Ceramics International 43, 2017, 5334–5337.
- [4] Ya. Zhydachevskii, I.I. Syvorotka, L. Vasylechko, et al. Optical Materials 34, 2012, 1984-1989

SYNTHESIS AND STRUCTURAL PROPERTIES OF Nd ACTIVATED WITH RARE EARTH ELEMENT COMPOUND Y₃Al₅O₁₂

Mammadova T.N, Jabiyeva A.A

Abstract: *In this study, Y (Nd³⁺) nanoparticles were synthesized by sol-gel method and their structural properties were analyzed. The structural properties of the synthesized sample were studied on a D8 Advance (Bruker) device. Obtained X-ray diffraction spectra were analyzed by Rietveld method using FullProf software. Analysis of X-ray diffraction spectra showed that the synthesized Nd:YAG compound has a cubic crystal structure with 1a–3d spatial symmetry, and the crystal lattice parameter was determined as $a = 12.023 \text{ \AA}$.*

Keywords: Nd:YAG, nanoparticle, doping, X-ray diffraction

СИНТЕЗ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА, АКТИВИРОВАННОГО РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ Nd СОЕДИНЕНИЯ Y₃Al₅O₁₂

Мамедова Т.Н, Джабиева А.А

Аннотация: *В данной работе были добавлены ионы редкоземельного элемента неодима (Nd³⁺) наночастицы синтезированы методом sol-gel и их структурные свойства изучали на приборе D8 Advance (Bruker). Полученные рентгенодифракционные спектры анализировали методом Ритвельда с использованием программного обеспечения FullProf. Анализ рентгеноструктурных спектров показал, что синтезированное соединение Nd:YAG имеет кубическую кристаллическую структуру с пространственной симметрией 1a–3d, параметр кристаллической решетки определен как $a=12,023\text{\AA}$.*

Ключевые слова: Nd:YAG, наночастицы, легирование, Рентгеновская дифракция.

YENI ÜSULLA GERMANIUM VƏ SILISIUMDA APARILAN KÜTLƏ SPEKTROMETRİYANIN TƏYİNİ

Lətifova S.S., Abdulova İ.N.

Sumqayıt Dövlər Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

letifovasevil1968@gmail.com., izzet.abdulova@mail.ru

Xülasə: Germanium və silisiumda aparılan kütlə spektrometrik tədqiqatları [1] göstərmişdirki, kristallaşma prosesində onlara daxil olan hidrogenin miqdarı $2.5 \cdot 10^{18} \frac{\text{molekul}}{\text{sm}^3}$ və $1,75 \cdot 10^{19} \frac{\text{molekul}}{\text{sm}^3}$ – na bərabərdir. Termodinamik hesablamalar hidrogenin Ge və Si-da molekul şəkində olmasını göstərir, atom halında olan hidrogenin konsentrasiyası isə 10^{13}sm^{-3} -dən artıq olmalıdır. Azotun (N) Ge-da həllolması çox kiçikdir. Kütlə-spektroskopik üsulla aparılan tədqiqatlarda Ge-da N atomları müşahidə olunmamışdır. Bu səviyyə keçiricilik zonasının dibindən $0,14 \text{eV}$ məsafəsində yerləşir. Azotun silisiumda əvəzetmə bərk məhlulu yaratması və onun diüün nöqtələrində yerləşməsi indraqırmızı dalğaların udulması ilə də təsdiq edilmişdir. Bu udulmanın maksimumu $\lambda = 10,6 \text{mkm}$ – ə uyğun gəlir.

Aşqar sözlər: Aşqar, spektrometrik, konsentrasiya, diffuziya, donor, Termodinamik, spektroskopik

Aşqar atomlarının verilmiş yarımkeçiricinin qadağan olunmuş zonasında yaratdığı diskret enerji səviyyələrinin sayı və vəziyyəti onların təbəqələrinin quruluşundan və onlar arasında baş verən kimyəvi rəbitənin növündən asılıdır.

Aşqarların aktiv və ya neytral hala gətirilmə müddəti qızdırma temperaturundan asılıdır. Germanium və silisiumda aparılan kütlə spektrometrik tədqiqatları [1] göstərmişdirki, kristallaşma prosesində onlara daxil olan hidrogenin miqdarı $2.5 \cdot 10^{18} \frac{\text{molekul}}{\text{sm}^3}$ və $1,75 \cdot 10^{19} \frac{\text{molekul}}{\text{sm}^3}$ – na bərabərdir.

Termodinamik hesablamalar hidrogenin Ge və Si-da molekul şəkində olmasını göstərir, atom halında olan hidrogenin konsentrasiyası isə 10^{13}sm^{-3} -dən artıq olmalıdır.[2] H atomları Ge və Si kristalında yeni diüünlər arası fəzada yenləşib, neytral şəkində olur. Ona görə də onlar kristalın elektrik xassələrinə təsir etmir. Diüünlərarası kanallarla böyük sürətlə diffuziya edən hidrogenin Ge və Si-da diffuziya əmsalı uyğun olaraq $5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{sm}^2}{\text{s}}$ və $2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{sm}^2}{\text{s}}$ [3].

Litium (Li) Ge və Si-da daxilolma bərk məhlulu əmələ gətirir. $150-900^0 \text{ S}$ temperatur intervalında Li-un diffuziya əmsalı Ge-da $3 \cdot 10^{-9} \div 2,7 \cdot 10^{-6} \frac{\text{sm}^2}{\text{s}}$ intervalında dəyişir.

Hidrogendən fərqli olaraq, birinci qrup elementi olan Li atomu Ge və Si-un kristal qəfəsində əgzünün yeganə valent elektronunu asanlıqla verir və beləliklə əgzünü donor tipli aşqar kimi aparrır. Li-un Ge və Si-da yaratdığı donor səviyyəsi uyğun olaraq keçiricilik zonasının dibindən $0,009 \text{ eV}$ və $0,033 \text{ eV}$ məsafəsində yerləşir. [4] Li-un Ge və Si-da maksimal həllolması uyğun olaraq $8 \cdot 10^{18} \text{sm}^{-3}$ və $7 \cdot 10^{19} \text{sm}^{-3}$ -dir.[3]

Hidrogenin atom radiusunun daha kiçik olmasına baxmayaraq, Li-un düyünlərarası fəzada özünü donor mərkəzi kimi aparması, onunla oxşar olan H atomunun həmin vəziyyətdə neytral qalmasının səbəbini başa düşmək çətinidir. İlk dəfə bu anlaşılmaz vəziyyəti nəzəri olaraq izah etmək təşəbbüsünü Rayss etmişdir. Burada o, Ge və Si kristallarının düyün nöqtələri arasından fəzanın bir hissəsinə dielektrik sabiti daha kiçik olan mühit hissəsi kimi baxmış və H atomunun orada yerləşməsinə qəbul etmişdir. Hesablamanın nəticəsi göstərmişdir ki, doğrudan da bu halda H atomu ionlaşmamalıdır.

Azotun (N) Ge-da həllolması çox kiçikdir. Kütlə-spektroskopik üsulla aparılan tədqiqatlarda Ge-da N atomları müşahidə olunmamışdır.[1]

Termodinamik hesablamalar göstərir ki, azotun Ge-da həllolması $10^{10} \text{ sm}^3 - \text{dən}$ çox ola bilməz[2]. Natomu Ge-da mərkəzi kimi iştirak edə bilər. Ancaq bu barədə bizə məlum olan heç bir təcrübi fakt yoxdur.

Azotla Si-u ya ion implantasiyası və ya diffuziya yolu ilə aşqarlamaq olar. Silisiumu azotla monokristal yetişdirmə prosesində aşqarlamaq iki səbəbdən mümkün deyil. Əvvəla, azotun silisiumda paylanma əmsalı çox kiçikdir. ($k=10^{-7}$) Ona görə N aşqarı göyərən kristala praktiki olaraq daxil olmur. İkincisi isə azot silisiumla qarşılıqlı təsirə girəcək Si_3N_4 birləşməsi yaradır. Azotla aşqarlanmış silisiumun tədqiqindən məlum olmuşdur ki, o, silisium kristalında düyün nöqtələrində silisium atomunu əvəz edir və valentliyinə uyğun olaraq silisiumun qadağan olunmuş zonasında bir donor səviyyəsi yaradır. Bu səviyyə keçiricilik zonasının dibindən 0,14eV məsafəsində yerləşir. Azotun silisiumda əvəzetmə bərk məhlulu yaratması və onun düyün nöqtələrində yerləşməsi indraqırmızı dalğaların udulması ilə də təsdiq edilmişdir. Bu udulmanın maksimumu $\lambda = 10,6 \text{ mkm}$ – ə uyğun gəlir.

Germanium və silisiumda müxtəlif aşqarların tədqiqinə həsr edilmiş bu qısa icmaldan aydın olur ki, bu mövzuya həsr edilmiş küllü miqdarda tədqiqat işlərinin olmasına baxmayaraq, hələ bu sahədə öyrənilməsi lazım gələn bir sıra məqamlar mövcuddur.

ƏDƏBİYYAT

1. Dresselhaus G., Kip A.F., Kittel C., Cyclotron resonance in Ge and Si. Phys.Rev.98,368
2. Weiser K. J. Phys. Chem Solids (GB) 17, №1 – 2. 149-161
3. Глазов В.М., Земсков В.С. Физико-химические свойства основы легирования полупроводников. Из-во «Науко» М. 1967
4. Карасюк Б.А., Грибов. Полупроводники-германий и кремний. ГПТИ по черной и цветной металлургии М., 1961

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕРМАНИЯ И КРЕМНИЯ НОВЫМ МЕТОДОМ

Латифова С.С., Абдулова И. Н.

Резюме: Масс-спектрометрические исследования, проведенные на германии и кремнии [1], показали, что количество водорода, поступающего в них в процессе кристаллизации, составляет $2,5 \cdot 10^{18}$ молекул/ см^3 и $1,75 \cdot 10^{19}$ молекул/ см^3 равно. Термодинамические расчеты показывают, что водород присутствует в молекулярной форме в Ge и Si, а концентрация атомарного водорода должна быть больше 10^{13} см^{-3} . Растворимость азота (N) в Ge очень мала. Атомы N в Ge при масс-спектрометрических исследованиях не наблюдались. Этот уровень расположен на расстоянии 0,14 эВ от дна зоны проводимости. Тот факт, что азот образует твердый раствор замещения в кремнии, и его расположение в точках соединения подтверждается также поглощением инфракрасных волн. Этот максимум поглощения соответствует $\lambda = 10,6 \text{ мкм}$.

Ключевые слова: Аддитивные, спектрометрические, концентрационные, диффузионные, донорные, термодинамические, спектрометрические.

MASS SPECTROMETRY DETERMINATION OF GERMANIUM AND SILICON BY A NEW METHOD

Latifova S.S., Abdulova I.N.

Summary: Mass spectrometric studies conducted on germanium and silicon [1] showed that the amount of hydrogen entering them during the crystallization process is $2.5 \cdot 10^{18}$ molecules/ cm^3 and $1.75 \cdot 10^{19}$ molecules/ cm^3 is equal to Thermodynamic calculations show that hydrogen is present in molecular form in Ge and Si, and the concentration of atomic hydrogen should be greater than 10^{13} cm^{-3} . The solubility of nitrogen (N) in Ge is very small. No N atoms were observed in Ge in mass-spectroscopic studies. This level is located at a distance of 0.14 eV from the bottom of the conduction band. The fact that nitrogen forms a substitutional solid solution in silicon and its location at the junction points is also confirmed by the absorption of infrared waves. This absorption maximum corresponds to $\lambda = 10.6 \text{ }\mu\text{m}$.

Keywords: Additive, spectrometric, concentration, diffusion, donor, Thermodynamic, spectroscopic

$Sn_{1-x}Nd_xS$ ($x = 0,01; 0,02$) MONOKRİSTALLARININ KİNETİK XASSƏLƏRİ

X.A.Adgözəlova, O.M.Həsənov

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin

1959oktay@mail.ru, xatirafizik@mail.ru.

Xülasə: Tədqiqat işi nadir torpaq elementləri ilə aktivləşdirilmiş SnS monokristallarının böyüməsinə, bu kristallarda praktiki olaraq mühüm tərkiblərin və kinetik parametrlərin fiziki-kimyəvi analizinə və seçilməsinə həsr edilmişdir. Bu işdə geniş temperatur diapazonunda (100-700K) kinetik xüsusiyyətlərin: elektrik keçiriciliyi, Hall əmsalı, keçiricilik, istilik keçiriciliyi və istilik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı öyrənilmiş və bu nümunələr üçün termoelektrik səmərəlilik hesablanmışdır.

Açar sözlər: monokristallar, nadir torpaq elementləri, kinetik parametrlər, elektrik keçiriciliyi, Hall əmsalı, istilik keçiriciliyi.

$Sn_{1-x}Nd_xS$ ($x = 0,01; 0,02$) monokristalları Bricmen metodu ilə yetişdirilmiş və alınan nümunələrin laueqrammaları, difraktoqrammaları çəkilmiş, müəyyən olunmuşdur ki, bu monokristallar başlanğıc nümunə SnS kimi ortorombik sinqoniyada kristallaşır [1].

Elektrik keçiriciliyin temperatur asılılığı 100-700K temperatur intervalında vakuumda aparılmışdır. Tədqiq olunan monokristallarda anizotrop luq müşahidə olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, elektrik keçiricilik c oxu istiqamətində c oxuna perpendikulyar istiqamətinə nəzərən 6 dəfə azdır [1,7].

Aşağı temperaturlarda (300K kimi) elektrikeçiricilik temperaturdan zəif asılı olur. Bu oblastda Nd faizlə artımı elektrikeçiriciliyin azalmasına səbəb olur. Bu onunla izah olunur ki, aşqarlanmış SnS monokristalı (vakant struktura) p -tip keçiriciliyə ($p = 10^{16} sm^{-3}$) malikdir ki, aşqarların konsentrasiyasının artması (0,2%) dəşiklərin Nd -la tutulmasına, başqa sözlə elektrikeçiriciliyin azalmasına gətirir [2].

$Sn_{1-x}Nd_xS$ ($x = 0,01; 0,02$) monokristallarının Xoll əmsalının temperatur asılılığı geniş temperatur intervalında (100-700K) tədqiq olunmuşdur. SnS və $Sn_{1-x}Nd_xS$ ($x = 0,01; 0,02$) monokristalları üçün Xoll əmsalının temperatur asılılığının təhlilindən görünür ki, Xoll əmsalı 300K temperatūra kimi sabit qalaraq, temperaturdan asılı olmur. Temperaturun sonrakı artımı zamanı (300-360K) Xoll əmsalı artır. Bu anomaliya qadağan olunmuş zonada elektronlar üçün tələlərin olması və ya temperaturun artması ilə əlavə akseptorların yaranması ilə izah olunur. Məxsusi oblastda temperatur artması ilə Xoll əmsalı kəskin azalır [3].

Başlanğıc maddənin SnS tərkibində Nd miqdarının artması Xoll əmsalının qiymətinin artmasına, yükdəşıyıcıların konsentrasiyasının azalmasına gətirir. 100-300K temperatur intervalında Xoll əmsalının sabit qalması bu materiallardan texnikada yüksək keyfiyyət əmsallı material kimi istifadə etməyə imkan verir.

$Sn_{1-x}Nd_xS$ ($x = 0,01; 0,02$) monokristalları üçün yükdaşıyıcıların yürüklüyünün temperatur asılılığından (c oxuna perpendikulyar ox istiqamətində) görünür ki, SnS -in Nd -la aşqarlanması ilə yürüklük bir qədər azalır. Göründüyü kimi 300K temperaturlarda kimi temperaturun artması ilə yürüklük $\mu \sim T^n$ qanunu ($n=1,5$) ilə artır. Bu artımı 100-300K temperatur oblastında yükdaşıyıcıların ionlaşmış aşqar mərkəzlərdən səpilməsi ilə izah etmək olar. 350K temperaturdan yuxarı temperaturlarda dəşiklərin yürüklüyü $\mu \sim T^n$ ($n=2,2$) qanunu ilə temperaturun artması ilə azalır [1]. Beləliklə, SnS başlanğıc maddənin Nd -la aşqarlanması zamanı maksimum 50-100K yuxarı temperatur oblastına tərəf sürüşdüyü, aşqarın faizlə artımı zamanı ilə yürüklüyün qiymətini azaldığı müşahidə olunur.

Eksperiment göstərir ki, tədqiq olunan nümunələrdə termo e.h.q.-si 100-400K temperatur intervalında temperaturun artması ilə artır, $T=450K$ temperaturdan sonra isə azalır. Bu nümunələrdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası 400K temperaturlarda kimi sabit qalır və termo e.h.q. artması eyni tip səpilmə mexanizminin təsiri ilə izah olunur [4,6].

$Sn_{1-x}Nd_xS$ ($x = 0,01; 0,02$) monokristallarında istilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı tədqiq edilmiş, müəyyən olunmuşdur ki, tədqiq olunan nümunələrdə temperaturun artması ilə istilikkeçiricilik azalır, ancaq Nd faizlə artımı istilikkeçiriciliyin artmasına səbəb olur. Bu artım iki faktorla izah oluna bilər: Nd -lə aşqarlama SnS -də dəşiklərin konsentrasiyasını azaldır, fononların rəqsi hərəkəti zəifləyir və nəticədə istilikkeçiriciliyi artır. Digər tərəfdən Nd əlavə edilməsi ilə vakant mərkəzlərin tutulması ilə nümunələrin defektliyi “təmizlənilir”, b.s. materialın “metallaşması” artır [4,5].

Elektrikkeçiriciliyin, termo e.h.q.-nin və istilikkeçiriciliyin qiymətlərindən istifadə edərək bu nümunələr üçün termoelektrik effektivliyi hesablanmış və temperatur asılılığı qurulmuşdur və müəyyən olunmuşdur ki, bu nümunələr termomaterial kimi istifadə oluna bilməz.

Ədəbiyyat

1. Адгезалова Х.А., Насиров В.И. Неорганические материалы 2001, т.37, №4, с.1292-1294.
2. Адгезалова Х.А., Мургузов М.И., Гусейнов Д.И. The first International Conference on Material Science of Chalcogenide and Diamond-Structure semiconductors. Chernivtsi, 1994, p.60.
3. Адгезалова Х.А., Мургузов М.И., Насиров В.И. Кинетические явления в монокристаллах $(SnS)_{1-x}(LnS)_x$. “Bilgi” dərgisi, (Fizika, riyaziyyat, yer elmləri), Bakı, 2000, №2, s.7-10.
4. Адгезалова Х.А., Мургузов М.И., Гасанов О.М. Неорганические материалы 2011, т.47, №1, с.21-22.
5. Гусейнов Д.И., Гасанов О.М., Адгезалова Х.А. “Прикладная физика”, Moskva, 2018, № 2.

6. Адгезалова Х.А. Гусейнов Д.И., Гасанов О.М., Процессы теплопереноса в твердых растворах $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{LnSe})_x$, Научный журнал “Инновационные научные исследования“ №1-2(3) Январь 2021
7. Adgözəlova X.A., Hüseynov C.İ., Həsənov O.M International scientific journal «Вестникбобек», Series "Physicalandmathematicalsciences" No.1(1). 2024, Astana, Kazakhstan.

КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{Sn}_{1-x}\text{Nd}_x\text{S}$ ($x = 0,01; 0,02$)

Х.А.Адгезалова, О.М.Гасанов

***Аннотация.** Научно-исследовательская работа посвящена выращиванию монокристаллов SnS , активированных редкоземельными элементами, физико-химическому анализу и подбору практически важных составов и кинетических параметров в этих кристаллах. В данной работе в широком диапазоне температур (100-700К) исследованы температурные зависимости кинетических свойств: электропроводности, коэффициента Холла и теплопроводности, а также рассчитан термоэлектрический эффект для этих образцов.*

***Ключевые слова:** монокристаллы, редкоземельные элементы, кинетические параметры, электропроводность, коэффициент Холла, теплопроводность.*

KINETICS PROPERTIES OF SINGLE CRYSTALS

X.A.Adgozəlova, O.M. Gasanov

***Abstract.** The research work is devoted to the growth of SnS single crystals activated by rare earth elements, physic-chemical analysis and selection of practically important compositions and kinetic parameters in these crystals. In this work, the temperature dependence of the kinetic properties: electrical conductivity, Hall coefficient, conductivity, thermal conductivity, and thermal conductivity were studied in a wide temperature range (100-700K), and the thermoelectric efficiency was calculated for these samples.*

***Keywords:** single crystals, rare earth elements, kinetic parameters, electrical conductivity, Hall coefficient, thermal conductivity.*

QEYRİ BİRCİNS QIZDIRILMIŞ $n-Cd_xHg_{1-x}Te$ MONOKRİSTALLARINDA MAQNİTKONSENTRASIYASIYA EFFEKTI

İsmayılov R.M., İsmayılova X. İ., Yunisova R. M.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

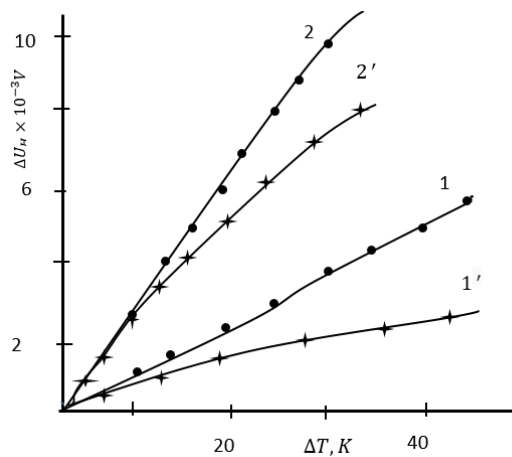
ramiz.ismayilov.1979@mail.ru, xedice-aliyeva@mail.ru, yunisova_2016@mail.ru

Elektrik və maqnit sahələrinin qarşılıqlı təsiri zamanı yarımkəçiricilərdə müxtəlif effektlər müşahidə oluna bilər ki, bunlardan biri də maqnitkonsentrasiya effektidir. Bu effektin məzmunu aşağıdakılardan ibarətdir.

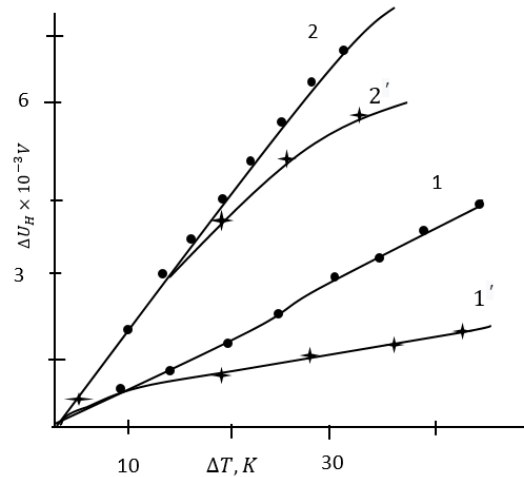
Əgər nümunənin əks kənarları $S_+ > S_-$ müxtəlif səthli rekombinasiya sürətinə malikdirsə və ona tətbiq olunan E elektrik və H maqnit sahələrinin qarşılıqlı istiqamətləri elədir ki, Lorens qüvvəsi cərəyan daşıyıcılarını S_- kənarına konsentrasiya edir, onda S_+ kənarında qeyri tarazlıqlı elektron dəşik cütünün səth generasiyası baş verir.

Bu materiallarda konsentrasiyasıya effektinin tədqiqinə bir çox işlər həsr olunmuşdur.[1-4] Bu tədqiqatlar əsasında maqnit həssaslı cihazlar hazırlanmışdır ki, onlarda həm məxsusi həm də aşqar keçiricilik $Cd_xHg_{1-x}Te$ əsaslı ötürücülər kimi istifadə olunur. Bu işdə sabit cərəyan qradiyentli nümunələr misalında (Lorens qüvvəsi istiqamətində) MKE-nin tədqiqinin eksperimental nəticələri verilmişdir. Eksperimentlər müxtəlif tərkibli $n - Cd_xHg_{1-x}Te$ nümunələrində aparılmış və $T = 80K$ temperaturundan $n = (1 - 8) \times 10^{14} sm^{-3}$, $\mu_n = (1 - 7) \times 10^4 \frac{sm^2}{V \times s}$ qiymətlərini almışdır. Tədqiqat üçün ölçüləri $8 \times 2 \times 2.5 mm$ nümunələr seçilmişdir. Seçim aparılarkən zəif elektrik sahəsində EDC-nü dartılma uzunluğunun nümunənin uzunluğundan keçikliyi nəzərə alınmışdır.

Nümunələrin sonu omik kontaktlarla, onun kənarları isə Lorens qüvvəsinə perpendikulyar olmaqla xüsusi işləmələrlə böyük rekombinasiya sürətləri ilə təmin edilmişdir ki, bu zaman nümunənin kənarları radiatorlarla istilik kontaktında olurlar. Kənarlarda temperatur fərqləri bir radiatorla qızdırılma və digər radiatorla soyudulma hesabına təmin edilir. Nümunənin səthində temperatur “ mis- konstanta” termocütünün köməyi ilə ölçülür. Nümunənin T orta temperaturu sabit saxlanılır. Nümunə dəyişən maqnit sahəsində yerləşdirilir və sabit cərəyanla qidalandırılır. Maqnit sahəsində nümunədə müqavimətin dəyişməsi müxtəlif T temperaturlarında və onun ΔT qradiyentlərində ölçülmüşdür. Şəkildə maqnit sahəsində $d = 2mm$ qalınlıqlı $n - Cd_xHg_{1-x}Te$ nümunələri üçün müxtəlif orta temperaturlarda ΔU_H gərginlik düşgüsünün temperaturlar fərqiindən asılılığının eksperimental əyriyələri verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi aşağı temperaturlarda ($T = 80 K$)(1 və 1' əyriyələri). $\Delta U_H(T)$ kəmiyyəti qeyri-xətti xarakterə malik olur. Lakin 200 K temperatur oblastında bu asılılıq praktiki olaraq xəttidir.



Şəkil 1. Müxtəlif orta temperaturalarda $n - Cd_{0.25}Hg_{0.75}Te$ nümunələri üçün maqnit sahəsində ΔU_H gərginlik düşgüsünün dəyişməsinin ΔT temperatur qradientindən eksperimental asılılığı $T_0 K$: 1, 1'-80 ; 2,2' -200 ($H = 2.5 k\varepsilon, E = 10 \frac{V}{sm}$)



Şəkil 2. Müxtəlif temperaturalardan $- Cd_{0.35}Hg_{0.65}Te$ nümunələrində ΔU_H - in ΔT temperatur qradientindən asılılığı $T_0 K$: 1,1'-80 ; 2,2' -200 ($H = 2.5 k\varepsilon, E = 10 \frac{V}{sm}$)

$n - Cd_{0.35}Hg_{0.65}Te$ nümunələri üçün $\Delta U_H(\Delta T)$ anoloji asılılığı şəkil 2-də göstərilmişdir. $U(T)$ asılılığının gedişi şəkil 1-ə anolojidir. Bu zaman qeyd etmək lazımdır ki, U -nun ədədi qiyməti az olur. Səth rekombinasiyasının böyük sürətlərində temperatur qradientli MKE maksimal qiymətinə çatır. Bu da öz növbəsində kiçik səth rekombinasiya sürətlərində nümunənin kənarında və həcmində qeyri tarazlıqlı daşıyıcıların kəskin artımının qarşısını alır. Bu halda konsentrasiya effektləri məxsusi keçiriçiliyə yaxın olan yarımkəçiriçilərdə özünü daha kəskin biruzə verir. Belə halda yarımkəçiriçinin digər parametrləri ilə müqayisədə (yürüklük, yaşama müddəti və s.) qeyri- əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının temperaturdan asılılığı daha güclü olur. Temperatur asılılığı zəif olan parametrlər sabit hesab olunur.

Ədəbiyyat

- İsmayılov R.M. Qızmar elektrik yükdaşıyıcılı n-p keçidinin elektrik xassələri. SDU-nun elmi xəbərləri. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. C.7. №2, Sumqayıt 2007, s.3-7.
- İsmayılov R.M., Nurullayev Y.Q. $Cd_xHg_{1-x}Te$ bərk məhlulkristallarında fotokeçiriçiliyin relaksasiya prosesinə maqnetokonsentrasiya effektinin təsiri. Bakı Universitetinin xəbərləri. Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, №4, Bakı 2006. Səh. 130-134.
- İsmayılov R.M. $Cd_xHg_{1-x}Te$ p-n keçidində qızmar yükdaşıyıcıların yaratdığı termo E.H.Q. Sumqayıt Dövlət Universitetinin elmi xəbərləri Təbiət və texniki elmlər bölməsi. C.8, №2, Sumqayıt -2008. Səh. 3-5.
- İsmayılov R.M., Barxalov B.Ş., Əliyeva X.1. «Электрические свойства монокристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$

($0.26 \leq x \leq 0.30$)». Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Sumqayıt Dövlət Universiteti. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. C.14, №1, Sumqayıt-2014. Səh. 6-9.

MAGNETOCONCENTRATION EFFECT IN A REPEATEDLY HEATED MONOCRYSTAL n - $Cd_xHg_{1-x}Te$.

Ismailov R.M., Ismailova Kh.İ., Yunisova R.M.

Summary: When exposed to crossed electric and magnetic fields, various effects can be detected in companion conductors, one of which is the so-called magneto concentration effect. This paper presents the results of an experimental study of the FEM in the presence of a constant temperature gradient in the samples. Experiments are carried out on samples n - $Cd_xHg_{1-x}Te$. $n = (1 - 8) \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ и $\mu_n = (1 - 7) \times 10^4 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ at a temperature of $T=80$ K. The dimensions of the samples $8 \times 2 \times 2,5$ mm were chosen based on the consideration that the length of the EDP tightening at weak electric fields was less than the length of the samples.

Key words: Monocrystals, temperature, magnetic field, voltage drop.

МАГНИТОКОНЦЕНТРАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ В НЕОДНОРОДНО РАЗОГРЕТОММОНОКРИСТАЛЛЕ n - $Cd_xHg_{1-x}Te$.

Исмаилов Р.М., Исмаилова Х.И., Юнисова Р.М.

Резюме: При воздействии скрещенных электрических и магнитных полей в полупроводниках могут обнаруживаться различные эффекты, одним из которых является как называемый магнито концентрационный эффект. В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования МКЭ при наличии в образцах постоянного градиента температуры. Эксперименты проводились на образцах n - $Cd_xHg_{1-x}Te$ различного состава и имели $n = (1 - 8) \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ и $\mu_n = (1 - 7) \times 10^4 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ при температуре $T = 80$ K. Размеры образцов $8 \times 2 \times 2,5$ мм выбирались из тех соображений, что длина затягивания ЭДП при слабых электрических полях было меньше, чем длина образцов.

Ключевые слова: Монокристаллы, температура, магнитное поле, падение напряжения.

ÇARPAZ SAHƏLƏRDƏ $n - Cd_xHg_{1-x}Te$ MONOKRİSTALLARININ VOLT-AMPER XARAKTERİSTİKALARI

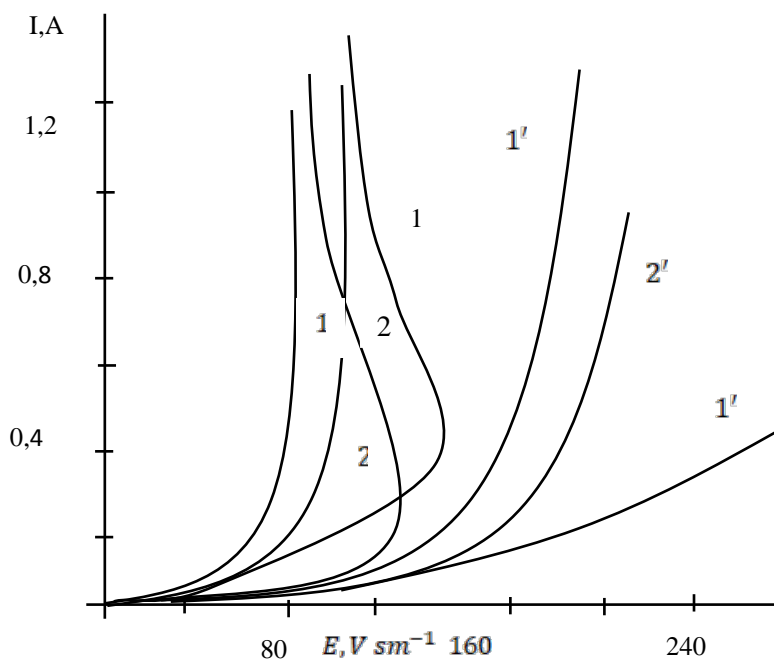
İsmayılov R.M., İsmayılova X. İ., Yunisova R. M.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

ramiz.ismayilov.1979@mail.ru, xedice-aliyeva@mail.ru, yunisova_2016@mail.ru

Məlum olduğu kimi kadmium – civə – tellur monokristalları əsasında IQ- şüalanma fotoqəbulediciləri əsasən güclü elektrik sahələrində işləyirlər [1]. Bu şəraitdə göstərilən fotoqəbuledicilərdə müxtəlif dayanıqsız cərəyanlar yaranır. Buna görə də bu iş çarpaz elektrik və maqnit sahələrinin kristalların VAX-na təsirinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Tədqiq olunan nümunələr kütləvi monokristallardan $0,2 \times 0,2 \times 3,0 \text{ mm}^3$ ölçülü paralepiped formasında kəsilmişdir.

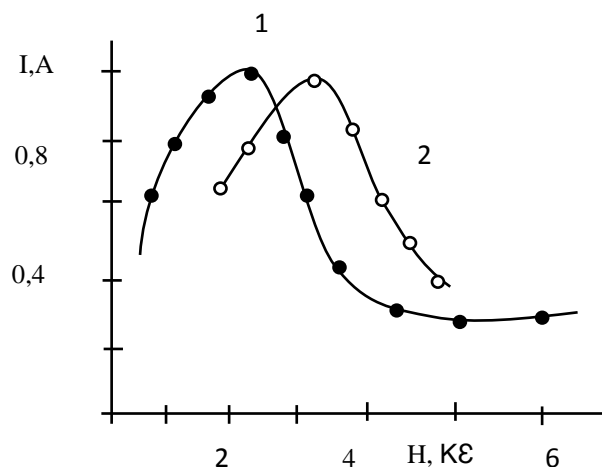
Ölçmələr verilmiş gərginlik rejimində impuls metodikası üzrə həyata keçirilmişdir. İmpuls gərginliyi $\Gamma 5 - 54$ generatoru vasitəsilə formalaşdırılır. İmpulsun aşağı tezliyi (20-50 Hz) nümunə qızdırılmadan təmin olunur [2].



Şəkil 1. $x = 0,25$ (1, 1', 1'', 1''' ayrıləri) və $x = 0,28$ (2, 2', 2'', 2''' ayrıləri)-li $n - Cd_xHg_{1-x}Te$ nümunələrinin müxtəlif eninə maqnit sahələrində Voltamper xarakteristikası.

Müxtəlif tərkibli monokristallar üçün təcrübə alınan stasionar VAX-ı şəkil 1-də göstərilmişdir. Xarici maqnit sahəsi olmadıqda VAX darzonalı yarımkəçiricilər üçün xarakterik olan formanı alır (1.2 ayrıləri). Belə ki, elektrik sahəsinin E intensivliyi artdıqca zəif qeyri – omik deşilmə qabağı hissə daha aydın ifadə olunmuş superxətti hissə ilə əvəzlənir ki, bu da zonalarası deşilmə ilə əlaqədardır. Maqnit sahəsinin təsiri ilə situasiya dəyişir. Zəif maqnit sahələrində deşilmə oblastının başlanğıcı kiçik elektrik sahəsi oblastına sürüşür, başqa sözlə zonalar arası zərbə ionlaşması baş verir. Maqnit sahəsinin sonrakı artımında deşilmə güclənir və proseslər bütün elektrik sahəsində baş

verir. Bu hadisənin səbəbini aydınlaşdırmaq üçün bizim tərəfimizdən həm də deşilmə elektrik sahəsinin qeyd olunmuş qiymətlərində cərəyanın maqnit sahəsinin H intensivliyindən asılılığında tədqiq edilmişdir.



Şəkil 2. $n - Cd_xHg_{1-x}Te$ ($x=0,25$ və $x=0,28$) nümunələri üçün cərəyanın maqnit sahəsinin intensivliyindən asılılığı. $E=220$ V/sm, $\Delta Z = 50$ Hs

Məlum olmuşdur ki, müxtəlif tərkibli $Cd_xHg_{1-x}Te$ nümunələri üçün $I(H)$ asılılığında maksimumlar müşahidə olunur. Təcrübələr göstərir ki, nümunələrdə CdTe-nin miqdarı artdıqca cərəyanın maksimumları böyük maqnit sahəsinə tərəf sürüşürlər [3-4].

Bizim tərəfimizdən müşahidə olundu ki, maqnit sahəsinin cərəyanın qərarlaşma dinamikasına təsiri bir başa zərbə ilə ionlaşma ilə zonallararası deşilmə arasında əlaqənin olduğunu göstərir. Belə ki, zərbə ilə ionlaşmanın artması maqnit sahəsində deşilmənin dinamikasını dəyişir. Aydın olmuşdur ki, cərəyanın zamanla ilkin artma sürəti və eləcə də zərbə ionlaşmasının sürəti $H = 1,8k\epsilon$ və $2,7k\epsilon$ sahələrində maksimumdur. Bu da $x=0,25$ və $x=0,30$ nümunələri üçün cərəyanın maqnit sahəsindən asılılıq maksimumları ilə üst-üstə düşür.

ƏBƏBİYYAT

1. İsmayilov R.M., Barxalov B.Ş. Эксклюзия неосновных неравновесных носителей заряда в $p - Cd_xHg_{1-x}Te$ Energetikanın Müasir Elmi - Texniki və tətbiqi Problemləri. Beynəlxalq elmi konfransın materialları 27-28 oktyabr 2015. Səh.185-187.
2. İsmayilov R.M., Barxalov B.Ş., Sadiq X.O. Фотоэлектрические свойства монокристаллов $n - Cd_xHg_{1-x}Te$ ($0,26 \leq x \leq 0,30$). Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Sumqayıt Dövlət Universiteti. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. C.16, №1, Sumqayıt-2016. Səh. 6-11.
3. Asgarli R.Ə. Photoelectric properties of CD.HG. TE and photodetectors on their bases. II International scientific conference of young researchers Baku Engineering University. 27-28 April 2018, Baku, Azerbaijan. Səh. 136-138.

4. Исмайылов Р.М хи Бархалов Б.Ш., Исмайылова Фотопроводимость кристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$ при поверхностном возбуждении. Тәтбиқи физика вә енергетиканын актуал мәсәләләри. Бейнәлхалқ Elmi конفرансин материаллары, 24-25 май 2018. Sumqayıt. Sah. 92-96.

**ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНОКРИСТАЛЛОВ $n - Cd_xHg_{1-x}Te$
В СКРЕЩЕННЫХ ПОЛЯХ**

Исмайлов Р.М., Исмаилова Х.И., Юнисова Р.М.

Резюме: Как известно фотоприемники ИК-излучения на основе монокристаллов кадмий-ртуть-теллур работают в основном при высоких электрических полях. При этих условиях в указанных фотоприемниках возникают различные неустойчивости тока. Поэтому эта работа посвящена детальному изучению влияния скрещенных электрическо и магнитного полей на ВАХ кристаллов. Исследуемые образцы вырезались из массивных монокристаллов в форме параллелепипеда с размерами $0,2 \times 0,2 \times 3,0$ мм³.

Ключевые слова: Вольт-амперная характеристика, поперечное магнитное поле, напряженность магнитного поля, напряженность электрического поля, ударная ионизация.

VOLT-AMPREY PROPERTIES OF $n - Cd_xHg_{1-x}Te$ MONOCRYSTALS IN CROSSED FIELDS

Ismailov R.M., Ismailova Kh.I., Yunisova R.M.

Summary: As is known, IR photodetectors based on cadmium-mercury-tellurium single crystals operate mainly at high electric fields. Under these conditions, various current instabilities arise in the indicated photodetectors. Therefore, this work is devoted to a detailed study of the influence of crossed electric and magnetic fields on the current-voltage characteristics of crystals. The studied samples were cut from massive single crystals in the form of a parallelepiped with dimensions of $0.2 \times 0.2 \times 3.0$ mm³.

Key words : Volt-ampere characteristics, transverse magnetic field, magnetic field strength, electric field strength, impact ionization

$(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ SİSTEM ƏRİNTİLƏRİNDƏ MAQNİT MÜQAVİLƏTİ

C.İ.Hüseynov, O.M.Həsənov, A.X.Adgözəlova, H.A.Aslanov, G.Ə.Qaraşova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

cahangir.adpu@mail.ru

Xülasə: Bərk məhlul oblastında $(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ nümunələri alınmış, onların qalvanomaqnit xassələri tədqiq edilmiş və maqnit müqavimətinin temperatur və maqnit sahəsinin intensivliyindən asılılığı təhlil edilmişdir. Müəyyən bir temperaturda maqnit müqavimətinin işarəsinin dəyişməsi ilə yük daşıyıcısının səpilmə mexanizmində dəyişiklik, onun böyük dəyəri tədqiq olunan nümunələrdə ikinci növ yük daşıyıcılarının mövcud olduğunu göstərir.

Açar sözlər: bərk məhlullar, yük daşıyıcıları, qalvanomaqnit xassələr, maqnit müqaviməti, səpilmə mexanizmləri, inversiya nöqtəsi.

Mürəkkəb ion-kovalent kimyəvi rabitəyə malik olan Qalay monoselenidi $NaCl$ tipli strukturda kristallaşır. $SnSe$ -nin əsas xüsusiyyətlərindən biri müəyyən dərəcədə defektlərin mövcudluğu ilə bağlıdır. Onların kvazi-lokal səviyyələr yaradan aşqarlarlalegirə olunması praktiki tətbiqi imkanlarını genişləndirir. Nadir torpaq elementlərinin (NTE) qalay monoselenidinə daxil edilməsi defektlərin təbiəti və qarşılıqlı təsiri ilə bağlı bir sıra fiziki xassələrin yaranmasına səbəb olur. Yarımkeçiricilərdə NTE aşqarlarının davranışı bəzi fərqli xüsusiyyətlərlə xarakterizə olunur, məsələn, aşağı həllolma qabiliyyəti və NTE-nin materialı "təmizləmək" qabiliyyəti, bu da fon aşqarlarının və defektlərin konsentrasiyasını əhəmiyyətli dərəcədə azalır [1].

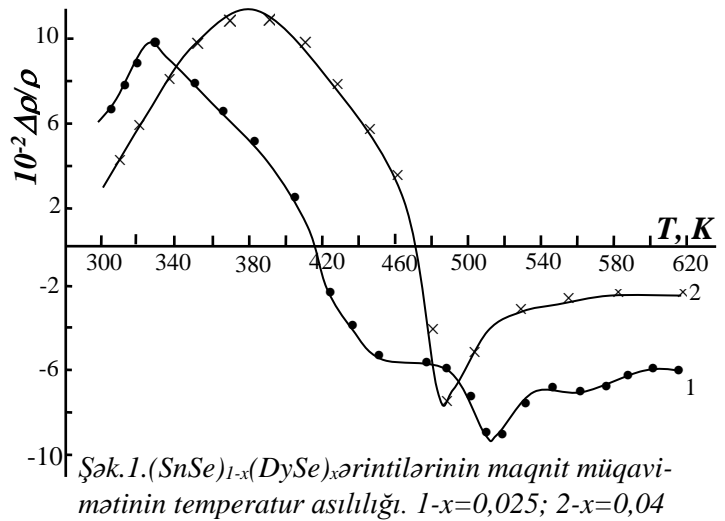
NTE-nin iştirakı ilə alınan maddələr bəzi elektrik enerjisi çeviricilərinin, şüalanmaya, təzyiçə və rütubətə davamlı olan müxtəlif növ enerji çeviricilərinin istehsalında geniş istifadə olunur. Bu nöqtəyi-nəzərdən nadir torpaq metallarının iştirakı ilə ərintilər və birləşmələr əsasında tələb olunan fiziki xassələrə malik yeni perspektivli materialların əldə edilməsinin mümkünlüyü onların tədqiqatlarını xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Buna görə də $SnSe$ və $DySe$ xalkogenidlərinin qarşılıqlı təsirinin öyrənilməsi, həmçinin əmələ gələn bərk məhlulların qalvanomaqnit xassələrinin hərtərəfli öyrənilməsi elmi və praktiki maraq kəsb edir.

Geniş temperatur diapazonunda kvazibinar birləşmənin $(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ bərk məhlulları regionunda alınmış müxtəlif tərkibli nümunələrin qalvanomaqnit xassələri tədqiq edilmiş, ümumi qanunauyğunluq təhlil edilmişdir. Sabit cərəyan rejimində sabit maqnit sahəsində $300 \div 620K$ temperatur intervalında xüsusi elektrik keçiriciliyi (σ), Hall əmsalı (R) və nisbi maqnit müqaviməti ($\Delta\rho/\rho_0$) ölçülmüşdür [2]. Təcrübələrdə yol verilən xəta 4,2%-dən çox olmayıb.

$(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ bərk məhlullarında, $x = 0,01$ və $x = 0,02$ tərkiblərə uyğun nümunələrdə müşahidə olunan maqnit müqavimətinin temperatur asılılığı şəkil 1 təsvir edilmişdir. Hər iki nümunədə temperaturun artımı ilə maqnit müqaviməti artaraq maksimumdan keçdikdən sonra azalır. Maqnit müqaviməti özünün maksimum qiymətinə $(SnSe)_{0,99}(DySe)_{0,01}$ tərkibli nümunədə 320 K temperaturda, $(SnSe)_{0,98}(DySe)_{0,02}$ nümunəsində isə 380 K temperaturda çatır.

Maqnit müqaviməti $x=0,025$ təkilibli ərintilərdə $T=420$ K, $x=0,04$ təkilibli ərintilərdə isə $T=470$ K temperaturda maqnit müqaviməti işarəsini müsbətdən mənfiyə dəyişir[3]. Qrafiklərdən görüldüyü kimi təkilblərdə Dy elementinin miqdarı artdıqca maksimumuna və inversiya nöqtəsinə uyğun temperatur yuxarı temperatur oblastına tərəf sürüşür. İstənilən təkilbdə maqnit müqavimətinin müşahidə olunması və onun qiymətinin böyük olması tədqiq olunan nümunənin energetik zona quruluşunun mürəkkəb olmasını həmçinin də ikinci növ yükdaşıyıcıların mövcudluğunun göstəricisidir[4].

Alınan nəticələrin analizi tədqiq olunan ərintilərin qismən kompensasiya olunmuş materiallar olduğunu söyləməyə imkan verir. Maqnit müqavimətinin maksimum qiymətində konsentrasiya özünün doymuş halına çatır. Hər iki nümunədə maqnit müqavimətinin işarəsinin müsbətdən mənfiyə dəyişməsi kristallarda yükdaşıyıcıların əsas səpilmə mexanizminin dəyişməsi ilə bağlıdır.



Şək.1. $(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ ərintilərinin maqnit müqavimətinin temperatur asılılığı. 1- $x=0,025$; 2- $x=0,04$

Hər iki nümunədə $T=420\div 450$ K-də müşahidə olunan anomal dəyişməyə səbəb, çox ehtmal ki, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin dəyişməsidir. Bu mexanizmi arşdırmaq üçün hər iki nümunədə xüsusi elektrik keçiriciliyi və Holl əmsalının nəticələrinə əsasən yükdaşıyıcıların yürlüklüyünün temperatur asılılığına baxılmış, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmi araşdırılmışdır. $T \leq 420$ K temperatur intervalında ionlaşmış aşqar mərkəzlərindən, $T \geq 450$ K intervalında isə kristal qəfəsin düyün nöqtələrindən səpilmənin üstünlük təşkil etdiyi müəyyənləşdirilmişdir.

Aşağı temperaturda $(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ sisteminin bir sıra nümunələrində ($x = 0,005, 0,01$ və $0,02$) maqnit sahəsində mənfi maqnit müqaviməti müşahidə olunur. Seçilmiş təkilblər üçün əldə edilən nəticələrdən $\frac{\Delta\rho}{\rho}(H)$ asılılıqlarının qrafikləri qurulmuş və təhlil aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, maqnit sahəsinin intensivliyinin kiçik qiymətlərində maqnit müqaviməti mənfi olur və intensivliyin artması ilə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası 80 K temperaturda $6.2 \cdot 10^{17} sm^{-3}$ olan (№2) və $9.7 \cdot 10^{16} sm^{-3}$ (№3) nümunələrdə müvafiq olaraq $\Delta\rho/\rho(H)$ müsbət qiymətə keçid müşahidə edilir. Aşağı temperaturda ölçülmüş nümunələrdə Holl sabitinin maksimum qiyməti $T = 105$ K temperaturun yaxın ətrafında aşkar edilir ki, bu da aşqar zonası əlaqələndirilir.

Mənfi maqnit müqaviməti yalnız tədqiq olunan nümunələrdə Holl əmsalını maksimum qiymət aldığı temperaturdan aşağı temperaturlarda, yəni aşqar keçiriciliyinin üstünlük təşkil etdiyi temperatur oblastında, müşahidə olunur. Zəif sahələrdə sahə intensivliyinin qiymətinin artımı ilə

$\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right) \sim H^2$ asılılığı doyma halına meyl göstərir. Bununla belə, faktiki doyma halı fərqli nümunələrdə maqnit sahəsi intensivliyinin fərqli qiymətlərində əldə edilir və maqnit müqavimətinin doyma halına uyğun dəyərlərinin mütləq qiyməti azalaraq işarəni müsbətə dəyişir.

Ədəbiyyat

1. I.I.Aliev, J.I.Huseynov, M.I.Murguzov, *Inorg Mater* 50, 237–240 (2014).
2. J.I.Huseynov, M.I.Murguzov, S.S.Ismayilov *Semiconductors* 47, 323–326 (2013).
3. D.I.Huseynov, M.I.Murguzov, S.S.Ismailov *Inorg Mater* 44, 467–469 (2008).
4. Sh.S.Ismailov, J.I.Huseynov, M.A.Musaev, *Low Temp. Phys.* 46, 1114–1120 (2020);

МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ В СИСТЕМНЫХ СПЛАВОВ $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{DySe})_x$

Дж.И.Гусейнов, О.М.Гасанов, А.Х.Адгозелова, Г.А.Асланов, Гю.А.Гарашова

Резюме: Получены образцы $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{DySe})_x$ в области твердого раствора, исследованы их гальваномагнитные свойства и проанализирована зависимость магнитосопротивления от температуры и напряженности магнитного поля. Изменение механизма рассеяния носителей заряда со сменой знака магнитосопротивления при определенной температуре, его большая величина свидетельствует о наличии второго типа носителей заряда в исследованных образцах.

Ключевые слова: твердые растворы, носители заряда, гальваномагнитные свойства, магнитосопротивление, механизмы рассеяния, точка инверсии.

MAGNETIC RESISTANCE IN SYSTEM ALLOYS $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{DySe})_x$

J.I. Huseynov, O.M. Gasanov, A.Kh.Adgozelova, H.A.Aslanov, G.A.Garashova

Abstract: Samples of $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{DySe})_x$ in the solid solution region were obtained, their galvanomagnetic properties were studied and the dependence of magnetoresistance on temperature and magnetic field strength was analyzed. A change in the scattering mechanism of charge carriers with a change in the sign of magnetoresistance at a certain temperature, its large value indicates the presence of a second type of charge carriers in the studied samples.

Key words: solid solutions, charge carriers, galvanomagnetic properties, magnetoresistance, scattering mechanisms, inversion point.

$Gd_xSn_{1-x}Se$ ƏRİNTİLƏRİNİN TERMOMAQNİT XASSƏLƏRİ

C.İ. Hüseynov, O.M.Həsənov, A.X.Adgözəlova, H.A.Aslanov, G.Ə.Qaraşova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

cahangir.adpu@mail.ru

Xülasə: $Gd_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin termomaqnit xassələrin temperatur və maqnit sahəsi intensivliyindən asılılığı tədqiq olunmuşdur. 450 – 550 K temperatur intervalında eninə Nernst-Ettihauzen effekti işarəsini müsbətdən mənfiyə dəyişir. Sistem ərintilərində qadalinimum miqdarının artması ilə inversiya temperaturu yüksək temperatur oblastına tərəf sürüşür, termo-e.h.q.-nin dəyişməsi də nisbətən böyük olur.

Açar sözlər: sistem ərintiləri, termomaqnit xassələr, inversiya nöqtəsi, termo-e.h.q.-nin dəyişməsi

Termomaqnit effektlərin maqnit sahəsindən və temperaturdan asılılığının öyrənilməsi tədqiq olunan nümunələrdə yükdaşıyıcıların və fononların relaksasiya mexanizmləri, kvazizərəcilərin spektrlərinin xüsusiyyətləri haqqında daha dolğun məlumat almağa imkan verir [1, 2].

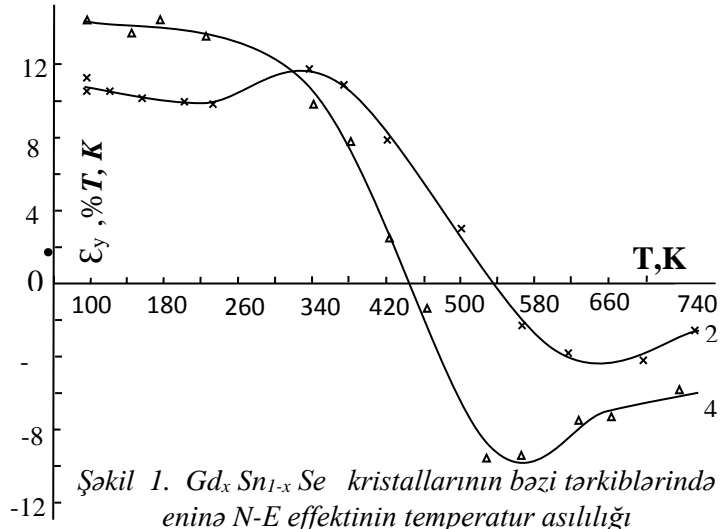
$SnSe$ birləşməsi əsasında yeni xassəli yarımkeçirici materiallar almaq məqsədi ilə $SnSe$ qəfəsində Sn -atomlarının qismən nadir torpaq metallarından olan Gd atomları ilə əvəz olunması yeni tərkibli bərk məhlullar alınmış və həmin ərintilərdə termomaqnit xassələri (eninə və uzununa Nernst-Ettinhauzen effektləri) tədqiq olunmuşdur [3, 4].

$Gd_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərində termo-e.h.q.-nin temperatur $\alpha(t)$ asılılığının tədqiqi sistem kristallarında $x \geq 0,005$ at% Gd -li nümunələrdə keçiricilik tipinin dəyişməsinin baş verdiyini göstərir. $x=0,005$ tərkibli nümunədə keçiricilik tipinin dəyişməsi $T=420$ K temperaturuna uyğundur. Digər $x > 0,005$ nümunələr n-tip keçiriciliyə malikdirlər və kimi tərkiblərdə Gd elementinin miqdarı artdıqca ekstremumun mütləq qiymətcə dəyişməsi nisbətən yuxarı temperatur oblastına doğru ($x=0,01$ -də $T=440$ K; və $x=0,05$ -də isə $T=500$ K-də baş verir) sürüşür. $SnSe$ monokrisatlındakı termo-e.h.q.-si tədqiq olunan bütün temperatur oblastlarında $Gd_xSn_{1-x}Se$ bərk məhlullarındakına nisbətən böyük olur. Aşqar keçiriciliyi oblastında, 80-360 K temperatur intervalında temperaturun artımı ilə termo-e.h.q.-si artaraq maksimum qiymətinə $\alpha = 450 \frac{mK}{K}$ -ə çatır, məxsusi keçiricilik oblastında temperaturun sonrakı artımında işarəsi müsbət qalmaqla monoton azalma müşahidə olunur. SnS binar birləşməsində Sn atomlarının qismən NTM ilə əvəz olunması termo-e.h.q.-sinin qiymətinin azalması ilə yanaşı, onun azalma intervalının daha yüksək temperatur oblasına tərəf sürüşdüyünü göstərir.

$Gd_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərində temperaturun artımı ilə termo-e.h.q.-sinin əvvəlcə artması, sonradan isə azalması tədqiq olunan bütün fazalarında xarakterikdir. Termo-e.h.q.-nin müşahidə olunan temperatur asılılığını iki zonalı modellə, yəni iki növ: yüngül və ağır yükdaşıyıcıların mövcudluğu ilə izah etmək olar. Bu sistem ərintilərinin Holl və termo-e.h.q.-si əmsallarının temperatur asılılıqları bir birləri ilə yaxşı uzlaşır. Tədqiq olunan sistem ərintilərində yüngül və ağır

deşiklərin mövcudluğunu, yəni valent zonasının iki alt zonadan ibarət olmasını fərz etməklə R və α –nın temperatur asılılığında müşahidə olunan anomalyanı yaxşı izah etmək olur [7].

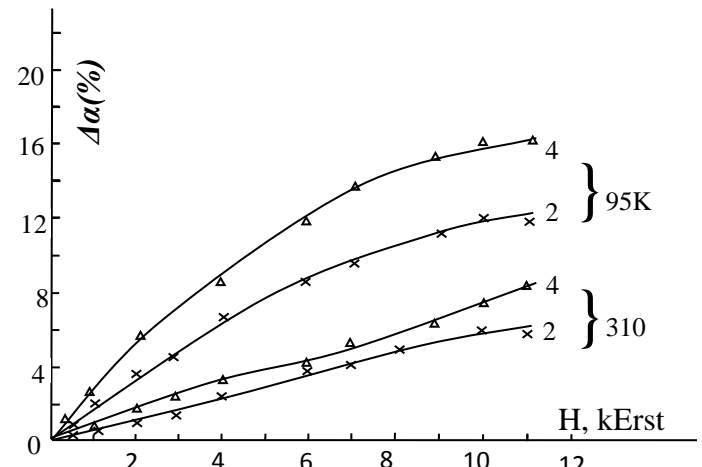
Şəkil 1-də $Gd_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin 2- $x=0,0025$ və 4-nömrəli $x=0,01$ nümunələrdə eninə Nernst-Ettingşqauzen effektinin temperatur asılılıqlarının təcrübədən alınmış nəticələrin qrafikləri verilmişdir. 1-ci şəkildəki qrafiklərdən görüldüyü kimi $E_y(T)$ asılılığı işarəsini $x=0,0025$ nümunəsində $T=530$ K-də, $x=0,0100$ nümunəsində isə $T=460$ K



Şəkil 1. $Gd_x Sn_{1-x} Se$ kristallarının bəzi tərkiblərində eninə N-E effektinin temperatur asılılığı

temperaturunda işarəsini müsbətdən mənfiyə dəyişir. Digər tərəfdən tərkiblərdə Gd elementinin miqdarı nisbətən çox olan nümunədə E_y kəmiyyətinin qiyməti də böyükdür. ($T \leq 300$ K). Uyğun olaraq $T > 500$ K temperaturunda da 4 sayılı nümunə üçün təcrübədən alınmış E_y - ədədinin qiyməti mütləq qiymətcə 2-sayılı nümunənin qiymətinə nəzərən böyükdür. $E_y(T)$ asılılığının müşahidə olunan formada dəyişməsi ikinci növ yükdaşıyıcıların yaranması və səpilmə mexanizminin dəyişməsi ilə bağlı olduğu ehtimal olunur.

$Gd_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin 2- $x=0,0025$ və 4-nömrəli $x=0,01$ nümunələri üçün temperaturun müxtəlif qiymətlərində termo-e.h.q.-nin maqnit sahəsində dəyişməsinin, uzununa N-E effektinin $\Delta\alpha(H)$ maqnit sahəsindən asılılıq qrafikləri şəkil 2-də verilmişdir. Burada $T = 95$ və 310 K temperaturlarında $\Delta\alpha(H)$ asılılığına baxılmışdır və müəyyən olunmuşdur ki, maqnit sahəsinin nisbətən kiçik qiymətlərində ($H \leq 7$ kErst) $\Delta\alpha(H)$ sürətlə və xətti artır. Maqnit sahəsinin sonrakı qiymətlərində isə sürət artımı azalır.



Şəkil 2. $Gd_x Sn_{1-x} Se$ kristallarını tərkibli nümunələrdə $\Delta\alpha$ –nın H sahədən asılılığı 2- $x = 0,0025$; 4- $x=0,01$

7 kErst) $\Delta\alpha(H)$ sürətlə və xətti artır. Maqnit sahəsinin sonrakı qiymətlərində isə sürət artımı azalır. Qrafiklərdən görüldüyü kimi $\Delta\alpha(H)$ asılılığında analogi dəyişmələr müşahidə olunur və temperaturun artması ilə $\Delta\alpha$ –nın qiymətində mütənasib azalma müşahidə olunur. Müxtəlif temperaturunda aparılan tədqiqat göstərir ki, $H \geq 12$ kErst qiymətlərində $\Delta\alpha(H)$ özünün maksimal doyma qiymətinə çatır.

p -tip keçiricilikli № 2 nümunəsində E_y sahəsi $T \approx 540 K$ temperatúra qədər müsbətdir, temperaturun sonrakı artımında isə E_y mənfi olur. E_y maksimal müsbət qiymətini $T \approx 380 K$ temperatur yaxınlığında alır və temperaturun artımı ilə mənfi qiymətinə kimi azalır. № 4 nümunədə $T = 100 - 250 K$ temperatur intervalında $E_y(T)$ qiymətində zəif azalma müşahidə olunur, temperaturun sonrakı artımında nisbətən kəskin azalaraq, $T = 430 K$ temperaturunda inversiya nöqtəsindən keçməklə mənfi olur və qiymətinin maksimumu $T \approx 550 - 560 K$ temperatur intervalına düşür. $Gd_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərində qadalinimum miqdarının artması ilə inversiya temperaturu yüksək temperatur oblastına tərəf sürüşür.

Ədəbiyyat

1. I.I.Aliev, J.I.Huseynov, M.I.Murguzov, Sh.S.Ismailov *Inorg Mater* 50, 237–240 (2014).
2. J.I.Huseynov, M.I.Murguzov, S.S.Ismayilov *Semiconductors* 47, 323–326 (2013).
3. D.I.Huseynov, M.I.Murguzov, S.S.Ismailov *Inorg Mater* 44, 467–469 (2008).
4. Sh.S.Ismailov, J.I.Huseynov, M.A.Musaev, *Low Temp. Phys.* 46, 1114–1120 (2020);

ТЕРМОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ $Gd_xSn_{1-x}Se$

Дж.И. Гусейнов, О.М.Гасанов, А.Х. Адгозелова, Г.А.Гарашова

Резюме: Изучена зависимость термомангнитных свойств сплавов системы $Gd_xSn_{1-x}Se$ от температуры и напряженности магнитного поля. В интервале температур 450-550 K поперечный эффект Н-Э меняет знак с положительного на отрицательный. С увеличением количества годолина в сплавах системы температура инверсии смещается в область высоких температур, и изменение термо-Э.Д.С. становится относительно большим.

Ключевые слова: системы сплавов, термомангнитные свойства, точка инверсии, изменение термо-э.д.с.

THERMOMAGNETIC PROPERTIES OF $Gd_xSn_{1-x}Se$ ALLOYS

J.I.Huseynov, O.M.Gasanov, Kh. A.Adgozelova., G.A.Garashova

Abstract: The dependence of thermomagnetic properties of $Gd_xSn_{1-x}Se$ alloys on temperature and magnetic field strength is studied. In the temperature range of 450-550 K, the transverse Nernst-Ettinghausen effect changes sign from positive to negative. With an increase in the amount of iron in the alloys of the system, the inversion temperature shifts to the region of high temperatures, and the change in thermo-EMF becomes relatively large.

Keywords: alloy systems, thermomagnetic properties, inversion point, change in thermo-EMF.

CrGa₂S₄ KRİSTALLARININ QURULUŞ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Musayev M.A.¹, Əliyeva N.M.¹, Allahverdiyev A.M.²

¹Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

²Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

nailealiyeva1991@gmail.com

Xülasə. Cr – Ga – S sisteminin CrS – Ga₂S₃ kvazibinar kəsiyində faza tarazlığı tədqiq edilmiş, komponentlərin 1:1 nisbətində CrGa₂S₄ üçlü birləşməsinin mövcudluğu müəyyən edilmişdir. CrGa₂S₄ birləşməsinin sintez texnologiyası işlənmiş, səthinin morfolojiyası, rentgen mikroanalizi aparılmış, nümunənin faza tərkibi müəyyən edilmiş, səthdə kimyəvi elementlərin paylanması tədqiq olunmuş, elementlərin kütlə və atom faizləri müəyyənləşdirilmiş, ərimə temperaturu, kristal quruluşu, elementar qəfəs parametrləri təyin edilmişdir.

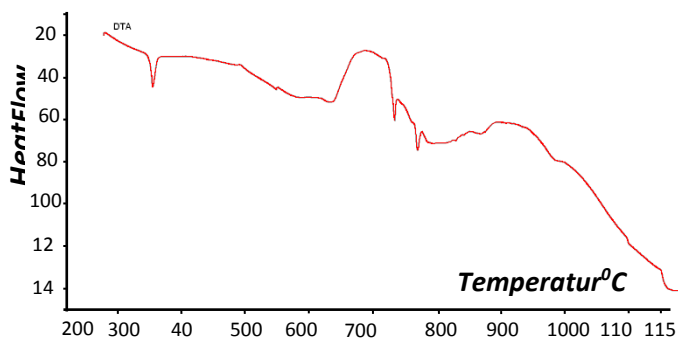
Açar sözləri: faza tarazlığı, fiziki-kimyəvi analiz, rentgen mikroanalizi, mikrobərklik, elementar qəfəs, monoklin sinqoniya

Son dərəcə vacib xüsusiyyətlərə malik olduqları və yeni texnologiyaların müxtəlif sahələrində geniş istifadə olunduğu üçün üçlü halkogenid birləşmələri getdikcə daha çox tətbiq olunur. Bu baxımdan, A^{II}B₂^{III}C₄^{VI} (A-Mn,Cr,Co,Ni;B-Ga,In;C-S,Se,Te) tipli üçlü birləşmələr qrupu xüsusi maraq doğurur [1-4]. Artıq MnIn₂S₄ və FeIn₂S₄ monokristalları əsasında fotorezistor hazırlanmış və hər iki birləşmədən nanostruktur alınmışdır. FeIn₂S₄ monokristalından istifadə edərək heteroqəçid yaradılmışdır [5-7].

Tədqiq olunan materialların sintezi stexiometrik nisbətdə götürülmüş ayrı-ayrı komponentlərin birbaşa əridilməsi yolu ilə aparılmışdır. Nümunələrin mikroquruluşu qayıdan işıqda işləyən və x200 dəfə böyütmə verən MUM-7İ mikroskopu ilə tədqiq olunmuşdur. Rentgen quruluş analizi Bruker Firmasının D8 ADVANCE rentgenodifraktometrində 40 kV, 40 mA rejimində, CuK_α-şüalanmalarında (λ=1,5406 Å) TTK 450K tipli temperatur kamertasında aparılmışdır. Difraksiya əksolunmaları 2θ=0–80° intervalında qeyd olunur, TOPAS proqramı ilə indeksləşmişdir, kristalloqrafik parametrlər EVA proqramı ilə dəqiqləşdirilmişdir.

Cr – Ga – S sisteminin kvazibinar kəsikləri olan CrS – Ga₂S₃ sisteminin faza tarazlığın tədqiqi nəticəsində, CrS-nin

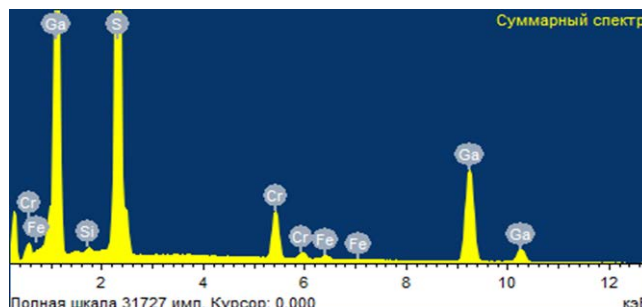
Ga₂S₃ əsasında həllolma oblastı (12 mol %) müəyyənləşdirilmiş, ərimə temperaturu 890°C olmaqla 15-22 mol% miqdarında evtektika alındığı aşkar edilmişdir. Komponentlərin 1:1 nisbətində CrGa₂S₄ üçlü birləşməsi alınmış, kompleks fiziki-kimyəvi analizləri aparılmışdır.



Şəkil 1. CrGa₂S₄ üçlü birləşmələrinin termoqramı

$CrGa_2S_4$ üçlü birləşmələrinin termoqramı şəkil 1.-də təsvir olunmuşdur. Şəkildən görüldüyü kimi $CrGa_2S_4$ birləşməsinin termoqrammasında da əsas iki istilik effekti aşkar edilib. 1035 K temperaturda müşahidə olunan istilik effekti bu birləşmənin ərimə temperaturuna uyğundur, 995 K temperaturunda qeyd olunan istilik effekti isə bu birləşmədə II növ faza keçidinin olduğunu göstərir. Qeyd edək iki, qızma və soyuma əyriləri proseslərin dönən proses olduğunu göstərir.

Şəkil 2- də nümunənin kəmiyyətə rentgen mikroanalizi nəticəsində tərkiblərin fazaları və kimyəvi elementlərin səthdə paylanması yekun spektr şəkilində və kütlə (atom) payları isə cədvəl şəkilində verilmişdir. Alınan nəticələrin analizi səthin bircins olmasını və stexiometriyanın pozulması homogenləşmə oblastında Ga_2S_3 atıqlığı tərəfə dəyimsini göstərir.

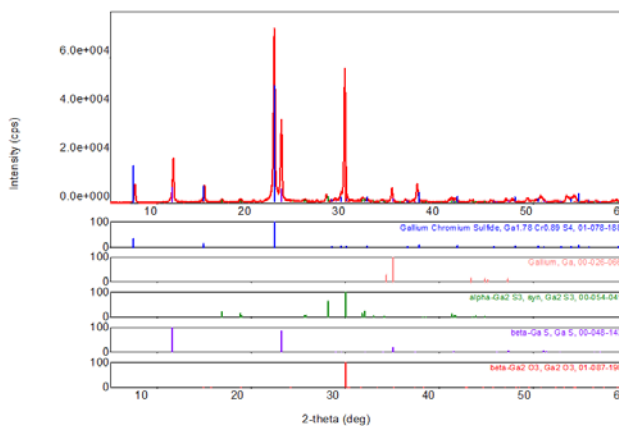


Элемент	Весовой%	Атомный%
Si K	0.41	0.71
S K	34.58	52.32
Cr K	6.77	6.32
Fe K	0.76	0.66
Ga K	57.49	40.00
Итого	100.00	

Şəkil 2. $CrGa_2S_4$ kristalı səthinin rentgen mikroanalizi

Məlumdur ki, maddələrin qurulu-

şunu öyrənmək üçün ən yaxşı metod rentgenoqrafik metoddur. Kristaldan rentgen şüası buraxdıqda atomlar tərəfindən əks olunan şüaların interferensiyası nəticəsində fotolövhə üzərində seriya xətləri alınır. Həmin seriya xətlərinə əsasən atomların kristal qəfəsində yerləşməsini, atomlararası məsafəni və kristal qəfəsin parametrlərini təyin etmək olar. Sintez olunmuş $CrGa_2S_4$ üçlü birləşməsinin külçələrindən ovuntu şəklində nümunələr hazırlanır və daxili diametri 0,8 mm kapilyarlara doldurulur, preslənir və kapilyarın digər ucundan diametri 0,7mm olan məftil şəklində preslənmiş halda çıxır. $CrGa_2S_4$ birləşməsinin $T=300$ K temperaturda alınmış rentgen difraktoqramı şəkil 3-də təsvir edilmişdir. Difraktoqramdan görüldüyü kimi difraksiya maksimumları və müstəvilərarası məsafə yeni fazada başlanğıc birləşmələrə nəzərən fərqli olur.



Şəkil 3. $CrGa_2S_4$ üçlü birləşməsinin difraktoqramı və ştrix diaqramı. Aşağıda Ga_2S_3 -ün müxtəlif fazalarının ştrix diaqramları təsvir edilmişdir.

RFA-nin nəticələri Ga_2S_3 və CrS birləşmələrinin qarşılıqlı təsirindən komponentlərin 1:1 nisbətində yeni $CrGa_2S_4$ üçqat birləşməsinin yarandığını göstərir.

$Cr - Ga - S$ sisteminin kvazibinar kəsikləri olan $CrS - Ga_2S_3$ sisteminin faza tarazlığın kompleks fiziki-kimyəvi və rentgen quruluş analizinin tədqiqi nəticəsində, CrS -nin Ga_2S_3 əsasında həllolma oblastı (12mol %) müəyyənləşdirilmiş, ərimə temperaturu $890^{\circ}C$ olmaqla 15-22

mol%miqdarında evtektika alındığı aşkar edilmiş, komponentlərin 1:1 nisbətində $CrGa_2S_4$ üçlü birləşməsinin mövcudluğu müəyyən edilmişdir. $CrGa_2S_4$ birləşməsinin ovuntularının rentgenoqrammalarının TOPAS proqramı ilə indeksləşdirilməsi, kristalloqrafik parametrlər EVA proqramı ilə dəqiqləşdirilməsinin təhlili bu birləşmələrin monoklin sinqoniyada kristallaşdığını göstərir. Bu birləşmənin rentgenoqrammalarının elementar özəyin qəfəs parametrləri və bucaqları üçün $a=3.71$; $b=3.71$; $c=12.37 \text{ \AA}$; $\alpha = 90^\circ$; $\beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$; qiymətləri alınmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. H. Kim, A.P. Tiwari, E. Hwang, et al. Adv. Sci., 5 (7), 1800068 (2018)
2. B.R. Myoung, J.T. Lim, C.S. Kim. J. Magn. Magn.Mater., 438, 121 (2017).
3. S. Lei, K. Tang, Z. Fang, Y. Qi, H. Zheng. Mater.Res. Bull., 41, 2325 (2006).
4. Y. Hwang, J. Choi, Y. Ha, S. Cho, H. Park. Curr.Appl. Phys., 20, 212 (2020).

STRUCTURAL PROPERTIES OF $CrGa_2S_4$ CRYSTALS

Musaev M.A., Aliyeva N.M., Allahverdiev A.M.

Abstract. The phase equilibrium of the $CrS - Ga_2S_3$ quasi-binary cross section of the $Cr - Ga - S$ system has been investigated and the presence of a ternary combination of $CrGa_2S_4$ in a 1: 1 ratio of components has been determined. Synthesis technology of $CrGa_2S_4$ compound has been developed, surface morphology, X-ray microanalysis has been performed, phase composition of the sample has been determined, distribution of chemical elements on the surface has been studied, mass and atomic percentages of elements have been determined, melting point, crystal structure, elementary lattice parameters have been determined.

Keywords: phase equilibrium, physicochemical analysis, X-ray microanalysis, microhardness, elementary lattice, monoclinic system

СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ $CrGa_2S_4$

Мусаев М.А., Алиева Н.М., Аллахвердиев А.М.

Аннотация. Исследовано фазовое равновесие квазибинарного сечения $CrS - Ga_2S_3$ системы $Cr - Ga - S$ и установлено наличие тройного сочетания $CrGa_2S_4$ в соотношении компонентов 1:1. Разработана технология синтеза соединения $CrGa_2S_4$, проведены морфология поверхности, рентгеновский микроанализ, определен фазовый состав образца, изучено распределение химических элементов на поверхности, определены массовые и атомные проценты элементов, определены температура плавления, кристаллическая структура, параметры элементарной решетки.

Ключевые слова: фазовое равновесие, физико-химический анализ, рентгеновский микроанализ, микротвердость, элементарная решетка, моноклинная сингония.

Cu_{1-x}Ni_xFeTe₂ YARIMKEÇİRİCİLƏRİNİN MAQNIT DAVRANIŞININ TEMPERATURDAN ASILILIĞINTƏDQIQI

Mustafayeva M.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

mirvarimustafayeva99@gmail.com

Faza keçidləri həm əsas elmi tədqiqatlarda, həm də texnoloji tətbiqlərdə ən çox yayılmış və maraqlı hadisələrdən biridir. Standart təsnifata görə faza keçidləri iki növdür: birinci tipdə qanunauyğunluq parametri sıçrayışla, ikinci tipdə isə qanunauyğunluq parametri davamlı olaraq dəyişir. Son illərdə materialların elektron spinlərinin yeni maqnit hallarının öyrənilməsinə maraq artmışdır. Xarici bir maqnit sahəsinin və ya spin qütbləşmiş elektrik cərəyanının təsiri elektron spininin istiqamətini dəyişə bilər. Maddənin belə halı xassələrinə görə klassik ferromaqnitlərdən, ferrimaqnitlərdən və antiferromaqnitlərdən fərqlənir.

Cu_{1-x}Ni_xFeTe₂ – in elektrik və termoelektrik xassələri

Holl əmsalı və Cu_xNi_xFeTe₂ -nin termogücü 80 K ilə 500 K arasında ölçüldü. Nəticələr keçiricilik zolağına əlavə olaraq, üst-üstə düşən iki valent alt zolağı nəzərə alan üç zolaqlı model baxımından şərh edilmişdir. Alt zolaqlar arasındakı enerji intervalını, onun temperatur əmsalı ($d\Delta/dT = 1 \times 10^4$ eV/K) ağır və yüngül dəliklərin, eləcə də elektronların effektiv kütlələrini təyin etdik. İşıq dəliklərinin zolaqlararası səpilməsi nəzərə alınmaqla keçiricilik minimum ~190 K-ə malikdir.

Cu_xNi_xFeTe₂ sistemindəki faza münasibətlərini və müxtəlif 3 ölçülü keçid metal məhlullarının bu sistemin elektrik, termoelektrik, maqnit və struktur xüsusiyyətlərinə təsirini öyrənmək üçün Cu_{0.75}Ni_{0.125}FeTe₂ birləşməsini sintez etdik. Ümumi valent balans tələbi istifadə olunan ilkin materiallar 99,997%-saf Cu, Fe, Ni və Te idi. Üfüqi istiqamətə 15° əyilmiş ampulaya yüklənmiş başlanğıc qarışıq (5-7 q), 2-2,5 saat ərzində 373 K/saat sürətlə 1270 K-ə qədər qızdırıldı. Sonra, ərimə 770 K-yə qədər soyudulmuş və bu temperaturda 30 gün ərzində homojenləşdirilmişdir.

Cu_{0.75}Ni_{0.125}FeTe₂, $a = 6.062$ Å və $c = 12.069$ Å qəfəs parametrləri ilə tetraqonal simmetriyada kristallaşdığı aşkar edildi ($\rho_x = 5.79$ g/cm³, $Z = 4$).

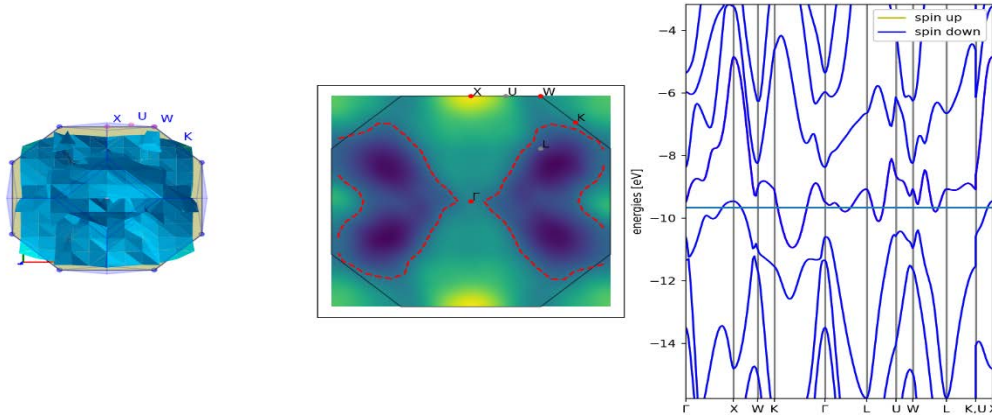
Ferro və antiferromaqnit materialların R_H Holl əmsalını təyin etmək üçün adətən onların ρ maqnit müqavimətindən istifadə edilir:

$$\frac{\rho}{H} = R_H + R_H^A \left(\frac{M}{H} \right)$$

Burada M nümunənin maqnitləşməsidir, və R_H^A təbii Holl əmsalı.

Keçid metallarının xalkogenidlərindəki elektron strukturlar, elektrik və maqnit xassələri 3d elektronların olması ilə çətinləşir. Bu xassələri molekulyar orbitalları və zolaq modelini d elektronları daxil etmək üçün genişləndirməklə ən yaxşı şəkildə təhlil etmək olar[1].

Digər maddələr qrupları ilə müqayisədə 3d birləşmələri təəccüblü dərəcədə geniş elektrik xüsusiyyətlərinə malikdir. Üçlü $TeMeX_2$ ($Me = Fe, Cr, Co, Ni$ və $X = S$ və Se) birləşmələri anizotrop maqnit yarımkəçiricilər sinfinə aiddir[2].



Normal qrup metallarda kollektiv elektron sistemindəki mübadilə qüvvələri Fermi enerjisi ilə parçalanır və maqnit nizamının yaranmasına səbəb ola bilməz. Vəziyyət keçid 3d metal birləşmələrində mübadilə qüvvələri üçün daha əlverişli ola bilər.

Aşağıdakı şəkil və cədvəllərdə biz $Cu_{1-x}Ni_xFeTe_2$ yarımkəçiricisinin Siesta Simune proqramı ilə xüsusiyyətlərinin analizinin nəticələrini göstərmişik.

Kristal düyünlərində yük və spin sıxlığının əhəmiyyətli lokalizasiyasını saxlamaqla, keçmiş daxili 3d elektronların dar enerji zolaqlarının mövcudluğu metalların və birləşmələrin 3d sistemində toplanmış s və d elektronlarının spin sıralamasına imkan verir. Buna görə də yarımmetallarda və yarımkəçiricilərdə elektron maqnit momentlərinin mübadilə rabitəsinin mənşəyi keçmiş 3d elektronların kompensasiya olunmamış maqnit momentləri sistemə keçirici elektronların aktiv təsiri ilə bağlıdır[3]. Qeyri-maqnit nizamlı kristallarda keçirici elektronlar bir maqnit alt şəbəkə düyünündən digər alt şəbəkə düyününə keçdikdə, elektron spini müəyyən dəyər və istiqamətə malik bir qovşaqdan fərqli spin dəyəri və istiqaməti olan digər qovşağa keçir. Buna görə də bir neçə maqnit alt şəbəkəsi olan kristalda keçirici elektronların vəziyyəti bir alt şəbəkəli kristalda və ya paramaqnit kristalda keçirici elektronların vəziyyətindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqli olmalıdır.

Fərq ondadır ki, antiferromaqnit kristalda keçirici elektronların boşluq krekinqi qismən aradan qaldırılır, çünki bir neçə maqnit alt şəbəkəsinin olması elektronların hərəkət etdiyi potensial sahənin dövriliyinin dəyişməsinə səbəb olur. Bu halda, müxtəlif əks olunan spinləri olan keçirici elektronlar üçün enerji alt zolaqlarının yerdəyişməsi baş vermir, lakin yenə də enerji spektri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Bu halda, müxtəlif əks olunan spinləri olan keçirici elektronlar üçün enerji alt

zolaqlarının yerdəyişməsi baş vermir, lakin yenə də enerji spektri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Məsələn, keçirici elektronların 4s enerji zolağının orta hissəsində, atom nizamı zamanı arıntılərdə baş verənlərə bənzər qadağan olunmuş ΔE_{af} hissəsini yaratmaq mümkündür.

Ədəbiyyat siyahısı

1. "Electronic Properties of Transition Metal Chalcogenides" in *Nature Reviews Materials* (2021)
2. "Anisotropic Magnetic Semiconductors: The Case of Transition Metal Chalcogenides" by H. Zhang et al. (2023)
3. "Magnetic Properties of Half-Metallic and Semiconducting Systems" in *Physical Review B* (2022)

TEMPERATURE DEPENDENCE OF MAGNETIC BEHAVIOR OF $\text{Cu}_{1-x}\text{Ni}_x\text{FeTe}_2$ SEMICONDUCTORS

Mustafayeva M.

Sumgayit State University

Summary: One of the most important discoveries for the discovery and review of spintronics is copper chalcogen mixtures or chalcopyrites. In contrast to the combination of various substances, 3D mixtures have a shockingly wide range of electrical properties. In this study, we will investigate the properties of the $\text{Cu}_{1-x}\text{Ni}_x\text{FeTe}_2$ compound through the Simune Siesta software.

Keywords: Semiconductors, copper, nickel, temperature, magnetization

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ $\text{Cu}_{1-x}\text{Ni}_x\text{FeTe}_2$

Мустафаева М.

Сумгаитский Государственный Университет

Аннотация: Одним из наиболее важных открытий для открытия и обзора спинтроники являются смеси халькогенов меди или халькопириты. В отличие от комбинаций различных веществ, 3D-смеси обладают шокирующе широким спектром электрических свойств. В этом исследовании мы рассмотрим свойства соединения $\text{Cu}_{1-x}\text{Ni}_x\text{FeTe}_2$ с помощью программы Симуне Сиеста.

Ключевые слова: полупроводники, медь, никель, температура, намагниченность

(SnSe)_{1-x}(TbSe)_x BƏRK MƏHLULLARI ƏSASINDA TERMOELEKTRİK MATERIAL

T.A.Cəfərov¹, C.İ.Hüseynov¹, X.A.Həsənov², İ.İ.Abbasov³

¹Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

²Fövqəladə Hallar Nazirliyinin Akademiyası

³Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

cahangir.adpu@mail.ru

Xülasə: 300–930 K temperatur diapazonunda bərk məhlulların (SnSe)_{1-x}(TbSe)_x elektrik, termoelektrik və istilik xüsusiyyətlərinin temperaturdan və konsentrasiyadan asılılıqları, termoelektrik gücü $S^2\sigma$, keyfiyyət əmsalı öyrənilmişdir. Bu bərk məhlullar üçün Z və səmərəlilik δ hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, nümunə üçün $x=0,005$ mol% otaq temperaturunda ləyaqət və səmərəliliyin termoelektrik göstəricisi maksimum qiymətlərə malikdir.

Açar sözlər: bərk məhlullar, elektrik keçiriciliyi, termoenerji, istilik keçiriciliyi, effektivlik

Termoelektrik qurğularının səmərəliliyinin yüksəldilməsi yükdaşıyıcılarının yürüklüyünün qəfəsin istilikkeçirməsinə nisbəti maksimal olan materialların axtarılmasına, termo e.h.q.-nin $\pm 200 \text{ mkV}/d_{\text{ər}}$ –yə yaxın olan optimal qiymətini təmin edən yükdaşıyıcı konsentrasiyasının yaradılması, yürüklüyünün qəfəsin istilikkeçirməsinə nisbətinin sonrakı yüksəldilməsi metodlarının işlənilib hazırlanması kimi məsələnin həllinə gətirilir [1, 2]. Qəfəsin periodikliyi az pozan aşqarlar daha böyük dalğa uzunluğuna malik olan elektrionların səpilməsi üçün səmərəsizdir və ona görə də yükdaşıyıcıların yürüklüyünü əhəmiyyətsiz dərəcədə aşağı salır. Bu metod bir sıra bərk yarımkeçiricilərdə termocütün budağı kimi istifadə olunan materiallarda sınaqdan keçirilmişdir və əsasən termocütlərin səmərəliliyinin əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldilməsi ilə nəticələnmişdir [3, 4].

(SnSe)_{1-x}(TbSe)_x sistem ərintilərinin tədqiqat üçün aşağıdakı tərkiblər seçilmişdir: 1 – $x = 0,0$; 2 – $x = 0,0005$; 3 – $x = 0,0025$; 4 – $x = 0,005$; 5 – $x = 0,0075$; və 6 – $x = 0,01$ TbSe. $Tb_xSn_{1-x}Se$ bərk məhlullarında yük və istilik daşınma prosesləri: termo e.h.q. (S) və istilikkeçirmə əmsalı (χ) mütləq stasionar rejimdə, sabit elektrik cərəyanında ölçülmüşdür. Otaq temperaturunda göstərilən tərkiblərin kinetik parametrləri və bu qiymətlər əsasında tərkiblərin termoelektrik keyfiyyətliliyi (Z , ZT), effektivliyi δ , güc faktoru təyin edilmiş və nəticələr cədvəldə verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi $Tb_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərində tərkibdə TbSe zəif konsentrasiyalarında p -tip keçiriciliyə, nisbətən yüksək konsentrasiyalarında isə n -tip keçiriciliyə malik olur və inversiya nöqtəsi $x = 0,0025$ qiymətinə uyğun gəlir.

Cədvəlin analizindən müəyyən olunur ki, TbSe – tərkibin iştirakı ilə alınan (SnSe)_{1-x}(TbSe)_x sistem ərintilərində Z termoelektrik effektivliyi komponentlərin nisbətindən asılı olaraq müxtəlif qiymətlər alır. Z termoelektrik effektivliyinin analizi göstərir ki, $x = 0,005$ mol% TbSe tərkibli nümunə üçün bu parametrlər daha yüksək olub, otaq temperaturunda $Z =$

$2.47 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ qiymətinə çatır. Ona görə bu tərkibin kinetik parametrlərinin və Z termoelektrik keyfiyyətliliyinin temperatur asılılığının tədqiqi maraqlı kəsb etmiş və $T = 300 \div 950 K$ temperatur intervalında tədqiqi davam etdirilmişdir.

$(SnSe)_{0.995}(TbSe)_{0.005}$ bərk məhlullarında kinetik əmsallar və termoelektrik parametrlər
($T = 300 K$) $(SnSe)_{0.995}(TbSe)_{0.005}$

	$(SnSe)_{0.995} - (TbSe)_{0.005}$ sistem ərintiləri	$R, sm^3/Kl$	$p(n), sm^{-3}$	$\sigma, Om^{-1}sm^{-1}$	$u, sm^2/V \cdot san$	$S, mkV/K$	$\chi \cdot 10^3, Vt/sm \cdot K$	$Z \cdot 10^3, T^{-1}$	ZT	$\delta, K \cdot mV^{-1}$	$S^2 \sigma \cdot 10^{-3}, Vt/m \cdot K^2$
1	$x=0.0$	1.7	3.76	97	165	430	18.7	0.96	0.288	0.52	1.79
2	$x=0.0005$	1.8	3.52	105	189	-449	15.8	1.34	0.402	0.64	2.1
3	$x=0.0025$	2.4	-2.65	182	437	-392	13.6	2.06	0.618	0.97	2.8
4	$x=0.005$	2.2	-2.81	217	477	-376	12.4	2.47	0.741	1.1	3.1
5	$x=0.0075$	0.5	-12.7	176	111	-359	12.7	2.27	0.681	1.1	2.3
6	$x=0.01$	0.32	-20.6	238	76	-292	13.2	2.03	0.609	1.3	2

Tədqiq olunan $(SnSe)_{0.995}(TbSe)_{0.005}$ nümunələrinin kifayət qədər yüksək termoelektrik effektivliyinə malik olması və geniş temperatur intervalında bu xüsusiyyətini saxlanılması, perspektivli termoelektrik material kimi, praktiki tətbiq baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Elektrikkeçiriciliyinin artması, adətən elektron istilikkeçiriciliyinin artması ilə yanaşı termoe.h.q.-nin də azalması ilə müşayiət olunduğuna görə ZT kəmiyyətini optimallaşdırmaq mürəkkəb məsələyə çevrilir. Materialda yükdaşıyıcıların konsentrasiyasını dəyişməklə güc faktorunu artırmaq olar, lakin kristal qəfəsin quruluşu, sərtliyi, atom kütlələri və digər xarakteristikaları ilə təyin olunan ümumi istilikkeçiriciliyini (χ_{tot}), xüsusən də qəfəs istilikkeçiriciliyini (χ_{ph}) azaltmaq imkanı müəyyən tip materiallarda xeyli məhdud olur [5, 6]. bir çox sənaye sahələrində istifadə olunan, müxtəlif temperatur intervallarında işlədilən perspektiv materiallar ilə müqayisə göstərir ki, $(SnSe)_{0.995}(TbSe)_{0.005}$ ərintisinin də Z termoelektrik keyfiyyətliliyi otaq temperaturunda $Z \approx 2.5 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ olsada, həmin qiymət $T = 300 \div 820 K$ temperatur intervalında sabit qalır.

$(SnSe)_{0.995}(TbSe)_{0.005}$ ərintisinin ZT – termoelektrik keyfiyyətliliyi hazırda məlum olan digər termoelektrik materialların $ZT(T)$ asılılığı ilə müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir. Məlum olur ki, tədqiq etdiyimiz $(SnSe)_{0.995}(TbSe)_{0.005}$ tərkibli nümunənin ZT – termoelektrik keyfiyyətliliyi $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ bərk məhlullu istisna olmaqla digər tərkiblərə nisbətən daha geniş temperatur intervalında dayanıqlıdır və yeni termomaterial kimi istifadə oluna bilər. Beləliklə, müəyyən olunmuşdur ki, $x = 0.005 mol\%$ -li nümunənin termoelektrik effektivliyi $(Z)_{300K} \approx 2.47 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ tərtibindədir. Bu tərkibin $T = 300 - 860 K$ temperatur intervalında effektivliyi $(Z > 2 \cdot$

$10^{-3} K^{-1}$) digər tərkiblərə nisbətən daha geniş temperatur intervalında dayanıqlıdır və yeni termomaterial kimi istifadə oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. N.Jaziri, A.Boughamoura, J.Müller, et al. // *Energy Reports*, Vol.6, Sup. 7, 2020, pp.264-287
2. I.I.Aliev, J.I.Huseynov, M.I.Murguzov, *Inorg Mater* 50, 237–240 (2014).
3. M.Sattar, W.-H.Yeo *Materials* 2022, 15(12), 4315;
4. J.I.Huseynov, T.A.Jafarov *Semiconductors* 46, 430–432 (2012).
5. Y. Singh, S.K. Singh, P.Hazra *ECS Transactions*, 2022, Vol.107, N 1, 107 453;
6. K.A.Hasanov, J.I.Huseynov, V.V. Dadashova, et al. *Semiconductors* 50, 295–298 (2016).

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $(SnSe)_{1-x}(TbSe)_x$

Т.А.Джафаров, Дж.И.Гусейнов, Х.А.Гасанов, И.И.Аббасов

Резюме: Исследованы температурные и концентрационные зависимости электрических, термоэлектрических и тепловых характеристик твердых растворов $(SnSe)_{1-x}(TbSe)_x$ в интервале температур 300–930 К. Рассчитаны термоэлектрическая мощность, добротность и эффективность для данных твердых растворов. Установлено, что для образца $x = 0,005$ мол% добротность и эффективность имеют максимальные значения.

Ключевые слова: твердые растворы, электропроводность, термоэдс, теплопроводность, добротность, эффективность

THERMOELECTRIC PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS $(SnSe)_{1-x}(TbSe)_x$

T.A. Jafarov, J.I.Huseynov, Kh.A.Gasanov, I.I.Abbasov

Abstract: Temperature and concentration dependences of electrical, thermoelectric and thermal characteristics of solid solutions $(SnSe)_{1-x}(TbSe)_x$ in the temperature range of 300-930 K were studied. Thermoelectric power, figure of merit and efficiency were calculated for these solid solutions. It was found that for the sample $x=0.005$ mol% at room temperature the thermoelectric figure of merit and efficiency have maximum values.

Keywords: solid solutions, electrical conductivity, thermoelectric power, thermal conductivity, figure of merit, efficiency

$TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ BƏRK MƏHLULLARIN İSTİDƏN GENİŞLƏNMƏSİNƏ VƏ İZOTERMİK

SIXILMASINA DEFEKTLƏRİN TƏSİRİ

Bayramov C.C., Abdulova İ. N., Mustafayeva Ü.M.

Sumqayıt Dövlər Universiteti
ülvyya.mustafazade@mail.ru

Xülasə: $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ bərk məhlulların istidən genişlənməsinə və izotermik sixilmasına defektlərin təsirini araşdırmaq məqsədilə istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalının təcrübi qiymətləri əsasında Yunq modulu, hərtərəfli sıxılma əmsalı və sürüşmə modulu, Debay temperaturu və atomlar arası orta kvadratik yerdəyişmə hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, $TlInSe_2$ birləşməsində In atomları Gd atomları ilə əvəz olunduqca Debay temperaturu azalır, orta kvadratik yerdəyişmə isə azalır. İstilik parametrlərinin belə qanunauyğun dəyişməsi atomlararası kimyəvi rabitə qüvvəsinin azalması ilə əlaqədardır.

Açar sözlər: Bərk məhlullar, izotermik sıxılma, Puasson əmsalı, sürüşmə əmsalı, Debay temperaturu, Yunq modulu, stexiometrik çəki, tetraqonal sinqoniya, ərinti, defektlər

Təqdim olunan məruzədə (80÷310)K temperatur intervalında $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ ($0 \leq x \leq 0.05$) bərk məhlulların istidən genişlənməsinə defektlərin təsiri öyrənilmək məqsədi ilə stexiometrik çəki nisbətində götürülmüş $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ ($0 \leq X \leq 0.05$) bərk məhlullar komponentləri xüsusi formalı ampulalara doldurularaq iki zonalı soba içərisində sintez edilmişdir. Tədqiq olunan maddələrin monokristalları Bricmen üsulu ilə alınmışdır. Alınan maddələrin rentgen quruluş analizi göstərmişdir ki, $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ bərk məhlulları tetraqonal quruluşda kristallaşır və tərkibdə qadolinium atomlarının miqdarı artdıqca qadağan olunmuş zonanın eni də qanunauyğun şəkildə dəyişir. İstidən genişlənmə və izotermik sıxılma tərkiblərdən ölçmək üçün uzunluğu 3 sm, diametri 5 mm olan silindrik formalı nümunələr hazırlanmışdır. İstidən genişlənmə (77÷400)K temperatur intervalında məlum metodika əsasında ölçülmüşdür [1]. Bu halda təcrübənin xətası etalon nümunəyə nisbətən ~0.5% olmuşdur. İndium atomların qadolinium atomları ilə $TlInSe_2$ birləşməsində hissə-hissə əvəz olunduqca istidən genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalının əmsalının qiyməti artır. Bu dəyişiklik tərkibdə Gd atomlarının miqdarının artması ilə kristal qəfəsdə defektliyin artması, həmçinin atomlar arası kimyəvi rabitə qüvvəsinin azalması hesabına baş verir. Bu halda ümumi kimyəvi əlaqədə metallik əlaqənin rolu artır. Bu nəticə $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ bərk məhlullarında metallik pay artdıqca qadağan olunmuş zonanın eninin azalması ilə təsdiq olunur. İstidən genişlənmə əmsalının təcrübi qiymətləri əsasında $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ ($x=0.01;0.05$) bərk məhlullar üçün Debay temperaturu (D) və atomlararası orta kvadratik yerdəyişmə (\bar{U}^2) hesablanmışdır. Hesablamalar göstərmişdir ki, $TlInSe_2$ birləşməsində In atomları Gd atomları ilə əvəz olunduqca Debay temperaturu azalır, orta kvadratik yerdəyişmə isə azalır. $TlInSe_2$ - $TlGdSe_2$ sistem ərintilərində defektlərin kimyəvi əlaqəyə təsirini öyrənmək üçün (77÷420)K temperatur

intervalında hərtərəfli sıxılmasının tədqiqi üçün məlum qurğuda aparılmışdır. [2]. Qurğu etalon *Al* və *Cu* nümunələrin $(10^5 \div 10^7) Pa$ təzyiq altında *He* qazı ilə sıxılması ilə dərəcələnməmişdir. Təcrübi xəta ~5% olmuşdur. Defektlərin kimyəvi rəbitəyə təsirini araşdırmaq üçün $TlIn_{0.99}Gd_{0.01}Se_2$, $TlIn_{0.95}Gd_{0.05}Se_2$ və $TlIn_{0.90}Gd_{0.10}Se_2$ bərk məhlulların izotermik sıxılmasının temperatur asılılığı təcrübi olaraq tədqiq edilmişdir. $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ bərk məhlulların izotermik sıxılmasının temperatur asılılığı öyrənilmişdir.

Müəyyən olunmuşdur ki, $TlInSe_2$ - $TlGdSe_2$ sistem ərintilərin elementar qəfəsin həcmnin böyüməsi ilə izotermik sıxılma əmsalının qiyməti də artır. İzotermik sıxılmanın təcrübi qiymətləri əsasında $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ bərk məhlulların bəzi elastikiyyət parametrləri hesablanmışdır: Yunq

$$\text{modulu } (E) - \sqrt{E} = \frac{\theta m^{\frac{1}{2}} d^{\frac{2}{3}}}{1.6818 \cdot 10^3}; \text{ sürüşmə əmsalı } (\mu) - \mu = \frac{E}{2(1 + \sigma)}; \text{ hərtərəfli sıxılma modulu } (k)$$

$$- k = \frac{E}{3(1 - 2\sigma)}. \text{ Burada } \theta - \text{Debay temperaturu, } d - \text{sıxlıq, } m - \text{kütlə, } \sigma - \text{Puasson əmsalıdır.}$$

Hesablamanın nəticələri cədvəldə göstərilmişdir. Göründüyü kimi $TlInSe_2$ birləşməsində *In* atomlarının *Gd* atomları ilə hissə-hissə əvəz olunması ilə *E*, θ , μ kəmiyyətləri qanunauyğun şəkildə dəyişir. Bu isə bir daha olaraq $TlInSe_2$ -də *Gd*-un metallik payı artdıqca kimyəvi rəbitənin zəifləməsi faktını bir daha təsdiq edir.

Cədvəl 1.

T, K	<i>E, QPa</i>	σ	μ, QPa	<i>E, QPa</i>	σ	μ, QPa	<i>E, QPa</i>	σ	μ, QPa
	$TlIn_{0.99}Gd_{0.01}Se_2$			$TlIn_{0.97}Gd_{0.03}Se_2$			$TlIn_{0.95}Gd_{0.05}Se_2$		
80	349	0.470	118	333	0.469	118	331	0.469	112
90	330	0.472	112	321	0.471	112	316	0.468	107
100	313	0.473	106	304	0.472	106	304	0.469	104
120	285	0.475	97	278	0.474	97	221	0.473	92
140	262	0.477	89	258	0.476	89	244	0.475	83
160	244	0.479	83	241	0.477	83	228	0.476	78
180	231	0.480	78	227	0.478	78	214	0.478	73
200	221	0.481	75	215	0.479	75	203	0.479	69
210	217	0.481	74	210	0.480	74	198	0.479	67

Ədəbiyyat

1. Байрамов Д.Д. Электрофизические и упругие свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$.

Дис. на соиск. уч. ст.кон. физ.мат. наук, Баку, 1991, стр.125.

2. Годжаев Э.М., Байрамов Д.Д., Курбанов М.М. Изотермической сжимаемость и некоторые упругие свойства сплавов системы $TlInS_2-TlGdS_2$. Неорга.мате., Т.26. стр.2033, 1990.

3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости М: Наука 1965.

4. Байрамов Д. Д., Абдулова И.Н., Физические свойства твердых растворов $TlIn_{1-x}Gd_xTe_2(S_2)$.

**ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ТЕПЛОЕ РАСШИРЕНИЕ И ИЗОТЕРМНОЕ СЖАТИЕ
 $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ**

Байрамов Д.Д., Абдулова И.Н., Мустафайева У.М.

Сумгаитский Государственный Университет

ulviyya.mustafazade@mail.ru

Резюме: С целью исследования влияния дефектов на тепловое расширение и изотермическое сжатие твердых растворов на основе экспериментальных значений коэффициента теплового расширения и изотермического сжатия, модуля Юнга, комплексного коэффициента сжатия и модуля сдвига, температуры Дебая и среднего значения были рассчитаны квадратичные смещения между атомами. Установлено, $TlInSe_2$ что по мере замены In атомов в соединении Gd атомами температура Дебая снижается, а среднеквадратичное смещение уменьшается. Столь закономерное изменение тепловых параметров связано с уменьшением силы межатомной химической связи.

Ключевые слова: Твердые растворы, изотермическое сжатие, коэффициент Пуассона, коэффициент скольжения, температура Дебая, модуль Юнга, стехиометрическая масса, тетрагональная сингония, сплав, дефекты.

**INFLUENCE OF DEFECTS ON THERMAL EXPANSION AND ISOTHERMAL
COMPRESSION OF $TlIn_{1-x}Gd_xSe_2$ SOLID SOLUTIONS**

Bayramov J.J., Abdulova I.N., Mustafayeva U.M.

Sumgait State University

ulviyya.mustafazade@mail.ru

Summary: In order to investigate the effect of defects on the thermal expansion and isothermal compression of solid solutions, based on the experimental values of the coefficient of thermal expansion and isothermal compression, Young's modulus, comprehensive compression coefficient and shear modulus, Debye temperature and mean square displacement between atoms were calculated. It was determined $TlInSe_2$ that as the In atoms in the compound are replaced by Gd atoms, the Debye temperature decreases, and the mean square displacement decreases. Such a regular change of thermal parameters is related to a decrease in the interatomic chemical bond force

Keywords: Solid solutions, isothermal compression, Poisson's coefficient, slip coefficient, Debye temperature, Young's modulus, stoichiometric mass, tetragonal syngonia, alloy, defects

TlInSe₂- TlGdSe₂ SISTEM ƏRİNTİLƏRİNİN ÇEVİRİCİLİK XASSƏLƏRİ

Bayramov C.C., Sərdarova N.S., Abbaszadə C.Q.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

coşqun.bayramov.58@mail.ru, naila.sardarova@sdu.edu.az, jamala.rzayeva@icloud.com

Xülasə: TlInSe₂-GdSe₂ tərkibli bərk məhlulların astana gərginliyinin tərkibdən asılılığı öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, butipyarımkeçiricilərdə mənfi diferensial müqavimətin bütün mexanizmləri üçün cərəyan sıxlığının fəzaya görə qeyri-bircins paylanması qanunauyğunluğu mövcuddur. TlInSe₂-TlGdSe₂ əsasında bərk məhlulların alınması kristallik quruluşun dəyişməsinə səbəb olur ki bu da öz növbəsində kristalın fonon spektrinə güclü təsir edir. Hesab olunur ki bu da baxılan nümunələrdə s- mənfi diferensial müqavimətin yaranmasına səbəb olur.

Açırsözlər: Neqatron effekt, bərk məhlul, astana gərginliyi, elektron örtüyü, keçirici zona, halkogenidli şüşəvari yarımkeçirici, cərəyan effekti, qeyri- bircins təbəqə, fonon spektri, şuntlanma, fluktuasiya.

Konferansda təqdim olunan bu işdə TlInSe₂- GdSe₂ sistem ərintilərində yaddaşın yaranması və neqatron effektlərin baş vermə mexanizmləri öyrənilmişdir. Nadir torpaq elementlərinin iştirakı ilə alınan tallium xalkolantanatları və onların mürəkkəb analoqları , fiziki xassələrin geniş diapazonda dəyişə bilməsi baxımından maraqlı obyektlerdir. Bunun səbəb həmin materialların mikrosxemlərdə, avtomatik idarəetmə qurğularında və müxtəlif tipli çeviricilər hazırlanmasında geniş istifadə imkanlarıdır. [1 – 4]

Bu məqsədlə TlInSe₂-TlGdSe₂ bərk məhlullarının VAX-larını standart üsulla, sabit cərəyan rejimində öyrənilmişdir. Tədqiq olunan TlInSe₂- TlGdSe₂ (x=0,01; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08) bərk məhlulları əsasında planar və nazik təbəqəli strukturlar hazırlanmışdır. Bu təbəqələr 10⁻² Pa vakuumda termik buxarlanma üsulu ilə cilalanmış qrafit əsas üzərinə çökdürülmüşdür . Kontakt materialı olaraq mis, alüminium , indium, və dəmirdən istifadə olunmuşdur. Tədqiq olunan nümunələrdə elektrodlar arasındakı məsafə geniş intervalda dəyişdirilmiş, qalınlıq üzrə bircinslilik isə rentgenoqrafik mikroanaliz üsulu ilə yoxlanılmışdır.

TlInSe₂-TlGdSe₂ tərkibli bərk məhlulların təcrübi qiyməti əsasında VAX -1 qurulmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, bütün tədqiq olunan məhlullar çevirmə xassəsinə malikdir və astana gərginliyinin qiyməti tərkibdə qadoliniumun nisbi miqdarı artdıqca, kiçilir. Müşahidə olunan çevirmə hadisələri elektron , elektrotermik və istilik mexanizmləri əsasında izah oluna bilər. Çevirmənin elektron mexanizmində ikiqat ineksiya elektrik sahəsinin təsiri ilə potensial çəpərdən elektronların tunel keçidləri , valent elektronların və aşqar atomlarının zərbə yolu ilə ionlaşması , həcmi yüklərin əmələ gəlməsi, kulon çəpərinin elektrik sahəsinin təsiri ilə kiçilməsi (Pul- Frenkel effekti) nəticəsində elektronların tutucu mərkəzlərdən termik həyəcanlanması , keçirici zonaya metallik elektrodlardan tunel keçidləri və s. kimi hadisələri nəzərə almaq olar.

Təqdim olunan materialda bütün ərintilər və birləşmələr üçün xarakterik olan çevirmənin astana gərginliyinin qalınlıqdan və tərkibdən asılılığı öyrənilmişdir. Halkogenidli şüşəvari

yarımkeçiricilərdə çeviriciliyin çoxsaylı tədqiqatları onun mexanizmi haqqında birqiymətli məlumat verə bilmədi. Bununla belə həcmi mənfi differensial müqavimətin bütün mexanizmləri üçün sahənin və cərəyan sıxlığının fəzaya görə bircins paylanması yaranmasının qanunauyğunluğu mövcuddur.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi S-mənfi differensial müqavimətin əmələ gəlməsi mexanizmini izah etmək üçün bu və ya digər mexanizmin rolunun üstünlüyündən danışmaq olar, lakin nə bu, nə də digər mexanizmi inkar etmək olmaz. Beləliklə fenomenoloji modellə təcrübi nəticələrin keyfiyyətcə tam uyğunluğu mövcuddur. Əgər qeyribircinsliliyin çox böyük olması nəticəsində kanaldan kənar cərəyan sıxlığı xaricdən verilən cərəyanın heç bir qiymətində $j_{k.b.}$ aşmırsa və şnurdan kənar cərəyan sıxlığının minimal qiymətindən kiçik qalırsa çevirmə baş vermir və kanal şnura tədricən, gərginlik sıçrayışı olmadan keçir. Kanaldakı cərəyan sıxlığı şnurdakı cərəyan sıxlığının maksimal qiymətinə bərabər olduqdan sonra VAX-da şaquli hissə meydana gəlir və biz dinamik müqaviməti sifira bərabər olan ideal gərginlik stabilizatoru almış oluruq, belə ki, bu halda cərəyanın ixtiyari dəyişməsi kanalın şnurun en kəsiyinin dəyişməsinə səbəb olacaq.

Bununla belə $TlInSe_2$ -birləşməsinin və onun əsasında alınan $TlIn_{1-x}GdSe_2$ bərk məhlullarının VAX- larının tədqiqi zamanı alınan nəticələr belə bir nəticələr belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, onların hamısı elektrik yaddaşlı çeviricilik xassəsinə malikdirlər: orta atom çəkisi artdıqca , yəni indium atomlarını qismən lantanoid atomları ilə əvəz etdikcə , astana gərginliyinin qiyməti azalır.

Bu isə onunla əlaqədardır ki, indium atomlarını qismən lantanoid atomları ilə əvəz etdikdə elektron sıxlığının maksimumunun atom gövdələrinə tərəf yerdəyişməsi azalır, başqa sözlə anionun xarici elektron örtüyünün inert qazın dayanıqlı $s^2 p^6$ konfigurasiyasına qədər dolması imkanı azalır. $TlInSe_2$ qəfəslərində indium atomları lantanoid atomları ilə əvəz edildikdə indiumun 5s və 5p səviyyələrinin yaratdığı keçiricilik zonasına lantanodilərin 5d və 6 s halları da daxil olur. İndiumun 5s və 5 p səviyyələri yuxarıda yerləşdiyindən məhlulun keçirici zonası enerjinin daha kiçik oblastına sürüşür və nəticədə astana gərginliyinin azalması baş verir.

Ədəbiyyat:

1. Костылев С.А., Коджеспирова И.Ф., Шкут В.А. Переключение при локализованном возникн. отриц. Дифферен.сопротив.S-типа. ФТП. 1991, Т. 25, В. 12, с. 2184-2188.
2. Костылев С.А., Шкут В.А. Структура, физ.-хим. свойства и применение некристаллических полупроводников. Кишинев. 1989, с. 280-284.
3. Зиличихис А.Л., Ирхин Ю.П. Учет кулоновского взаимодействия между электронами в магнитных полупроводниках с вырожденной d-зоной. ФТТ. 1970. т.12. № 7. С. 1981-1985.

4. Зюганов А.Н., Свечников С.В. Инжекционно-контактные явления в полупр. Киев. 1981. - 255 с.

КОНВЕРСИОННЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $TlInSe_2-TlGdSe_2$

Байрамов Д.Д., Сардарова Н.С., Аббасзаде Д.Г.

Сумгаитский Государственный Университет

Резюме: Изучена композиционная зависимость порогового напряжения твердых растворов $TlInSe_2-GdSe_2$. Установлено, что для всех механизмов отрицательного дифференциального сопротивления в полупроводниках этого типа существует закономерность неоднородного распределения плотности тока в пространстве. Приготовление твердых растворов на основе $TlInSe_2$ приводит к изменению кристаллической структуры, что, в свою очередь, сильно влияет на фононный спектр кристалла. Показано, что это является причиной формирования s -отрицательного дифференциального сопротивления в рассматриваемых образцах. В представленной на конференции работе исследованы механизмы генерации памяти и негatronных эффектов в сплавах системы $TlInSe_2-GdSe_2$.

Ключевые слова: Негатронный эффект, твердый раствор, пороговое напряжение, электронное покрытие, зона проводимости, токовое воздействие, неоднородный слой, фононный спектр, шунтирование, флуктуация.

CONVERSION PROPERTIES OF $TlInSe_2-TlGdSe_2$ SYSTEM ALLOYS

Bayramov J.J., Sardarova N.S., Abbaszade J.G.Q.

Sumgait State University

Summary: The threshold voltage dependence of $TlInSe_2-GdSe_2$ controlled solid solutions was studied. It has been determined that in this type of semiconductors, there is a regularity of non-homogeneous distribution of current density in space for all mechanisms of this type of differential resistance. The acquisition of $TlInSe_2$ solid solutions leads to a change in the structure of the crystals, which in turn has a strong effect on the phonon spectrum of the crystal. It is believed that this causes the formation of s -differential resistance in the considered samples. In this work presented at the conference, the mechanisms of memory distribution and negatron effects in $TlInSe_2-GdSe_2$ system alloys were studied.

Keywords: Negatron effects, solid solution, threshold voltage, electron coverage, conduction band, chalcogenide glassy semiconductor, current effect, phonon spectrum, shunting, fluctuation.

О ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ИОНПРОВОДЯЩИХ ФОТОПРОВОДНИКОВ ГРУППЫ $A^3B^3C^6_2$

¹Алиев В.А., ²Рустамов В.Дж., ²Намазов Я.Б., ²Алызаде А.К., ²Дадакишиева Т. Х.

¹Институт физики Министерства науки и образования,

²Гянджинского Государственного Университета

Аннотация. Статья посвящена выяснению возможности электрохимической модификации соединений группы $A^3B^3C^6_2$ и созданию на их основе нелинейно-оптических, акустооптических и оптоэлектронных сенсоров с изменяемыми характеристиками. Предложены два различных подхода для модификации полупроводниковых свойств тройных кристаллов $A^3B^3C^6_2$. Во-первых, изменение состава за счет их ионной проводимости, а также за счет электрохимической интеркаляции в эти структуры одновалентных металлов. Во-вторых, химическое или электрохимическое расщепление кристаллов на квазидвумерные слои.

Ключевые слова: полупроводники, тройные кристаллы, электрохимическая модификация, интеркаляция, двумерные слои.

Тройные халькогениды группы $A^3B^3C^6_2$ составляют большое семейство кристаллов со слоистой и слоисто-цепочечной структурой.

Кристаллы этой группы, такие как $TlGaSe_2$, $TlInS_2$ и $TlGaS_2$ имеют слоистую структуру, в то время как $TlInSe_2$, $TlGaTe_2$ и $TlInTe_2$ имеют слоисто-цепочечную структуру. Эти кристаллы были открыты и заявлены как новое семейство соединений с полупроводниковыми свойствами в 1967 году [1].

В кристаллах группы $A^3B^3C^6_2$ обнаружено большое количество нелинейных эффектов, которые создают возможность создания чувствительных элементов для сенсоров различных физических величин [2,3]. Препятствием в создании сенсоров является, то обстоятельство, что уровень их свойств, таких как проводимость или спектр поглощения не является оптимальным и требует подстройки.

Целью данной работы является выяснение возможности электрохимической модификации соединений группы $A^3B^3C^6_2$ и создания на их основе нелинейно-оптических, акустооптических и оптоэлектронных сенсоров с варьируемыми характеристиками.

Для изменения характеристик кристаллов мы предлагаем два подхода.

1. Изменения состава за счет их ионной проводимости этих кристаллов, а так же за счет электрохимической интеркаляции в данные структуры одновалентных металлов.
2. Химическое или электрохимическое расщепление кристаллов на квазидвумерные слои.

Возможность первого подхода основана на обнаруженной нами в монокристаллах $TlGaTe_2$ смешанной электронно-ионной проводимости и её сильной анизотропии [4]. Показано, что носителями ионного тока в этом соединении являются ионы Tl^+ . В этой же работе показано, что с ионной проводимостью связаны ряд необычных для твердого тела

явлений таких как «псевдо-индуктивный» характер релаксации тока при поляризации, автоколебания тока при прохождении постоянного тока через образец. Был так же обнаружен ступенчатый характер переходных процессов. Этот эффект хорошо описывается моделью ступенчатого упорядочения избыточных атомов и формированием новых фаз. Факт обнаружения нами ионной проводимости вызвали большой интерес, и ионная проводимость была подтверждена и другими авторами [5].

Таким образом, ионная проводимость кристаллов $TlGaTe_2$ позволяет осуществлять модификацию его свойств. Модификация осуществляется, путем пропускания электрического тока через кристалл. Протекание тока сопровождается, перераспределением подвижных ионов вдоль кристалла, что приводит к изменению его свойств. Аналогичный эффект достигается за счет электрохимической интеркаляции. При этом ионы таллия в структуре кристаллов частично замещаются ионами лития, натрия или серебра.

Второй подход к модификации материалов данной группы основан на расщепление материала на 2D слои. Известно, что расщепление кристаллов на квази-двумерные слои качественно меняет свойство кристалла. Ярким примером трансформации свойств материала при его расщеплении является переход от графита к его двумерному аналогу графену. Факт влияния расщепления кристалла на его свойства был подтвержден и для $TlGaSe_2$. Так авторами из Пекинского университета и Аризонского государственного университета удалось получить ультратонкие слои $TlGaSe_2$ микромеханическим методом и показать, что уменьшение толщины материала качественно изменило, спектральные характеристики материала и существенно повысило быстродействие фотосенсоров на их основе [6]. Однако микромеханический метод не позволяет получать 2D слои материала в больших количествах.

Таким образом, явления ионного переноса в некоторых слоистых соединениях группы $A^3B^3C^6_2$, а так же возможность их расщепления химическим и электрохимическим методом позволит модифицировать их свойства. Наш опыт по работе с сенсорами как на основе графеноподобных углеродных структурах (датчики различных газов) [7], так оптических датчиков температуры на полупроводниковых кристаллах будет использован для создания сенсоров на основе кристаллов соединений группы $A^3B^3C^6_2$.

Литература

1. Guseinov G.D., Mooser E., Kerimova E.M., et al. *Physica Status Solidi*, 1969. V.34. №1. P. 33-34.
2. Алиев В.А., Алджанов М.А., Алиев С.Н. Письма в ЖЭТФ, 1987, т. 45, № 9, с. 418-420.
3. Guseinov G.D., Aliyev V.A., Bagirzade E.F. *Physica Status Solidi (a)*, 1986, т. 96, с. K73- K78.

4. Новиков В.П., Алиев В.А., Матвеев А.Т. Письма в ЖТФ, 1989, т.15, № 9, с.1-5.
5. Sardarly R.M., Samedov O.A., Abdullayev A.P. et al. Semiconductors, 2011. V. 45, P.1387–1390.
6. Shengxue Yang , Minghui Wu , Hui Wang , et al. 2D Materials, 2017. V4. №2.
7. Новиков В.П., Рязанов И.В. Сенсор для детектирования газа и измерения его концентрации: Патент Республики Беларусь. BY 21523 /. – Опубл. 30.12.2017

A₃B₃C₂⁶ QRUPUNUN İON KEÇİRİCİ FOTOKEÇİCİLƏRİNİN ELEKTROKİMYƏVİ MODİFİKASİYASI İMKANLARI HAQQINDA

V.A.Əliyev, V.C.Rüstəmov, Y.B.Namazov, A.K.Əlizadə, T.X.Dadəkışiyeva

***Xülasə.** Məqalə A₃B₃C₂⁶ qrupunun birləşmələrinin elektrokimyəvi modifikasiyası və onların əsasında dəyişkən xüsusiyyətləri olan qeyri-xətti optik, akusto-optik və optoelektron sensorların yaradılması imkanlarının aydınlaşdırılmasına həsr edilmişdir. Üçlü kristalların yarımkeçirici xüsusiyyətlərini dəyişdirmək üçün iki fərqli yanaşma təklif edilmişdir. Birincisi, bu kristalların ion keçiriciliyinə, həmçinin monovalent metalların bu strukturlara elektrokimyəvi interkalasiyasına görə tərkibində dəyişikliklər. İkincisi, kristalların kimyəvi və ya elektrokimyəvi olaraq kvaziikiölçülü təbəqələrə parçalanması. Bu parçalanma kristalın xassələrini keyfiyyətə dəyişdirdiyi göstərilmişdir.*

***Açar sözlər:** yarımkeçiricilər, üçqat kristallar, elektrokimyəvi modifikasiya, interkalasiya, ikiölçülü təbəqələr.*

ON THE POSSIBILITY OF ELECTROCHEMICAL MODIFICATION OF IONIC CONDUCTING PHOTOCONDUCTORS OF THE A₃B₃C₂⁶ GROUP

V.A.Aliyev, V.J.Rustamov, Y.B.Namazov, A.K.Alizadeh, T.Kh.Dadatakishiyeva

***Abstract.** The article is devoted to elucidation of the possibility of electrochemical modification of compounds of the A₃B₃C₂⁶ group and the creation on their basis of nonlinear optical, acousto-optical and optoelectronic sensors with variable characteristics. Two different approaches have been proposed to modify the semiconductor properties of ternary crystals A₃B₃C₂⁶. First, changes in the composition due to their ionic conductivity of these crystals, as well as due to electrochemical intercalation into these structures of monovalent metals. Second, chemical or electrochemical splitting of crystals into quasi-two-dimensional layers.*

***Key words:** semiconductors, ternary crystals, electrochemical modification, intercalation, two-dimensional layers.*

İSTİLİK EMALININ $TlInSe_2<Ln>$ və $TlIn_{1-x}Ln_xSe_2$ MONOKRISTALLARININ FOTOLEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

Dos. Zeynalov Z.M.¹, dos.Namazov Y.B.¹, b/m.Musayev S.X²,
magistr:Qarayeva M.K¹.

¹Gəncə Dövlət Universiteti, ²Azərbaycan Texnologiya Universiteti

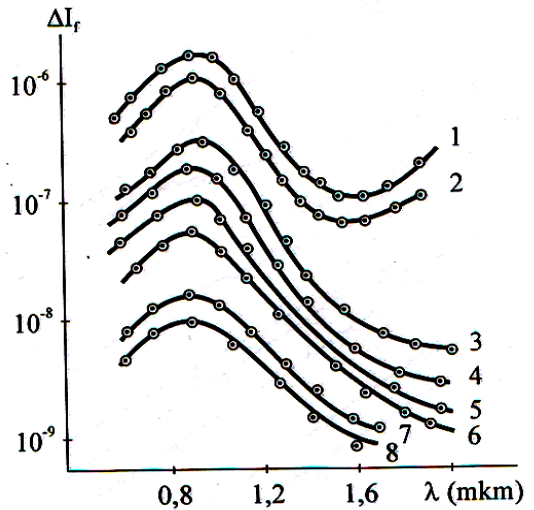
Xülasə: Təqdim olunan işdə istilik müalicəsinin monokristalın fotoelektrik xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. İstilik müalicəsi nəticəsində maksimum fotokeçiricilik halında fətohəssaslıq artır. Buna görə də fotoelektrik parametrləri yaxşılaşdırmaq üçün dopinq əsaslandırılır və öyrənilir

Açar sözlər: istilik müalicəsi, $TlInSe_2<Ln>$ monokristal, lantanid qatqısı, fotoelektrik xassələr, lüks-ampər xarakteristikası

$TlInSe_2$ monokristallarının fotoelektrik xassələrinin öyrənilməsinə həsr olunmuş çoxlu sayda işlərin olmasına baxmayaraq, bu işlərdə ilkin istilik emalının, şüalanmaların aşqarların daxil edilməsinin və istiqamətli deformasiyanın həmin kristalın fotoelektrik parametrlərinə təsiri araşdırılmamışdır. Bu tədqiqat işində kristalların fotoelektrik xassələrini nəzərə çarpacaq dərəcədə yaxşılaşdıran bir sıra müsbət effektləri araşdırılmışdır.

Təmiz $p-TlInSe_2$ monokristallarının fətohəssaslığını artıran bir amil kimi kristalın temperaturunun artırılması barədə müəyyən məlumat verilmişdir. [1,2,3]. Bizim tərəfimizdən aparılan tədqiqatlar nəticəsində belə qənaətə gəlinir ki, istilik emalının təsiri ilə verilmiş monokristallarının fətohəssaslığını kifayət qədər artırmaq olar.

İstilik emalı prosesi, kristalın 24 saat ərzində 470 K temperaturda saxlanılması, sonra isə 77 K temperatura kimi soyudulmasından ibarət olur.



Şəkildən görünür ki, nəzərdən keçirilən nümunələr yuxarıda qeyd olunan istilik emalına məruz qaldıqdan sonra 77 K temperaturda onların işığa qarşı reaksiyalarının artmasının tərtibi, bu

nümunələrin temperaturunun 77 K-dən 300 K - ə qədər artırılması zamanı olduğu kimidir. Lakin bu zaman $\lambda \geq 1,5 \text{ mkm}$ oblastında ftohəssaslıq yalnız 300 K temperaturda xarakterikdir.

Qeyd olunan temperaturlarda, lyuks – amper xarakteristikaları həm istilik emalına qədər, həm də ondan sonra qüvvət əmsalı $\alpha = 0,5 - 1$ olan funksiya xarakteri ($J_{\Phi} \sim 1^{\alpha}$) daşıyırlar. Həmçinin termik emal zamanı $\alpha \rightarrow 1$, yəni xətti rekombinasiya halına keçid müşahidə olunur.

Yuxarıda qeyd olunan istilik emalı nəticəsində fotokeçiriciliyin maksimum halında ftohəssaslıq artır.

Beləliklə, kristalların verilmiş istilik emalı və temperaturunun artırılması nəticəsində spektral ftohəssaslığın artması müşahidə olunur.

Bu kristalların integral ftohəssaslıqları əsas etibarilə onların məxsusi fotokeçiricilikləri ilə əlaqədardır. Deməli, $TlInSe_2$ birləşməsinin kristallik qəfəsinin məxsusi defektləri ilə əlaqədar olaraq yük daşıyıcıları fotocərəyanın həmin işarəli məxsusi daşıyıcılarına əlavə olunur. Bu isə öz növbəsində qaranlıq cərəyanının qiymətinin və cərəyan küylərinin səviyyəsinin artması ilə əlaqədar olaraq $TlInSe_2$ birləşməsi əsasında yaradılan fotorezistorların həssaslıq astanasının pisləşməsinə gətirir.

Beləliklə, baxılan aspektdə $TlInSe_2$ kristallarının fotoelektrik parametrlərini yaxşılaşdırmaq məqsədilə ilə onların qəfəslərinə aktivləşmə enerjiləri mövcud olan akseptor mərkəzlərinin enerjiləri ilə eyni tərtibdə olan digər elementdə aşqar atomları daxil etmək lazımdır.

$TlInSe_2$ birləşməsinin struktur və kirstallokimyəvi xüsusiyyətləri ilə əlaqədar olaraq, artıq qeyd olunduğu kimi aşqarlar olaraq periodik sistemin lantanoidlər qrupundan ikivalentli Eu, Sm, Yb elementləri götürülmüşdür.

Verilmiş aşqarlar tetraedrin alt qəfəsinə elementinin heterovalent formul əsasında əvəz olunması ilə daxil edilir : $TlIn_xLn''_{1-x}Se_2$, burada $Ln'' - Sm, Yb, Ce$

Bu yolla daxil edilən aşqarlar, struktur defektləri ilə əlaqədar olub, akseptor mərkəzlərinin ionlaşdırıcı temperatur oblastında baş verir. Onlar tərəfindən yaradılan əks işarəli daşıyıcılar qarşılıqlı kompensə olunur, nəticədə istilik daşıyıcılarının ümumi sayı azalır. Bu isə öz növbəsində eyni şərtlər daxilində təmiz kristallarla müqayisədə aşqarlanmış kristallarda qaranlıq cərəyanının qiymətinin azalması ilə müşahidə olunur. Eyni şərtlər daxilində $TlIn_xLn''_{1-x}Se_2$ kristallarının qaranlıq cərəyanı təmiz $TlInSe_2$ kristalları ilə müqayisədə kiçilir.

Təmiz $TlInSe_2$ kristalları ilə müqayisədə lantonoidlərlə aşqarlanmış bu kristallarda həmçinin həssaslığın astana qiyməti nəzərəcarpacaq dərəcədə kiçilir.

Aşqarlanmış $TlInSe_2$ kristallarında qeyri - əsas cərəyan daşıyıcılarının sayı artır və digər bərabər şərtlər daxilində onlardakı fotocərəyanın qiyməti aşqarlanmış ilkin kirstallar üçün xarakterik olan qiymətlərdən qat – qat böyük olur.

İstifadə olunmuş ədəbiyyat:

1. Гусейнов Г.Д., Аббасова А.З., Гаджиева Г.А. Детекторы нейтронного облучения со спектральный памяти на основе монокристаллов $TlInSe_2$. «2-е Всес. совеш. Полупроводниковые детекторы ядерного излучения на иперонозонных материалах» Новосибирск, 28-30 июня, 1983
2. Гусейнов Г.Д., Аббасова А.З., Джураев Н.Д., Рустамов В.Д., Алиев Р.А., Икрамов Г.И. Влияние жестких излучений на фотоэлектрические свойства монокристаллов $p - TlInSe_2$. ДАН Узб. 1982, №10, с.29-31
3. Гусейнов Г.Д., Аббасова А.З., Рустамова В.Д., Алиев Р.А. Влияние жестких излучений на фотоэлектрические свойства $p - TlInSe_2$. ДАН Узб. 1981, Т.43, №12, с.24-27

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

МОНОКРИСТАЛЛОВ $TlInSe_2<Ln>$ и $TlIn_{1-x}Ln_xSe_2$

Зейналов З.М., Намазов Ю.Б., Мусаев С.Х., Караева М.К.

Резюме: В представленной работе исследовано влияние термообработки на фотоэлектрические свойства монокристалла. В результате термообработки фоточувствительность увеличивается в случае максимальной фотопроводимости. Поэтому легирование для улучшения фотоэлектрических параметров обосновано и изучено.

Ключевые слова: термообработка, монокристалл $TlInSe_2<Ln>$, легирование лантанидами, фотоэлектрические свойства, люкс-амперная характеристика

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF

$TlInSe_2<Ln>$ and $TlIn_{1-x}Ln_xSe_2$ SINGLE CRYSTALS

Zeynalov Z.M., Namazov Yu.B., Musayev S.Kh., Karaeva M.K.

Summary: In the presented work the influence of heat treatment on the photoelectric properties of a single crystal is investigated. As a result of heat treatment the photosensitivity increases in the case of maximum photoconductivity. Therefore doping for improving photoelectric parameters is justified and studied

Key words: heat treatment, $TlInSe_2<Ln>$ single crystal, lanthanide doping, photoelectric properties, lux-ampere characteristic

ŞOTTKI DİODUNUN POTENSİAL ÇƏPƏRİNİN HÜNDÜRLÜYÜNÜN TƏMAS SƏTHİNİN HƏNDƏSİ ÖLÇÜLƏRİNDƏN ASILILIĞI

Məmmədov R., Aslanova Ə., Şikarova N.

Bakı Dövlət Universiteti

rasimaz50@yahoo.com

Müasir elektronika da günış istifadə olunan Şottki diodlarının (ŞD) potensial çəpərinin formalaşması nəzəri olaraq metal və yarımkeçiricinin kontakt (təmas) səthlərinin kontakt potensiallar fərqi (çıxış işlərinin fərqi) ilə müəyən olunur. Onların əsas parametri olan potensial çəpərin hündürlüyünün təcrübi ölçmələrlə təyin olunan qiymətlərinin nəzəri hesablamalarla tam uzlaşmaması ciddi tədqiq edilir. Real (qeyri-bircins məhdud təmas səthli) ŞD-lərdə metal nazik təbəqə yarımkeçirici ilə bilavasitə təmasda olduğundan, təmas səthi metal və yarımkeçiricinin sərbəst səthləri ilə məhdudlaşır və onlar arasında yaranan kontakt potensiallar fərqi hesabına kontaktaltı hissəsində perimetri boyunca əlavə elektrik sahəsi (ƏES) əmələ gəlir [1]. Bu da real ŞD-də həm potensial çəpərinin formalaşmasına təsir edir, həm də periferiya boyunca lokallaşmış elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.) yaramasına səbəb olur. ŞD-nin qısa qapanmış xarici dövrəsindən ƏES-nin təsiri ilə elektrik cərəyanı generasiya olunur. Kontakt səthinin sahəsi S və potensial çəpərinin hündürlüyü Φ_B olan ŞD-də ƏES-nin təsiri ilə yaranan gərginlik U_C olarsa qısa qapanmış xarici dövrədən axan I_C cərəyanı aşağıdakı düsturla ifadə olunur [2]:

$$I_C = SAT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_B}{kT}\right) \left[\exp\left(-\frac{qU_C}{kT}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

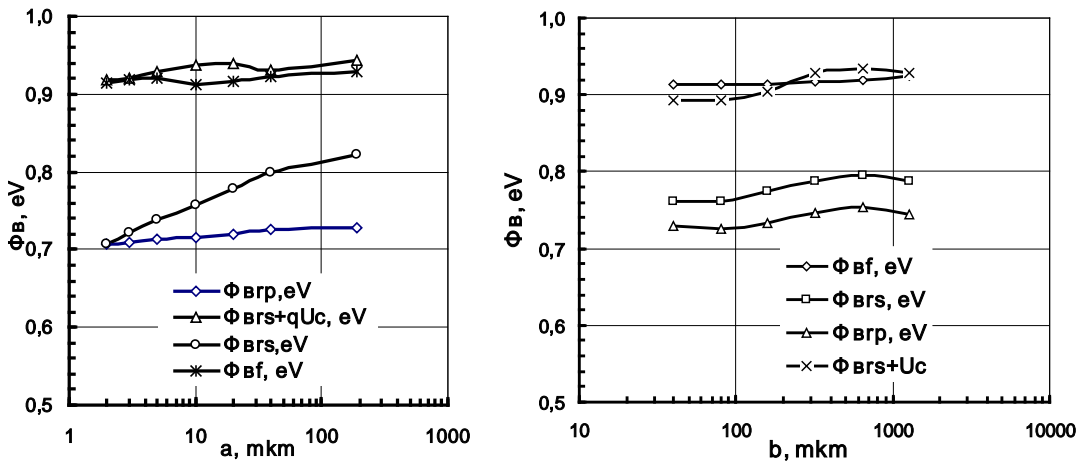
Real ŞD-lərin ikiölçülü enerji quruluşuna əsasən S ümumi təmas səthi iki hissədən – S_1 sahəli, Φ_{B1} hündürlüklü potensial çəpərli daxili hissədən və S_2 sahəli, Φ_{B2} hündürlüklü potensial çəpərlikənar hissədən ibarətdir. Real ŞD-dən termoelektron emicciya mexanizmi ilə düz ($U > 0$) və əks ($U < 0$) istiqamətlərdə axan ümumi I cərəyanı təmas səthinin daxili hissəsindən axan ənənəvi I_1 və kənar hissəsindən ƏES-nin U_C gərginliyinin təsiri də olmaqla axan I_2 cərəyanların cəmindən ibarət olur. ŞD-nin Φ_{B1} və Φ_{B2} potensial çəpərlərinin hündürlüklərinin U -dan asılılıq əmsalları β_1 və β_2 olarsa I -nin U -dan asılılığı aşağıdakı düsturla ifadə olunur [2]:

$$I = I_1 + I_2 = S_1 AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B1}}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{qU}{n_1 kT}\right) - \exp\left(-\frac{qU}{n_{r1} kT}\right) \right] + \\ + S_2 AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B2}}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{q(U - n_2 U_C)}{n_2 kT}\right) - \exp\left(-\frac{qU}{n_{r2} kT}\right) \right] \quad (2)$$

(2) düsturundakı işarələr ədəbiyyatda ümumi qəbul edilmişlərdir, n_1, n_{r1}, n_2, n_{r2} və β_1, β_2 parametrləri arasında aşağıdakı əlaqələr vardır:

$$n_1 = 1/(1 - \beta_1); n_{r1} = 1/\beta_1; n_2 = 1/(1 - \beta_2) n_{r2} = 1/\beta_2 \quad (3)$$

Təqdim olunan məruzədə Au-nGaAs ŞD-də düz və əks istiqamətlərdə cərəyan axınının təmas səthinin həndəsi ölçülərindən asılılıqlarının tədqiqatının nəticələri şərh olunur. Müəyən edilmişdir ki, eni a və uzunluğu b olan düzbucaqlı formalı təmas səthinə malik ŞD-nin düz istiqamətdə VAX-ı iki hissədən ibarət olur ki, birinci hissə U gərginliyin $0 \leq U \leq U_C$ intervalında əks istiqamətdə axan cərəyandan təşkil olunur. $U = 0$ olduqda U_C -nin təsirindən generasiya olunan cərəyan $I_C \sim 10^{-10}$ A tərtibində olur. Təmas səthi düzbucaqlıformalı Au-nGaAs ŞD-nin VAX metodu ilə təyin edilmiş potensial çəpərinin hündürlükləri, eyni perimetri $p=600$ mkm və eni $a=2; 3; 5; 10; 20; 40; 190$ mkm olan halda şəkil 1a-da və təmas səthinin eni 20 mkm və uzunluğu $b=40; 80; 160; 320; 640; 1280$ mkm olan halda isə şəkil 1b-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Düzbucaqlı Au-nGaAs ŞD-nin VAX metodu ilə təyin edilmiş potensial

çəpərinin hündürlüyünün (Φ_{Bf} -düz istiqamətdə tam səth, Φ_{Brs} -əks istiqamətdə tam səth, Φ_{Brp} -əks istiqamətdə periferiya səthi, U_C - ƏES gərginliyi) təmas səthinin enindən (a) və uzunluğundan (b) asılılıqları.

Müəyən edilmişdir ki, tədqiq olunan ŞD-nin doyma cərəyanı düz istiqamətdə tam təmas səthindən, əks istiqamətdə isə əsasən təmas səthinin kənar hissəsindən keçir. Şəkil 1a və 1b-dən görünür ki, ŞD-nin düz istiqamətdə Φ_{Bf} potensial çəpərinin hündürlüyü təmas səthinin həndəsi ölçülərinin dəyişməsinə asılı olmayaraq sabit qalır. Təmas səthin kənar hissəsindəki əks istiqamətdə Φ_{Brp} potensial çəpərinin hündürlüyü onun eni və uzununun artması ilə cüzi olaraq artır. Təmas səthin tam sahəsinə görə təyin edilmiş əks istiqamətdə Φ_{Brs} hündürlüyü onun eni 2 mkm-dən 120 mkm-ə dəyişdikdə ~ 120 mV artır, lakin uzunluq artdıqda bu artım cüzi olur. ŞD-də təmas səthin eni artdıqca ƏES-nin U_C gərginliyi azalır, uzunluğu artdıqda isə dəyişmir, sabit qalır. Müəyən olmuşdur ki, ŞD-nin təmas səthinin eni və uzununu dəyişərkən, Φ_{Brs} və eU_C parametrlərinin cəmi dəyişmir və təqribən potensial çəpərin düz istiqamətdəki Φ_{Bf} hündürlüyünə bərabər olur.

Düzbucaqlı Au-nGaAs ŞD-nin təcrübi ölçmələr ilə əldə edilən nəticələr real ŞD-nin ikiölçülü enerji quruluşu ilə izah olunur.

Ədəbiyyat

1. P.K. Mamedov, Контакты металл – полупроводник с электрическим полем пятен. Баку, БГУ, 2003, 231 с.

2. R.K. Mamedov, A.R. Aslanova, Features of current transport in Schottky diodes with additional electric field, Superlattices and Microstructures, 2019, v.136, p.106297.

DEPENDENCE OF THE POTENTIAL BARRIER HEIGHT OF A SCHOTTKY DIODE ON THE GEOMETRICAL DIMENSIONS OF THE CONTACT SURFACE

Mamedov R., Aslanova A., Shikarova N.

Baku State University

Summary: The potential barrier height of the Schottky diode, determined by the I-V method in the forward direction, is greater than its value in the reverse direction due to the influence of the additional electric field arising due to the limitation of the contact surface. With an increase in the width of the contact surface DS , the value of the potential barrier height in the reverse direction for the entire surface increases, while the value for the peripheral surface does not change.

Keywords: Schottky diode, work function, potential barrier, additional electric field.

ЗАВИСИМОСТЬ ВЫСОТЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БАРЬЕРА ДИОДА ШОТТКИ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Мамедов Р., Асланова А., Шикарова Н.

Бакинский Государственный Университет

Резюме: Высота потенциального барьера диода Шоттки, определенная методом ВАХ в прямом направлении, больше ее значения в обратном направлении из-за влияния дополнительного электрического поля, возникающего за счет ограничения контактной поверхности. При увеличении ширины контактной поверхности DS значение высоты потенциального барьера в обратном направлении для всей поверхности увеличивается, тогда как значение для периферийной поверхности не меняется.

Ключевые слова: Диод Шоттки, работа выхода, потенциальный барьер, дополнительное электрическое поле.

KRİSTALLARDA QURULUŞ ELEMENTLƏRİNİN YERLƏŞMƏ VƏZİYYƏTİ, BRAVE QƏFƏSİ VƏ SİNQONİYALAR.

Hüseynov V.İ., Qurbanov S. Ş., Əlimərdanova İ. M.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

qalaca@mail.ru, bahaddin79.ia@gmail.com

Bildiyimiz kimi bərk cisimlər kristal və amorf olmaqla 2 yerə bölünür. Amorf cisimlərdə quruluş elementləri xaotik vəziyyətdə yerləşir. Bu səbəbdən amorf cisimlər izotropiya xassəsinə malikdir. Quruluş elementlərinin xaotik yerləşməsi səbəbindən onlar arşındakı rabitə enerjisi dəqiq bir qiymət almayıb, müəyyən bir enerji intervalında qiymətlər alır ($E_{rab} = E_1 + \Delta E$). Bu səbəbdən amorf cisimlər üçün, kristallardan fərqli olaraq dəqiq bir ərimə temperaturu yoxdur. Aşağı temperaturlarda qısa müddətli F qüvvəsinin təsirinə məruz qaldıqda amorf cisimlər özlərini kristallar kimi aparır. Temperatur və qüvvənin təsir müddətinin artması isə, onların mayelər kimi axıcılıq xassəsinə malik olmasını üzə çıxardır.

Kristallar monokristal və polikristal olmaqla 2 qrupa bölünür. Monokristallar düzgün həndəsi formaya malik elementar hücrələrin nizamlı düzülüşündən təşkil olunmuşdur. Polikristallarda isə düzgün həndəsi formaya malik bu elementar özəklər ixtiyari formada yerləşir. Buna görə də monokristalların anizotropiya, polikristalların isə, amorf cisimlər kimi izotropiya xassəsi göstərilir. Biz kristalların anizotropiya xassəsindən danışarkən, monokristalları nəzərdə tuturuq. Kristallar üçün xarakterik cəhət onların quruluş elementlərinin yerləşmə vəziyyətindəki periodikdir (yəni təkrarlanmadır). Bu təkrarlanma həndəsi baxımdan müəyyən bir paralel köçürməyə, transilyasiyaya uyğundur. Qeyd olunan bu paralel köçürmə \vec{T} transilyasiya vektoru vasitəsilə belə ifadə olunur[1]:

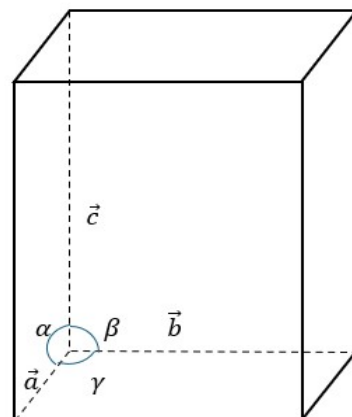
$$\vec{T} = m\vec{a} + n\vec{b} + p\vec{c}(1)$$

Burada m, n, p – tam ədədlərdir. $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ – ən kiçik transilyasiya vektorları, onların modulu isə transilyasiya periodu adlanır. Qəfəs düyünündə yerləşən yerləşən atomunun 3 müxtəlif koordinat oxları istiqamətində transilyasiyadan (və ya paralel köçürməsindən) alınan qəfəs Brave qəfəsi, yaxud transilyasiya qəfəsi adlanır. $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ vektorları üzərində qurulan ən kiçik paralelepiped kristalın elementar hücrəsi adlanır (Şəkil.1). Şəkildən görüldüyü kimi kristalın elementar hücrəsi $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}, \alpha, \beta, \gamma$ olmaqla 6 parametərə görə bir-birindən fərqlənir. Bu 6 parametərə görə elementar hücrələr (kristal qəfəslər) aşağıdakı 7 sinqoniyaya bölünür[2]: 1) kubik; 2) heksoqanal; 3) romboedrik; 4) tetroqanal; 5) triqonal; 6) monoklin; 7) triklin. Bu sinqoniyalar içərisində ən sadəsi kubik, mürəkkəbi isə triklinidir. Kubik sinqoniya üçün, $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, triklin isə $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma$ olur.

Quruluşelementlərinin yrləşmə vəziyyəindən asılı olaraq kristallar sadə və mürəkkəb olmaqla 2 qrupa bölünür. Sadə kristallarda atom, molekul və ionlar yalnız kristalın düyün nöqtələrində yerləşir.

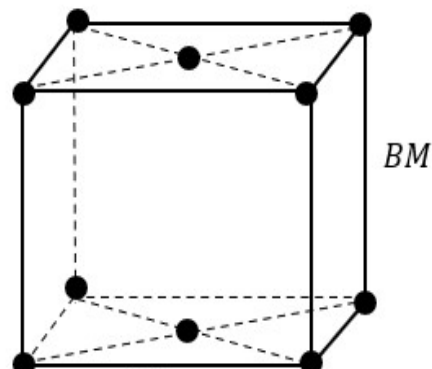
Düyün nöqtədə yerləşən quruluş elementinin $1/8$ – i bu qəfəsə və ya elementar hücrəyə aiddir [3]. Belə olan halda sadə qəfəslərdə yaxud kristallarda 1 qəfəsə düşən atom sayı $N = 8 \cdot \frac{1}{8} = 1$ olur. Mürəkkəb növ kristalların isə ən çox rast gəlinən aşağıdakı 3 növü var:

1. Həcmə mərkəzləşmiş kristallar – o kristallara deyilir ki, Şəkil.1 quruluş elementləri düyün nöqtələrindən əlavə həm də kristalın diaqonallarının kəsişmə nöqtələrində yerləşir.



Kristalın diaqonallarının kəsişmə nöqtəsində yerləşən quruluş elementləri bütövlükdə bir qəfəsə aid olur. Həcmə mərkəzləşmiş qəfəslərdə 1 qəfəsə düşən atom sayı $N = 8 \cdot \frac{1}{8} + 1 = 2$ olur.

2. Bazaya mərkəzləşmiş qəfəslər – o qəfəs deyilir ki, atomlar düyün nöqtələrindən başqa həm də oturaqlarının diaqonallarının kəsişmə nöqtəsində yerləşir (Şəkil.2) [4]. Üzlərin diaqonallarının kəsişmə nöqtəsində yerləşən atomun $1/2$ – i bu qəfəsə aid olur. Belə olan halda 1 qəfəsə düşən atom sayı $N = 8 \cdot \frac{1}{8} + 2 \cdot \frac{1}{2} = 2$ olacaqdır.



3. Quruluş elementləri düyün nöqtələrindən başqa üzlərin diaqonallarının kəsişmə nöqtəsində yerləşərsə, belə qəfəs səthə mərkəzləşmiş (SM) qəfəs adlanır. Deyilənlərdən belə aydın olur ki, SM qəfəslərində 1 qəfəsə düşən atom sayı $N = 8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$. Səthə mərkəzləşmiş qəfəslər qablaşdırma əmsalı böyük olan qəfəslər hesab olunur.

Ədəbiyyat

1. Eyvazov E.Ə. Bərk cisimlər fizikası, Bakı-2003.
2. Eyvazov E.Ə., Qurbanov S. Ş., Xəliliov Ş.X. Molekulyar fizika və term-a giriş. Bakı. 2010
3. B.M.Əsgərov Bərk cisimlərin nəzəriyyəsi. AAEU-2013
4. N.N.Niftiyev Bərk cisimlər fizikasının əsasları. Bakı, 2023.

РАСПОЛОЖЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КРИСТАЛЛАХ, БРЕВНАЯ КЛЕТКА И СИНГОНИИ

Гусейнов В. И., Гурбанов С. Ш., Алимарданова И. М.

Резюме: Тот факт, что кристалл обладает свойством анизотропии, обусловлен расположением атомов в упорядоченном состоянии. Расположение структурных элементов в хаотическом состоянии обуславливает свойство изотропии. В зависимости от расположения атомов кристаллы могут быть простыми или сложными. Существует 3 типа сложных кристаллов.

Ключевые слова: кристалл и аморфное вещество, изотропия, анизотропия, энергия связи, монокристалл и поликристалл, решетка Браве, сингония, простые и поверхностно-центрированные, объемно- и базоцентрированные кристаллы.

ARRANGEMENT OF STRUCTURAL ELEMENTS IN CRYSTALS, BRAVE CAGE AND SYNCHONIES

Huseynov V. I., Gurbanov S. S., Alimardanova I. M.

Summary: The fact that the crystal has the property of anisotropy is due to the arrangement of the atoms in an ordered state. The arrangement of structural elements in a chaotic state causes the property of isotropy. Depending on the arrangement of atoms, crystals can be simple or complex. There are 3 types of compound crystals.

Keywords: crystal and amorphous, isotropy, anisotropy, bond energy, single crystal and polycrystal, Brave lattice, syngonia, simple and surface-centered, volume- and base-centered crystals

MnGa₂S₄ MONOKRİSTALININ ELEKTRİK ELEKTRİKKEÇİRİCİLİYİ

Niftiyev N.N., Kərimli F.K.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

namiq7@bk.ru

Hal-hazırda fotoelektronikanın yeni nəsil cihazlarının funksional diapazonunu genişləndirmək üçün böyük potensiala malik olan fiziki prosesləri az öyrənilmiş AB₂X₄ (burada A-Mn, Fe, Co, Ni; B- Ga, In; X-S, Se, Te) tipli birləşmələr xüsusi praktiki və nəzəri maraq kəsb edir[1-4].Maqnit və yarımkeçirici xassələri özündə birləşdirən bu birləşmələrdə texnoloji işləmələr və laboratoriya tədqiqatlarının aparılması nəticəsində yeni nəsil optoelektron sistemlərin maqnit sahəsində idarə olunmasının yaradılması üçün yeni perspektivlər aşkara çıxara bilər. İşdə AB₂X₄ tipli birləşmələr sinfinə aid olan MnGa₂S₄ monokristalının elektrik xassələri tədqiq edilmişdir. MnGa₂S₄ monokristal Bricmen metodu ilə alınmışdır. Rentgenoqrafik metodla müəyyən edilmişdir ki, β - MnGa₂S₄ monokristal kristal qəfəs parametrləri $a = 12,90$, $b = 7,45$, $c = 6,13\text{Å}$ və fəza qrupu PnaZ olan rombik quruluşa kristallaşır [4].

Şəkil 1 - də MnGa₂S₄ monokristal üçün müxtəlif temperaturalarda volt-ampere xarakteristika (VAX) verilmişdir. Buradan iki oblast aşkara çıxarılmışdır: 1) Om qanununa tabe olan oblast ($I \sim U$) və 2) $I \sim U^{3/2}$ oblastı. Məlumdur ki, aşağı gərginliklərdə VAX-ın xətti oblastında cərəyanın gərginliyindən asılılığı

$$I = \frac{e \mu n_o U S}{L} \quad (1)$$

kimi olur [5]. Burada U – nümunəyə tətbiq olunmuş gərginlik, n_o – tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, μ - yükdaşıyıcıların yürüklüyü, e – yükdaşıyıcıların yükü, L – kontaktlar arasındakı məsafə, S – kontaktların sahəsidir. MnGa₂S₄ monokristal üçün temperatur artıqca qeyri-xətti oblasta keçid gərginliyi azalır.

Bu göstərir ki,

MnGa₂S₄ monokristalın kvantlik kompensasiya olunmuş yarımkeçiricidir.

Bu kristal üçün VAX-

da Om qanunundan sonra müşahidə olunan üç

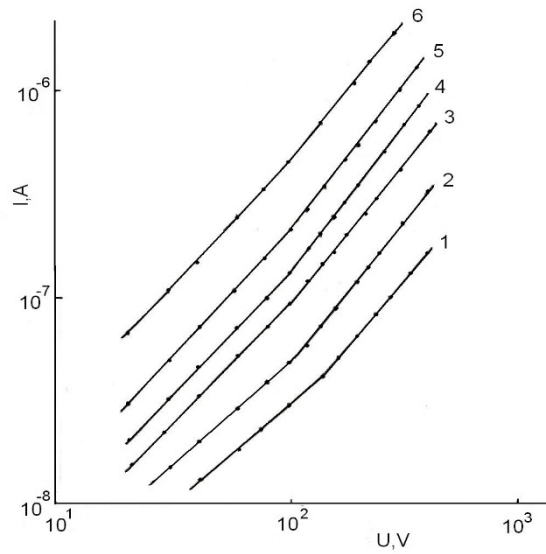
($I \sim U^{3/2}$)

qanunun öqtəvi kontakt dan və ya bəzi xüsusi konfigurasiya ilə elektrodlardan yükdaşıyıcıların injeksiyasına nəticəsində meydana çıxabilir [5]. Universalikdə üç qanunu aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$I = 4\pi e \mu n_o \left(\frac{3\varepsilon}{c_2 e (n_o + n_{io})} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{V}{1 + c_1} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

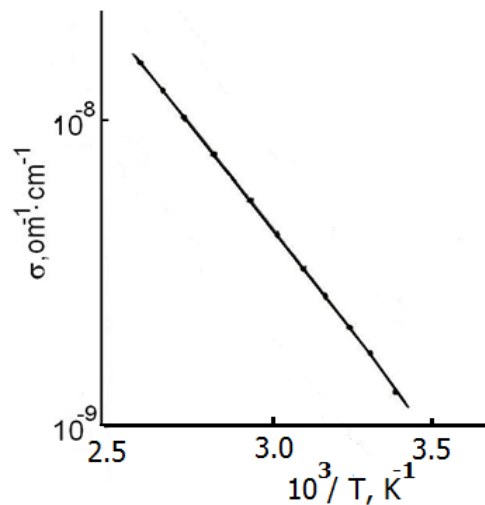
Qeyd edək ki, (2) tənliyi tamamilə sferik hala aiddir. Yarım sferik halda isə (2) tənliyinin sağ tərəfini 2-yə bölməklə nöqtəvi kontaktın aproksimasiyasından istifadə edilir. c_1 və c_2 sabitlər olub $1/2 \leq c_1 \leq 2$ и $1 \leq c_2 \leq 2$ intervalında qiymətlərlər. Burada aşağı sərhədlər dərin tələlərə

uyğundur. Yuxarı sərhədlər isə dayaz səviyyələrdə tutulma və ya tutulmanın olmadığı hala uyğundur. İkidə üç qanununun baş verməsi anod və katod kontaktının radiuslarının $r_k \ll r_x \ll r_a$ münasibətindən asılıdır.



Şəkil 1. *In- MnGa₂S₄- In* strukturunda qaranlıqda müxtəlif temperaturalarda VAX- T , K : 1 -293, 2-308, 3-323, 4-338, 5-353, 6-373.

İkidə üç qanunu o xüsusi şərt daxilində yaranır ki, tətbiq olunmuş gərginlik yüksəldikcə injeksiya olunan həcmi yüklər injeksiya olunan kontaktlardan müəyyən məsafə ilə bərk cismin həcminə doğru daha dərin yayılsın. Om qanununun ödənilməsi gərginliklərdə injeksiya olunan həcmi yüklər əsasən $r_x < 2r_s$ radiuslu sferanın daxilində qalır. Om qanunundan kənara çıxma baş verdikdə isə radius sferası daxilində olan injeksiya olunmuş həcmi yüklər $U^{1/2}$ qanunu ilə artır, bu da ikidə üç qanununun baş verməsinə gətirib çıxarır.



Şəkil 2. *MnGa₂S₄ monokristalının 100V gərginlikdə elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı.*

Şəkil 2-də $MnGa_2S_4$ monokristalı üçün 100V gərginlikdə elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılıq qrafiki verilmişdir. $\lg \sigma \sim 10^3/T$ asılılıq əyrisindən yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi hesablanmışdır və $E = 0,28 \pm 0,2$ eV – a bərabərdir.

Ədəbiyyat siyahısı

6. Niftiyev N. N. Photoelectric properties of $MnIn_2S_4$ crystals. Journal of Applied Spectroscopy. **88** (2022) 1234-1236.
7. Guratinder K., Schmidt M., Walker H. C., et al. Magnetic correlations in the triangular antiferromagnet $FeGa_2S_4$. Physical Review B. **104** (2021)064412.
8. Yang. J., Zhou. Z., Fang J., Wen H., et al. Magnetic and transport properties of a ferromagnetic layered semiconductor $MnIn_2Se_4$. Appl. Phys. Lett. **115** (2019) 222101.
9. Нифтиев Н.Н., Тагиев О.Б., Мурадов М.Б., Мамедов Ф.М. Диэлектрические свойства монокристаллов $MnGa_2S_4$ в переменном электрическом поле. *ФТП*, **48** (2014) 217-219.
10. М.Ламперт, П. Инжекционные токи в твердых телах. М. Мир, 1973, 473 с.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY of $MnGa_2S_4$ SINGLE CRYSTAL

Niftiyev N.N.

Summary: Volt-ampere characteristic and temperature dependence of electrical conductivity of $MnGa_2S_4$ single crystal at different temperatures were studied. It was determined that the dependence of $I \sim U^{3/2}$ observed in VAX occurs as a result of the injection of charge carriers from point contacts or specially configured electrodes. In this single crystal, the activation energy of the local levels was determined from the dependence of $\sigma(T)$ in the constant electric field.

Keywords: $MnGa_2S_4$, crystal, volt-ampere characteristics, temperature, injection, electrical conductivity, activation energy

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛА $MnGa_2S_4$

Нифтиев Н.Н.

Резюме: Изучены вольт-амперная характеристика и температурная зависимость электропроводности монокристалла $MnGa_2S_4$ при различных температурах. Установлено, что наблюдаемая в VAX зависимость $I \sim U^{3/2}$ возникает в результате инжекции носителей заряда из точечных контактов или электродов специальной конфигурации. В этом монокристалле энергия активации локальных уровней определялась по зависимости $\sigma(T)$ в постоянном электрическом поле.

Ключевые слова: $MnGa_2S_4$, кристалл, вольт-амперная характеристика, температура, инжекция, электропроводность, энергия активации

**Au/(%7Zn-PVA)/n-Si METAL-POLİMER- YARIMKEÇİRİCİ (MPY) KONTAKT
STRUKTURUN XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN C-V və G/ω-V XARAKTERİSTİKALARI
ƏSASINDA TƏHLİLİ**

Hüseynova N.E., Əfəndiyeva İ.M .

Bakı Dövlət Universiteti

huseynovanrmin21@gmail.com, afandiyeva@mail.ru

Fizika və elektronikanın aktual məsələsi - yeni unikal xassələrə malik funksional materialların axtarışı və tətbiqidir.. Müasir dövrdə yeni cihazların yaradılmasında az maliyyə xərcləri tələb edən, asan texnoloji proses nəticəsində alınan ən perspektivli istiqamətlərdən biri polimer matris əsasında kompozit materialların istifadə edilməsidir. Elektron cihazlarda elektron daşınmasında üzvi və qeyri-üzvi komponentlər iştirak etməsi mümkündür. Belə maddələr əsasında yaradılan sistemlərə marağa səbəb polimer matrisin mürəkkəb molekulyar strukturu və nanohissəciklərin yüksək kimyəvi aktivliyidir.

Makromolekulyar maddədə elektronların daşınmasında üç variant mümkündür:

1. Elektronların nəqli hərəkətdə olan molekullar vasitəsilə baş verir. Belə halda elektronların bir daşıyıcıdan başqasına keçməsi əhəmiyyət kəsb etmir.
2. elektronların redoks qrupları arasında hərəkəti.
3. keçiricilik elektronların qrupların rabitələri boyunca hərəkəti.

Bu baxımdan Şottki baryerli, polimer laylı kontakt strukturlarına maraqlı maraqlı artmaqdadır. Təqdim olunan işdə Au/(%7Zn-PVA)/n-Si metal-dielektrik-yarımkeçirici (MDY) kontakt strukturunda texnoloji baxımdan asan hazırlanan süni termoplastik polikristallik polimer PVA (polivinilalkol) yerləşdirilmişdir. Suda həll olunan PVA -nın alınması üçün əsas xammal polivinilasetat istifadə edilmişdir. Yarımkeçirici xassələrə malik polimerin keçiriciliyinin artırılması məqsədilə PVA-ya %7Zn əlavə edilmişdir.

Yarımkeçirici altlıq kimi Au/(%7Zn-PVA)/n-Si MDY strukturunda (100) kristallik istiqamətli, 5,08 sm diametrlə, 350 mkm qalınlıqlı n-Si istifadə olunmuşdur. Çoxmərhləli təmizlənmə prosesi keçirmiş n-Si sonunda 18 MOm sm müqavimətli deionizə edilmiş suyla yuyulmuş, otaq temperaturunda quru azot şırnağında qurudulmuşdur. Metallik Au termik tozlandırma metodu ilə çökdürülmüşdür. Yarımkeçirici altlıq üzərində 500 nm qalınlığında PVA elektrospinning metodu ilə alınmışdır.

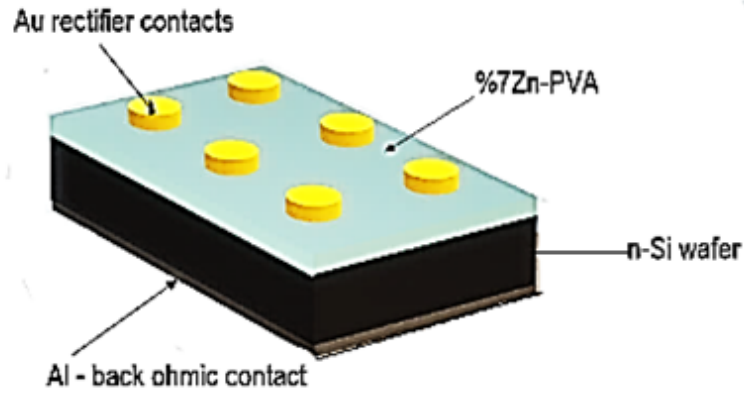


Fig.1 Au/(%7Zn-PVA)/n-Si MPY strukturunun sxematik təsviri

Au/(%7Zn-PVA)/n-Si MPY kontakt strukturunun tutum və keçiriciliyin gərginlikdən asılılığı (müvafiq olaraq C-V və G/ω -V xarakteristikaları) müxtəlif tezliklərdə ölçülmüş, analiz edilmişdir. Ölçmələr zamanı gərginlik $\pm 6V$, test siqnalının tezliyi 1 kHz÷ 1 MHz intervalında dəyişmişdir, əsas parametrlərin orta qiymətləri hesablanmışdır: potensial baryer hündürlüyü ($\Phi_B = 0,72eV$), ardıcıl müqavimət ($R_s = 1E+3 \text{ Om}$). C-V və G/ω -V xarakteristikalarının tezlikdən asılılığı səth hallarının aşağı tezliklərdə böyük rolunu aşkarlamışdır. Yüksək tezliklərdə səth hallarının dəyişən test siqnalını izləməyə macal tapmaması aşkar edilmişdir.

Test siqnalı tezliyinin 700kHz÷1MHz, gərginliyin 3,9V÷V intervallarında dəyişməsi zamanı tutum mənfi qiymətlər olaraq $-7,00E-12 \text{ F}$ ÷ $-1,33E-9 \text{ F}$ arasında dəyişir. Bu hadisə səth hallarının yüklənməsində inersiyayı aşkar edir. Belə halda, yəni gərginliyin və test siqnalı tezliyinin bu intervalda dəyişməsi şəraitində Au/(%7Zn-PVA)/n-Si MDY kontakt strukturu induktivlik analogu rolunu oynayır.

Polimerlərin elektrik keçiriciliyi molekullarda elektronları yürüklüyü ilə əlaqədardır. Burada aşqarlama nəticəsində bağlı rabitələr sistemi yarandıqda elektron buludunu həyəcanlı hala gətirilir. Belə hal polimerdə metallik rabitəyə bənzər rabitənin yaranmasına bənzəyir. Polimer, elektron cəhətdən qeyri-bircins sistemdir, bu sistemdə metallik keçiriciliyi təmin edən rabitələr mövcuddur. Polimer laydakı (%7Zn-PVA) qeyri-bircinsliklər sistemində elektronun hərəkəti müxtəlif keçiriciliyi təmin edir.

Ədəbiyyat

1. Бузанева Е.В., Микроструктуры интегральной электроники, Радио и связь., М-ва, 1990.
2. E. Tanrıku, M.Ulusoy, Y.Azizian Kalandaragh, J Mater Sci: Mater Electron, (2024) 35:348.
3. Ç.Bilkan, Y.Azizian-Kalandaragh, Ş Altındal, Physica B, 500 (2016) p.154–160.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНТАКТНОЙ СТРУКТУРЫ Au/(%7Zn-PVA)/n-Si (МПП) НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА C-V и G/ω-V ХАРАКТЕРИСТИК

Гусейнова Н.Э., Эфендиева И.М.

Бакинский Государственный Университет

huseynovanrmin21@gmail.com, afandiyeva@mail.ru

Резюме: Исследована контактная структура металл-полимер-полупроводник Au/(%7Zn-PVA)/n-Si. При получении полимерной пленки поливинил спирт (ПВС) в качестве базового материала использовался поливинилацетат. С целью увеличения проводимости ПВС пленка была легирована %7Zn. На основе анализа характеристик C-V и G/ω-V выявлен вклад поверхностных состояний при низких частотах, вычислены средние значения высоты потенциального барьера ($\Phi_b = 0,72\text{eV}$) и последовательного сопротивления ($R_s = 1\text{E}+3\ \text{Om}$). В области высоких частот емкость МПП принимает отрицательные значения, что указывает на проявление индуктивных свойств структуры.

STUDY OF THE FEATURES OF THE Au/(%7Zn-PVA)/n-Si (MPS) CONTACT STRUCTURE BASED ON THE ANALYSIS of C-V and G/ω-V CHARACTERISTICS

Huseynova N.E., Afandiyeva I.M.

Baku state University

huseynovanrmin21@gmail.com, afandiyeva@mail.ru

Summary: The metal-polymer-semiconductor contact structure Au/(%7Zn-PVA)/n-Si was studied. When producing polyvinyl alcohol (PVA) polymer film, polyvinyl acetate was used as the base material. In order to increase the conductivity of the PVA film, it was doped with %7Zn. Based on the analysis of the characteristics of C-V and G/ω-V, the contribution of surface states at low frequencies was identified, and the average values of the potential barrier height ($\Phi_b = 0.72\text{eV}$) and series resistance ($R_s = 1\text{E}+3\ \text{Om}$) were calculated. In the high-frequency region, the capacitance of the MPS takes on negative values, which indicates the manifestation of the inductive properties of the structure.

Se-As XALKOGENİD ŞÜŞƏVARI SİSTEMİNDƏ FOTOİNDUKSIYALANMIŞ OPTİK UDULMA

Ələkbərov R.İ.¹, Tanrıverdiyeva Ş.C.²

¹Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil nazirliyi, Fizika İnstitutu

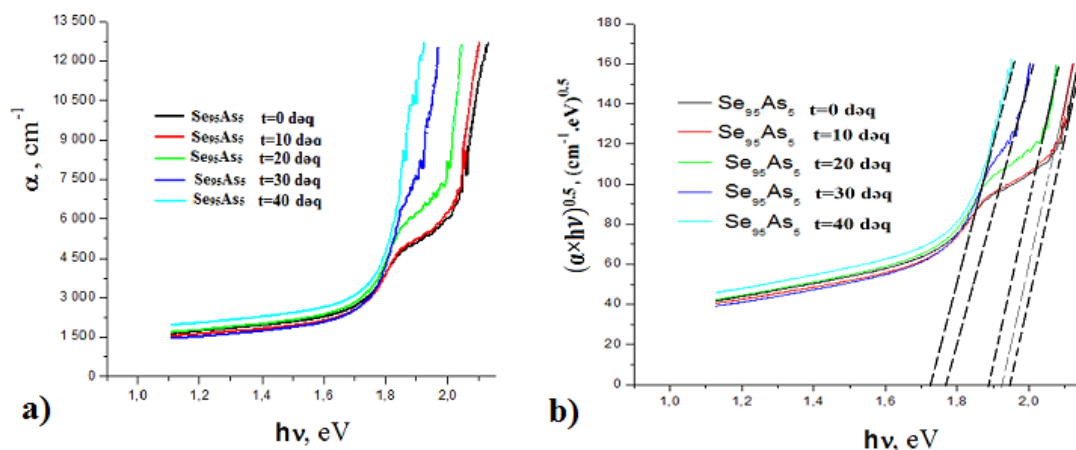
²Bakı Dövlət Universiteti

Rahim-14@mail.rutanriverdiyeva.sovket@mail.ru

Xalkogenid şüşəvari maddələrdə işığın təsiri ilə yaranan quruluş dəyişmələri fundamental fizikanın ən maraqlı hadisələrindən hesab olunur. Fotoinduksiyanmış optik hadisələrə dair aparılan elmi tədqiqatlar sübut edir ki, qeyri-kristal maddələrdə işığın termik və qeyri-termik (foton) təsir mexanizmləri mövcuddur [1]. Tədqiqatlar göstərir ki, fotostruktur dəyişikliyin baş verməsi üçün iki əsas şərt tələb olunur: bunlardan birincisi elektron lokalizasiyası, ikincisi isə elektron-qəfəs əlaqəsi [2]. Kristal və qeyri-kristal maddələrdə fotoinduksiyanmış optik hadisələr sahəsində yazılan elmi əsərlərin müqayisəli analizi onu deməyə imkan verir ki, şüalanma effektləri qeyri-kristal maddələrdə və mayelərdə kristallarla müqayisədə daha qabarıq müşahidə edilir [3, 4]. Qeyd olunan tədqiqatların nəticələri qeyri-kristal maddələrdə fotoinduksiyanmış optik tədqiqatların aparılmasına ciddi maraq yaratmışdır. Bu tədqiqatlar göstərir ki, qeyri-kristal maddələrdə işıq optik parametrlərin ciddi dəyişməsinə səbəb olur.

Təqdim olunan işin məqsədi $Se_{95}As_5$ xalkogenid şüşəvari maddəsinin nazik təbəqəli nümunələrində fotoinduksiyanmış optik udulmanın fiziki mexanizmlərini araşdırmaqdır.

Şəkil1.-də şüşə altlıq üzərində vakuumda termik buxarlandırma metodu ilə alınmış qalınlığı $d=10$ mkm olan $Se_{95}As_5$ tərkibli nazik təbəqəsinin üzərinə düşən fotonun enerjisi $h\nu \sim 2,6 \div 3,75$ eV olmaqla müxtəlif ekspozisiya müddətlərinə ($t=0-40$ dəq) uyğun optik udulma (a) və Taus qanununa uyğun udulma (b) spektrləri təsvir olunmuşdur.

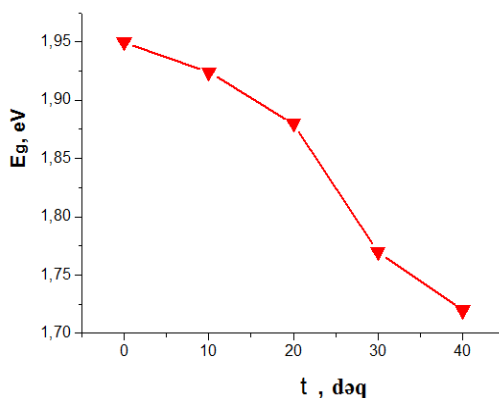


Şəkil1. $Se_{95}As_5$ tərkibli xalkogenid şüşəvari nazik təbəqəsinin müxtəlif ekspozisiya müddətlərində optik udulma(a) və Taus qanununa uyğun udulma (b) spektrləri.

Şəkil1b-də Taus qanununu ödəyərək üstlü asılılıq oblastını təsvir edən (1)-formuluna əsasən $(\alpha hv)^{1/2} \sim f(hv)$ asılılığı udulmanın sıfır qiymətinə ekstrapolyasiya olunaraq optik qadağan zonasının eni (E_g) təyin olunmuş və alınan nəticələr Şəkil.2-də təsvir olunmuşdur.

$$\alpha \cdot hv = B(hv - E_g)^n \quad (1)$$

(1)-düsturunda B-üstlü asılılığın meylinə uyğun əmsal, ν - maddənin üzərinə düşən işığın tezliyi və h - Plank sabitidir.



Şəkil2. Se₉₅As₅ tərkibli xalkogenid şüşəvari nazik təbəqəsində optik qadağan zonası eninin (E_g) ekspozisiya müddətindən asılılığı.

Şəkil.1 və Şəkil.2 –də təsvir olunan təcrübi nəticələrin birgə təhlili göstərir ki, enerjisi optik qadağan zonası enindən yüksək olan $E_g < hv \sim 2,6 \div 3.75$ eV işığın nümunəyə təsir müddətinin artması nəticəsində spektrin $hv \sim 1,6 \div 2.1$ eV intervalında udulma əmsalının qiyməti artaraq maddənin fototündləşməsi baş verir. Digər tərəfdən, ekspozisiya müddətinin artması nəticəsində optik qadağan zonasının eni $E_g = 1.95$ eV-dan 1.72 eV-a qədər azalır. Spektrin yuxarıda qeyd olunan intervalında ($1,6 \div 2.1$ eV) optik fototündləşmənin müşahidə olunması və qadağan zonası eninin (E_g) azalması ekspozisiya müddətindən asılı olaraq nümunədə aşağı rabitə enerjili ($E_{rab} = 32.1$ kcal/mol) As-As homopolyar rabitələrin qırılması və onun nəticəsində valent zonasının yuxarı hissəsində hal sıxlığının artmasıdır.

Ədəbiyyat

1. K. Tanaka, K. Shimakawa. Amorphous Chalcogenide Semiconductors and Related Materials/– Springer Nature Switzerland AG, –2021, –310 p.
2. K. Tanaka, K. Shimakawa. Amorphous Chalcogenide Semiconductors and Related Materials/–New York: Springer Science+Business Media LLC, – 2011. – 259 p.
3. Y. Sakaguchi, K. Tamura, Laser-induced pattern formation in liquid sulfur An indication of laser induced phase transition to ordered polymer. Euro. Phys. J. E 22, 2007, p.315–324
4. Y. Sakaguchi, K. Tamura, Photo-induced effects on amorphous and liquid selenium by pulsed laser illumination. Z. Phys. Chem. 2020.

PHOTOINDUCED OPTICAL ABSORPTION IN A Se-As CHALCOGENIDE GLASS SYSTEM

Alekberov R.I.¹Tanriverdiyeva Sh.J.²

Summary: *The presented work is devoted to the investigation of the physical mechanisms of photoinduced optical absorption in thin-film samples of $Se_{95}As_5$ chalcogenide glassy material. As a result of the research, it was determined that in the range of photon energy of 1.6÷2.1 eV, optical photodarkening and a decrease in the forbidden zone width (E_g) occur in the substance. This result is related to the breaking of As-As homopolar bonds with low bond energy in the sample depending on the exposure time and the increase of state density in the upper part of the valence band.*

Keywords: *amorphous, glass, non-crystalline*

ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В СИСТЕМЕ ХАЛЬКОГЕНИДНОГО СТЕКЛА $Se_{95}As_5$

Абстракт: *Представленная работа посвящена исследованию физических механизмов фотоиндуцированного оптического поглощения в тонкопленочных образцах халькогенидного стеклообразного материала $Se_{95}As_5$. В результате исследований установлено, что в диапазоне энергий фотонов 1,6÷2,1 эВ в веществе происходит оптическое фотопотомнение и уменьшение ширины запрещенной зоны (E_g). Этот результат связан с разрывом гомополярных связей As-As с низкой энергией связи в образце в зависимости от времени экспозиции и увеличением плотности состояний в верхней части валентной зоны.*

Ключевые слова: *аморфное, стекло, некристаллическое.*

STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES of $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$: TOWARDS ADVANCED PHOTODETECTORS

Balayeva L., Huseynov A.

Baku State University

blamiye99@gmail.com

Photodetectors, which convert optical signals to electrical signals, are critical to modern information technologies, with applications spanning biomedical X-ray imaging [1], UV detection for lithography and live cell analysis [2,3], visible light detection for cameras [4], and infrared (IR) detection for night vision, optical communication, atmospheric monitoring, and spectral quality control. As radio communication networks and fiber-optic use expand, photodetectors must meet rising performance demands, especially for high-frequency signal reception [5]. This study addresses this need by synthesizing and examining gallium-boron-selenide ($\text{Ga}_{1-x}\text{B}_x\text{Se}$) solid solutions, which are photosensitive in the near-infrared and visible ranges, for advanced photodetector development.

Figure 1 shows the XRD diffractograms of the $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$ crystal, where the interlayer distance ($d = 3.96782 \text{ \AA}$) is notably greater than in pure GaSe crystals ($d = 1.54056 \text{ \AA}$) [6]. This increase is expected to enhance $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$'s performance as a photodetector material by affecting its electronic band structure and energy levels. A larger interlayer spacing enables absorption of lower-energy photons, expanding sensitivity across a broader spectral range, including IR wavelengths. Additionally, this spacing may ease charge carrier movement (electrons and holes), boosting photoelectric response speed and efficiency. Boron incorporation introduces new defect levels that can slow carrier recombination, extending the lifetime of photoinduced carriers and improving light response. The narrower bandgap in $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$ further enhances sensitivity at longer wavelengths, making it particularly effective in the IR range. Boron also contributes to greater structural stability and thermal resistance, vital for industrial applications under harsh conditions. The expanded interlayer spacing enhances the material's light absorption and photocurrent response at low light levels, increasing quantum efficiency by reducing electron-hole recombination. Altogether, the larger interlayer spacing in $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$ improves spectral sensitivity, light response, and photodetector performance and stability.

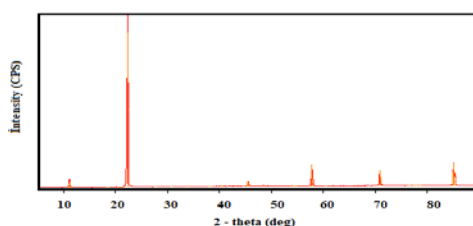


Fig 1. XRD pattern of $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$

Figure 2 shows SEM images of the $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$ crystal at two magnifications. In Figure 2a, the material's layered (lamellar) structure is evident, reflecting the stacking nature typical of GaSe crystals. The surface morphology reveals signs of fragmentation or mechanical stress, likely caused during sample preparation. Small particles and defects are also noticeable, possibly due to sample handling. At 1500x magnification, the layers appear relatively thick, measuring several micrometers, indicating a multilayered crystal structure. In Figure 2b, with a higher magnification of 11,743x, thinner layers ranging from micrometer to sub-micrometer scale are visible, highlighting the fine details of the material's structure. The smoothness and uniformity of these layers suggest high crystal quality and controlled growth, with no significant defects, indicating homogeneity in the crystal formation process. The SEM analysis confirms that $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$ has a layered structure, which is promising for optoelectronic applications like photodetectors. Layered materials and thin films are known to enhance device performance, and the smooth, orderly layers observed at higher magnifications are essential for stable electronic and optical properties. The well-ordered configuration of $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$ may benefit thin-film photodetectors or sensors by improving light absorption and conductivity. Compared to other layered materials, the thickness and uniformity of $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$ layers suggest unique optical properties, enhancing its potential for advanced photodetector technologies.

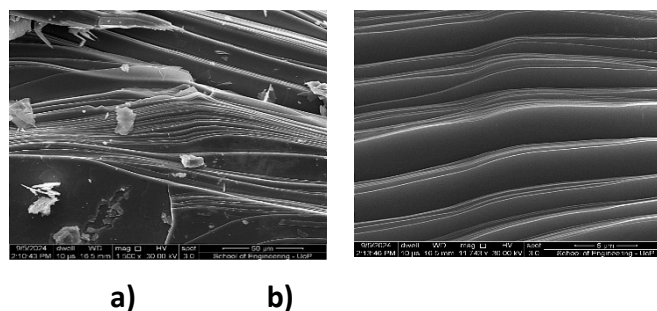


Fig.2 SEM images of $\text{Ga}_{0.99}\text{B}_{0.01}\text{Se}$ crystal

References:

1. Lussani FC, RF d. C. Vescovi, TD d. Souza, CA Leite and C. Giles. Rev. Sci. Instrum. 2015; 86(063705):1-8.
2. Bartels RA, Paul A, Green H, Kapteyn HC, Murnane MM, Backus S, Christov IP, Liu Y, Attwood D, Jacobsen C. Generation of spatially coherent light at extreme ultraviolet wavelengths. Science. 2002 Jul 19;297(5580):376-8.
3. Zeskind BJ, Jordan CD, Timp W, Trapani L, Waller G, Horodincu V, Ehrlich DJ, Matsudaira P. Nucleic acid and protein mass mapping by live-cell deep-ultraviolet microscopy. Nature Methods. 2007 Jul;4(7):567-9.

4. Fowler B, Liu C, Mims S, Balicki J, Li W, Do H, Appelbaum J, Vu P. A 5.5 Mpixel 100 frames/sec wide dynamic range low noise CMOS image sensor for scientific applications. In Sensors, Cameras, and Systems for Industrial/Scientific Applications XI 2010 Jan 25 (Vol. 7536, pp. 58-69). SPIE.
5. Ellis AD, Zhao J, Cotter D. Approaching the non-linear Shannon limit. Journal of lightwave technology. 2009 Aug 21;28(4):423-33.
6. Abdullah, M. M., Bhagavannarayana, G., & Wahab, M. A. (2010). Growth and characterization of GaSe single crystal. *Journal of Crystal Growth*, 312(9), 1534-1537.

Ga_{0.99}B_{0.01}Se -nin QRULUŞ və MORFOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ: TƏKKİLLƏŞMİŞ FOTODEDEKTORLARA DOĞRU

Balayeva L., Huseynov A.

***Xülasə:** Ga_{0.99}B_{0.01}Se kristallarının tədqiqi bu materialın, xüsusilə yaxın infraqırmızı və görünən spektral diapazonda fotodetektor tətbiqləri üçün perspektivli xüsusiyyətlərə malik olduğunu göstərir. Laylararası məsafənin artması kristalın elektrik və optik xüsusiyyətlərinə müsbət təsir edərək spektral həssaslığını artırır və uzun dalğa diapazonunda səmərəli foton udulmasını təmin edir. Bundan əlavə, gallium atomlarının bor atomları ilə əvəzlənməsi qadağan olunmuş zonanı daraldaraq İQ deteksiyasına imkan yaradan struktur modifikasiyalarını, həmçinin sənaye tətbiqləri üçün vacib olan istilik sabitliyi və davamlılığı yaxşılaşdırır. SEM təhlili Ga_{0.99}B_{0.01}Se -nin yüksək kristal keyfiyyəti və hamar, homojen laylara malik olduğunu göstərir. Bu nəticələr Ga_{0.99}B_{0.01}Se materialının fotodetektorların inkişafı üçün yüksək fəthəssaslıq, dayanıqlıq və geniş optoelektronika tətbiqləri üçün uyğunluq xüsusiyyətlərinə malik perspektivli material olduğunu göstərir. Gələcək tədqiqatlar bu xüsusiyyətlərin daha da optimallaşdırılması ilə materialın funksional, çoxfunksiyalı fotodetektor qurğularına inteqrasiyasını genişləndirə bilər.*

***Açar sözlər:** fotodetektor, bərk məhlul, laylararası məsafə, laylı kristal*

СТРУКТУРНЫЕ И MORFOЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Ga_{0.99}B_{0.01}Se: НА ПУТИ К СОЗДАНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ФОТОПРИЕМНИКОВ

Балаева Л., Гусейнова А.

***Резюме:** Исследование кристаллов Ga_{0.99}B_{0.01}Se показывает, что этот материал обладает перспективными характеристиками для применения в фотодетекторах, особенно в ближнем инфракрасном и видимом спектральном диапазонах. Увеличение межслоевого расстояния положительно влияет на электрические и оптические свойства кристалла, повышая его спектральную чувствительность и обеспечивая эффективное поглощение фотонов на более длинных волнах. Кроме того, замещение атомов галлия атомами бора приводит к структурным модификациям, которые не только сужают запрещенную зону, способствуя ИК-детекции, но и улучшают термостабильность и долговечность, что важно для промышленных применений. SEM-анализ показывает, что Ga_{0.99}B_{0.01}Se характеризуется высоким качеством кристалла с гладкими и однородными слоями. Эти результаты предполагают, что Ga_{0.99}B_{0.01}Se является перспективным материалом для разработки фотодетекторов с высокой фоточувствительностью, устойчивостью и широкими возможностями применения в оптоэлектронике. В будущем дальнейшая оптимизация этих свойств может расширить возможности материала для интеграции в функциональные, многофункциональные фотодетекторные устройства.*

***Ключевые слова:** фотодетектор, твердый раствор, межслоевое расстояние, слоистый кристалл.*

GÜNƏŞ ELEMETLƏRİNƏ CƏRƏYAN DAŞIYAN ŞƏBƏKƏNİN HƏNDƏSİ FORMASININ TƏSİRİ

Ələkbərova R.X., Ağayev M.N..

Bakı Dövlət Universiteti

elekberovaremziyye01@gmail.com, agayevm50bk.ru

Cərəyan daşıyan yolların həndəsi formasının şəbəkəsində, gücün omik itkiləri əsasən böyük rol oynadığından, günəş elementlərini (GE) hazırlayarkən kiçik şuntlayıcı cərəyanın təmin olunmasına və mümkün minimal ardıcıl R_{ar} müqavimətinə malik olan cihazların hazırlanma texnologiyasının işlənməsinə böyük diqqət ayrılmalıdır[1].

Kontakt şəbəkəsinin təsiri ilə üç problem mövcuddur. Birinci problem , yarımkeçiricinin üst təbəqəsində kontakt şəbəkəsinin zolaqları arasında fotocərəyanın olması ilə bağlıdır. Bunlardan ikincisi, metal şəbəkə ilə yarımkeçirici arasındakı kontakt müqavimətidir. Üçüncü komponentin mövcudluğu şəbəkənin metal zolaqlarının müqaviməti ilə bağlıdır[2].

Cərəyan daşıyan yolların həndəsəsinin GE – nin fotoenergetik parametrlərinə təsirini tədqiq etmək üçün biz vahid texnoloji şəraitdə üç seriya nümunə hazırlanmışıq. Hazırlanmış nümunələr eyni yarımkeçirici struktura lakin cərəyan daşıyan şəbəkənin müxtəlif həndəsi quruluşuna malik görülmüşdür.

Cərəyan daşıyan yolların frontal təbəqəsində olan itkiləri azaltmaq üçün omik kontaktlar şəbəkə şəklində düzəldilmişdir. Şəbəkəni daha sıx götürməklə, şəbəkənin müqavimətini kiçiltmək olar. Bu səbəbdən də optimal həndəsəsi olan kontakt şəbəkəsinin yaradılması açıq olaraq qalır .

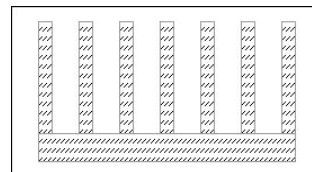
Ədəbiyyatlarda aparılan tədqiqatlardan belə nəticə çıxır ki, kontakt şəbəkəsinin həndəsəsi formalarını seçməklə müəyyən tip Günəş elementləri üçün yaxşı parametrləri olan nümunənin alınmasına nail olmaq olar.

Tədqiq olunan işdə daraq şəklində hazırlanmış nümunənin elektrofiziki parametrləri tədqiq olunmuşdur. Ölcmə aparılmamışdan əvvəl Günəş elementinə omik kontakt vurulmuşdur. Omik kontakt kimi $Al_{80}Ni_{20}$ amorf xəlitəli metaldan istifadə edilmişdir. Kontaktın omik olmasını yoxlamaq məqsədilə hər iki istiqamətdə Volt – Amper xarakteristikası çıxarılmışdır. Xarakteristikadan görünür ki, hər iki istiqamətdə əyri düzxətdir. Buda Günəş elementinə vurulan kontaktın omik kontakt olmasını göstərir. Kontaktın omikliyi müəyyənləşdirdikdən sonra nümunəni tədqiq etmək üçün yığılmış qurguya birləşdirmişdir.

Tədqiq olunan Günəş elementinin alınmış parametrləri cədvəldə verilmişdir.

$I_{q,q}, mA$	$U_{s,g}, V$	I_{opt}, mA	U_{opt}, V	R_p, Ω	ξ	$P_{çix}, Bt$	F.İ.Ə %
30,0	0,537	28,57	0,412	1,77	0,730	11,77	11,77

Ölçülən Günəş elementinin ümumiləşdirilmiş parametrlərinin qiymətləri, düşən şüanın gücü = 100 Vt / sm² və T = 300⁰ K olan yükün VAX – dan müəyyən edilmiş qiymətləri göstərilmişdir.



Ədəbiyyat

1. Аскеров Ш.Г., Агаев М.Н., Гасанов М.Г. идр. Солнечные элементы на основе p-n-перехода из p-Si с металлизацией из аморфного металлического сплава Al₈₀Ni₂₀ // Известия АН Азербайджана, серия физико-математических наук, 2003, том XXIII, №5(II), с.66-68.
2. Ш.Г.Аскеров, М.Н. Агаев, М.Г.Гасанов, В.А.Оруджов, Н.А.Гусейнов, Использование аморфного сплава AL- Ni в солнечных элементах в качестве металлизации , Beynəlxalq Konfrans “Fizika - 2005” (Məqalələr toplusu) АМЕА – s1 Fizika İnstitutunun 60 – illiyinə həsr olunur. 7-9 İyun. Bakı – 2005. Sh.715 – 716.

THE EFFECT OF THE GEOMETRIC SHAPE OF A NETWORK CARRYING CURRENT IN SOLAR ELEMENTS

Alakbarova R.X., Ağayev M.N.

Abstract: In order to investigate the effect of the geometry of current -carrying paths on the photoelectric parameters of solar cells, we have prepared three samples under identical technological conditions. The prepared samples have the same semiconductor structure. In this study, the electrophysical parameters of the comb-shaped sample were examined, and the generalized parameters of the measured solar cell are provided in the table.

Keywords: Al₈₀Ni₂₀, Solar element, VAX

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ СЕТИ, ПЕРЕДАЮЩЕЙ ТОК В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Элекберова Р.Х., Агаев М.Н.

Абстрактный: Для исследования влияния геометрии проводящих путей на фотоэнергетические параметры солнечных элементов нами подготовлены три образца в единых технологических условиях. Все подготовленные образцы имеют одинаковую полупроводниковую структуру. В представленной работе исследованы электрофизические параметры образца, выполненного в виде решетки, и измеренные обобщенные параметры солнечного элемента приведены в таблице.

Ключевые слова: Al₈₀Ni₂₀, Солнечный элемент, VAX

**(TlGaSe₂)_{1-x} (TlInS₂)_x (0≤X≤ 1) В ТВЕРДОМ РАСТВОРЕ ЗАВИСИМОСТЬ
ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ
ОТ ПАРАМЕТРОВ РЕШЕТКИ.**

Салимова В., Летифова С.

Сумгаит Государственный Университет

vafa.salimova@sdu.edu.az

***Аннотация:** Синтезированы и проведены рентгенографический анализ полупроводниковых твердых растворов (TlGaSe₂)_{1-x} (TlInS₂)_x (0≤X≤ 1). Пикнометрическим и рентгенографическим методами определены плотность во всех составах. Выявлено, что все твердые растворы кристаллизуются более сложное моноклинное сингонии и в ней в элементарной ячейка содедержит несколько молекул.
Ключевые слова: полупроводник, твердый раствор, кристаллическая структура, параметр решетки, плотность, рентгенографический анализ, запрещенная зона, химическая связь.*

Как известно, полупроводниковые соединения TlA^{III}B₂^{VI} (A^{III}-Ga, In; B^{VI}-S,Se,Te) считаются интересными объектами исследования как с теоретической, так и с практической точки зрения. Таким образом, большое количество валентных электронов в соединениях этого типа, асимметрия химической связи между атомами, а также специфические свойства, возникающие в их кристаллической структуре, отличают эти материалы от других полупроводников. Указанные свойства позволяют варьировать в нужном направлении основные параметры полупроводимости в твердых растворах, полученных на основе таких веществ. Такое изменение проявляется и в физических свойствах, что важно с точки зрения практического применения. Изменение ширины запрещенной зоны в нужную сторону интересно с точки зрения разработки оптических преобразователей, способных работать в определенном диапазоне длин волн. Одним из оптимальных способов изменения ширины запрещенной зоны таким способом являются твердые растворы. Твердые растворы (TlGaSe₂)_{1-x} (TlInS₂)_x (0≤X≤ 1) синтезировали по доступной из литературы методике [1].

Плотность всех компонентов определяли как пикнометрическим, так и радиографическим методами. Результаты измерений приведены в таблице (табл.1).

таблице 1

Полупроводниковые соединения и твердые растворы	$\rho_{\text{пик.}}, 10^3 \text{kg/m}^3$	$\rho_{\text{рент.}}, 10^3 \text{kg/m}^3$	$\rho_{\text{пик}} / \rho_{\text{рент.}}$
TlGaSe ₂	6.4	3.2	2
(TlGaSe ₂) _{0.8} (TlInS ₂) _{0.2}	5	3.89	1.28
(TlGaSe ₂) _{0.6} (TlInS ₂) _{0.4}	4.8	3.12	1.54
(TlGaSe ₂) _{0.4} (TlInS ₂) _{0.6}	4.2	2.96	1.42
(TlGaSe ₂) _{0.2} (TlInS ₂) _{0.8}	4.3	3	1.43
TlInS ₂	5.4	3.8	1.42

Как видно из таблицы, с увеличением массовой доли соединения TlInS_2 в твердых растворах (от $x=0,2$ до $x=0,6$) значение плотности относительно уменьшается. Это изменение можно объяснить изменением объема кристаллической решетки твердого раствора.

Проведенные исследования показывают, что в твердом растворе $(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$ ($0 \leq x \leq 1$) параметры решетки с уменьшаются с увеличением x . При этом ширина запрещенной зоны увеличивается. (рис 1).

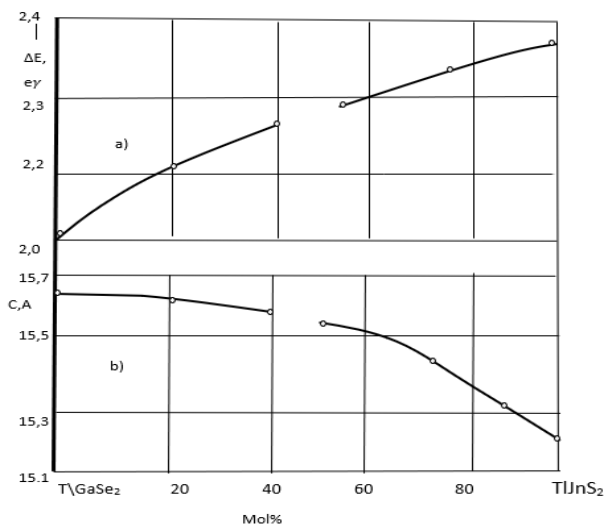


Рис. 1. Зависимость ширины запрещенной зоны (а) и параметров решетки (б) от состава.

Такая зависимость была получена и в других полупроводниковых твердых растворах [3]. Эта зависимость может быть связана с асимметрией химических связей в разных направлениях в кристаллической решетке. Таким образом, исследованные твердые растворы имеют более сложную структуру с различными свойствами в разных направлениях по химическим связям при сохранении моноклинности. При этом, в отличие от простой структуры, в элементарном ядре находится больше молекул.

Как показано в существующей литературе, в «узкозонных» и «широкозонных» полупроводниках доля порогов, обусловленных взаимодействием ширины запрещенной зоны в зависимости от температуры с тепловым расширением и колебаниями решетки, различна. Как отмечалось в этих работах, ширина запрещенной зоны в соединении TlInS_2 линейно уменьшается с ростом температуры. Чтобы определить, имеет ли место такая закономерность в твердых растворах, необходимо знать коэффициенты теплового расширения и изотермического сжатия этих растворов.

Литература

1. Рустамов П. Г., Годжаев М.М., Алиев О.М., Абдуллаева С.Г. “Взаимодействие тройных таллиевых халькогенидов галлия и индия” изв. АН СССР Неорган. Материалы. 1988. Т3 №3 с.479-481.
2. Г.Д.Гусейнов, В.А.Алиев, З.Ф. Вагирзаде, М.М. Годжаев, Л.А. Исламзаде “Фотоэлектрические свойства монокристаллов двойного изовалентного замещения $(\text{TlGaSe}_2)_x(\text{TlInS}_2)_{1-x}$ ” докл. Академии наук Азб.ССР, 1987, том XIII, №6 с,17-20.
3. Н.Н. Сирота, Л.А. Маковецкая “Ширина запрещенной зоны и коэффициент линейного расширения полупроводниковых сплавов InP- GaAs” химическая связь в полупроводниках и термодинамика. Минск изд наука и техника.1996 с. 208-211.

$(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$ ($0 \leq X \leq 1$) BƏRK MƏHLULUNDA KİMYƏVİ RABİTƏNİN VƏ QADAĞAN OLUNMUŞ ZONANIN ENİNİN

QƏFƏS PARAMETRLƏRİNDƏN ASILLIĞI.

Səlimova V., Lətifova S.

Xülasə: $(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$ ($0 \leq X \leq 1$) yarımkeçirici bərk məhlulları sintez olunmuş və rentgenoqrafik analiz aparılmışdır. Bütün tərkiblərin piknometrik və rentgenoqrafik üsullarla sıxlığı təyin edilmişdir. Müəyan edilmişdir ki, alınan bərk məhlullar daha mürəkkəb monoklin sinqoniyada kristallaşurlar. Bu halda elementar özəkdə daha çox molekul yerləşir.

Açar sözlər: yarımkeçirici, bərk məhlul, kristallik quruluş, qəfəs parametrləri, sıxlıq rentgenoqrafik analiz, qadağan olunmuş zona, kimyavi rabitə.

$(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$ ($0 \leq X \leq 1$) IN SOLID SOLUTION, DEPENDENCE OF CHEMICAL BOND AND BAND GAP ON LATTICE PARAMETERS

Salimova V., letifova S.

Summary: Semiconductor solid solutions $(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$ ($0 \leq X \leq 1$) were synthesized and X-ray analysis was carried out. The density in all compositions was determined by pycnometric and radiographic methods. It was revealed that all solid solutions crystallize in a more complex monoclinic system and in it the unit cell contains several molecules.

Key words: semiconductor, solid solution, crystal structure, lattice parameter, density, X-ray analysis, band gap, chemical bond.

FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ KRİSTALLARININ DIELEKTRİK ƏMSALLARININ TEZLİK DISPERSİYASI

*Niftiyev N.N., *Daşdəmirov A.O., **Məmmədov F.M., *Ağayeva R.M.

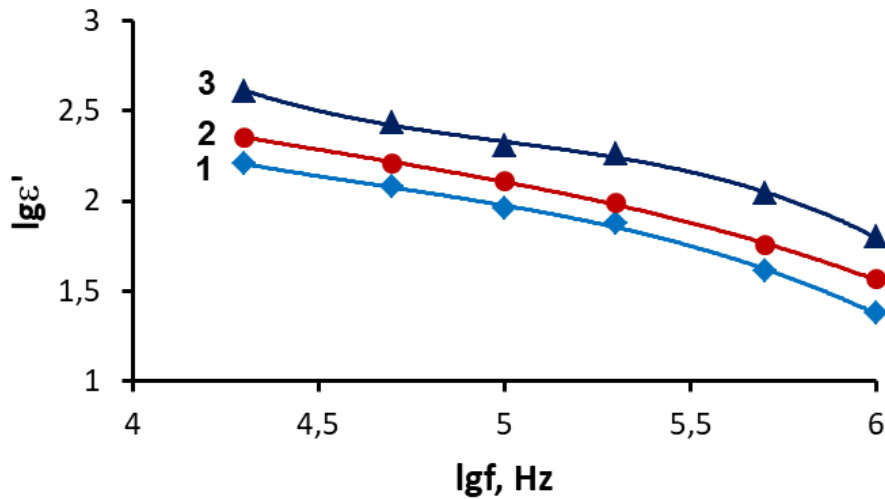
*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

**AMEA Kataliz və Qeyri – üzvi Kimya İnstitutu

namiq7@bk.ru

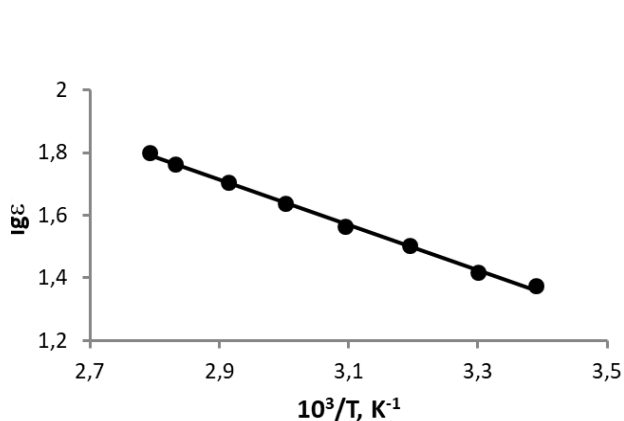
AB₂X₄ tipli keçid metal xalkogenidləri (A-Mn, Fe; B-Ga, In, Sb, Bi; X-S, Se, Te) maraqlı fiziki xüsusiyyətlərə malikdir və uzun illərdir ki, tədqiqatçıların diqqətini cəlb edir [1-2]. Bu yaxınlarda müəyyən edilmişdir ki, bu tip bəzi birləşmələr maqnit topoloji izolyatordur və super sürətli yaddaş elementlərinin, spintronik cihazların, kvant kompüterlərinin, detektorların və s. yaradılması üçün perspektivlidir [3-4].

İşdədəyişən elektrik sahəsində FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄kristallarının dielektrik xassələri tədqiq edilmişdir. FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄kristal stexiometrik miqdarda yüksək təmizlikli elementlərdən (99,99) alınmışdır. Rentqenoqrafik metodla analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ kristal qəfəs parametrləri $a = 3,983 \text{ \AA}$ və $c = 38,811 \text{ \AA}$ olan triqonal sinqoniyaya (fəza qrupu $3ml$) kristallaşır [5]. Elektrik tutumunu ölçmək üçün qalınlığı $\sim 1 \text{ mm}$ olan FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ kristal lövhələrə gümüş pastası vuraraq kondensatorlar hazırlanmış və ölçülmələr E7-20 ($25 \div 10^6 \text{ Hz}$) rəqəmli immetans ölçü cihazından istifadə etməklə aparılmışdır. Dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi $\epsilon' = Cd/\epsilon_0 S$, xəyali hissəsi isə $\epsilon'' = \text{tg}\delta \cdot \epsilon'$ ifadələrindən hesablanmışdır.

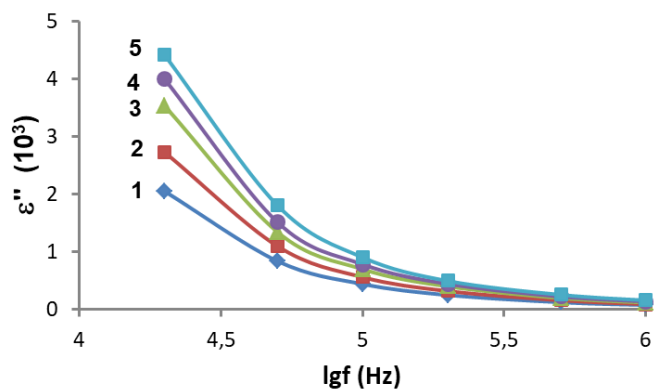


Şəkil 1. FeGa_{0,8}In_{1,2}Se₄ kristalı üçün müxtəlif temperaturlarda dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin elektrik sahəsinin tezliyindən aslılığı. T, K: 1-295, 2-323, 3-358.

Şəkil 1-də $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalının müxtəlif temperaturalarda dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin (ϵ') dəyişən elektrik sahəsinin tezliyindən asılılıq qrafiki göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, tezlik artdıqca ϵ' - in qiyməti azalır. Müəyyən edilmişdir ki, $295 \div 358\text{K}$ temperaturalarda və $2 \cdot 10^4 \div 10^6$ Hz tezlik oblastında ϵ' - in qiyməti $23 \div 410$ intervalında dəyişir və kifayət qədər dispersiyaya uğrayır. Tədqiq olunan temperaturalarda ϵ' - in azalması müşahidə olunur.



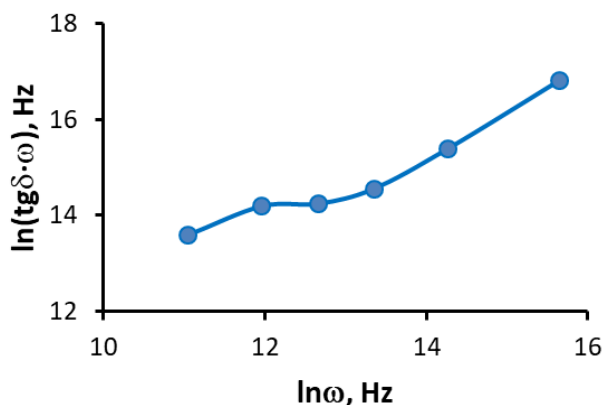
Şəkil 2.



Şəkil 3. $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ - ün müxtəlif temperaturalarda $\epsilon'' \sim \lg f$ asılılığı. $T, \text{K}: 1295, 2-313, 3-333, 4-343, 5-358$.

Şəkil 2-də $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalının dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin temperaturdan asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir. Şəkildən görünür ki, tədqiq olunan materialda temperatur yüksəldikcə dielektrik nüfuzluğunun artması müşahidə olunur. Bunun səbəbi əsasən temperatur yüksəldikcə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması ilə əlaqədardır. $\epsilon' \sim 10^3/T$ asılılığından aktivləşmə enerjisi hesablanmışdır və $E=0,14$ eV-a bərabərdir.

Şəkil 3 - də $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalı üçün $295 \div 358\text{K}$ temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsinin (ϵ'') elektrik sahəsinin tezliyindən asılılıq qrafiki göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, $2 \cdot 10^4 \div 10^6$ Hz tezlik intervalında tezlik artdıqca asılılıq monoton olaraq azalır. Təcrübədə müşahidə olunan dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsinin tezlikdən asılı olaraq monoton azalması $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalında relaksasiya dispersiyasının baş verdiyini göstərir.



Şəkil 4. $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalları üçün 295K temperaturda $\ln(\text{tg} \delta \cdot \omega) \sim \ln \omega$ asılılığı.

Şəkil 4 -də $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristalı üçün 295 K temperaturda $\ln(\text{tg}\delta \cdot \omega)$ ilə $\ln\omega$ – nın asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir. Dielektrik itkisinin tezlikdən asılılığı keçirici mexanizmdən asılıdır. Məsələn, keçiricilikdə dominant rol oynayan zona mexanizmində $\ln(\text{tg}\delta \cdot \omega) \sim \ln\omega$ koordinatında düzxətli asılılıq müşahidə edilməlidir. Şəkil 4 göstərir ki, 295K temperaturda asılılıq düz xəttədən fərqlənir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ kristallarında keçiricilik qarışıq – zona və sıçrayış mexanizmləri ilə xarakterizə olunur.

Ədəbiyyat

11. Niftiyev N.N., Dashdemirov A.O., Mammadov F.M., Muradov M.B. Frequency dispersion of dielectric coefficients of MnGaInTe_4 crystals. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, **27** (2024) 189-193.
12. Нифтиев Н.Н., Дашдемиров А.О., Мамедов Ф.М., Агаева Р.М. Электрические свойства $\text{FeGa}_{0,4}\text{In}_{1,6}\text{Se}_4$ на переменном токе. *Электронная обработка материалов*, **60** (2024) 56–61.
13. Garnica M., Otrokov M., Aguilar P.C and et.al. Native point defects and their implications for the Dirac point gap at $\text{MnBi}_2\text{Te}_4(0001)$. *Quantum Materials*, **7** (2022).
14. Otrokov M. M., Klimovskikh I. I., Bentmann H. and et.al. Prediction and observation of an antiferromagnetic topological insulator. *Nature*, **576** (2019) 416 –422.
15. Мамедов Ф.М., Имамалиева С.З., Амирасланов И.Р., Бабанлы М.Б. Фазовая диаграмма системы $\text{FeGa}_2\text{Se}_4\text{--FeIn}_2\text{Se}_4$ и кристаллическая структура FeGaInSe_4 , Конденсированные среды межфазные границы, **20** (2018) 604-610.

FREQUENCY DISPERSION OF DIELECTRIC COEFFICIENTS OF $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ CRYSTALS

Niftiyev N.N., Dashdemirov A.O., Mamedov F.M., Agaeva R.M.

Summary: ϵ' , ϵ'' and $\text{tg}\delta$ of the $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ crystal were studied at different frequencies and temperatures. It was found that the real and imaginary parts of the permittivity are subject to a significant degree of dispersion, which has a relaxation character. The activation energy of the $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ crystal was calculated and the value $\Delta E = 0.14$ eV was found. The conductivity is characterized by a zone-hopping mechanism.

Keywords: $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$, alternating current, frequency, permittivity, dielectric loss, band-hopping mechanism, activation energy

ЧАСТОТНАЯ ДИСПЕРСИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ КРИСТАЛЛОВ $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$

Нифтиев Н.Н., Дашдамиров А.О., Мамедов Ф.М., Агаева Р.М.

Резюме: Изучены ϵ' , ϵ'' и $\text{tg}\delta$ кристалла $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ при различных частотах и температурах. Установлено, что действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости подвержены значительной степени дисперсии, имеющей характер релаксации. Рассчитана энергия активации кристалла $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$ и найдено значение $\Delta E = 0,14$ эВ. Проводимость характеризуется зонно-прыжковым механизмом.

Ключевые слова: $\text{FeGa}_{0,8}\text{In}_{1,2}\text{Se}_4$, переменный ток, частота, диэлектрическая проницаемость, диэлектрических потерь, зонно-прыжковый механизм, энергия активации

$K_{0,945}Rb_{0,055}NO_3$ MONOKRİSTALINDA II \leftrightarrow III FAZA ÇEVİRİLMƏLƏRİNİN MORFOLOGİYASI

Bayramlı R.B.¹, Nəsirov E.V.², Məhərrəmov İ.M.³, Bayramlı Ü.F.⁴, Nəsirov V.İ.⁵

1-rabayramov@beu.edu.az, Bakı Mühəndislik Universiteti

2-emin-nasirov@inbox.ru, Heydər Əliyev adına Hərbi İnstitut

3- izzetmeheremov@gmail.com, Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu

4- bayramliulviyye13@gmail.com, Bakı Hərbi Kolleci

5-vaqif-nesir@mail.ru,Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

***Xülasə:** İzotermik kristallaşma üsulu ilə suda məhluldan $K_{0,945}Rb_{0,055}NO_3$ monokristalları yetişdirilmiş və II \leftrightarrow III çevrilmələri zamanı II və III modifikasiya kristallarının böyümə morfologiyası öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, tədqiq olunan kristallarda quruluş çevrilmələri enantiotrop olub, II və III-modifikasiyalar arasındakı tarazlıq temperaturu $T=455\pm 0,5K$ -dir.*

***Açar sözlər:** morfologiya, monokristal, polimorfizm, kristal*

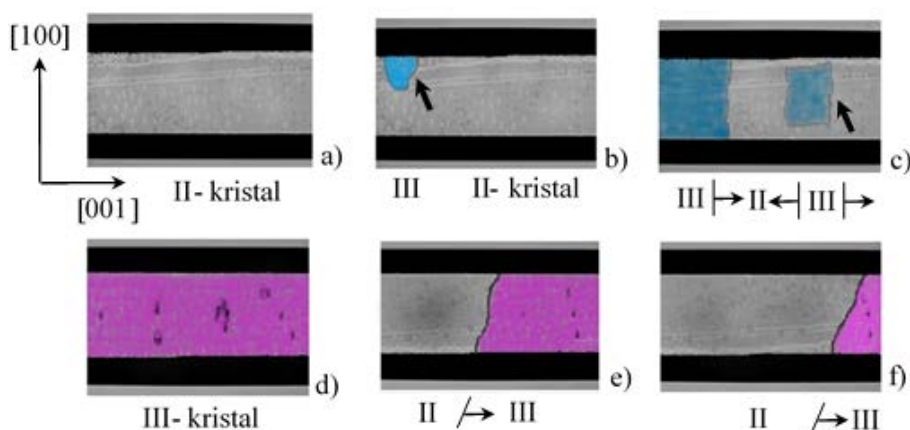
Qələvi metalların nitrat birləşmələrində polimorf çevrilmələrin öyrənilməsi elmi və praktiki maraq kəsb edir. Birləşmələrin texnoloji imkanları əla piezoelektrik və ferroelektrik xüsusiyyətlərinə görə elektro-cihazlarda (kondensatorlar) aktiv element kimi (KNO_3 - III faza ferroelektrik) istifadə olunmağa yönəldilmişdir [1, 2]. Bundan əlavə pirotexnikada, metallurğiyada, analitik kimya və dərman preparatlarının hazırlanmasında istifadə olunan güclü oksidləşdirici maddələrdir [3]. Kalium duzları konversiya qurğularının, yaddaş elementlərinin və radiasiya istilik ötürücü qurğuların istehsalında istifadə olunur [4].

Eksperiment

Təcrübələr qızdırıcı ilə təmin olunmuş МИН-8 polyarizasiya mikroskopunda “Levenhuk C310 NK” tipli kinokamera vasitəsi ilə aparılmışdır. Polimorf çevrilmələr zamanı kristal böyüməsi kompüter vasitəsi ilə müşahidə olunmuşdur.[5, 6].Kristalın temperaturu sonluğu onun üzərinə toxunan termocüt vasitəsi ilə ölçülmüşdür. Temperatur ölçmələrinin xətası $100^{\circ}C$ -də $\pm 0,5K$ olmuşdur.

Morfoloji tədqiqatlarda əvvəlcə II və III modifikasiyalar arasında tarazlıq temperaturunu təyin etdik ki, bu da $T_0=455\pm 0,5K$ -nə bərabərdir. $K_{0,945}Rb_{0,055}NO_3$ kristallarında II \rightarrow III çevrilməsi $T_{\text{çev}}>T_0$ temperaturunda II modifikasiya kristalı daxilində III modifikasiya kristalının rüşeyminin yaranması və böyüməsilə gedir (Şəkil 1,b) [6,7]. Şəkildən görüldüyü kimi bir rüşeyim yarandıqdan sonra ana kristal daxilində III-kristalın daha 1 rüşeyimi yaranır və sürətlə böyüməyə başlayır. Həmin rüşeyimlər şəkildə oxlarla göstərilmişdir. Yaranan rüşeyimlər əsasən [100] kristalloqrafik istiqamətində böyüyürlər. Lakin eyni zamanda [001] istiqamətində də böyümələr müşahidə olunur və $v_{[100]} > v_{[001]}$ -dir.

III- modifikasiya ktistalı 453K temperatura kimi soyudulan zaman $T_{\text{cev}} > T_0$ temperaturunda əks çevrilmə, yəni III→II çevrilməsi baş verir. Bu proses də III faza daxilində II faza kristalı rüşeyminin yaranması və böyüməsilə baş verir (Şəkil 1.e). Tam əks çevrilmə başa çatdıqdan sonra II-modifikasiya kristalının defektsiz, mükəmməl olması (şəkil 1.f) yenidən eyni kristalın 2-ci dəfə II→III çevrilmədə istifadəyə yararlı olmağını deməyə əsas verir. Məhs rentgenoqrafik tədqiqatlar da bunu sübut etmişdir. Belə ki, yüksək temperaturda və sonradan əks çevrilmədə otaq temperaturu daxil alınan nəticələr onu deməyə əsas verdi ki, kristal tam olaraq ilkin halını tam bərpa edə bilər. Bu da əvvəldə qeyd olunmuş yaddaş elementi kimi istifadəsinə imkan yaradır.



Şəkil 1. $K_{0,945}Rb_{0,055}NO_3$ monokristalında II↔III çevrilməsi zamanı III və II modifikasiya kristallarının böyüməsinin mikrofotografiyaları (böyütmə $\times 90$).

Nəticə

Beləliklə, eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir ki, $K_{0,945}Rb_{0,055}NO_3$ kristallarında polimorf çevrilmələr enantiotrop xarakter daşıyır və II↔III çevrilmələr zamanı III və II modifikasiyalı kristalların böyüməsi ana kristal daxilində rüşeyimin əmələ gəlməsi və böyüməsi ilə baş verir.

III və II modifikasiyalar arasında aralıq modifikasiyanın, II→III çevrilmə zamanı kalium nitrat kristallarında aşkar edilən ritmik böyümənin [8, 9] olmadığı aşkar edilmişdir. Polimorf çevrilmələr monokristal↔monokristal tiplidir. K^+ ionlarının Rb^+ ionları ilə qismən əvəzlənməsi II və III modifikasiyalar arasında tarazlıq temperaturunu təxminən 55 K artırır.

Ədəbiyyat

1. Kumar, N. and Natha, R., Ferroelectric properties of potassium nitrate-polymer composite films, J. Pure Appl. & Ind. Phys. 1(1), p. 21, 2010.
2. Erdinc, B. and Akkus, H., Ab-initio study of the electronic structure and optical properties of KNO_3 in the ferroelectric phase, Phys. Scr. 79, p. 025601, 2009.

3. Venkatesh. E., Naresh V. and Rajesh N. Propulsion of rocket using potassium nitrate. International Journal of Engineering Inventions (IJEI) V. 11, 9. p. 01, 2022.
4. Теслева Е.П. “Исследование полиморфных превращений в ионно-молекулярных диэлектриках методами физической акустики и теплофизики”, Канд. Диссертация, Казан. 2006.
5. Асадов Ю.Г., Насиров В.И. Исследование кинетики полиморфного превращения в монокристаллах нитрата калия. Кристаллография. Том 17. Вып. 5. С. 991. 1972.
6. Nasirov V.I., Bairamov R.B., Asadov Y.G., Haziyeva A.F. Single Crystal \leftrightarrow Single Crystal Polymorphic Transformations in $K_{0.985}Rb_{0.015}NO_3$. Crys. Reports. V. 59. P. 1121. 2014.
7. Asadov Yu.G., Nasirov V.I., Jabrailova G.A. Morphology of crystal at polymorphic transformation in KNO_3 , $AgNO_3$ and NH_4NO_3 single crystals. J. Cryst. Growth. V. 15. P. 45. 1972.
8. Haziyeva A.F., Nasirov V.I., Asadov Y.G., Aliyev Y.I. and Jabarov S.H. $Rb_{1-x}Cs_xNO_3$ ($x = 0.025, 0.05, 0.1$) single crystals and their high-temperature X-ray study. Semiconductors. V. 52. P. 713. 2018.
9. Nasirov V.I., Bairamov R.B. and Nasirov E.V. Morphology and Kinetics of Polymorphic Transformations in $K_{0.965}Rb_{0.035}NO_3$ Single Crystals. Crystallography Reports. v.60, N.7, p.1-5. 2015.

МОРФОЛОГИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ II \leftrightarrow III В МОНОКРИСТАЛЛЕ $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$

Байрамлы Р.Б., Насиров Э.В., Маггеррамов И.М., Байрамлы У.Ф., Насиров В.И.

Резюме: Методом изотермической кристаллизации, из водного раствора, выращены монокристаллы $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$, и изучена морфология роста кристаллов III и II-модификаций при превращениях II \leftrightarrow III. Установлено, что структурные превращения в исследуемом кристалле энантиотропные, и температура равновесия между модификациями II и III равна $T = 455 \pm 0,5$ К

MORPHOLOGY OF II \leftrightarrow III PHASE TRANSFORMATIONS IN $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$ MONOCRYSTAL

Bayramli R.B., Nasirov E.V., Maharramov I.M., Bayramli U.F., Nasirov V.I.

Summary: Monocrystals of $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$ were grown by an isothermal crystallization method, from an aqueous solution, and the growth morphology of crystals of III and II modifications during transformations II \leftrightarrow III was studied. It is established that the structural transformations in the crystal under investigation are enantiotropic and the equilibrium temperature between modifications II and III is $T = 455 \pm 0,5$ K

Cu_{1.60}Zn_{0.15}Te KRİSTALINDA POLİMORF ÇEVİLMƏLƏR

Nəsirov E.V.¹, Rzayeva A.G.², Əhədova S.M.¹, Nəsirov V.İ.^{1,2}

H.Əliyev adına Hərbi İnstitut¹

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti²

***Xülasə.** Cu_{1.60}Zn_{0.15}Te monokristallarında polimorf çevrilmələrin quruluş aspektləri araşdırılmış və müəyyən edilmişdir ki, Cu_{1.75}Te kristalında Cu atomlarının Zn atomları ilə qismən əvəzlənməsi nəticəsində alınan C_{1.60}Zn_{0.15}Te monokristalında ana fazada müşahidə edilən heksaqonal fazadan əlavə rombik və üzəmərkəzləşmiş kub (ÜMK) fazaları da müşahidə edilir. Nümunədə quruluş çevrilməsinin temperaturu yüksəlir və qarşılıqlı çevrilən modifikasiyalar arasında kristalloqrafik istiqamət əlaqələri saxlanılır.*

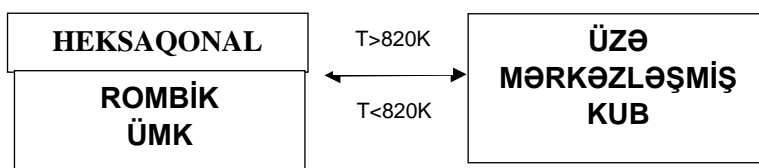
***Açar sözlər:** Monokristal, quruluş aspekti, modifikasiya, kristalloqrafik əlaqə.*

Giriş. Qeyri-stexiometrik birləşmələrinin tədqiqi böyük elmi-texniki əhəmiyyət kəsb edir. Materialların tərkibini dəyişib, temperatur və təzyiqin təsiri ilə quruluş çevrilmələrinə məruz qoymaqla yükdaşıyıcıların konsentrasiyasını dəyişmək olar. Cü-Tə sistemi qeyri-stexiometrik birləşmələrinin yaranmasının səbəbkarı isə həmin birləşmələrdə Cu atomlarının iki valent halında olmalarıdır. Verilmiş xassələrə malik quruluşları əldə etmək üçün tərkib-quruluş-xassə əlaqələrinin müəyyənəndirilməsi vacib şərtlərdəndir. Belə əlaqənin müəyyən edilməsi üçün fazaların yaranma şəraitini, quruluş çevrilmələrini, izamorf kation və anion əvəz olunmalarının quruluş çevrilmələrinin xarakterinə və temperaturuna təsirinin öyrənilməsi zəruridir[1-2]. Tədqiqat iki mərhələdə aparılmışdır. Birinci mərhələdə C_{1.60}Zn_{0.15}Te birləşməsi sintez olunmuşdur. Bu məqsədlə ilkin maddələr kimi B-3 markalı mis, OCÇ təsnifatlı Zn və Te götürülmüşdür. [3]-də şərh olunduğu kimi sintez aparılmış və sonra monokristallar göyərdirilmişdir. Tədqiqatın ikinci mərhələsi rentgen difraktometrik tədqiqatlara həsr olunmuşdur. Rentgenoqrafik tədqiqatlar aparmaq üçün C_{1.60}Zn_{0.15}Te monokristalından 6x4x2mm³ ölçülü müstəvi lövhə formalı nümunələr hazırlanmışdır. Rentgenoqrafik tədqiqatlar əvvəlcə otaq temperaturunda $0^{\circ} \leq 2\theta \leq 100^{\circ}$ bucaq intervalında aparılmış və 14 difraksiya əks olunması müşahidə edilmişdir. Müşahidə olunan difraksiya əks olunmalarını iki qrupa ayırmaq olar. Bunlardan biri $a=4.165\text{Å}$, $c=21.466\text{Å}$ parametrlə heksaqonal qəfəsə, digəri isə elementar kristal qəfəsinin parametrləri $a=7.321\text{Å}$, $b=12.19\text{Å}$, $c=21.466\text{Å}$ olan rombik fazaya aid olmuşdur. Bu kristal qəfəsi Cu₂Te kristalının heksaqonal fazasının ifrat quruluşudur [4,5]. Bundan başqa həmin qrupda müşahidə olunan (311) müstəvisi yüksək temperaturlu ÜMK qəfəsinə aid olmuşdur. Otaq temperaturunda üç fazadan-heksaqonal, rombik və yüksək temperaturlu ÜMK qəfəsindən difraksiya əks olunmaları vardır.

Cədvəldən göründüyü kimi ÜMK qəfəsdən yalnız bir difraksiya əks olunması müşahidə olunur və 820K temperaturda bütün difraksiya əks olunmaları tamamilə dəyişir və yeni bir fazalı ÜMK qəfəsi alınır. Beləliklə Cu_{1.60}Zn_{0.15}Te kristalında aşağıdakı sxem üzrə quruluş çevrilməsi baş verir:

Cədvəl 1. Şüalanma: CuK_α ; $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$, Filtr: Ni, Rejim :gərginlik 35 kV, cərəyan 10A

$T_{\text{Təcrübi}}$ (K)	$d_{\text{təcrübi}}$ (Å^0)	I/I_0	Heksaqonal		Rombik		
			$d_{\text{hesablama}}$	hkl	$d_{\text{hesablama}}$	hkl	
293	7.162	100	7.165	003	7.161	005	Heksaqonal $a=4.1650 \text{ \AA}^0$ $c=21.4569 \text{ \AA}^0$ rombik $a=7.3242 \text{ \AA}^0$ $b=22.1936 \text{ \AA}^0$ $c=35.950 \text{ \AA}^0$
	3.958	50	3.681	006	3.941	127	
	3.416	55	3.381	009	3.416	222	
	1.836	90	1.836	(311)			
	1.891	30	1.802	300	1.802	420	
	1.381	80	1.384	301	1.251	630	
	1.198	40	1.198	00.18	1.985	5.10.5	
573	3.629	90	3.649	100	3.647	211	Heksaqonal $a=4.2218 \text{ \AA}^0$ $c=21.3847 \text{ \AA}^0$ rombik $a=7.4278 \text{ \AA}^0$ $b=22.5380 \text{ \AA}^0$ $c=38.2183 \text{ \AA}^0$
	1.843	100	1.843	(311)			
	1.821	50	1.821	200	1.823	383	
	1.387	10	1.390	2.0.10	1.384	555	
	1.221	50	1.224	300	1.222	630	
	1.210	40	1.210	00.18	1.210	00.30	
820	3.546	100	3.546	111			ÜMK $a=6.4150 \text{ \AA}^0$
	3.081	60	3.081	200			
	2.172	50	2.172	220			
	1.852	80	1.852	311			
	1.774	40	1.7738	222			
	1.536	30	1.536	400			



Mis atomlarının sink atomları ilə qismən əvəz olunması nəticəsində alınan $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$ kristalında hekşaqonal faza ilə yanaşı rombik və ÜMK fazaları da müşahidə olunur. Hekşaqonal fazanın kristal qəfəsinin a parametri, rombik fazanın bütün kristal qəfəsi parametrləri temperatur artdıqca monoton olaraq artır (Cədvəl 2). Hekşaqonal fazanın kristal qəfəsinin c parametri temperaturun artması ilə kiçilir.

Temperatura K	Hekşaqonal		Rombik		
	$a, \text{Å}^0$	$c, \text{Å}^0$	$a, \text{Å}^0$	$b, \text{Å}^0$	$c, \text{Å}^0$
293	4.165	21.457	7.324	22.194	35.950
393	4.173	21.421	7.382	22.314	36.013
593	4.222	21.385	7.428	22.538	36.218
793	4.234	21.36.2	7.442	22.542	36.254

$T > 820 \text{ K}$ temperaturda nümunə tam surətdə ÜMK qəfəsə malik olur. Bu zaman irəlidə müşahidə olunan bucaq intervalında 6 difraksiya əks olunması müşahidə olunur. Ana kristalda Cu atomlarının Zn atomları ilə qismən əvəz olunması hekşaqonal fazanın mövcud olma temperatur

oblastını böyüdür. $\text{Cu}_{1.75}\text{Te}$ kristalında quruluş çevrilməsi $T > 730\text{K}$ temperaturda baş verdiyi halda, $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$ kristalında bu çevrilmə $T > 820\text{K}$ temperaturda baş verir. $\text{Cu}_{1.50}\text{Zn}_{0.25}\text{Te}$ kristalında bu çevrilmə $T > 970\text{K}$ temperaturda baş verir [6,7]-.

Nəticələr

1. $\text{Cu}_{1.75}\text{Te}$ kristalında mis atomlarının sink atomları ilə qismən əvəzlənməsindən alınan $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$ kristalında otaq temperaturunda heksaqonal fazadan əlavə rombik və ÜMK qəfəslərində yaranır.

2. Heksaqonal qəfəsin parametri, rombik qəfəsin bütün parametrləri temperatur artdıqca böyüyür, heksaqonal qəfəsin parametri isə kiçilir.

3. Tədqiq olunan nümunədə quruluş faza çevrilmələri enantiotrop olub, monokristal-monokristal tiplidir.

Ədəbiyyat

1. Nasirov V.İ., Rzayeva A.Q. VII International Conf. of Young Resh. 28-29 April, p.256, Baku, 2023

2. Nəsirov V.İ., Rzayeva A.G.-H.Əliyev adına Hərbi İnstitutun Elmi əsərlər məcmuəsi, cild 21, sayı 2, səh.62-67, 2023

ПОЛИМОРФНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$

Насиров В.И., Рзаева А.Г., Ахадова С.М.

Резюме: Исследованы структурные аспекты полиморфных превращений в монокристаллах $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$ и установлено, что помимо гексагональной фазы, наблюдаемой в исходной фазе, монокристалл $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$ получается в результате частичного замещения атомы Cu с атомами Zn в кристалле $\text{Cu}_{1.75}\text{Te}$ также наблюдаются ромбической и поверхностно-центрированной кубической (SCU) фаз. В образце повышается температура структурного превращения и сохраняются кристаллографические направленные связи между взаимопревращающимися модификациями.

Ключевые слова: Монокристалл, структурный аспект, модификация, кристаллографические взаимоотношения.

POLYMORPHOUS TRANSFORMATIONS IN A $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$ CRYSTAL

Nasirov V.I., Rzaeva A.G., Akhadova S.M.

Summary: The structural aspects of polymorphic transformations in $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$ single crystals have been studied and it has been established that, in addition to the hexagonal phase observed in the initial phase, the $\text{Cu}_{1.60}\text{Zn}_{0.15}\text{Te}$ single crystal is obtained as a result of partial substitution of Cu atoms with Zn atoms in the $\text{Cu}_{1.75}\text{Te}$ crystal. orthorhombic and surface-centered cubic (SCU) phases. In the sample, the temperature of structural transformation increases and crystallographic directional connections between interconverting modifications are preserved.

Key words: Single crystal, structural aspect, modification, crystallographic relationships.

$K_{0.955}Na_{0.045}NO_3$ KRİSTALINDA MONOKRİSTAL→MONOKRİSTAL ÇEVİRİLMƏ

¹NƏSİROV V.İ., ²KAZIMOVA A.F.

¹Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

²Elm və Təhsil Nazirliyi, H.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu

vaqif-nesir@mail.ru, aygun-kazimova-1981@mail.ru

Xülasə: Təqdim olunan işdə KNO_3 və $NaNO_3$ -un suda məhlulundan $K_{0.955}Na_{0.045}NO_3$ kristalları yetişdirilmiş, rentgenoqrafik və DSK üsulları ilə tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, KNO_3 -də K^+ ionlarının Na^+ ionları ilə qismən izomorf əvəz olunması alınan nümunədə çevrilmənin sayına və temperaturuna təsir etmir.

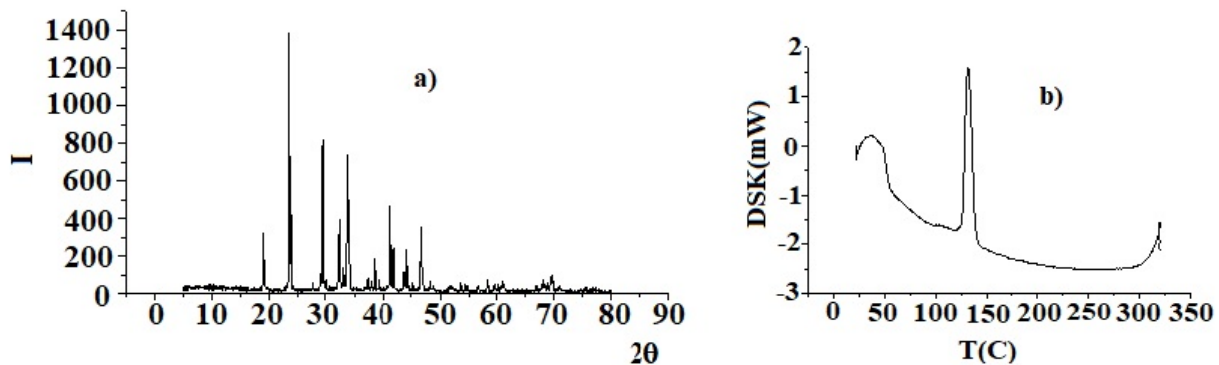
Açar sözlər. Polimorfizm, izomorf əvəzləmə, çevrilmə temperaturu, modifikasiya, laueqram.

Polimorf çevrilmələrin mexanizmini araşdırmaq üçün bu çevrilmələr zamanı yeni kristal böyüməsinin morfolojiyasını, qarşılıqlı çevrilmə modifikasiyalar arasında kristalloqrafik istiqamət əlaqələrini, habelə prosesin kinetikasını tədqiq etmək lazımdır. Bu baxımdan optik şəffaf kristallardan tədqiqat obyektini kimi istifadə etmək əlverişlidir [1]. Qələvi metalların nitrat birləşmələri bu qəbildən maddələr olub, onlarda quruluş çevrilmələrinin tədqiqinə çoxsaylı tədqiqat işləri həsr olunmuşdur. Tədqiq olunan maddələr içərisində KNO_3 kristalında polimorf çevrilmələr bir sıra fiziki hadisələrlə daha zəngin olub, böyük elmi-praktiki əhəmiyyətə malikdir. Məhz bu kristalda ilk dəfə polimorf çevrilmələr zamanı ritmik böyümə [2], qarşılıqlı çevrilən modifikasiyalar arasında kristalloqrafik istiqamət əlaqələrinin saxlanması, $\alpha \leftrightarrow \beta$ çevrilmələr zamanı böyümə sürətinin ossilyasiyası və s. müşahidə edilmişdir [3]. KNO_3 kristalında K^+ ionlarının digər qələvi metal atomları ilə qismən əvəz olunmasının həmin hadisələrə və polimorf çevrilmənin xarakterinə təsirinin öyrənilməsi böyük elmi-praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Məhz buna görə də KNO_3 -də K^+ ionlarının Rb^+ , Cs^+ ionları, habelə $RbNO_3$ -də Rb^+ ionlarının Cs^+ ionları ilə qismən izomorf əvəz olunması nəticəsində alınan kristallarda tərəfimizdən bir sıra tədqiqat işləri aparılmışdır [4, 5]. Təqdim olunan bu iş həmin işlərin davamı olub, KNO_3 -də K^+ ionlarının Na^+ ionları ilə qismən əvəz olunmasından alınan $K_{0.955}Na_{0.045}NO_3$ kristalında polimorf çevrilmənin xarakterinə təsirinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur.

Məlumdur ki, KNO_3 otaq temperaturunda $Pnma$ simmetriyalı araqonit quruluşa malikdir (II-faza) [6]. Kristal qızdırılarkən $\sim 130^\circ C$ temperaturda $R3c$ simmetriyalı kalsitə yaxın quruluşa çevrilir (III-faza). Nümunə soyudularkən çox böyük sürətlə $III \rightarrow II$ çevrilməsi baş verir. Beləliklə, görüldüyü kimi $II \leftrightarrow III$ çevrilməsi enantiotropiyə xarakterlidir. Lakin III-modifikasiya soyudularkən bir çox hallarda iki monotrop çevrilmə müşahidə olunur [7]. $T \approx 124^\circ C$ -də III-faza $R3m$ simmetriyalı yeni quruluşa çevrilə bilər (I-faza). Yalnız $T \approx 110^\circ C$ temperaturda $I \rightarrow II$ çevrilməsi baş verir. [8]-a görə $NaNO_3$ $T=298K$ temperaturunda qəfəs parametrləri: $a=5.069 \text{ \AA}$, $c=16.82 \text{ \AA}$, fəza qrupu $R3-c$ olan romboedrik qəfəsə malikdir. $T=563K$ temperaturda bu kristal qəfəsin parametrləri: $a=5.089 \text{ \AA}$,

$c=8.668\text{\AA}$ və fəza qrupu R3-m olan digər romboedrik qəfəsə çevrilir. $(\text{KNO}_3)_{1-x}(\text{NaNO}_3)_x$ ($x=0.025;0.035;0.1$) bərk məhlullarında dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı öyrənilmiş və müəyyən edilmişdir ki, KNO_3 -ün seqnetoelektrik III-fazası nümunə qızdırıldıqda müşahidə oluna bilər [9].

$\text{K}_{0.955}\text{Na}_{0.045}\text{NO}_3$ monokristalları məhluldan izotermik kristallaşma üsulu ilə yetişdirilmişdir. Bu məqsədlə lazımı nisbətdə "ЧДА" markalı KNO_3 , "ХЧ" markalı NaNO_3 götürülmüş, distillə olunmuş suda məhlulunda izotermik kristallaşma üsulu ilə monokristallar alınmışdır. Nümunələr müstəvi lövhə ($1\times 2\times 10\text{mm}$ ölçülü) və iynəvari şəkildə alınmışdır. Rentgen tədqiqatları göstərilmişdir ki, iynənin boyu $[001]$ kristalloqrafik istiqamətindədir. Onu da qeyd edək ki, alınan nümunələr müxtəlif formalarda və ölçülərdə ola bilər. Alınan monokristallar ovuntu şəkilinə salınaraq ADVANCE D8 difraktometrində otaq temperaturunda $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1.54051\text{\AA}$) şüalanmada, $10^\circ \leq 2\theta \leq 90^\circ$ bucaq intervalında 40 kV, 40mA rejimdə çəkilişlər aparılmış və müəyyən edilmişdir ki, parametrləri: $a=6.4243\text{\AA}$, $b=5.4122\text{\AA}$, $c=9.1561\text{\AA}$, fəza qrupu Pmcn olan rombik qəfəsdə indekslənilir. Difraksiya əks olunmalarının indekslənməsi və işlənməsi zamanı TOPAS və EVA proqramlarından istifadə olunmuşdur (Şəkil 1. a).



Şəkil 1. $\text{K}_{0.955}\text{Na}_{0.045}\text{NO}_3$ kristalının otaq temperaturunda çəkilmiş difraktoqramı-(a), qızdırılma zamanı alınan derivatoqram-(b)

Diferensial skanlayıcı kalorimetriya (DSK) təcrübələri 20-320°C temperature intervalında STA 3000 Sinxron Termal Analiz (Synchronous Thermal Analyzer) qurğusunda 5°C/dəq qızdırılma sürətilə yerinə yetirilmişdir. Təcrübələr alüminium (Al) küveylərdən istifadə olunaraq azot mühitində yerinə yetirilmişdir. Təcrübələrin növbəti mərhələsində DSK ölçüləri aparılmışdır. Təcrübələr zamanı hər iki kristalın derivatoqramında yalnız bir endoeffekt müşahidə olunmuşdur. Həmin endoeffektlərin mərkəzi $\text{K}_{0.955}\text{Na}_{0.045}\text{NO}_3$ -də 130.5°C–temperaturda müşahidə edilir. Nəzərdən keçirdiyimiz DTA əyrisində müşahidə olunan endotermik effekt kristal quruluşunun dəyişməsi ilə izah oluna bilər (Şəkil 1.b).

Laue çəkilişləri zamanı PKB rentgen kamerasından istifadə olunmuşdur. Təqdim olunan işdə Laue çəkilişi iki mərhələdə aparılmışdır. Birinci mərhələdə alınan nümunənin otaq temperaturunda

laueqrammı çəkilmış və müəyyən olunmuşdur ki, məhluldan alınan nümunə monokristaldır. Məhluldan alınmış kristalın laueqramını otaq temperaturunda aldıqdan sonra, kristalın qaniometrik başlıqda vəziyyətini dəyişmədən temperaturunu 135°C-ə qaldıraraq birdə çəkiliş aparmaqla əmin olundu ki, tədqiq olunan nümunələrdə quruluş çevrilməsi baş verir və bu monokristal → monokristal tiplidir (Şəkil 2).



Şəkil 2. $K_{0.955}Na_{0.045}NO_3$ kristalının otaq (a) və $T=135^{\circ}C$ temperaturda çəkilmış laueqramları-(b)

Beləliklə, təcrübi nəticələrin təhlili göstərir ki, KNO_3 kristalında K^+ ionlarının Na^+ ionları ilə qismən əvəz olunması alınan kristalda quruluş çevrilmələrinin sayına, eləcə də çevrilmə temperaturuna nəzərə çarpacaq təsir göstərmir.

Ədəbiyyat

1. Китайгородский А.М., Мнюх Ю.В., Асадов Ю.Г. Докл.АН СССР, 1963, т.48, №5, стр.1065-1068.
2. Насиров В.И. Полиморфизм в оптически прозрачных кристаллах. Баку, 1997, стр.166.
3. Асадов Ю.Г., Насиров В.И. Докл.АН СССР.1970, т.191, №6, стр.128.
4. Асадов Ю.Г., Насиров В.И. Кристаллография, 1972, т.17, вып.5, с.991-994.
5. Nəsirov V.İ., Bayramov R.B., Həziyeva A.F. Fizikanın aktual problemləri beynəlxalq konfransı. Bakı, BDU, 2013, səh.145-147.
6. Насиров В.И., Хазиyева А.Ф., Асадов Ю.Г., Докл.АН Азерб., 2011, №2, стр.33-38.
7. Tahvonen P.E. X-ray investigation of molecular rotation in potassium nitrate crystals. Ann.Acad.Sic.Fennicae, 1947, №44, p.20.
8. Brigman P.N. Proc Ann.Acad.51, 579, 1918.
9. Trappeniens N. Le principe des états correspondants et les diagrammes d'état du tetrachlorure et du tetrabromure de carbone. Bruxelles: 1952. p.92.

MONOCRYSTAL → MONOCRYSTAL TRANSFORMATION IN $K_{0.955}Na_{0.045}O_3$ CRYSTAL

NASIROV V.I., KAZIMOVA A.F.

Summary: In the presented work, $K_{0.955}Na_{0.045}NO_3$ crystals were grown from the solution of KNO_3 and $NaNO_3$ in water and studied by X-ray and DSC methods. It was determined that partial isomorphous replacement of K^+ ions with Na^+ ions in KNO_3 does not affect the degree and temperature of transformation in the obtained sample.

Keywords. Polymorphism, isomorphic substitution, transformation temperature, modification, Lauegram, diffractogram.

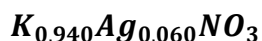
МОНОКРИСТАЛЛ → МОНОКРИСТАЛЛ ПРЕВРАЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ $K_{0.955}Na_{0.045}NO_3$

НАСИРОВ В.И.,КАЗИМОВА А.Ф.

Резюме: В представленной работе кристаллы $K_{0.955}Na_{0.045}NO_3$ были выращены из раствора KNO_3 и $NaNO_3$ в воде и исследованы методами рентгеноструктурного анализа и ДСК. Установлено, что частичное изоморфное замещение ионов K^+ ионами Na^+ в KNO_3 не влияет на степень и температуру превращения в полученном образце.

Ключевые слова. Полиморфизм, изоморфное замещение, температура превращения, модификация, Лауэграмма, дифрактограмма

КИНЕТИКА ПОЛИМОРФНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В МОНОКРИСТАЛЛЕ



Насиров В.И.¹, Намазова Н.М.¹, Байрамлы Р.Б.²

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет¹

Бакинский Инженерный Университет²

Резюме: Методом оптической микроскопии измерена скорость роста кристалла III-модификации при превращении II→III в монокристалле $K_{0,940}Ag_{0,060}NO_3$. Установлено эмпирическая зависимость скорости от температуры в виде $v = (0,2815\Delta T + 0,4484\Delta T^2 + 0,0081\Delta T^3) \cdot 10^2 \frac{см}{сек}$, где $\Delta T = T_{np} - T_0$, T_{np} - температура превращения, T_0 - температура равновесия фаз.

Ключевые слова: монокристалл, полиморфизм, структура, модификация, гексагональная решетка, полиморфные превращения.

Излучение структурных превращений в нитратах щелочных металлов имеет большое практическое значение. Этот процесс тесно связан с вопросами технологии получения монокристаллов твердых растворов обладающих полиморфизмом. Кроме того, эти соединения применяются в пиротехнике, в технологии взрывчатых веществ, в медицине, а также в электровакуумной промышленности [1].

Исследованию механизма полиморфных превращений в нитратах щелочных металлов посвящены многочисленные работы [2-5]. Для выяснения влияний на механизм полиморфного превращения частичного замещения ионов K^+ ионами Cs^+, Rb^+, Ag^+ нами запланированы и проведены определенные экспериментальные работы [6,7].

Для выяснения механизма структурных превращений измерения скорости роста кристаллов при полиморфных превращениях в функции температуры имеет большое значение. В настоящей работе измерялась скорость роста кристалла II (ромбическая модификация) модификации в гексагональную III- модификацию в монокристалле $K_{0,940}Ag_{0,060}NO_3$. Измерения проводились по методике предложенной в [8].

Условия, при которых происходит рост кристаллов в твердой фазе, принципиально отличаются условий при росте кристаллов из раствора, расплава или из пара. В этом случае грани растущего кристалла не сталкиваются со свободными атомами и молекулами, а должны захватывать частицы из прилежащих слоев окружающей матрицы, имеющей кристаллическое строение, в которой каждый из атомов или молекул занимает вполне определенное положение. В результате рост кристалла осуществляется благодаря постоянному движению границы между двумя сопряженными областями решетки. Движущийся слой для такого перемещения способствует уменьшению поверхностной свободной энергии.

Полученные экспериментальные данные от 6-и кристаллов обработаны при помощи программы MATLAB, что дает функциональную зависимость скорости роста III-гексагональной фазы от температуры при превращении II \rightarrow III в виде

$$v = (0,2815\Delta T + 0,4484\Delta T^2 + 0,0081\Delta T^3) \cdot 10^2 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$$

Где $\Delta T = T_{np} - T_0$ - температура превращения, T_0 - температура равновесия фаз. На рис. 1 показаны график зависимости скорости роста новой фазы в зависимости от температуры, построенные по экспериментальным данным и данным полученным экспериментальной формулой.

Проведенные опыты показывают, что следует различать две группы поверхностных нарушений. Когда новая фаза растет с четкой линейной границей, наблюдается лишь относительно небольшое число локализованных нарушений, воздействие которых на рост может оставаться одинаковым в течение долгого времени. Малые нарушения этой тонкой структуры приводят к незначительным изменениям скорости роста.

При повторном превращении накопления напряжений и деформации искривляют линейную границу раздела фаз. В зависимости от характера встречного дефекта движение границы раздела фаз даже может остановиться. Бывали и случаи, что при этом возникает видимое искривление раздела фаз и перед ней образуются все новые и новые зародыши, в результате чего скорость роста кристалла увеличивается.

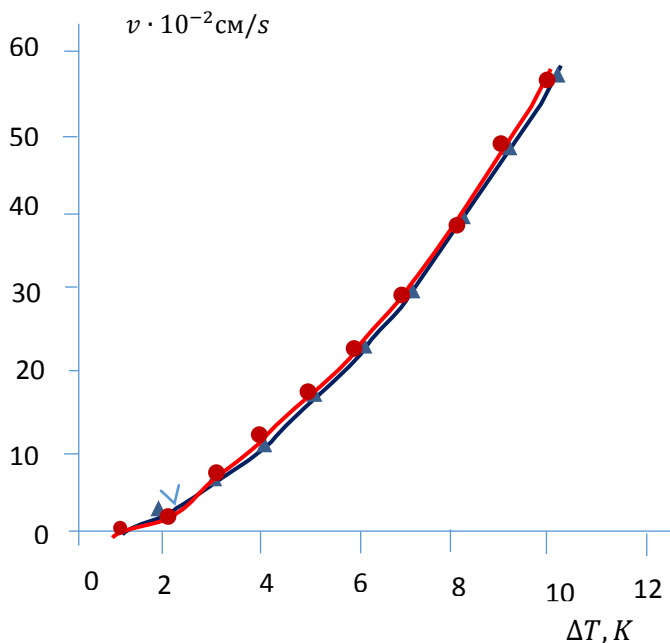


Рис.1. График зависимости $v=f(\Delta T)$ кристалла III модификации при полиморфном превращении II \rightarrow III в кристалле $K_{0,940}Ag_{0,060}NO_3$
 Δ -результаты эксперимента, °результаты, рассчитанные по эмпирической формуле

Литература

1. Sastry P.U. Krishna P. S. R., Pakicer L., Shinde A.B., *Í. Phys Indian Acad. Sci*, 2008, v.71, p.929
2. Асадов. Ю.Г., Насиров В.И., Кристаллография, 1972, вкк. 17., стр. 991
3. Asadov Yu. G., Nasirov V.Í., Jabrailova G.A. *J. Cryst Growth*. 1972, v. 15., p. 45
4. Nimmo J.K., Lukas B.W. *Acta Cryist B* 1976, V. 32. p. 1968
5. Shamsuzzova M., Lukas B. W., Cavad J., *Chem*. 1988, v.66, p.819
6. Nasirov V.I., Bairamov R.B., Amiraslanov I., *Cryst. Reports* 2018, v. 63, p.1143
7. Nasirov V.I., Bairamov R., Nasirov E.V. *J Phys. Baku Eng. Inst.* 2017, v. 1, p. 186
8. Насиров В.И. Полиморфизм в оптически прозрачных кристаллах Баку, 1997, 165 стр.

$K_{0,940}Ag_{0,060}NO_3$ KRISTALINDA POLIMORF ÇEVRLMƏLƏRİN KINETİKASI

Nəsirov V.Í., Namazova N.M., Bayramlı R.B.

Xülasə: Optik mikroskop vasitəsilə $K_{0,940}Ag_{0,060}NO_3$ kristalında II → III polimorf çevrilmə zamanı III-modifikasiya kristalının temperaturdan asılılığı ölçülmüşdür. Böyümə sürətinin temperaturdan asılılığı $v = (0,2815\Delta T + 0,4484\Delta T^2 + 0,0081\Delta T^3) \cdot 10^2 \frac{sm}{san}$, şəklində müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: monokristal, polimorfizm, struktur, modifikasiya, altıbucaqlı qəfəs, polimorf çevrilmələr.

KINETICS OF POLYMORPHIC TRANSFORMATIONS IN A SINGLE CRYSTAL

$K_{0,940}Ag_{0,060}NO_3$

Nasirov V.I., Namazova N.M., Bayramlı R.B.

Summary: The growth rate of the III-modification crystal during the II→III transformation in a $K_{0,940}Ag_{0,060}NO_3$. single crystal was measured using optical microscopy. An empirical dependence of the growth rate on temperature was established in the form $v = (0,2815\Delta T + 0,4484\Delta T^2 + 0,0081\Delta T^3) \cdot 10^2 \frac{cm}{s}$.

Keywords: single crystal, polymorphism, structure, modification, hexagonal lattice, polymorphic transformations.

MONOLIT KASKAD FOTOELEMENTLƏRİN VAX – na ONUN TƏRKİB HISSƏLƏRİNİN QARŞILIQLI TƏSİRİ.

Allahverdiyev A.M., İbrahimli A.B.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

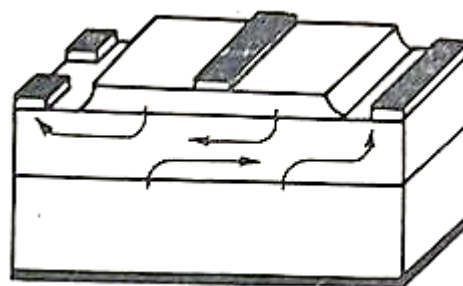
aygunibrahimli@yahoo.com

Xülasə: *İşdə $nGaAs - pAlGaAs - nAlGaAs$ monolit kaskad fotoelementlərdə BYF – in VAX – nın formasına KYF – də axan cərəyanın təsiri tədqiq edilmişdir.*

Açar sözlər: *kaskad fotoelement, yasaq zonası, elektrolüminessensiya, fotocərəyan.*

Kaskad Günəş fotoelementləri Günəş işığından daha effektiv istifadə etməyə imkan verir ki, bu da öz növbəsində onun faydalı iş əmsalının artmasına gətirir.

$n - p - n$ və ya $p - n - p$ tipli monolit kaskad fotoelementlərdə böyük yasaq zonalı fotoelement (BYF) və kiçik yasaq zonalı fotoelement (KYF) hər biri xarici dövrəyə ayrıca qoşula bilər. Digər tərəfdən bu tip kaskadlarda cərəyanların tarazlaşdırılması problemi də aradan qalxır. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, hətta baxılan fotoelementlərdə də, BYF və KYF tam müstəqil ola bilmirlər. Buna səbəb onların ortaq p (və ya n) oblastına malik olmaları və fotoelement daxilində yaranan II lyüminisent şüalanmadır.



Şəkil 1. Kaskad fotoelementin quruluşu

Biz tərəfindən maye enitaksiya yolu ilə alınmış $n - GaAs - p - AlGaAs - nAlGaAs$ tipli monolit kaskad fotoelement tədqiq edilmişdir. Şəkil 1-də fotoelementin sxematik quruluşu verilmişdir. Ortaq p oblastın eni $\sim 25 \mu m$ –dir. BYF dalğa uzunluğu $\lambda = 550 - 750 \text{ nm}$, KYF – isə $\lambda = 750 - 900 \text{ nm}$ oblastda fəthəssasdır.

Baxılan fotoelementlərdə kontaktlar elə qoyulmuşdur ki, p –oblastda fotocərəyanın istiqamətini dəyişmək olur.

Qeyd etdiyimiz kimi bu tip fotoelementlərdə daxili lyüminessensiya yaranır. Bunun səbəbi bir tərəfdən $GaAs$ kimi materiallarda yaranan qeyri – taraz elektron – deşik cütünün rekombinasiyasının yüksək ehtimallı olması, digər tərəfdən yaranan yükdaşıyıcıların $p - n$ keçiddə tam istifadə edilməməsidir. BYF – də yaranan lyüminessensiya KYF üçün əlavə işıqlanma mənbəyi ola bilər. Bu fikri fotoelementin VAX – sı da təstiq edir.

BYZ – i fotoelementin VAX-ı çıxarılarkən KYZ – ı fotoelementdə II lyüminessensiyasının yaratdığı fotocərəyanın qiymətində qeyd edilmişdir ($\lambda = 750 \text{ nm}$). Şəkildən görüldüyü kimi, kiçik şüalanmalarda $\frac{J_f^{max, KYZ}}{J_f, BYZ} \approx 0,1$ bərabərdir. Şkalanmanın inteensivliyi artdıqca bu nisbət 0,4 olur.

II maraqlı fakt fotoelement üzərinə düşən işığın intensivliyin artması ilə BYF – də açıq dövrə gərginliyinin ($U_{a.d}$) azalmasıdır. Ona görə də BYF – in həqiqi VAX –nın alınması üçün KYF dövrəsi açıq olmalıdır (Şəkil 2, əyri 3).

Əgər BYF – də cərəyan sol, KYF – də isə sağ kontaktdan alınarsa gərginliyi artırmaq olar.

Təcrübələrdən görüldüyü kimi kaskad yaradan hər bir fotoelementin VAX – ı digər fotoelementdə axan cərəyandan asılıdır. Bu asılılıq konsentrasiyalı Günəş işığından istifadə edildikdə daha kəskin olacaq.

Ədəbiyyat

1. Андреев В.М., Зимогорова Н.С., Ивентьева О.О., Мирзин В.И., Трошков С.И. Гетерофотоэлементы в системе GaAsSb. Письма в ЖТФ, 1981, т.7, с. 132-135.
2. Hein M., Meusel M., Baur C., Dimroth F., Lange G., Siefer G., Tibbits T.N.D., Bett A.W., Andreev V.M. Proc.17th Eur. Photovolt. Solar Energy Conf. (Munich, Germany, 2001) p.496-500.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОНОЛИТНЫХ КАСКАДНЫХ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ ЧАСТЕЙ

Аллахвердиев А. М., Ибрагимли А. Б.

Резюме: В данной работе исследовано влияние тока, протекающего в KYF, на форму BYF и VAX в монокристаллических каскадных фотоэлементах $n\text{GaAs} - p\text{AlGaAs} - n\text{AlGaAs}$.

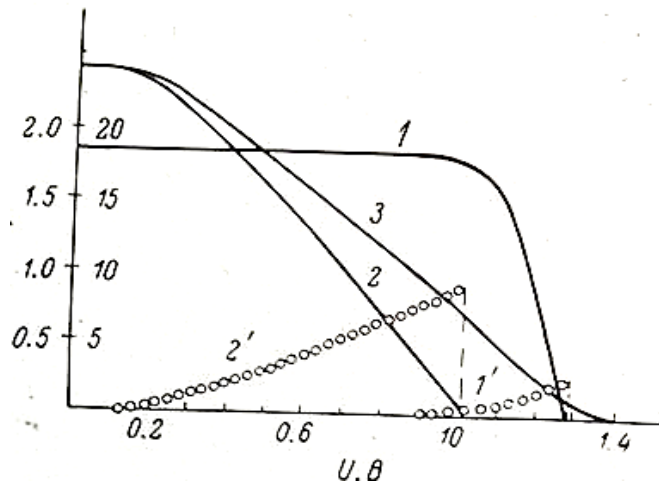
Ключевые слова: каскадный фотоэлемент, запрещенная зона, электролюминесценция, фототок.

INTERACTION OF MONOLITHIC CASCADE PHOTOELEMENTS AND ITS COMPONENT PARTS

Allahverdiev A. M., Ibrahimli A.B.

Summary: In this work, the influence of the current flowing in KYF on the shape of BYF and VAX in $n\text{GaAs} - p\text{AlGaAs} - n\text{AlGaAs}$ monolithic cascade photovoltaic cells was investigated.

Key words: cascade photocell, band gap, electroluminescence, photocurrent.



Şəkil 2. Kəsilməz xətlər BYF – nin VAX dairə $\frac{J_f^{max, KYZ}}{J_f, BYZ}$,

- 1, 1' – Düşən işığın kiçik intensivliyi
2, 2' – Düşən işığın böyük intensivliyi
3 – KYF avrılıda BYF – in Vax

İn P və İn P – Ga_xİn_{1-x}Ar_yP_{1-y} ƏSASLI FOTOELEMENTLƏRİN SPEKTRAL XARAKTERİSTİKALARI.

Allahverdiyev A.M., İbrahimli A.B.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

aygunibrahimli@yahoo.com

Xülasə: İşdə İn P əsaslı və Ga_xİn_{1-x}Ar_yP_{1-y}/İnP hetero keçid əsaslı fotoelementlərin spektral xarakteristikaları tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, hetero keçid əsaslı fotoelementlər kaskad fotoelementlərdə KYF kimi istifadə edilə bilər.

Açar sözlər: p – n keçid, hetero keçid, spektral xarakteristika, fotoelement.

İn P (E_g = 1,34 eV) Günəş fotoelementləri üçün perspektivli materiallardan hesab olunur [1]. Digər tərəfdən İn P üzərində yetişdirilən Ga_xİn_{1-x}Ar_yP_{1-y} isə kaskad fotoelementlərdə kiçik yasaq zonalı fotoelement (KYF) kimi istifadə edilə bilər. İşdə homo keçid əsaslı İn P və hetero keçid əsaslı nGa_xİn_{1-x}Ar_yP_{1-y} – p İnP fotoelementlərinin spektral xarakteristikaları tədqiq edilmişdir. Tədqiq olunan fotoelementlər qeyd etdiyimiz kimi kaskad fotoelementlərin tərkib hissələri də ola bilər.

İşdə üç tip struktur tədqiq olunmuşdur: I tip fotoelement İn P əsaslıdır. Bu fotoelement nİn P (n = 5 · 10¹⁷ ÷ 2 · 10¹⁸ sm⁻³) –yə Zn –in diffuziyası yolu ilə alınmış, yəni həm də p – n keçidə malikdir. II və III tip fotoelement hetero keçidə malik Ga_xİn_{1-x}Ar_yP_{1-y}/İnP quruluşudur. II tip fotoelementdə Zn aşqarı opitaksiya zamanı məhlula daxil edilmiş, III tip fotoelementlərdə Zn qaz fazasından diffuziya yolu ilə daxil edilmişdir.

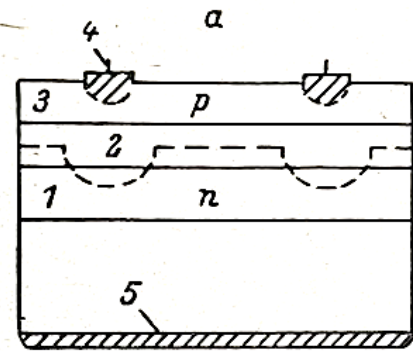
Ga_xİn_{1-x}Ar_yP_{1-y}/İnP fotoelementləri aşağıdakı kimi alınmışdır. nİn P (n = 2 · 10¹⁸ sm⁻³) altlığı üzərində nİn P (n = 5 · 10¹⁷ sm⁻³) bufer layı yetişdirilir. (Şəkil 1.1). Bufer qatının üzərində Sn və ya Te –la aşqarlanmış Ga_xİn_{1-x}Ar_yP_{1-y} qatı opitaksiya yolu ilə yetişdirilir (Şəkil 1.2), sonra isə böyük yasaq zonalı pİn P (Şəkil 1.3) yaradılır.

Qeyd etdiyimiz kimi II tip fotoelementlərdə Zn –in diffuziyası pİn P yetişdirildiyi müddətdə aparılır. Zn mənbəyi kimi təmiz sinkdən istifadə edilmişdir.

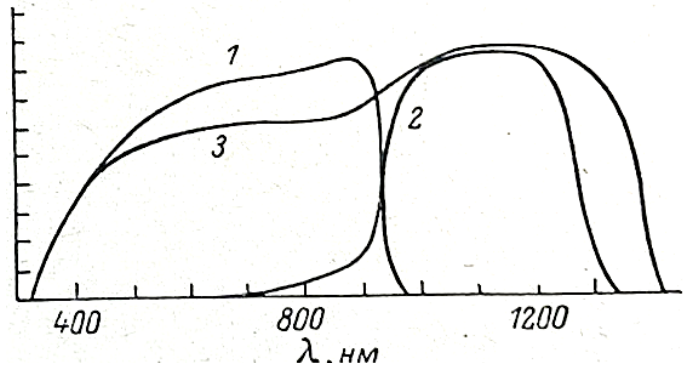
II tip fotoelementdə p – n keçidin dərinliyi ~2 mkm, pİn P qalınlığı ~2,5 mkm, III tip fotoelementdə p – n keçidin qalınlığı ~0,4 mkm, pİn P –nin qalınlığı isə ~0,8 mkm olmuşdur.

Optik örtük kimi SiO₂ –dən istifadə edilmişdir. pİn P qatına kontaktlar (Şəkil 1.4) vakuum tozlanma yolu ilə alınmış Au(10% Zn və ya gümüş), nİn P altlığına isə Au(10% Te) və Ag –dan istifadə edilmişdir (Şəkil 1.5).

Nümunələrin spektral xarakteristikaları şəkil 2-də verilmişdir.



Hər üç fotoelementin spektral xarakteristikasının uzun dalğalı sərhəddi yasaq zonasının eni ilə müəyyən olunur. InP əsaslı fotoelementin qısa dalğalı sərhəddini GaAs əsaslı fotoelementlərlə müqayisə etsək bu tip fotoelementlərin daha kiçik səthi rekombinasiya sürətinə malik olduğunu görürük. III tip fotoelementlərdə $\lambda > 900\text{nm}$ oblastında fəthəssaslığın artması $p\text{InP}$ qatı ilə əlaqədardır. $\lambda < 850\text{nm}$ (I) və $\lambda < 950\text{nm}$ (II və III)



Şəkil 2. Fotoelementlərin spektral xarakteristikaları: y – oxu fəthəssaslıq, nisbi vahidlərlə

1. InP əsaslı fotoelement
2. heteroqəçid əsaslı fotoelement (II tip $E_g = 0,97\text{ eV}$)
3. heteroqəçid əsaslı fotoelement (III tip $E_g = 0,9\text{ eV}$)

oblastda fəthəssaslığın azalması $p\text{InP}$ qatında yaranmış cərəyan daşıyıcılarının səthi və həcmi rekombinasiyası ilə əlaqədardır.

$\lambda = 700 - 300\text{ nm}$ dalğa uzunluğu oblastında qeyri - əsas daşıyıcıların ayrılma əmsalının böyük olması heteroqəçid əsaslı fotoelementlərin ($p\text{InP}$ –nin qalınlığının az olma şərti ilə) onları GaAs və ya AlGaAs ($E_g = 1,6 \div 1,7\text{ eV}$) əsaslı fotoelementlərlə kaskad əmələ gətirə bilməsi ehtimalına gətirir.

Ədəbiyyat

1. Turner G.W., Fan I.C. High – efficiency InP homojunction solar Cell. Appl. Phys. Lett., 1980, v.37, №9, pp. 400-402.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ InP и $\text{InP} - \text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Ar}_y\text{P}_{1-y}$ НА ОСНОВЕ МОНОЛИТНЫХ КАСКАДНЫХ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ.

Аллахвердиев А. М., Ибрагимли А. Б.

Резюме: Изучены спектральные характеристики гетеропереходных фотоэлементов на основе InP и $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Ar}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$. Показано, что фотоэлементы на основе гетеропереходов могут использоваться в качестве КУФ в каскадных фотоэлементах.

Ключевые слова: p-n переход, гетеропереход, спектральная характеристика, фотоэлемент.

SPECTRAL CHARACTERISTICS InP and $\text{InP} - \text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Ar}_y\text{P}_{1-y}$ BASED ON MONOLITHIC CASCADE PHOTOCELLS.

Allahverdiev A. M., Ibrahimli A.B.

Summary: The spectral characteristics of heterojunction photocells based on InP and $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Ar}_y\text{P}_{1-y}/\text{InP}$ have been studied. It is shown that photocells based on heterojunctions can be used as KYF in cascade photocells.

Key words: p-n junction, heterojunction, spectral characteristic, photocell.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА В КРИСТАЛЛАХ $TlInSe_2$

¹Алиев В.А., ²Новиков В.П.,

³Рустамов В.Дж., ³Намазов Я.В., ³Исмаилзаде Л.А

¹Институт физики НАН Азербайджан, ²НПЦ по материаловедению НАН Беларусь

³Гянджинский Государственный университет

Ключевые слова: полупроводники, явления переноса, электропроводность, ионная проводимость, анизотропия

Тройные халькогениды группы $A^3B^3C^6_2$ составляют большое семейство кристаллов со слоистой и слоисто-цепочечной структурой. Эти кристаллы были открыты и заявлены как новое семейство соединений с полупроводниковыми свойствами в 1967 году. Приоритет в их открытии принадлежит сотрудникам Института физики Национальной Академии наук Азербайджана [1].

Ярким представителем данной группы является слоисто-цепочечные кристаллы $TlInSe_2$. Кристаллы имеют слоисто-цепочечную структуру и хорошо скалываются по двум взаимно-перпендикулярным плоскостям. Уникальная кристаллическая структура кристаллов позволяет решать сложные технические задачи без необходимости резки, шлифовки и полировки кристаллов.

Наши систематические исследования изоструктурных кристаллов $TlInSe_2$, $TlGaTe_2$ и $TlInTe_2$ позволили обнаружить в них множество таких необычных свойств: структурные фазовые переходы, включая переходы в несоизмеримую фазу; ионная проводимость, эффекты памяти при протекании тока, отрицательную дифференциальную проводимость, эффекты переключения; отрицательная фотопроводимость [2]; температурное гашение фотопроводимости; индуцированная электрическим полем фотопроводимость; гигантский пьезорезистивный эффект; фотоакустический эффект; анизотропия электропроводности .

Важным является то обстоятельство, что в одном соединении сосуществуют несколько таких свойств. Это обстоятельство позволяет создавать на их основе высокочувствительные датчики различного функционального назначения [3-4].

Таким образом, проведенный выше анализ наших публикаций показывает, что кристаллы $TlInSe_2$ интересны как с точки зрения фундаментальных исследований в области физики твердого тела, так и как перспективный материал для сенсоров.

Нами установлено, что прохождение ионного тока в кристаллах $TlInSe_2$ приводит к изменению концентрации таллия в приэлектродных областях. Этот факт говорит о том, что возможно управление свойствами соединений группы путем ионного переноса, за счет

обнаруженной в них проводимости по ионам Tl^+ . В результате ионного переноса изменяется стехиометрия, и как следствие, меняется электронная проводимость кристалла. Кроме того, избыточные ионы могут инициировать каскад фазовых переходов за счет образования упорядоченных сверх-решёток. Контакты между фазами в объеме монокристалла, возникающие в результате формирования фаз могут играть роль нелинейных электрических элементов. Возможность данного явления подтверждается нами, в которой показано, что прохождении тока сопровождается ступенчатым изменением электропроводности монокристалла $TlInSe_2$.

Данная работа положило начало нового подхода в интерпретации ранее обнаруженных физических свойств кристаллов $TlInSe_2$ и $TlGaTe_2$.

В.Д.Рустамов и другие, еще в 1976 году обнаружили фотовольтаический эффект и высокую тензочувствительность в кристаллах $TlInSe_2$, которые управлялись акустическим и световым воздействием. Эти результаты впервые были опубликованы в двух статьях. Наши последующие исследования показали, что обнаруженные в 1976-1977 годах эффекты, были названы и интерпретированы неправильно. В первом случае, был обнаружен э.д.с. при одновременном воздействии света и акустических волн на кристаллы $TlInSe_2$. Согласно существующим представлениям, фотоакустический эффект – это когда под воздействием света на кристалле появляются звуковые волны. В случае кристаллов $TlInSe_2$ одновременное воздействие света и акустических волн индуцирует э.д.с. Во втором случае, был обнаружен аналогичный эффект возникновения э.д.с. при одновременном воздействии света и одноосной деформации. Фактически наблюдался не пьезорезистивный эффект, а тензорезистивный эффект.

В обоих случаях, без акустического или деформационного воздействия э.д.с. не обнаруживается, т.е. акустическое и деформационное воздействие играет роли э.д.с.-затвора запуска.

Но, все, выше описанные результаты, по сей день, однозначно объяснить не удалось. Обнаруженные эффекты не были использованы в прикладных целях. Указанные эффекты в изоструктурных кристаллах $TlGaTe_2$, вообще не исследовались.

За прошедшие годы мы получили множество патентов на различные устройства на основе легированных кристаллов $TlInSe_2$. Однако, вопрос сути обнаруженных в 1976-1977 годах эффектов остается тайной. Продолжая исследования, мы намерены поднять завесу над тайной кристаллов $TlInSe_2$ и разработать полупроводниковый источник напряжения с акустическими и тензометрическими затворами [7].

Литература

1. Гусейнов Г.Д., Гусейнов Г.Г., Исмаилов М.З., Рустамов В.Д., Рзаева Л.А. Особенности кристаллической структуры и роста кристаллов $TlSe - TlInSe_2$. // Изв. Ан Азерб.ССР, серия физ.-техн. и мат. н., 1978, № 1, с.47-53.
2. Алиев В.А. Диссертация доктора физ.-мат., наук, Баку, БГУ, 1998.
3. Патент AZE I 2016 0026 «Способ изготовления химического источника тока».
4. Патент AZE I 2020 0048 «Спектральный анализатор».
5. Патент AZE I 2020 0049 «Полупроводниковый фоторезистор».
6. Патент AZE I 2016 0070 «Полупроводниковый фоторезистор».
7. Новиков В.П., Алиев В.А., Омаров Н.В. О возможности электрохимической модификации ионпроводящих фотопроводников группы $A^3B^3C^6_2$ / Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент. Материалы XIII Международной научно-инновационной конференции; ФГБОУ ВО «ТГТУ», 11–12 ноября 2021 г. – Тамбов: Изд. «ТГТУ», 2021. с.71-73.

$TlInSe_2$ KRİSTALLARINDA ELEKTRİKKEÇİRMƏ HADİSƏLƏRİNƏ YENİ BAXIŞ

Əliyev V.Ə., Novikov V.P., Rüstəmov V.C., Namazov Y.B., İsmayilzadə L.A.

Xülasə: Məqalədə $TlInSe_2$ kristallarında elektrikkeçirmə hadisələrinin tədqiqindən alınmış nəticələr xronoloji ardıcılıqla təhlil olunur. Bu kristallarda elektrikkeçirmənin qarışıq tipli, həm elektron, həm də ion tipli olduğu müəyyən olunmuşdur. Bu kristallarda ion cərəyanı keçdikdə elektrodun yanında talliumun konsentrasiyası dəyişir. Nizamlanmış ifrat-qəfəslərin yaranması nəticəsində bu əlavə ionlar faza keçidləri kaskadının yaranmasını stimullaşdırma bilər. Kristalın həcmindəki fazalar arasındakı təmaslar qeyri-xətti elektrik elementləri rolu oynaya bilər. Bu hadisənin mümkünlüyü müəlliflər tərəfindən eksperimental olaraq sübut edilmişdir.

A NEW VIEW ON TRANSFER PHENOMENA IN $TlInSe_2$ CRYSTALS

Aliyev V.A., Novikov V.P., Rustamov V.C., Namazov Y.B., Ismayilzade L.A.

Abstract: The article analyzes in chronological order the results of studying the electroconductivity in $TlInSe_2$ single crystals. It has been established that the electroconductivity of these crystals has a mixed electronic and ionic type. The passage of an ion current in crystals leads to a change in the concentration of thallium in the near-electrode regions. Excess ions can initiate a cascade of phase transitions due to the formation of ordered superlattices. Contacts between phases in the volume of a single crystal, which arise as a result of the formation of phases, can play the role of nonlinear electrical elements. The possibility of this phenomenon is confirmed by the research of the authors.

Key words: *semiconductors, conduction phenomena, electrical conductivity, ionic conductivity, anisotropy*

Cu₃Ga₅S₉ MONOKRİSTALININ QAYTARMA ƏMSALI SPEKTRİ

Muxtarlı L.N., Qəhrəmanov N.F.*

Bakı Dövlət Universiteti

lemanmuxtarli8@gmail.com ; nadir-1945@mail.ru

Tilləri müstəvi və qalınlığı 3mm olan paralelopiped şəkində nümunə mexaniki qaydada [1] pərdəklənmişdir. Ölçü qurğusunda həm sabit, həm də modullaşdırılmış işıqla işləmək mümkündür. Qaytarma əmsalını təyin edən zaman təcrübədə 82 Hs tezlikli modullaşdırılmış işıqdan istifadə olunmuşdur. Pərdəklənmənin keyfiyyəti qaytarma əmsalına və spektrinə nəzərə çarpacaq dərəcədə təsir etdiyinə görə də, nümunənin səthi mexaniki pərdəklənmədən sonra güzgü kimi hamarlanmışdır. İşdə səthi mexaniki pərdəklənmiş kristaldan əlavə həmçinin kristal göyərdilən zaman onun üzərində təbii alınan parlaq güzgü səthlərindən də istifadə olunmuşdur.

Nümunə ölçü zamanı xüsusi tutqacda vakkumda metallik kreostatda yerləşdirilmişdir. Bu sistem udma və buraxma əmsallarını böyük temperatur intervalında ölçməyə imkan verir. Qaytarma spektri 300K, 363K, 400K, 450K temperaturlarında ölçülmüşdür. Qayıtma spektrlərinin Cu₃Ga₅S₉ monokristalları üçün alınan nəticələri şəkl.1 də göstərilmişdir. Göründüyü kimi, bu spektrlər Cu₃Ga₅S₉ kristalının məxsusi udma oblastını əhatə edir. 300k-də spektrlər düşən kvantların 1,63 eV və 1,80 eV qiymətlərinə uyğun gəlir. Bu hissədə qaytarma əmsalı 65%-dir. [2]-də göstərilmişdir ki, 300k-də düşən kvantların 1,62 eV qiymətində aşqar udulma baş verir. Qayıtma spektrinin 1,63 eV qiymətində kristalın qaytarma qabiliyyəti böyükdür. Aparılan tədqiqatlardan belə nəticəyə gəlmək olar ki, enerjinin 1,62 eV qiymətində optik elektron keçidi şüalanma rekombinasiyası ilə müşahidə olunur. Temperaturun artımı ilə bu xarakterik piklər uzun dalğaya tərəf nəzərə çarpacaq dərəcədə sürüşürlər. Alınan nəticələr udma spektrlərindən alınan nəticələr ilə yaxşı uyğunluq təşkil edir.

Şəkil 1. Cu₃Ga₅S₉ monokristallarının qaytarma əmsalı spektri: 1-300K; 2-363K; 3-400K; və 4-450K.

Burada qadağan olunmuş zonanın eni $\partial(\Delta E_g)/\partial T$ və onun temperatur əmsalı hesablanmışdır.

- | | |
|---------|---------|
| 1. 300K | 1,86 eV |
| 2. 363K | 1,82 eV |
| 3. 400K | 1,80 eV |
| 4. 450K | 1,76 eV |

1 və 2-dən $\partial(\Delta E_g)/\partial T$ qadağan olunmuş zonanın termik əmsalı $6,34 \cdot 10^{-4}$ eV/K, 3 və 4-dən isə $8 \cdot 10^{-4}$ eV/K-dir.

Резюме: В работе исследованы спектры отражения монокристаллов соединения $Cu_3Ga_5S_9$ при различных температурах: Определена ширина запрещенной зоны и её температурный коэффициент.

Ключевые слова: Коэффициент поглощения, спектр поглощения, световые кванты, рассеяние, модулированный свет.

Summary: The spectra of reflection of $Cu_3Ga_5S_9$ compound single crystals at different temperatures have been studied: The band gap width and its temperature coefficient have been determined.

Keywords: Absorption coefficient, Absorption spectrum, Light quanta, Scattering, Modulated light.

Ədəbiyyat.

1. Muxtarlı L.N., Qəhrəmanov N.F. $Cu_3Ga_5S_9$ Monokristallarının udma əmsalı spektri. Magistrantların və gənc tədqiqatçıların XXIV respublika elmi konfransının materialları. Bakı-2024, s.96
2. В.Н.Тагиров, Н.Ф.Гахраманов, А.Г.Гусейнов, Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа $A_3^I B^{III}_5 C^{VI}_9$ Баку-2001, с.303.

III BÖLMƏ

NANOMATERİALLAR VƏ MOLEKULAR FİZİKA

GRB-AST A4 MOLEKULUNUN ÖN UCLU SER1-ARG2-PRO3 FRAQMENTİNİN HƏNDƏSİ VƏ ENERJİ PARAMETRLƏRİNİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ

Vəliyeva L. İ., Mehdiyeva A. A.

Bakı Dövlət Universiteti

Lala_Veliyeva@rambler.ru, aysunmehdiyeva74@gmail.com

***Xülasə:** Grb-AST A4 molekulu "Glyllus bimaculatus" çəgirtgəsinin beyin ekstraktından izolə edilmişdir. O, 8 amin turşu qalıqından ibarət olduğu üçün, peptid təbiətlidi və Ser1-Arg2-Pro3-Phe4-Gly5-Phe6-Gly7-Leu8-NH₂ amin turşu ardıcılığından ibarətdir [1]. Bu molekul müəyyən konsentrasiyalarda yuvenil (cavan) hormonların sintezini ingibirləşdirir ki, buda öznövbəsində, izolə olunduğu həşəratın ilkin mərhələdə - böyümədən məhvini gətirib çıxarır [2]. Ona görə bu və bu fəsilədən olan digər molekulara olan maraq günbə-gün artır. Belə ki, Grb-AST A4 molekulunun quruluş-funksiya əlaqələri araşdırılsa, ziyanvericilərin məhvi üçün ətraf mühiti çirkləndirməyən yeni nəsil preparatların hazırlanması mümkün olar.*

Həndəsi və enerji parametrlərini tədqiq etdiyimiz fraqment, Grb-AST A4 molekulunun ön uclu fraqmenti olub, serin, arginin və prolin amin turşularından ibarətdir. Hesablamalar uzun illərin sınağından müvəffəqiyyətlə çıxmış nəzəri konformasiya üsulu ilə yerinə yetirilmişdir [3,4]. Nəzəri konformasiya analizi üsulu, molekulun mümkün olan üçölçülü quruluşlarını (koordinatlarını, rabitə uzunluqlarını, fəzadakı vəziyyətini) və bu quruluşların energetik vəziyyətlərini tədqiq etmək üçün istifadə olunan ən optimal hesablama üsuludur [5]. Bu üsul molekulyar modelləşdirmə və simulyasiya texnikalarına əsaslanır və, əsasən, aşağıdakı mərhələləri əhatə edir:

1. Molekulyar Modelin Qurulması: İlkin mərhələdə, tədqiq olunan molekulun atomlarının sayı, ikiüzlü bucaqlarının qiymətləri əsasında müxtəlif mümkün konformasiyaları – fəza quruluşları müəyyən edilir və, bunun əsasında da, hər bir konformasiyaya uyğun məkan koordinatları və ilkin üçölçülü modellə yaradılır. Bu modellər içərisindən isə potensial enerjinin minimizasiyası əsasında ən yaxşı konformasiya seçilir (2-ci və 3-cü mərhələlər).

2. Potensial Enerjinin Hesablanması: Molekulun müxtəlif konformasiyaları (mümkün üçölçülü quruluşları) üçün potensial enerji hesablanır. Bu hesablama, əksər hallarda molekulyar mexanika, və həmçinin, kvant mexanikası üsulları ilə aparıla bilər. Bu hesablamalar zəamı molekulyar atomları arasındakı qarşılıqlı təsirlər də nəzərə alınır.

3. Energetik Minimumların Tapılması: Molekulun kiçik enerjiyə malik konformasiyaları içərisindən Potensial enerjinin lokal minimum nöqtələri tapılır. Bu nöqtələr molekulyar sabit konformasiyalarını göstərir. Enerji minimumları molekulyar ən sabit və mümkün olan quruluşlarını təmsil edir.

4. Nəticələrin Təhlili: Konformasiya analizinin nəticələri, molekulun quruluşunun fəaliyyət mexanizmləri ilə əlaqələndirilir. Məsələn, molekulun bioloji aktivliyi, reaksiya qabiliyyəti, və ya digər funksional xüsusiyyətləri ilə konformasiya arasındakı əlaqələr öyrənilir.

Nəzəri konformasiya analizi üsulu, xüsusilə bioloji molekullar, zülallar, peptidlər və digər böyük orqanik molekulların tədqiqində geniş istifadə olunur. Bu üsul, molekulyar quruluşları anlamaq və onu müxtəlif şərtlər altında simulyasiya etmək üçün güclü bir vasitədir.

Nəzəri konformasiya analizi üsulu ilə molekulu təhlil etmək üçün, hesablamaların rahatlığı və çox az vaxt aparması üçün molekul kiçik fraqmentlərə bölünür (şəkil 1). Əvvəlcə həmin fraqmentlərin fəza quruluşu təhlil edilir. Sonra bu nəticələr əsasında, bütöv molekulun fəza quruluşunun əsas parametrləri müəyyən edilir.



Şəkil 1. Grb-AST A4 molekulunun amin turşu ardıcılığı və hesablanma sxemi

Ser1-Arg2-Pro3 fraqmentinin fəza quruluşunun həndəsi və enerji parametrlərini hesablamaq üçün, hər bir amin turşusunun fəzada tuta biləcəyi bütün mümkün hallar nəzərə alınaraq, 24 ilkin variantı qılmış və enerjisinin minimizasiya hesabına buraxılmışdır. Alınan nəticələrin təhlilindən müəyyən edilmişdir ki, 0-3 kkal/mol nisbi enerji intervalına hesablanmış konformasiyadan yalnız 12-si düşür.

Amin turşusu	İkiüzlü bucaqlar					
<i>Ser¹</i>	$\varphi=138$ $\psi=-72$ $\omega=181$	$\varphi=-70$ $\psi=-73$ $\omega=175$	$\varphi=137$ $\psi=-72$ $\omega=180$			
<i>Arg²</i>	$\varphi=125$ $\psi=164$ $\omega=175$	$\varphi=109$ $\psi=161$ $\omega=179$	$\varphi=94$ $\psi=162$ $\omega=175$			
<i>Pro³</i>	$\psi=-42$ $\omega=179$	$\psi=-45$ $\omega=177$	$\psi=-54$ $\omega=180$ $\chi=154$			

Digər konformasiyalar enerji cəhətcə əlverişli konformasiyalar olmadığı üçün, onlar sonrakı hesablama mərhələlərində nəzərə alınmamışdır. Enerjisi ən kiçik olan konformasiyanın, yəni qlobal minimum təmsil edən konformasiyanın enerjisinin qiymətinin -10.17 kkal/mola, qeyri-valent qarşılıqlı təsirin enerjisinin qiymətinin -9.85 kkal/mola, elektrostatik qarşılıqlı təsirin enerjisinin qiymətinin -0.94 kkal/mola, torsion qarşılıqlı təsirin enerjisinin qiymətinin isə 0.63 kkal/molə bərabər olduğu müəyyən edilmişdir. Aşağıdakı cədvəldə Ser1-Arg2-Pro3 fraqmentinin qlobal minimum qiymətinə uyğun konformasiyasının ikiüzlü bucaqlarının qiymətləri verilmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Lorenz M.W., R.Kellner, et al. "Allatostatins in Gryllus bimaculatus (Ensifera: Grullidae): New structures and physiological properties". European Journal of Entomology, 1999, p.267-274
2. Audsley, N., R. J. Weaver, et al. (2000). "Juvenile hormone biosynthesis by corpora allata of larval tomato moth, Lacanobia oleracea, and regulation by Manduca sexta allatostatin and allatotropin." Insect Biochemistry and Molecular Biology 30(8-9): 681-689.
3. Rossi M., García C., Santos D., "Theoretical Studies on the Conformational Behavior of Peptides in Different Environments." Journal of Structural Chemistry, 2020, v.61, N.8, p.1045-1055
4. Patel V.M., Ahmed N.M., "Theoretical Conformational Analysis of Brain Peptides: Recent Developments." Bioorganic Chemistry, 2022, v.64, N.3, p.1024-1038
5. Yakubov V.D., Eskait Y., "Amino Acids, Peptides, and Proteins: Modern Approaches to Structure and Function." Elsevier, 2021, 2nd Edition, 490 pp.

DETERMINATION OF THE GEOMETRY AND ENERGY PARAMETERS OF THE FRONT END SER1-ARG2-PRO3 FRAGMENT OF THE GRB-AST A4 MOLECULE

Valiyeva L. I., Mehdiyeva A. A.

Summary: The spatial structure and conformational properties of the Ser1-Arg2-Pro3 fragment in a water-like environment were investigated using theoretical conformational analysis based on atom-atom potential functions. The research was based on the minimization of the energy of intramolecular interactions between atoms (including non-valent, electrostatic, torsional, and hydrogen bond formation energies) in the vicinity of internal rotation angles corresponding to all combinations of low-energy conformations of the mono-peptide residues forming the fragment.

Key words: neuropeptides; structure; conformational analysis; molecular dynamics.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФРАГМЕНТА SER1-ARG2-PRO3 МОЛЕКУЛЫ GRB-AST A4

Валиева Л. И., Мехтиева А. А.

Резюме: Пространственная структура и конформационные свойства фрагмента Ser1-Arg2-Pro3 в водоподобной среде исследованы с помощью теоретического конформационного анализа, основанного на атом-атомных потенциальных функциях. Исследования основаны на минимизации энергии внутримолекулярных взаимодействий между атомами (в том числе энергий невалентных, электростатических, крутильных и водородных связей) в окрестности углов внутреннего вращения, соответствующих всем сочетаниям низкоэнергетических конформаций монопептида. остатки, образующие молекулу.

Ключевые слова: нейрпептиды; структура; конформационный анализ; молекулярная динамика

ENHANCING TRIBOELECTRIC NANOGENERATOR PERFORMANCE USING NYLON/MWCNT NANOCOMPOSITES FABRICATED VIA SPRAY COATING METHOD

Gulahmadov O.^{a*}, Muradov M.^a, Gahramanli L.^a, Musayev A.^b and Jadranka Blazhevskaja
Gilev^c

^aNano Research Laboratory of the Center for Excellence in Research, Development, and Innovation Baku State University

^bKhazar University World School

^cFaculty of Technology and Metallurgy, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje

ogulahmadov@bsu.edu.az , mbmuradov@gmail.com , gahramanli.lala@mail.ru ,

ali.official2808@gmail.com , jadranka@tmf.ukim.edu.mk

Summary. This study explores the fabrication of nylon/MWCNT NCs using the spray coating method and their influence on TENG performance. The integration of MWCNTs into nylon significantly enhances the dielectric properties of the NCs, leading to improved TENG output, including increased voltage and current. After five spray applications of MWCNTs, the output voltage and current showed substantial improvement, reaching 32 V and 3.4 μ A, respectively. However, further increases in the number of sprays led to diminishing returns, with voltage plateauing and current slightly decreasing due to MWCNT agglomeration, which reduced the effective contact area between triboelectric layers. This suggests that while MWCNTs can enhance performance, optimizing the concentration is crucial for maximizing the efficiency of TENGs.

Keywords: MWCNTs, TENGs, nylon/polysiloxane, nanocomposites, output performance

The intersection of nanotechnology and materials science has opened up new possibilities for developing advanced materials with enhanced properties. Among these innovations, nanocomposites (NCs) stand out for their ability to combine the unique characteristics of their components at the nanoscale. Specifically, the integration of multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) into polymer matrices like nylon has shown great potential in creating materials with improved mechanical, electrical, and thermal properties [1]. When combined, nylon/MWCNT NCs offer enhanced tensile strength, impact resistance, and electrical conductivity, making them ideal candidates for various applications, including triboelectric nanogenerators (TENGs) [2]. TENGs convert mechanical energy, such as vibrations, human movement, or environmental forces, into electrical energy via the triboelectric effect, where materials with distinct triboelectric properties generate opposite charges during contact and separation. Polymer-based NCs, particularly nylon/MWCNT combinations, have gained significant interest due to their tunable properties, such as dielectric constant and polarity. These properties, combined with their excellent triboelectrification performance, make nylon/MWCNT NCs promising for enhancing TENG performance [2].

In this study, we developed nylon/MWCNT NCs using the spray coating method and explored their impact on TENGs. MWCNTs were deposited onto the nylon surface through

multiple spray coatings, and the TENG's output performance was evaluated based on the number of MWCNT coatings. Fig. 1 illustrates the output performance of TENGs developed using NC films, evaluated based on time-dependent voltage and current variations.

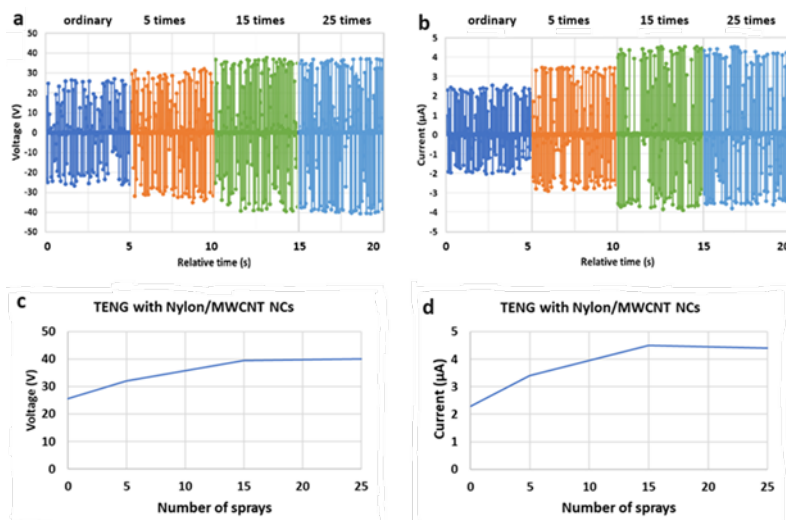


Fig. 1 Graphs illustrate the open-circuit voltage and short-circuit current of TENGs based on nylon/MWCNT nanocomposites: (a) Open-circuit voltage curves of the TENGs; (b) Short-circuit current curves of the TENGs; (c) Average open-circuit voltage values of the TENGs; (d) Average short-circuit current values of the TENGs.

As depicted in Fig. 1c, the voltage generated by the ordinary nylon-based TENG was 25.5 V. However, with NCs created by spraying 0.03% MWCNTs onto the nylon surface, the voltage increased to 32 V after five spray applications. Further increases in the number of sprays slightly improved the output parameters, with the voltage reaching 39.5 V after 15 sprays and 40 V after 25 sprays. This enhancement is attributed to the NCs' increased dielectric permittivity. The improved performance stems from the higher dielectric permittivity of nylon/MWCNT NCs, which increases the concentration of polar charges and dipoles. According to the capacitor model of TENGs, higher dielectric permittivity raises capacitance, thus boosting output. However, the increase in voltage plateaued between 15 and 25 sprays, likely due to MWCNT agglomeration, which reduces the effective contact area between the nylon and polysiloxane films. This trend is confirmed by the time-dependent current graph (Fig. 1d). The current of the ordinary nylon-based TENG was 2.3 μA , while the nylon/MWCNT NCs-based TENG's current increased to 3.4 μA after five sprays, and to 4.5 μA after 15 sprays. However, it slightly decreased to 4.4 μA after 25 sprays. This data indicates that adding MWCNTs initially boosts the TENG's output, but excessive MWCNT concentrations lead to agglomeration, which diminishes performance. The decline is due to the reduced effective contact area between the triboelectric layers, resulting in a negative impact on the triboelectric effect and overall performance.

References:

1. Lee, Seung Hwan, Myung Wook Kim, Sung Ho Kim, and Jae Ryouun Youn. "Rheological and electrical properties of polypropylene/MWCNT composites prepared with MWCNT masterbatch chips." *European polymer journal* 44, no. 6 (2008): 1620-1630.
2. Zhang, Hao, Dong-Zhi Zhang, Dong-Yue Wang, Zhen-Yuan Xu, Yan Yang, and Bao Zhang. "Flexible single-electrode triboelectric nanogenerator with MWCNT/PDMS composite film for environmental energy harvesting and human motion monitoring." *Rare Metals* 41, no. 9 (2022): 3117-3128.

PÜSKÜRMƏ ÜSULU İLƏ HAZIRLANMIŞ NAYLON/MWCNT NANOKOMPOZİTLƏRİNDƏN İSTİFADƏ EDİLƏN TRIBOELEKTRİK NANOGENERAT PERFORMANSININ ARTIRILMASI

Güləhmədov O., Muradov M., Qəhrəmanlı L., Musayev A. və Jadranka Blajevska Gilev

Xülasə. Bu tədqiqat sprej örtük metodundan istifadə edərək neylon/ÇDKNB nanokompozitlərinin hazırlanmasını və onların triboelektrik nanogeneratorun (TENG) çıxış performansına təsirini araşdırır. ÇDKNB-lərin neylonla inteqrasiyası nanokompozitin dielektrik xassələrini əhəmiyyətli dərəcədə artırır, bu da artan gərginlik və cərəyan daxil olmaqla, təkmilləşdirilmiş TENG əldə olunmasına gətirib çıxarır. ÇDKNB-lərin 5 dəfə çiləmədən sonra alınan nanokompozit əsaslı TENG-in çıxış gərginliyi və cərəyanı müvafiq olaraq 32 V və 3,4 μ A-ya çataraq əhəmiyyətli yaxşılaşma göstərdi. Bununla belə, spreylərin sayının daha da artması dəyərlərin azalmasına səbəb oldu, gərginlik və cərəyan ÇDKNB aqlomerasiyası səbəbindən bir qədər azaldı, bu da triboelektrik təbəqələr arasında effektiv təmas sahəsini azaltmışdır. Bu onu göstərir ki, ÇDKNB-lərin performansı artırma bilsə də, konsentrasiyanın optimallaşdırılması TENG-lərin səmərəliliyini artırmaq üçün çox vacibdir.

Açar sözlər: çox divarlı KNB, TENG, neylon/polisiloksan, nanokompozit, çıxış performansı

ПОВЫШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАНОГЕНЕРАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКОМПОЗИТОВ НЕЙЛОН/МУНТ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ НАПЫЛЕНИЯ

Гулахмадов О., Мурадов М., Гахраманлы Л., Мусаев А. и Ядранка Блажевска Гилев

Резюме. В этом исследовании изучается изготовление нанокomпозитов нейлон/MWCNT с использованием метода распылительного покрытия и их влияние на производительность трибоэлектрического наногенератора (ТЕНГ). Интеграция MWCNT в нейлон значительно улучшает диэлектрические свойства нанокomпозита, что приводит к улучшению выходной мощности ТЕНГ, включая увеличение напряжения и тока. После пяти распылений MWCNT выходное напряжение и ток показали существенное улучшение, достигнув 32 В и 3,4 мкА соответственно. Однако дальнейшее увеличение количества распылений привело к убывающей отдаче, при этом напряжение вышло на плато, а ток немного снизился из-за агломерации MWCNT, что уменьшило эффективную площадь контакта между трибоэлектрическими слоями. Это говорит о том, что, хотя MWCNT могут улучшить производительность, оптимизация концентрации имеет решающее значение для максимизации эффективности ТЕНГ.

Ключевые слова: CNT, ТЕНГ, нейлон/полисилоксан, нанокomпозиты, выходные характеристики

**KÜKÜRDİONLARININ KONSENTRASIYASININ Ag-Ag₂S NÜVƏ-
ÖRTÜKTIPLI STRUKTURLARININ UDMASPEKTR LƏRİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI**
İsmayılova F.

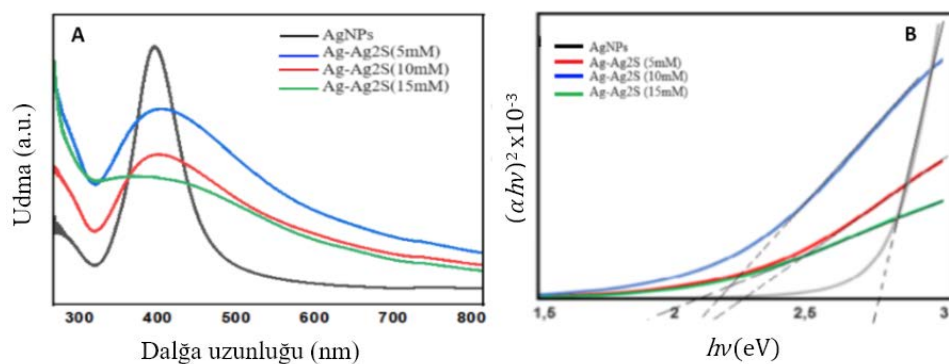
Bakı Dövlət Universiteti, Nanoaraşdırmalar Mərkəzi

fatmaismayilova655@gmail.com

Gümüş nanohissəciklər PVS sulu məhlulunda gümüş nitratı azaltmaqla hazırlanmışdır. Gümüş nitrat məhlulu 10 ml distillə edilmiş suya 0,03 q gümüş nitrat (AgNO₃) əlavə edilməklə hazırlanmışdır. PVS məhlulu natrium borhidrat (NaBH₄) ilə birlikdə 20ml distillə edilmiş suda həll etməklə hazırlanmışdır. Hazırlanmış PVS məhlulu 60°C -yə qədər qızdırıldı və ara-sıra qarışdırıldı və AgNO₃ məhlulu PVS məhluluna damcı-damcı əlavə edildi. Qarışıqın rəngi gümüş nitrat (AgNO₃) məhlulu yavaş sürətlə əlavə edildikcə tündləşməyə başladı. Bütün gümüş nitrat (AgNO₃) məhlulu əlavə edildikdən sonra qarışıq məhlul maqnit qarışdırıcıda 10 dəqiqə daha qarışdırıldı. Nəhayət, Ag nanohissəciklərinin 0,01M dispers məhlulu alındı. Natrium sulfid sintez edilmiş gümüş nanohissəciklərin səthində adsorbsiya olunmuş kükürd mənbəyi kimi istifadə edilmişdir. Sintez edilmiş Ag-Ag₂S strukturlarında istifadə olunmuş Na₂S məhlulunda kükürd ionlarının konsentrasiyalarını 5mM-dən 15mM-ə qədər dəyişdirilərək kimyəvi yolla sintez edilmişdir, AgNH-lərin konsentrasiyası isə dəyişməz qaldı. Daha sonra kükürd ionlarının hazırlanmış sulu məhlulu davamlı qarışdırma altında AgNH məhluluna damla-damla əlavə edildi. Şəkil.1A-da gümüş nanohissəciklərinin (AgNH) optik udulma spektri göstərilir. Udma spektrində 385 nm-də xarakterik zirvə nümayiş olunur. Bu AgNH-lərin səth plazmon rezonansına uyğundur [1]. Göründüyü kimi, nümunələr Na₂S məhluluna məruz qaldıqda, Ag nanohissəciyinin səth plazmonları ilə əlaqəli zirvənin intensivliyi azalır. İntensivliyin azalması ilə bərabər kükürd ionlarının aşağı və orta konsentrasiyasında qırmızı sürüşmə müşahidə olunur. Bundan əlavə, kükürd ionlarının konsentrasiyasının 10 mM qiymətindən sonra zirvələrin qırmızı sürüşməsi kəskinləşir və nümunələrin plazmon zirvələrində dalğa uzunluğunun artması müşahidə olunur (Şəkil.1A). Plazmon zirvələrinin tezliyi sərbəst elektronların konsentrasiyasından asılıdır (formula 1) [2]. Na₂S məhlulunun təsiri altında metal AgNH-də Ag₂S yarımkeçirici təbəqəsi əmələ gəlir ki, bu da təbii olaraq ilk nümunə ilə müqayisədə elektron konsentrasiyasının azalması ilə əlaqəlidir. Sulfidləşmə Ag nanohissəciklərinin [3] səthindəki qüsurlardan başlayır və Ag₂S əmələ gəlir.

$$\omega = \sqrt{\frac{ne^2}{\epsilon_0 m^*}} \quad (1)$$

Şəkil.1B-də göstərilirdiyi kimi, Ag nanohissəcikləri saf halda 2,8 eV qadağan olunmuş zolağa malikdir. Həmçinin, Şəkil.1B-dən göründüyü kimi, Na₂S məhlulunun müxtəlif konsentrasiyalarında zolaq boşluğu müxtəlif dəyərlər almışdır:



Şəkil.1 Ag nanohissəciyi və Na₂S məhlulu ilə birlikdə nümunələrin UV-Vis udma spektrləri (A) və qadağan olmuş zolağının eni (B)

5mM konsentrasiyada 2,25 eV, 10mM konsentrasiyada 2,19 eV, və 15mM konsentrasiyada 2,10 eV. Ag nanohissəcikləri Na₂S məhlulu ilə reaksiyaya girdikdə, Ag nanohissəciklərinin səthində Ag₂S formalaşır. Bu reaksiyanın kinetikasi məhlulun konsentrasiyasından asılıdır. Ag₂S-nin formalaşması Ag nanohissəciklərinin qadağan olunmuş zolağını daraldır, çünki Ag₂S materialı saf Ag-dən fərqli bir elektron struktura malikdir. Mövcud ədəbiyyata görə, Ag₂S nanokristalları üçün zolaq boşluğu $E_g = 0,9-1,1$ eV diapazonuna düşür [4]. Nəticə etibarilə, nəticələrin təhlili göstərir ki, kükürdün (S) daxil edilməsi Ag-Ag₂S nüvə-örtük tipli strukturların zolaq boşluğunda dəyişikliklərə səbəb ola bilər. Bunun səbəbi Ag₂S-in keçiricilik zolağına keçən həyəcanlanmış elektronların Ag-Ag₂S sərhəddində asanlıqla gümüşə keçməsidir. Ag və Ag₂S-nin heterostruktur əmələ gətirməsi interfeysdə Ag₂S-nin zolaq boşluğunun strukturunu dəyişdirir və yüklərin ayrılmasını asanlaşdırır və yük daşıyıcılarının rekombinasiyasını azaldır.

$$(\alpha hv)^2 = A(hv - E_g)(2)$$

İstinadlar

1. Khurana, Kanika, and Neena Jaggi. "Localized surface plasmonic properties of Au and Ag nanoparticles for sensors: A review." *Plasmonics* 16.4 (2021): 981-999.
2. MB Gebeyehu, TF Chala, SY Chang, CM Wu və JY Lee, *RSC Adv.* ,(2017), 7 (26), 16139–16148
3. G. Park, C. Lee, D. Seo, H. Song, Full-Color Tuning of Surface Plasmon Resonance by Compositional Variation of Au@Ag Core-Shell Nanocubes with Sulfides, *Langmuir*. 28 (2012) 9003–9009. doi:10.1021/la300154x.
4. R. Zamiri, H. Abbastabar Ahangar, A. Zakaria, G. Zamiri, M. Shabani, B. Singh and JMF Ferreira, *Chem. sent. J.* , (2015), 9 (1), 1–6

STUDY OF THE EFFECT OF SULFUR ION CONCENTRATION ON ABSORPTION SPECTRA of Ag-Ag₂S CORE-SHELL TYPE STRUCTURES

Ismayilova F.

Baku State University, Nanoresearch Center

Abstract: In this study, silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized via chemical reduction. Then Ag-Ag₂S core-shell structures were then synthesized. AgNPs were obtained by simply mixing different concentrations of Na₂S aqueous solution (5, 10 and 15 mM). The optical properties of these structures were analyzed. The optical properties and bandgap values were studied using ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy. The optical properties of AgNPs revealed clear differences in their physical properties after sulfidation. From the study of optical properties, we determined that Ag-Ag₂S core-shell structures have broadband absorption properties that can be controlled by changing the concentration of sulfur ions in the sulfidation process. Also, because of sulfidation, it was determined that the value of the bandgap of Ag-Ag₂S structures changes.

Keywords: Silver nanoparticles, Ag-Ag₂S structures, Surface Plasmon Resonance, UV-Vis absorption spectra, Tauchmethod

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ СЕРЫ НА СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ СТРУКТУР ТИПА ЯДРО-ОБОЛОЧКА Ag-Ag₂S

Исмаилова Ф.

Бакинский Государственный Университет, Наноисследовательский центр

Резюме: В этом исследовании наночастицы серебра (AgNP) были синтезированы методом химического восстановления. Затем были синтезированы структуры ядро-оболочка Ag-Ag₂S. AgNP были получены простым смешиванием водного раствора Na₂S различных концентраций (5, 10 и 15 мМ). Проанализированы оптические свойства этих структур. Оптические свойства и значения запрещенной зоны были изучены с помощью ультрафиолетово-видимой (УФ-Вид) спектроскопии. Оптические свойства AgNP выявили четкие различия в их физических свойствах после сульфидирования. В результате исследования оптических свойств мы определили, что структуры ядро-оболочка Ag-Ag₂S обладают широкополосными абсорбционными свойствами, которыми можно управлять, изменяя концентрацию ионов серы в процессе сульфидирования. Также из-за сульфидирования установлено, что изменяется величина запрещенной зоны структур Ag-Ag₂S.

Ключевые слова: наночастицы серебра, структуры Ag-Ag₂S, поверхностный плазмонный резонанс, спектры поглощения УФ-ВИД, метод Таука.

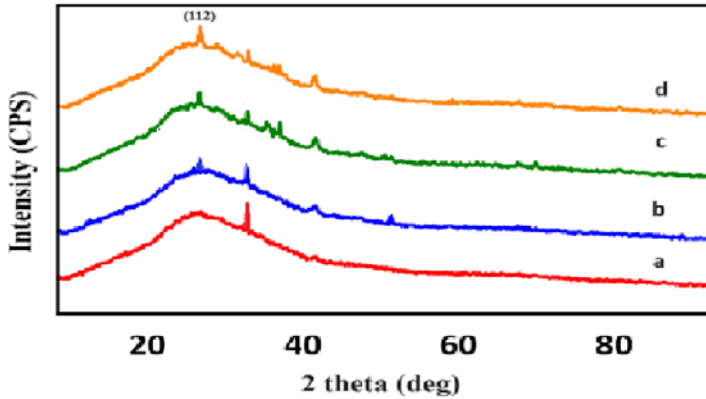
**KÜKÜRD İONLARININ ARTAN KONSENTRASIYASI İLƏ Ag-
Ag₂S QURULUŞLARININ STRUKTUR XÜSUSİYƏTLƏRİNİN DƏYİŞMƏSİNİN TƏDQIQI**
İsmaylova F.

Bakı Dövlət Universiteti, Nanoaraşdırmalar Mərkəzi

fatmaismayilova655@gmail.com

Xülasə: Gümüş nanohissəciklər PVS sulu məhlulunda gümüş nitrati azaltmaqla hazırlanmışdır. AgNO₃ məhlulu NaBH₄ vasitəsilə reduksiya olunaraq Ag nanohissəciklərinin 0,01M dispers məhlulu alındı. Natrium sulfid sintez edilmiş gümüş nanohissəciklərin səthində adsorbsiya olunmuş kükürd mənbəyi kimi istifadə edilmişdir. Sintez edilmiş Ag-Ag₂S strukturlarında istifadə olunmuş Na₂S məhlulunda kükürd ionlarının konsentrasiyalarını 5mM-dən 15mM-ə qədər dəyişdirilərək kimyəvi yolla sintez edilmişdir, AgNH-lərin konsentrasiyası isə dəyişməz qaldı. Daha sonra kükürd ionlarının hazırlanmış sulu məhlulu davamlı qarışdırma altında AgNH məhluluna damla-damla əlavə edildi.

AgNH və AgNH+Na₂S nümunələri üçün XRD diffraktoqramları Şəkil.1-də göstərilmişdir. Şəkil.1a-də birinci spektr AgNH-nə uyğundur. $\theta = 38.33^\circ$ və 64.63° -də müşahidə edilən (111) və (220) müstəvilərinə uyğun gələn zirvələr üz mərkəzli kubik AgNH üçün xarakterikdir (JCPDS № 04-0783)[1]. Şəkil.1a-da difraksiya zirvələri nəzərə cərpacaq dərəcədə genişlənmişdir ki, bu da hissəcik ölçüsünün kiçik olduğunu göstərir.



Şəkil.1 (a) AgNH (b) Ag-Ag₂S (5mM), (c) Ag-Ag₂S (10mM), (d) Ag-Ag₂S (15mM) nümunələri üçün rentgen diffraktoqramı

Şəkil.1b 5mM konsentrasiyalı Ag-Ag₂S nümunəsi üçün XRD diffraktoqramını göstərir. Spektrdən görüldüyü kimi, (112) indeksi $2\theta = 32,6^\circ$ olan yeni pik müşahidə edilir. Bu zirvə Na₂S məhlulunun təsiri ilə AgNH-in səthində əmələ gələn Ag₂S üçün xarakterikdir (JCPDS № 14-0072) [2]. Şəkil.1c və d spektrlərində müvafiq olaraq kükürd ionlarının artan konsentrasiyası ilə monoklinik Ag₂S zirvələrinə uyğun olaraq (112) indeks pikinin intensivliyinin artdığı müşahidə olunur. Bu Na₂S məhlulunda kükürd ionlarının konsentrasiyasının artması ilə əlaqədardır ki, bu da AgNH-in daha çox Na₂S məhluluna məruz qalmasına və kükürd ionlarının nanohissəciyə daha çox nüfuz etməsinə səbəb olur. Görüldüyü kimi Şəkil.1b spektri ilə müqayisədə, 22.3° , 30.12° və 34.35° və 37.8° -də müşahidə edilən (012), (-112), (-121) və (-103) müstəvilərinə uyğun olan Ag₂S üçün yeni zirvələr meydana çıxdı (JCPDS № 14-0072)[3]. Bu, Ag-Ag₂S strukturların kristallaşmasını təstiqləyir. Beləliklə, Na₂S-in konsentrasiyasının artması nanohissəciyin səthində

əmələ gələn Ag₂S miqdarının artması ilə nəticələnir. Bununla yanaşı, AgNH üçün əsas zirvənin intensivliyi ilkin nümunə ilə müqayisədə azalsa da, AgNH üçün xarakterik olan zirvələr bütün spektrlərdə yox olmur, bu da nümunədəki AgNH-in hamısının Ag₂S-ə çevrilmədiyini və Ag-Ag₂S heterostrukturunu kimi formalaşdığını göstərir. Beləliklə əldə edilən zirvələr xarakterik zirvələrlə yaxşı uyğunlaşdı və AgNH-in və Ag-Ag₂S strukturlarının əmələ gəlməsi təsdiqləndi.

İstinadlar

1. J. Lu, D. Liu and J. Dai, J. Mater. Sci.: Mater. Electron., (2019), 30(16), 15786–15794
2. Sahraoui, K., Benramdane, N., Khadraoui, M., Miloua, R., & Mathieu, C. (2014). Characterization of silver sulphide thin films prepared by spray pyrolysis using a new precursor silver chloride. Sensor s & Transducers, 27, 319-325
3. A. Gusev, S.J.S. Sadovnikov, Acanthite–argentite transformation in nanocrystalline silver sulfide and the Ag₂S/Ag nanoheterostructure. Semiconductors 50(5), 682–687 (2016)

STUDY OF CHANGES IN STRUCTURAL PROPERTIES OF Ag-Ag₂S STRUCTURES WITH INCREASING CONCENTRATION OF SULFUR IONS

Ismayilova F.

Baku State University, Nanoresearch Center

Summary: In this study, silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized by chemical reduction. Then Ag-Ag₂S core-shell structures were obtained by simply mixing AgNPs with Na₂S aqueous solution at different concentrations (5, 10 and 15mM). Then AgNPs- in and the properties of Ag-Ag₂S structures were studied. Changes in the structure of the sample were analyzed using X-ray diffraction (XRD). The structural analysis results show that a layer of Ag₂S was formed on the surface of AgNPs as a result of the sulphidation process. Also, there was a decrease in the degree of crystallization of AgNPs. This structural change depends on the increase in the concentration of sulfur ions. The study of the structural properties of AgNPs after sulphidation clearly shows their physical properties. found differences

Keywords: Chemical reduction, Silver nanoparticles, Sulphidation process, Ag-Ag₂S structures, XRD spectra.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ СТРУКТУР Ag-Ag₂S ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ СЕРЫ

Исмаилова Ф.

Бакинский государственный университет, Центр наноисследований

Резюме: В этом исследовании наночастицы серебра (AgNP) были синтезированы путем химического восстановления. Затем были получены структуры ядро-оболочка Ag-Ag₂S путем простого смешивания AgNP с водным раствором Na₂S при различных концентрациях (5, 10 и 15 мМ). Затем были изучены AgNP- и свойства структур Ag-Ag₂S. Изменения в структуре образца были проанализированы с помощью рентгеновской дифракции (XRD). Результаты структурного анализа показывают, что в результате процесса сульфидирования на поверхности AgNP образовался слой Ag₂S. Также наблюдалось снижение степени кристаллизации AgNP. Это структурное изменение зависит от увеличения концентрации ионов серы. Исследование структурных свойств AgNP после сульфидирования наглядно показывает их физические свойства. найденные различия

Ключевые слова: химическое восстановление, наночастицы серебра, процесс сульфидирования, структуры Ag-Ag₂S, спектры рентгеновской дифракции.

CH₃NH₃SnCl₃ PEROVSKIT TƏBƏQƏLƏRİN SİNTEZİ

Nuriyeva S., Məmmədova S.

Bakı Dövlət Universiteti, Nanoaraşdırmalar Laboratoriyası
nurievasevinj@bsu.edu.az, sabinamammadoffa@gmail.com

Sürətli yükdaşıyıcı generasiyası, idarə oluna bilən qadağan olunmuş zona eni, aşağı sürətli elektron-deşik rekombinasiyası, fotoluminessensiyanın yüksək kvant çıxışına görə hibrid perovskit materiallar müasir dövrün aktual tədqiqat istiqamətlərindədir. Bu materiallar üstün katalitik və fotoelektrik xüsusiyyətlərinə görə bərpa olunan enerji mənbələrində, enerji saxlanma cihazlarında, çirkləndiricilərin deqradasiyası prosesində və optoelektronik cihazlarda geniş tətbiq olunur [1-2]. Belə ki, onların günəş elementində tətbiqi səmərəliyi 4% -dən 25% -ə qədər yüksəltmişdir [3].

Perovskit materialların sintezi və günəş elementlərinin elektrodlarında istifadəsi ilə bağlı kifayət qədər elmi işlər vardır [4-5]. Ən çox yayılmış üsul müxtəlif həlledicilərin qarışıqlarında məlum duzların və metilamonium halogenin ekvimolyar nisbətlərdə qarışdırılması ilə alınan məhlul əsaslı sintez üsuludur [6]. Alınma metodu quruluş və xassələrə təsir edən əsas faktorlardan olduğundan, doğru metodikanın seçilməsi tədqiqatın əsas məqsədlərindədir. Tədqiqat işində ilk öncə CH₃NH₃Cl duzu sintez edilmiş, ardınca qalay əsaslı perovskit təbəqə hazırlanmışdır. Məlum miqdarda metilamin, etanol məhlulu və xlorid turşusu 2 saat ərzində buz vannasında qarışdırılmış, alınmış metil amonium xloridi (CH₃NH₃Cl) kristallik hala gətirmək üçün 65°C temperaturda rotorlu (fırlanan) buxar maşını ilə qarışdırılmış və buxarlandırılmış kütlə ayrılaraq üç dəfə dietil efirində yuyulmuşdur. Ardınca alınan metil amonium xlorid (CH₃NH₃Cl) və qalay xlorid (SnCl₂) duzları 1:1 nisbətində DMF-də həll edilərək maqnit qarışdırıcıda 60°C-də müəyyən müddət qarışdırılmışdır. Alınmış CH₃NH₃SnCl₃ perovskit materialı Doktor Bleyd üsulu ilə nazik təbəqə şəklinə salınmışdır. Təbəqələr 100°C temperaturda 15 dəqiqə müddətində tavllanmış və quruluşu tədqiq edilmişdir.

İstinadlar:

1. Milka G, Sanjay SP. Synthesis gas production in oxy carbon dioxide reforming of methane over perovskite catalysts. Instit. Technol. Nirma University, Ahmedabad 2011;
2. Lee, M. M., Teuscher, J., Miyasaka, T., Murakami, T. N. & Snaith, H. J. Efficient
3. Kranz, L. et al. High-Efficiency Polycrystalline Thin Film Tandem Solar Cells. J. Phys. Chem. Lett. 6 (14), 2676-2681 (2015). 11. Xing, G. et al. Low-temperature solution-processed wavelength-tunable perovskites for lasing. Nat. Mater. 13, 476-480 (2014)
4. Tailoring the surface morphology with annealing temperature of the lead free perovskite solar cell, CH₃NH₃SnCl₃ and its relation to the cell performance.

5. Milka G, Sanjay SP. Synthesis gas production in oxy carbon dioxide reforming of methane over perovskite catalysts. Instit. Technol. Nirma University, Ahmedabad 2011;
6. Eperon, G. E., Burlakov, V. M., Docampo, P., Goriely, A., & Snaith, H. J. Morphological Control for High Performance, Solution-Processed Planar Heterojunction Perovskite Solar Cells. Adv. Funct. Mater. 24 (1), 151-157 (2014).

SYNTHESIS OF PEROVSKITE $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnCl}_3$ layers

Nuriyeva S., Mammadova S.

Baku State University, Nanoresearch Laboratory

Abstract: *In this study, using a number of technological processes (rotator evaporator and magnetic stirring), $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnCl}_3$ perovskite layers with wide application in solar cell electrodes were prepared. A certain amount of methylamine and ethanol solution, and hydrochloric acid were mixed in an ice bath for 2 hours, and $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ was crystallized. The methyl ammonium chloride ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$) and tin chloride (SnCl_2) salts were dissolved in DMF in a 1:1 ratio and stirring for an appropriate time of time at 60°C using a magnetic stirrer. The resulting $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnCl}_3$ perovskite material has been applied as a thin layer using the Doctor Blade technique.*

Keywords: $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnCl}_3$, perovskite layers, Doctor Blade technique.

ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЕВ ПЕРОВСКИТА $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnCl}_3$

Нуриева С., Мамедова С.

Бакинский государственный университет, Наноисследовательская Лаборатория

Абстракт: *В данной работе с помощью ряда технологических процессов (ротаторного испарителя и магнитного перемешивания) были получены слои перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnCl}_3$, имеющие широкое применение в электродах солнечных элементов. Определенное количество раствора метиламина и этанола, а также соляной кислоты смешивали в ледяной бане в течение 2 часов, и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ кристаллизовался. Соли хлорида метил аммония ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$) и хлорида олова (SnCl_2) растворяли в ДМФА в соотношении 1:1 и перемешивали в течение соответствующего времени при 60°C с помощью магнитной мешалки. Полученный материал перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnCl}_3$ был нанесен в виде тонкого слоя с использованием техники Доктора Блейда.*

Ключевые слова: $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnCl}_3$, слои перовскита, Техника Доктора Блейда.

Ag NANOQURULUŞUNUN SİNTEZİ, QURULUŞU VƏ MORFOLOGİYASININ TƏDQIQI

Bəkirova S.

Bakı Dövlət Universiteti

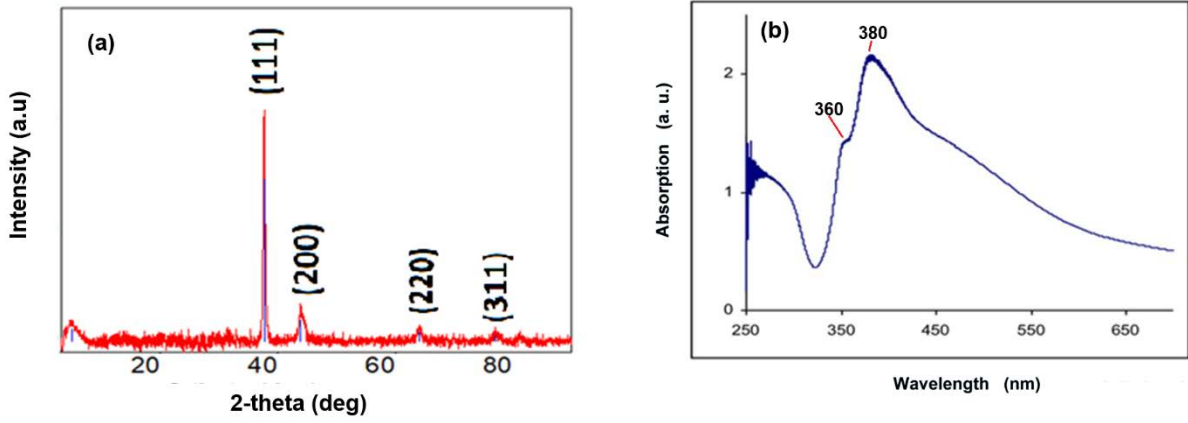
samayabakirova01@gmail.com

Ag nanoquruluşları unikal xassələri və tətbiqləri sayəsində bir neçə onillikdə ən çox diqqət çəkən nanoquruluşlardan biridir. Sadə sintez üsulları ilə əldə olunması, eləcə də yüksək həssaslığa və kimyəvi stabilliyə malik olması Ag nanoquruluşlarının tətbiq sahələrini genişləndirir. Unikal xassələrə malik olduqları üçün Ag əsaslı nanoquruluşlar bir sıra tətbiqlərə - antibakterial materiallar kimi sənayenin bir çox sahələrində, o cümlədən məişət və səhiyyədə, tibbi cihaz örtüklərində, istehlak məhsullarında, optik sensorlarda, kosmetikada, qida sənayesində, diaqnostikada, ortopediyada istifadə olunur [1]. Ag nanohissəciklərinin tətbiq sahələrindən biri də çirkab suların təmizlənməsində istifadəsidir [2]. Tekstil sənayələrindən atılan boya tərkibli tullantılar təmiz suyun çirklənməsinin demək olar ki, 17%-20%-ni təşkil edir [3]. Boya və çirkab suların təmizlənməsi istiqamətində istifadə olunan nanoquruluşlar əsasən Ag əsaslı nanomateriallardır. Bu baxımdan Ag əsaslı nanomaterialların sintezi, onların quruluş xassələrinin tədqiq edilməsi aktual məsələlərdən hesab olunur.

Təqdim edilən işdə Ag nanonaqilləri polyol sintez üsulu ilə sintez edilmişdir. Polyol sintez üsulu ilə Ag nanonaqilinin sintezi mərhələlərlə aparılmışdır: İlk öncə, silikon yağı qızdırıcıya qoyulur və 5 ml etilenqlikol (EQ) kolbaya əlavə edilib silikon yağının içərisinə yerləşdirilir. Bu zaman EQ-un 160°C qədər qızdırılması həyata keçirilir. 15 ml NaCl və 10 ml CuBr₂ EQ üzərinə damcı üsulu ilə əlavə olunur. 0.063 q AgNO₃ və 2 ml EQ maqnit qarışdırıcıda qarışdırılır. 0.2 ml PVP məhlulunun üzərinə 0.6 ml EQ əlavə edilib qarışdırmağa davam edilir. 3 saatdan sonra alınan məhlul soyudulur və bərabər olacaq şəkildə 2 reaksiya qabına boşaldılır. Hər iki reaksiya qabına 9-10 ml aseton əlavə edilir və sentrifuqada yuyulur.

Ag nanonaqilinin kimyəvi tərkibini və kristalloqrafik strukturunu öyrənmək üçün Rentgen quruluş difraktometrindən (RD) istifadə edilmiş və difraksiya mənzərəsi şəkil 1.a-da verilmişdir. Aparılmış RD analizindən difraksiya piklərinin $2\theta=37,64^\circ$, $43,81^\circ$, $64,05^\circ$ və $76,89^\circ$ -da müşahidə edildiyi təyin edilmişdir. Elmi ədəbiyyatla müqayisədə reaksiya nəticəsində formalaşan Ag nanonaqillərinin səthə mərkəzləşmiş kubik kristal struktura malik olduğu (JCPDS File No. 04-0783) müəyyənləşdirilmişdir. Müşahidə olunan bu difraksiya piklərinin müvafiq olaraq (111), (200), (220), (311) Miller indekslərinə uyğun olduğu təyin edilmişdir.

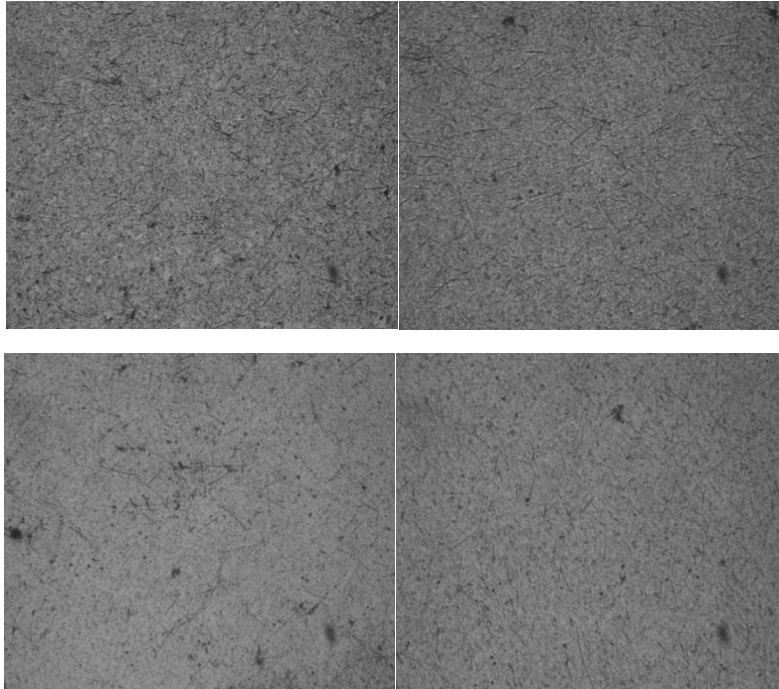
Ag nanonaqillərinin optik xassələrinin təyini üçün onları Ultrabənövşəyi- Görünən spektroskopiyaya (UB-Gör.) vasitəsilə tədqiq edilmiş nəticələri şəkil 1.b-də verilmişdir.



Şəkil 1. Ag nanostrukturlarının a) RD mənzərəsi; b) UB-Gör. Spektroskopiya vasitəsilə tədqiqi

Şəkil 1.b-dən görüldüyü kimi, gümüş nanonaqilləri uğurla sintez edilmişdir. Belə ki, burada müşahidə olunan iki əsas pik-plazmon pikləri ədəbiyyatla müqayisədə müəyyən sürüşmələrlə 360 nm və 380 nm dalğa uzunluqlarında maksimum udma nümayiş etdirmişlər [4]. Müşahidə olunan maksimum udma dalğa uzunluqları gümüş nanonaqilləri üçün xarakterik olan səth plazmon rezonansına uyğundur. Bu, metal nanonaqillərdəki sərbəst elektronların kollektiv şəkildə rəqsi ilə əlaqələndirilir.

Şəkil 2-də polyol sintez üsulu ilə əldə olunmuş nanostrukturların optik mikroskopiya ilə tədqiqindən əldə olunan təsvirlər verilmişdir.



Şəkil 2. Ag nanostrukturlarının optik mikroskopiya üsulu ilə tədqiqi

Optik mikroskopiya təsvirlərindən Ag nanoquruluşlarının tərkibinin müxtəlif uzunluqlu nanonaqillərdən, eyni zamanda, nanohissəciklərdən təşkil olunduğunu aydın şəkildə görmək mümkündür. Deməli, sintez nəticəsində 0D/1D quruluşları formalaşmışdır.

Əldə olunan Ag əsaslı nanoquruluşların müxtəlif mühitlərdə boyaq maddələrinin parçalanmasında tədqiqi nəzərdə tutulur.

İstinadlar

1. ZHANG, Xi-Feng, et al. Silver nanoparticles: synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. International journal of molecular sciences, 2016, 17.9: 1534.
2. OLADOYE, Peter Olusakin, et al. Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater. Results in Engineering, 2022, 16: 100678.
3. Zhang, X. F., Liu, Z. G., Shen, W., & Gurunathan, S. (2016). Silver nanoparticles: synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. International journal of molecular sciences, 17(9), 1534.
4. VIJILA, C. V., et al. Synthesis of silver nanowires using hydrothermal technique for flexible transparent electrode application. In: AIP Conference Proceedings. AIP Publishing, 2016.

SYNTHESIS, STRUCTURE AND MORPHOLOGY RESEARCH OF Ag NANOSTRUCTURE

Bekirova S.

Baku State University

***Abstract:** This study synthesized Ag nanowires using the polyol method. To determine structural properties, the X-ray Diffraction method and optical properties were utilized in Ultraviolet-spectroscopy, and for the analysis of the morphology of synthesized nanostructures, Optic Microscopy was used.*

***Keywords:** Ag nanowires, polyol method, optic properties, morphology*

СИНТЕЗ, ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МОРФОЛОГИИ НАНОСТРУКТУР Ag

Бекирова С.

Бакинский Государственный Университет

***Аннотация:** В этом исследовании синтезированы Ag нанопроволоки с использованием полиольного метода. Для определения структурных свойств использовался метод рентгеновской дифракции, а оптические свойства — в ультрафиолетовой спектроскопии, а для анализа морфологии синтезированных наноструктур — оптическая микроскопия.*

***Ключевые слова:** Ag нанопроволоки, полиольный метод, оптические свойства, морфология.*

ZnO və ÇLKNB ƏSASINDA NANOKOMPOZİTLƏRİN ALINMASI

Nuriyeva S., Qədirova A.

Bakı Dövlət Universiteti, Nanoaraşdırmalar Laboratoriyası

nuriyevasevinj@bsu.edu.az, aytacqedkrova@gmail.com

Nanotexnologiyanın inkişaf sürəti tədqiqatçıları enerji toplayan, saxlayan və çevirən cihazlarda tətbiq ediləcək ağıllı materialların-hibrid nanostrukturuların alınması istiqamətində intensiv olaraq çalışmağa təşviq etmişdir [1]. Bu səpkidə aparılan tədqiqatlarda elektrod materialı olaraq əsasən 0D və 1D nanomateriallar geniş istifadə olunur. Bu baxımdan müxtəlif yarımkeçirici oksid nanohissəciklər və karbon nanoboruları (KNB) ilə modifikasiya olunmuş elektrodların dizaynı və hazırlanması diqqət mərkəzindədir [2]. Geniş qadağan olunmuş zona eninə (3,37 eV), yüksək işıq udma xüsusiyyətinə malik n tipli yarımkeçirici sink oksid (ZnO) materialı fotoanodlarda 1D, 2D və 3D nanomaterialları kimi istifadə olunmaqdadır. Yüksək elektrik keçiriciliyi, mexaniki və kimyəvi stabilliyə malik olan çoxlaylı karbon nanoboruları (ÇLKNB) isə tətbiq olunduğu elektrodalarda fazalarası sərhəddə elektron transferini artırmaq xüsusiyyətinə malikdir [3]. Tədqiqat işində funksionallaşdırılmış ÇLKNB və ZnO nanohissəcikləri əsasında müxtəlif texnoloji üsullarla (ultrasəs sonikasiya və maqnit qarışdırıcı) kompozit material əldə edilmiş və Doktor Bleyd üsulu (həkim bıçağı texnikası) ilə nazik təbəqələr hazırlanmışdır [4].

İlk olaraq ZnO nanohissəcikləri ilə qarşılıqlı təsiri artırmaq məqsədi ilə ÇLKNB-ları H₂SO₄/HNO₃ turşularının 3:1 nisbətində ultrasonikasiya edilərək maqnit qarışdırıcıda qarışdırılmış, daha sonra pH=6 olana qədər distilə suyu (H₂O) və etil spirti (EA) ilə yuyularaq vakuum sobasında qurudulmuşdur [5]. ÇLKNB-ların nanokompozitlərin xüsusiyyətlərinə necə təsir etdiyini tədqiq etmək üçün nazik təbəqələr müxtəlif tərkiblərdə hazırlanmışdır. Belə ki, müəyyən miqdarda ZnO, ÇLKNB, PEQ (polietilenqlikol), EA (etil spirti), H₂O (su) 10 saat ərzində maqnit qarışdırıcıda qarışdırılaraq pasta halına salınmış və şüşə atlıqlar üzrərinə çəkilmişdir. Alınmış nümunələr 300°C temperaturda 30 dəqiqə ərzində sobada qurudularaq növbəti tədqiqatlar üçün hazırlanmışdır. ZnO/ÇDKNB/PEQ əsaslı nazik təbəqələrin quruluşu və optik xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir.

İstinadlar:

1. Mamta Sham Lal, Rajashekar Badam, Noriyoshi Matsumi, Sundara Ramaprabhu. Hydrothermal synthesis of single-walled carbon nanotubes/TiO₂ for quasi-solid-state composite-type symmetric hybrid supercapacitors. Journal of Energy Storage (2021), p. 102794. doi.org/10.1016/j.est.2021.102794
2. Bayram Kilic, Sunay Turkdogan, Aykut Astam, Oguz Can Ozer, Mansur Asgin, Hulya Cebeci, Deniz Urk, Selin Pravadili Mucur. Preparation of Carbon

Nanotube/TiO₂ Mesoporous Hybrid Photoanode with Iron Pyrite (FeS₂) Thin Films Counter Electrodes for Dye-Sensitized Solar Cell. Scientific Reports 6 (2016), 27052. doi:10.1038/srep27052

3. Ayesha Kausar, Carbonaceous nanofillers in a polymer matrix, Polymeric Nanocomposites with Carbonaceous Nanofillers for Aerospace Applications (2023), p. 23-53. doi.org/10.1016/b978-0-323-99657-0.00009-0
4. E. M. Elsayed, A. E. Shalan, M. M. Rashad. Preparation of ZnO nanoparticles using electrodeposition and co-precipitation techniques for dye-sensitized solar cell applications. J Mater Sci: Mater Electron (2014), 25:3412–3419 DOI 10.1007/s10854-014-2033-9
5. Alagar Ramar, Thiagarajan Soundappan, Shen-Ming Chen, Muniyandi Rajkumar, Saraswathi Ramiah. Incorporation of Multi-Walled Carbon Nanotubes in ZnO for Dye-Sensitized Solar Cells. Int. J. Electrochem. Sci., 7 (2012), 11734 – 11744. doi.org/10.1016/S1452-3981(23)16500-X

PREPARATION OF NANOCOMPOSITES BASED ON ZnO and MWCNT

Nuriyeva S., Khadirova A.

Baku State University, Nanoresearch Laboratory

Abstract: In this research, a composite material based on functionalized multiwall carbon nanotubes and ZnO nanoparticles was manufactured using a range of technological processes (ultrasonication and magnetic stirring), as well as a thin layer using the Doctor Blade method. Thus, a certain amount of ZnO, MWCNT, PEG, EA, and H₂O had been mixed in a magnetic stirrer for 10 hours, forming a paste that was then put onto glass slides. The samples were dried in an oven at 300 °C for 30 min analysis. The structure and optical characteristics of ZnO/MWCNT/PEG nanocomposites were investigated.

Keywords: ZnO, MWCNT, doctor blade

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ZnO и МУНТ

Нуриева С., Кадирова А.

Бакинский государственный университет, Наноисследовательская Лаборатория

Абстракт: В данном исследовании композитный материал на основе функционализированных многослойных углеродных нанотрубок и наночастиц ZnO был изготовлен с использованием ряда технологических процессов (ультразвуковая обработка и магнитное перемешивание), а тонкий слой готовили по методу доктора Блейда. Определенное количество ZnO, МУНТ, ПЭГ, ЭА и H₂O смешивали в магнитной мешалке в течение 10 часов, образуя пасту, которую затем наносили на предметные стекла. Образцы высушивались в печи при температуре 300 °C в течение 30 минут. Были исследованы структура и оптические характеристики ZnO/МУНТ/ПЭГ нанокompозитов.

Ключевые слова: ZnO, МУНТ, Доктор Блейд

ZnO NANOHISSƏCIKLƏRİNİN BITKİLƏRDƏ FOTOSİNTEZ PROSESİNİN AKTİVLİYİNƏ TƏSİRİ

ƏliyevaƏ.

Bakı Dövlət Universiteti

esmer2023bdu@gmail.com

Fotosintez, yaşıl bitkilərin işıq enerjisini kimyəvi enerjiyə çevirdiyi prosesdir. Yaşıl bitkilərdə fotosintez zamanı işıq enerjisi udulur və su, karbon dioksid və minerallar oksigenə və enerji ilə zəngin olan üzvi birləşmələrə çevrilir. Kimyəvi baxımdan fotosintez işıqla enerji alan oksidləşmə-reduksiya prosesidir. Bitki fotosintezində işıq enerjisi sudan oksigen qazı, hidrogen ionları və elektronlar hasil edərək onun oksidləşməsini təmin edir. Bu tədqiqatlar nanomaterialların fotosintez prosesinə təsiri ilə bağlıdır. Metal əsaslı nanohissəciklərin xlorofil və karotenoidlərin sintezinə ciddi təsir göstərdiyi müəyyənləşdirilib[4]. Məsələn, ZnO əlavə edilmiş torpaqda 35 gün becərilən *Coriandrum sativum* yarpaqlarında xlorofilin miqdarı kontrol ilə müqayisədə 50% artmışdır[5]. Yərfistığı üzərində aparılan tədqiqat göstərib ki, ZnO nanohissəcikləri cücərməyə müsbət təsir edir. Əksinə, ZnO nanohissəcikləri qarğıdalının cücərməsinə mənfi təsir göstərir[1]. ZnO nanohissəciklərinin yarpaqlarda yüksək konsentrasiyalarda yığılması *Vicia faba* nın fotosintez aktivliyinə mənfi təsir göstərir[2]. Fe, Cu və Mo nanohissəciklərinin *Solanum tuberosum* bitkisinde bioloji aktivliyini öyrənərkən aydın olmuşdur ki, nanohissəciklərin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq bitkinin böyüməsi və inkişafı həm zəiflədilər, həm də gücləndirilə bilər [3].

Tədqiqat obyektini kimi lobya toxumu götürülmüşdür. Lobyada dərin kök sistemə malikdir, istilik sevən bitkidir və şaxtaya həssasdır. Optimal böyümə temperaturu 18-30 °C arasındadır. Lobyada mülayim və subtropik iqlim şəraitində daha yaxşı inkişaf edir. Lobyanın vegetasiya müddəti orta hesabla 60-120 gün arasındadır, çeşidə və iqlim şəraitinə görə dəyişə bilər. Lobyanın texniki yetişmiş qınlarının tərkibində 14,0 % quru maddə, o cümlədən 6 % zülal, 4 % azotlu maddələr, 4-6 % karbohidratlar, 2,9 % şəkər, 1 % sellüloza, 0,7 % mineral maddələr, quru toxumlarında isə 30 %-ə yaxın zülal vardır. Tədqiqat zamanı istifadə edilən, toz şəklində olan ZnO nanohissəcikləri Sky Spring Nanomaterials, Inc.-dən alınmışdır. Təcrübədə istifadə olunan ZnO nanohissəcikləri 10-30 nm ölçülü, 99,8% təmizlikli olmuşlar. Təcrübədə lobya toxumları toz halında olan ZnO nanohissəcikləri ilə örtülmüş və kontrol vəziyyətində birbaşa torpağa əkilmiş və hər 3 gündən bir suvarılmışdır. Lobyada cücərtilərini vegetativ qablarında laboratoriyada şəraitində, fitatonda cücərdilmişdir. Toxumlar cücərdikdən sonra bitkilər işığın təsiri altına qoyulmuşdur. Təcrübənin 13-cü günündə hər variantın piqment tərkibini təyin etmək üçün 0,1 qram yarpaq nümunəsi götürülərək 10 ml 95%-li aseton əlavə edilərək qarışdırılıb ekstrakt halına

salınmışdır. Sonra isə ekstraktın şəffaflaşması, digər maddələrin çökməsi üçün 10 dəqiqə 5000 rpm konsentrasiyada NF 200 aparatında sentrifuqa edilmişdir. Daha sonra piqmentlərin miqdarı SPECORD 250 plus spektrofotometrindən istifadə etməklə 440, 645, 663 nm dalğa uzunluqlarında ölçülmüşdür. Hesablamalar ilə xlorofil a və b, karotenoidlərin miqdarı aşağıdakı düsturlarla müəyyən edilmişdir:

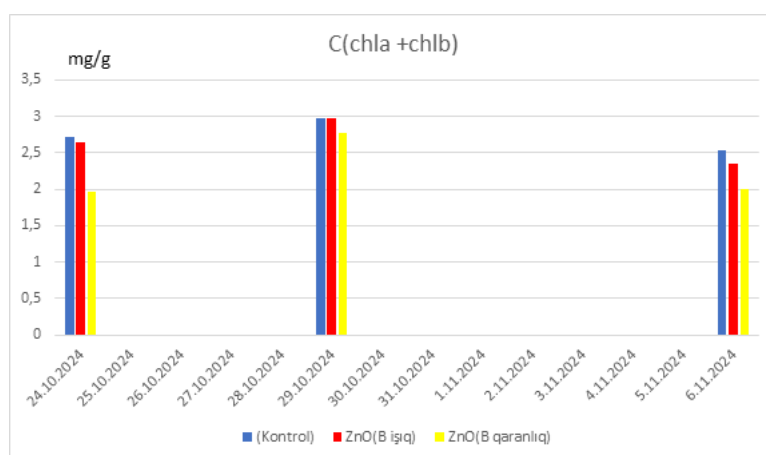
$$\text{Xlorofil a (mq/q)} = 9,784 \times A_{663} - 0,990 \times A_{645}$$

$$\text{Xlorofil b (mq/q)} = 21,426 \times A_{645} - 4,650 \times A_{663}$$

$$\text{Xlorofil a + Xlorofil b (mq/q)} = 5,134 \times A_{663} + 20,436 \times A_{645}$$

$$\text{Karotenoidlər (mq/q)} = 4,695 \cdot A_{440} - 0,268 \cdot (a + b)$$

A-müvafiq dalğa uzunluğunda udulmadır. Konsentrasiyaları hesabladıqdan sonra, hər qram təzə maddə üçün piqmentin miqdarı $C = c_1 V r / m$ düsturu ilə hesablanıb. Burada, C-nümunənin yaş çəkisində piqmentin miqdarı (mq/q); c_1 -verilmiş düsturla hesablanmış piqmentin konsentrasiyası (mq/l); V-ekstraktın başlanğıc həcmi (ml); r-durulaşdırma əmsalı; m-nümunənin çəkisi (q). Təcrübə zamanı istifadə olunan miqdarlara əsasən, $m=0.1$ q, $r=1$, $V=10$ ml kimi hesablanmışdır. 13 günlük cücartilərin yarpaqlarından nümunələr götürülərək xlorofilin miqdarı təyin edilmişdir. Şəkil 1-dən aydın olur ki, ZnO nanohissəcikləri yarpaqlarda işıqlanma şəraitindən və bitkilərin inkişaf mərhələlərindən asılı olaraq xlorofilin miqdarına təsir edir. Məlum olmuşdur ki, 5 gündən sonra xlorofilin miqdarı artır, lakin ikinci 5 günlükdə xlorofilin miqdarı həm qaranlıqda, həm də işıqda azalmışdır.



Şəkil1. ZnO nanohissəcikərinin xlorofilin miqdarına təsiri.

İstinadlar

1. Alireza İ, Zahra O, Narges A. Synthesis and characterization of ZnO Nps and their impact on plants. Chapter 1: 1 April 2021.
2. Danielle P. Pedruzzi, Leandro O. Araujo, William F. Falco. ZnO nanoparticles impact on the photosynthetic activity of Vicia Faba: Effect of particle size and concentration. Nano impact Volume 19, July 2020, 100246.

3. Mushinskiy, A. A., & Aminova, E. V. (2019). Effect of iron, copper and molybdenum nanoparticles on morphometric parameters of *Solanum tuberosum* L. plants. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 341(1), 12-19. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012195>
4. Ping Li, Yunfei Xia, Kai Song and Duo Liu. Plants 2024,13,984. The impact of Nanomaterials on Photosynthesis and Antioxidant mechanisms in Graminae Plants : Research Progress and future prospects. Plant 13
5. Reddy Pullagurala, V. L., Adisa, I. O., Rawat, S., Kalagara, S., Hernandez-Viezcas, J. A., Peralta-Videa, J. R., & Gardea-Torresdey, J. L. (2018). ZnO nanoparticles increase photosynthetic pigments and decrease lipid peroxidation in soil grown cilantro (*Coriandrum sativum*). Plant Physiology and Biochemistry. doi:10.1016/j.plaphy.2018.08.037

THE EFFECT OF ZnO NANOPARTICLES ON THE ACTIVITY OF THE PHOTOSYNTHESIS PROCESS IN PLANTS

Alieva A.

Abstract. *The presented article investigates the effect of zinc oxide (ZnO) nanoparticles on the pigment content in bean sprouts' leaves in both dark and light conditions. Bean seeds were coated with zinc oxide nanoparticles measuring 10-30 nm and then sown in containers. In the laboratory environment, the germination and development of seeds occurred in darkness within a phytotron. Samples were taken from the leaves of 13-day-old sprouts. The results of the experiments show that ZnO nanoparticles affect the chlorophyll content in the leaves depending on the lighting conditions and the plant's developmental stages. In sprouts from seeds coated with ZnO nanoparticles, the chlorophyll content decreases in both light and dark conditions.*

Keywords: *photosynthesis, bean sprouts, chlorophyll a and b, carotenoids, nanoparticles*

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ZnO НА АКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА В РАСТЕНИЯХ

Алиева А.

Резюме. *В представленной статье исследовано влияние наночастиц оксида цинка (ZnO) на содержание пигментов в листьях ростков фасоли в темноте и на свету. Семена фасоли были покрыты наночастицами оксида цинка размером 10-30 нм и посажены в контейнеры. Для выращивания растений в лабораторных условиях процесс прорастания и развития семян происходил в темноте в фитотроне. Образцы были взяты из листьев 13-дневных ростков. Результаты экспериментов показывают, что наночастицы ZnO влияют на содержание хлорофилла в листьях в зависимости от условий освещения и стадий развития растений. В ростках из семян, покрытых наночастицами ZnO, содержание хлорофилла уменьшается как в светлых, так и в темных условиях.*

Ключевые слова: *фотосинтез, ростки фасоли, хлорофилл a и b, каротиноиды, наночастицы*

A REVIEW OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF SiC NANOPARTICLES

Mahmudova T.

Baku State University

mtelxanim@gmail.com

Silicon is the second most abundant element in the earth's crust after oxygen and has complete thermal stability [1]. SiC, considered the most stable of carbides due to the protective silicon layer on its surface, is mainly used as an abrasive, high-temperature and wear-resistant product, as well as in metallurgy. It is also found in meteorites in nature. Low-sulfur petroleum coke and high-purity sand are used to produce SiC. At temperatures starting at 1400 °C and continuing to 1800 °C, the cubic form (β -SiC) is obtained and above 1800 °C, the hexagonal form (α -SiC) is obtained [2]. SiC, which has 3C, 4H and 6H crystallographic structures, has a wide range of applications and shows different electrical conductivity [3].

Studies on the synthesis of SiC from waste materials and its structural properties have shown that SiC obtained by different methods and temperature conditions has different properties. For example, up to 99.45% pure SiC was obtained from the synthesis of amorphous silicon and activated carbon by the sol-gel method at 1200-1300°C. SiC obtained at this temperature mainly consists of 3C-SiC and 6H-SiC phases and has ohmic properties [4]. In another study, [5] 3C-SiC (β -SiC) one-dimensional structures were synthesized by carbothermal reduction at 1600-1700°C, ribbon-type structures were formed at 1600°C, and rod-type structures were formed above 1650°C. These 1D SiC structures have high thermal conductivity, low density and flexibility. When 3C-SiC was exposed to nuclear radiation, the number of paramagnetic centers doubled, which indicates the sensitivity of the material to radiation [6]. In the studies conducted on the thermal properties of nanocrystalline 3C-SiC, it was found that the specific heat capacity is negative at temperatures above 800K, and positive at lower temperatures [7]. Functionalized forms of SiC have application potential in supercapacitors [8]. Different synthesis methods of nanostructured SiC, structural properties obtained by temperature conditions (particle size of 30-50 nm at 1400°C and 15-17 nm at 1580°C), as well as high thermal stability and radiation resistance of SiC, making it suitable for biosensors, power electronics and neutron detectors [9,10].

Studies show that SiC, especially the 3C-SiC form, is characterized by high heat and radiation resistance and mechanical strength. The structure and purity of SiC obtained at different temperatures between 1200°C-1300°C, 1600°C-1700°C by sol-gel and carbothermic reduction methods varies depending on the temperature. Also, the effect of temperature on the properties of SiC was significantly observed, especially on thermal properties such as specific heat capacity and Gibbs energy. SiC also has increased paramagnetic properties under neutron radiation. As a result,

SiC materials have a wide range of applications in biosensors, power electronics, neutron detectors and other high-tech fields, and the effect of temperature on their properties enables the optimization of these materials in their application fields.

REFERENCES

1. Wu, H., Zheng, L., Zhan, J., Du, N., Liu, W., Ma, J., ... & Wang, L. (2020). Recycling silicon-based industrial waste as sustainable sources of Si/SiO₂ composites for high-performance Li-ion battery anodes. *Journal of Power Sources*, 449, 227513.
2. Ault, N. N. (2001). Silicon carbide ceramics, structure and properties of. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, 8502-8508.
3. Alkhalidi, N. D., Barman, S. K., & Huda, M. N. (2019). Crystal structures and the electronic properties of silicon-rich silicon carbide materials by first principle calculations. *Heliyon*, 5(11).
4. Mas'udah, K. W., Diantoro, M., & Fuad, A. (2018, September). Synthesis and structural analysis of silicon carbide from silica rice husk and activated carbon using solid-state reaction. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1093, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.
5. Raju, M., Sen, S., Sarkar, D., & Jacob, C. (2021). Synthesis of 3C-silicon carbide 1D structures by carbothermal reduction process. *Journal of Alloys and Compounds*, 857, 158243.
6. Huseynov, E., & Jazbec, A. (2019). EPR spectroscopic studies of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC). *Silicon*, 11, 1801-1807.
7. Huseynov, E., & Naghiyev, T. G. (2021). Various Thermal Coefficients Investigation of 3C-SiC Nanoparticles at the Different Heating Rates.
8. Izhevskiy, V. A., Genova, L. A., Bressiani, J. C., & Bressiani, A. H. A. (2000). Silicon carbide. Structure, properties and processing. *Cerâmica*, 46, 4-13.
9. Sohor, M. A. H. M., Mustapha, M., & Kurnia, J. C. (2017). Silicon carbide-from synthesis to application: a review. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 131, p. 04003). EDP Sciences.
10. Kukushkin, S. (2021). Silicon Carbide: From Fundamentals to Applications. *Materials*, 14(5), 1081.

SiC NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN FİZİKİ XASSƏLƏRİ İLƏ BAĞLI İCMAL

Mahmudova T.

Xülasə: Bu ədəbiyyat icmalında elmi ədəbiyyatda tədqiq edilən silisium karbid (SiC) əsaslı nanokompozit materialların sintezi və xassələrinə dair ədəbiyyat tədqiqatlarının nəticələri təhlil edilib. Burada əldə edilmiş nəticələr qiymətləndirilərək müxtəlif sintez üsulları, temperatur effekti, quruluş, optik istilik keçiriciliyi, müqavimət, paramaqnit xassələri, Gibbs sərbəst enerjisi, entalpiya, entropiya qiymətləri təhlil edilmişdir.

Açar sözlər: SiC nanostrukturuları, 3C-SiC, 6H-SiC, sintez temperaturu

ОБЗОР ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ SiC

Махмудова Т.

Абстрактный: В обзоре проанализированы результаты литературных исследований по синтезу и свойствам нанокomпозитных материалов на основе карбида кремния (SiC), изученных в научной литературе. Полученные результаты были оценены и проанализированы различные методы синтеза, температурное воздействие, структура, оптическая теплопроводность, сопротивление, парамагнитные свойства, свободная энергия Гиббса, энтальпия, значения энтропии.

Ключевые слова: наноструктуры SiC, 3C-SiC, 6H-SiC, температура синтеза

A REVIEW ON THE SYNTHESIS OF SiC NANOPARTICLES.

Mahmudova T.

Baku State University

mtelxanim@gmail.com

After oxygen, silicon is the most abundant element in the Earth's crust at 27.7% by mass.[1] Quartz, the most common form of silica, forms more than 10% of the mass of the lithosphere and is the second most abundant mineral on Earth, after feldspars. These industrial applications create low added value and provide considerable opportunities for further research into recovering quartz sand waste for more valuable applications[2].

One of the research [3], the synthesis of SiC from waste materials and its structural properties were studied. Thus, the synthesis of SiC by the sol-gel method with the presence of amorphous silicon, additives and activated carbon was carried out at temperatures of 1200°C and 1300°C and up to 99.45% pure SiC was obtained. The SiC structure was determined to consist mainly of 3C-SiC and 6H-SiC and showed ohmic properties ($9.8 \Omega \cdot \text{cm}$ to $138 \Omega \cdot \text{cm}$) at 1200°C and 1300°C, 1D-structured cubic 3C-SiC (beta-SiC) was synthesized using graphite shells and microfigure silicon, and ribbon-type structures were obtained at 1600°C and rod-type structures at temperatures above 1650°C [4]. When comparing ballistic ceramic materials – Al₂O₃, SiC and B₄C, it was found that SiC has high hardness, strength and energy absorption capacity, while B₄C has a risk of cracking against high velocity impacts, material selection requires trade-offs between stiffness, strength, and weight according to application requirements [5]. SiC, which has excellent performance under high temperature and stress conditions, has found wide application in modern industrial applications, electric vehicles and renewable energy systems [6]. SiC diodes are more efficient than conventional silicon diodes, especially at high voltage and temperature, and improve electric vehicle performance [7]. The development of silicon-based anode materials for lithium-ion batteries was investigated, although silicon has a high theoretical capacity, its practical use is difficult due to its volume expansion across the circuit, to solve these problems, it proposes innovative designs such as various nanostructures, flexible and porous structures[8][9].

As a result of the synthesis of SiC at 1200°C and 1300°C by the left-chel method, SiC with a purity of up to 99.45% was obtained and its structure mainly consisted of 3C-SiC and 6H-SiC phases. The resistance of SiC varied from $9.8 \Omega \cdot \text{cm}$ to $138 \Omega \cdot \text{cm}$. SiC formed only 3C-SiC at temperatures higher than 1650°C. These results show that the structural properties of SiC change at different temperatures.

References

1. Chemical elements, Encyclopaedia Britannica, Online, 2019. accessed: Jan. 10, 2019.
2. Wu, H., Zheng, L., Zhan, J., Du, N., Liu, W., Ma, J., ... & Wang, L. (2020). Recycling silicon-based industrial waste as sustainable sources of Si/SiO₂ composites for high-performance Li-ion battery anodes. *Journal of Power Sources*, 449, 227513.
3. Mas'udah, K. W., Diantoro, M., & Fuad, A. (2018, September). Synthesis and structural analysis of silicon carbide from silica rice husk and activated carbon using solid-state reaction. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1093, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.
4. Raju, M., Sen, S., Sarkar, D., & Jacob, C. (2021). Synthesis of 3C-silicon carbide 1D structures by carbothermal reduction process. *Journal of Alloys and Compounds*, 857, 158243.
5. Alexander, B. D., Janio, V., Sabrina A., Oscar R.K. M., Carlos P. B. (2021). Ballistic ceramics and analysis of their mechanical properties for armour applications: A review. *Ceramics International*, 47 (7), 8743-8761.
6. Application-Oriented Testing Of SiC Power Semiconductors, *Semiconductor Engineering*
7. Maurizio Di Paolo Emilio, The Importance of SiC Semiconductors for Energy Efficiency (2020)
8. Liu, L., Lyu, J., Li, T., & Zhao, T. (2016). Well-constructed silicon-based materials as high-performance lithium-ion battery anodes. *Nanoscale*, 8(2), 701-722
9. L. Liu, B. G. Choi, S. O. Tung, T. Hu, Y. Liu, T. Li, T. Zhao and N. A. Kotov, *Faraday Discuss.*, 2015, 181, 383–401.

SiC NANOHISSƏCIKLƏRİNİN ALINMASI İLƏ BAĞLI İCMAL.

Mahmudova T.

Xülasə: Bu ədəbiyyat icmalında elmi ədəbiyyatda tədqiq edilən silisium karbid (SiC) əsaslı nanokompozit materialların stukturu, sintezi və alınmasına dair ədəbiyyat tədqiqatlarının nəticələri təhlil edilmişdir. Nəticədə müəyyən edilmişdir ki, SiC yüksək istilik davamlılığa, yüksək sərtliyə, yüksək elektrik keçiriciliyinə malikdir.

Açar sözlər: SiC nanostrukturuları, 3C-SiC, 6H-SiC, sintez temperaturu

ОБЗОР ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ SiC.

Махмудова Т.

Аннотация: В данном обзоре литературы проанализированы результаты литературных исследований по структуре, синтезу и получению нанокomпозитных материалов на основе карбида кремния (SiC), изученных в научной литературе. В результате установлено, что SiC обладает высокой термостойкостью, высокой твердостью и высокой электропроводностью.

Ключевые слова: наноструктуры SiC, 3C-SiC, 6H-SiC, температура синтеза

FeGaInS₄/PVS NANOKOMPOZİTLƏRİNİN DIELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN DOLDURUCUNUN KONSENTRASIYASINDAN ASILILIĞI

Addayeva Z., Muradov M., Niftiyev N., Mammadov F

Nano Tədqiqat Laboratoriyası Bakı Dövlət Universiteti,

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti,

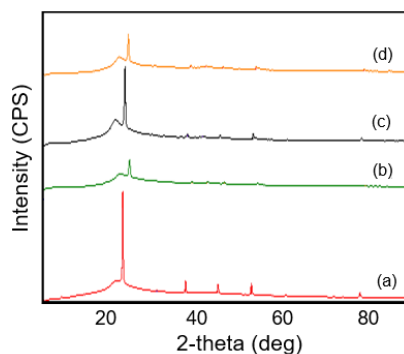
Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu

zeynabramazan5399@gmail.com , mbmuradov@gmail.com , namiq7@bk.ru,
faikmammadov@mail.ru

2D strukturlar olan laylı kristallar üfüqi istiqamətdə güclü kovalent və ion rabitələri, şaquli istiqamətdə isə zəif Van der Waals rabitələrin birləşməsindən əmələ gəlir və elektronika və optoelektronikanın əsasını təşkil edir [1]. Lay sayını azaltmaqla, qadağan olunmuş zonanın enini idarə etmək mümkündür[2]. Bu strukturlar kiçik ölçüləri, yüksək səth-həcm nisbəti və aktiv səth sahəsi ilə unikal xassələr nümayiş etdirir [3].

Son zamanlar, xüsusən də polimer matrisinə daxil edilmiş 2D strukturlara malik polimer kompozitlər geniş tədqiq olunur. Kiçik doldurucuların səth və kvant effektləri polimer və doldurucu arasında interfaza zonası yaradır ki, bu zona kompozitin xassələrini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir. Buna görə, doldurucu kristalın konsentrasiyasının polimerin elektrik xassələrinə təsirini öyrənmək vacibdir.

Bridgman üsulu ilə sintez olunmuş FeGaInS kristalları polimer matrisinə daxil edilmişdir. Bunun üçün, 5% PVS məhlulu distillə olunmuş suda həll edilmiş və mexaniki üyüdülmüş FeGaInS kristalları 1%, 3%, 5% və 8% çəki konsentrasiyasında əlavə edilmişdir. Otaq temperaturunda hazırlanan FeGaInS kristalları ilə PVS kompozitləri rentgen difraktometriyası (XRD) ilə tədqiq edilmişdir. 1%, 3%, 5% və 8% FeGaInS kristalları /PVS kompozitlərinin XRD difraktogramları Şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1: FeGaInS kristalları ilə PVS kompozitlərinin rentgen difraktogramları: (a)

1%, (b) 3%, (c) 5% və (d) 8% FeGaInS kristalları +PVS.

Şəkil 1-dəki piklər müvafiq olaraq FeGaInS

4 kristalının

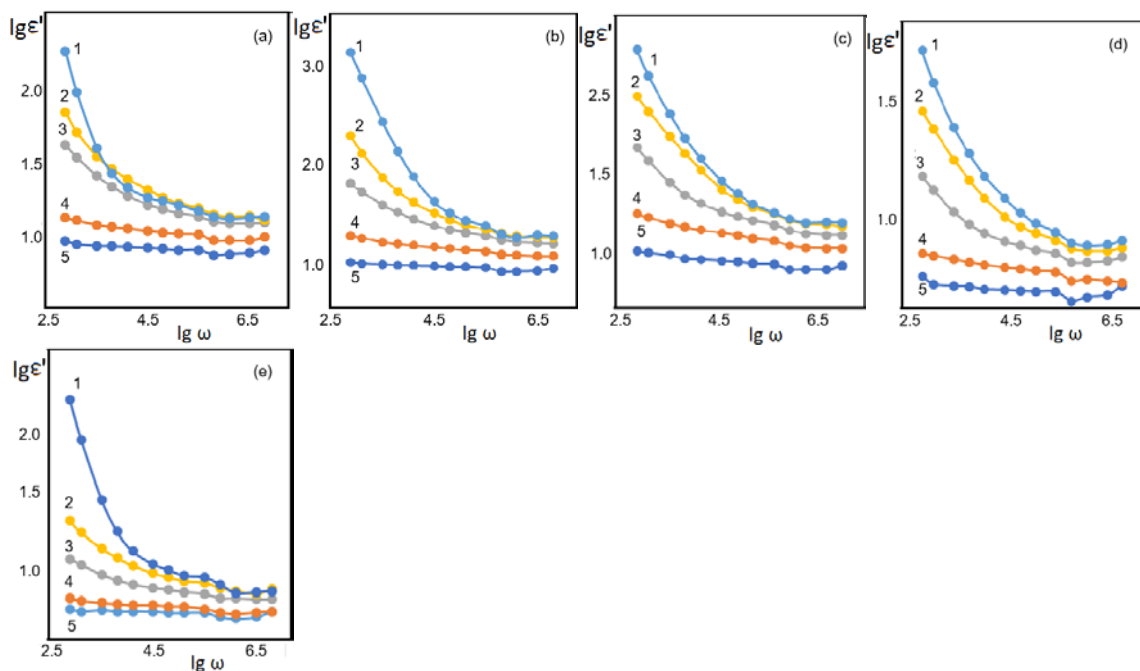
[104], [006], [105], [007], [008], [109] və [0010] təyyarələrinə uyğun gəlir. Bu uyğunluq kristalda heç bir struktur dəyişiklik olmadığını göstərir. $2\theta = 19.31^\circ$ pik PVS üçün xarakterikdir.

Fərqli çəki nisbətində FeGaInS əzənginləşdirilmiş PVS polimer kompozitlərinin dielektrik xassələri müxtəlif temperatur və tezliklərdə araşdırılmışdır. Şəkil 2-də polivinil spirti (a) və 1%, 3%, 5% və 8% FeGaInS əzənginləşdirilmiş kompozitlər üçün dielektrik keçiriciliyin real hissəsinin (ϵ') tezlikdən asılılığı göstərilmişdir.

Qrafikdə göstəriləni kimi, $1.2 \times 10^2 - 10$

⁶ Hz tezlik dia

real hissəsi (ϵ') tezliyin artması ilə monoton şəkildə azalır. Bu tezlik asılılığı nümunənin dipol və miqrasiya polyarlaşma xarakterini göstərən relaksasiya təbiətini əks etdirir.



Şəkil 2: Fərqli temperaturda PVS və FeGaInS əsaslı kompozitlər üçün dielektrik keçiriciliyin real hissəsinin tezlikdən asılılığı. T, K: 1-293 K, 2-313 K, 3-333 K, 4-353 K, 5-383 K.

Aşağı tezliklərdə, dipolların yenidən istiqamətlənməsinə tezliyin təsiri minimal olduğundan dielektrik keçiricilik yüksək olur. Tezlik artdıqca yenidən istiqamətlənmə çətinləşir və dielektrik keçiricilik azalır. Çox yüksək tezliklərdə isə dielektrik keçiricilik tezlikdən asılı olmur, çünki sahənin istiqamətindəki sürətli dəyişikliklər relaksasiya prosesinə təsir etmir.

Ədəbiyyat

1. Chaves, A., Azadani, J. G., Alsalman, H., Da Costa, D. R., Frisenda, R., Chaves, A. J., ... & Low, T. (2020). Bandgap engineering of two-dimensional semiconductor materials. npj 2D Materials and Applications, 4(1), 29..

2. Gupta, P., Ruzicka, E., Benicewicz, B. C., Sundararaman, R., & Schadler, L. S. (2023). Dielectric properties of polymer nanocomposite interphases using electrostatic force microscopy and machine learning. *ACS Applied Electronic Materials*, 5(2), 794-802.
3. Huang, J., Zhou, J., & Liu, M. (2022). Interphase in polymer nanocomposites. *JACS Au*, 2(2), 280-291.

DEPENDENCE OF DIELECTRIC PROPERTIES OF FeGaInS FILLER CONCENTRATION

4 /PVA NANOC

Addayeva Z., Muradov M., Niftiyev N., Mammadov F.

Summary: This study explores the integration of layered FeGaInS polymer matrix to improve dielectric properties. By utilizing the unique attributes of 2D structures, FeGaInS through solution blending. X-ray diffraction confirmed that the crystalline structure of FeGaInS maintained, while dielectric analysis indicated frequency-dependent behavior linked to dipole and migration polarization. The results show that FeGaInS highlighting potential applications in advanced electronic materials.

4 crystals

4 /PVS con

4 was

4 concentr

Keywords: polymer composites, dielectric permittivity, layered crystals, conductivity mechanism

ЗАВИСИМОСТЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКОМПОЗИТОВ FeGaInS₄ PVA ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ

Алдаева З., Мурадов М., Нифтиев Н., Мамедов Ф.

Резюме: В этом исследовании рассматривается внедрение слоистых кристаллов FeGaInS₄ в полимерную матрицу поливинилового спирта (PVA) для улучшения диэлектрических свойств. Используя уникальные свойства двумерных структур, композиты FeGaInS₄ PVA были синтезированы с разной концентрацией наполнителя (1%, 3%, 5% и 8%) методом смешивания растворов. Рентгеновская дифракция подтвердила сохранение кристаллической структуры FeGaInS₄, а диэлектрический анализ показал зависимость свойств от частоты, связанную с дипольной и миграционной поляризациями. Результаты демонстрируют, что концентрация FeGaInS₄ существенно влияет на диэлектрическую проницаемость, что открывает перспективы для применения этих композитов в области продвинутых электронных материалов.

Ключевые слова: полимерные композиты, диэлектрическая проницаемость, слоистые кристаллы, механизм проводимости.

Fe_3O_4 NAONOHİSSƏCİKLƏRİNİN QARANLIQ ŞƏRAİTDƏ XLOROFİL PİQMENTİNİN DEQRADASIYASINA TƏSİRİ

Sadıxova K.N, Əhmədov İ.S

Bakı Dövlət Universiteti

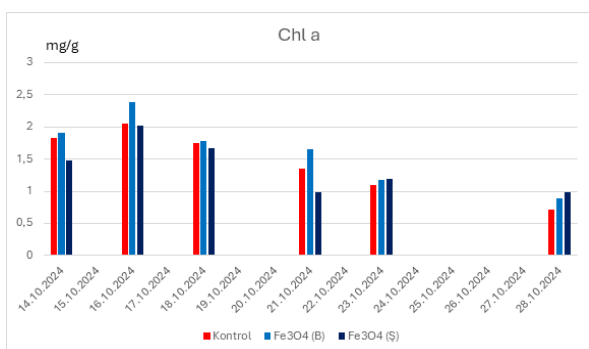
konulsadiqova15@gmail.com, ismetahmadov@mail.ru

Xülasə: *Bu tədqiqatda Fe_3O_4 nanohissəciklərin lobya bitkisinə xlorofilin dayanıqlığı və deqradasiya sürətinə təsiri araşdırılmışdır. Fe_3O_4 nanohissəcikləri, bitkilərin inkişafına və fotosintez prosesinə müsbət təsir göstərərək, bitkilərin stressə qarşı müqavimətini artırır və mühit şəraitinə daha yaxşı uyğunlaşmalarını təmin edir. Tədqiqatın əsas məqsədi, Fe_3O_4 nanohissəciklərinin lobya bitkisinin cücərtilərində xlorofil a və karotenoidlərin miqdarına necə təsir etdiyini öyrənmək idi.*

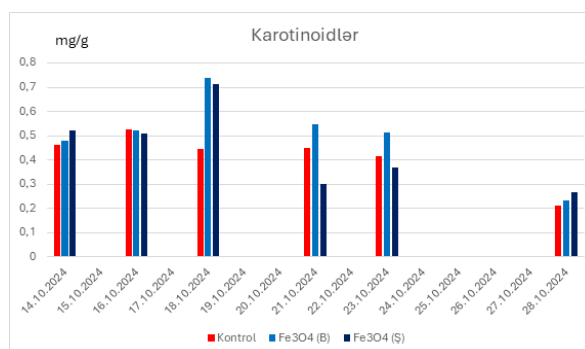
Fe_3O_4 nanohissəcikləri bitkilərin inkişafına, fotosintez prosesinə və məhsuldarlığına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilər. Bu nanohissəciklər, bitki hüceyrələrinin bioloji aktivliyini dəyişdirərək, fotosintez prosesinin effektivliyinə və piqment tərkibinə təsir edir. Həmçinin, bitkilərin stressə qarşı müqavimətini artıraraq, mühit şəraitinə daha yaxşı uyğunlaşmasına kömək edə bilər. Xlorofil piqmentinin deqradasiyası, bitkilərdə fotosintez prosesinin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır [2]. Fe_3O_4 nanohissəcikləri, bu deqradasiya prosesini sürətləndirirək, xlorofilin miqdarına və bitkilərin inkişaf səviyyəsinə təsir edə bilər. Tədqiqatın məqsədi, bu nanohissəciklərin lobya bitkisinə xlorofilin dayanıqlığına və deqradasiya sürətinə təsirini öyrənərək onların bitki fiziologiyasında oynadığı rolunu aydınlaşdırmaqdır. Xlorofil yaşıl bitkilərin və bəzi bakteriyaların fotosintez prosesində işığı udan və enerji istehsal edən piqmentdir. Xlorofil bitki hüceyrələrində xloroplastlarda yerləşir və bitkilərin yaşıl rəngini təmin edir. Xlorofil işığı mavi və qırmızı dalğa uzunluqlarında udur lakin yaşıl dalğa uzunluğunda əks etdirir. Xlorofilin çox formaları var. Bunlardan Chl a və Chl b fotosintez prosesinin əsas iştirakçısıdır. Chl a işığı udaraq enerji molekulları istehsal edir. Xlorofil b köməkçi rolu oynayır, işıq enerjinin toplayaraq xlorofil a ya ötürür. Tədqiqatın əsas məqsədi, Fe_3O_4 nanohissəciklərinin lobya bitkisinin cücərtilərində xlorofil və karotenoidlərin təsirini araşdırmaqdır [3].

Tədqiqat obyektini olaraq lobya toxumları seçilmişdir; lobya müxtəlif iqlim şəraitinə uyğunlaşabilən bir bitki olaraq dünya miqyasında geniş yayılma sahəsinə malikdir. Lobya bitkisi yüksək protein və lif ehtiva edir [1]. Material olaraq Fe_3O_4 nanohissəcikləri (Sky Spring Nanomaterials, Inc) 20-30 nm ölçüdə, 99.8% təmizlikdə götürülmüşdür [4]. Xlorofilin ayrılması: Yarpaq nümunələri 0,1 q miqdarında kəsilmiş və 10 ml 95%-li aseton məhlulunda çini həvəngdəstədə əzilmişdir. Ekstraktın şəffaflaşdırılması və digər maddələrin çökməsi üçün 10 dəqiqə ərzində sentrifüqasiya prosesi tətbiq edilmişdir. Tədqiqat obyektini olaraq seçilmiş toxumlar toz şəklində olan Fe_3O_4 nanohissəcikləri Sky Spring Nanomaterials, Inc.-dən əldə edilmişdir. Təcrübə üçün lobya toxumları üç fərqli şəraitdə əkilmişdir: Kontrol şəraiti (sadəcə torpaqda əkilib

suvarılmış), Fe_3O_4 nanohissəciklərinə bulanmış toxumlar və Fe_3O_4 nanohis-səcikli məhlulda 24 saat müddətində şişirdilmiş toxumlar. Təcrübə zamanı bitkilər fitatron şəraitində yetişdirilmişdir. Becərildikdən sonra lobyanın birinci yarusun yarpaqları götürülmüş və bu yarpaqlar qaranlıq şəraitdə saxlanılmışdır. Ölçmələr 1-15 gün ərzində qaranlıqda saxlanmış yarpaqlarda aparılmışdır. Xlorofillərin və karotinoidlərin miqdarı standart spektrometrik üsulla 440, 645, 663 nm dalğa uzunluqlarında SPECORD 250 plus spektrofotometrindən istifadə etməklə müəyyən edilmişdir [5].



Şəkil 1. Fe_3O_4 nanohissəciklərinin Chl a karotinoidlərin piqmentinin deqradasiyasına təsiri.



Şəkil 2. Fe_3O_4 nanohissəciklərinin deqradasiyasına təsiri.

Şəkil 1-dən göründüyü kimi xlorofil a-nın ilk 24 saatda kontrola nisbətən artdığını müşahidə edirik. Bu nəticə Fe_3O_4 nanohissəciklərinin xlorofil a-nın sintezini stimullaşdırdığına dəlalət edir. Sonrakı günlər qaranlıq mühiti davam etdikcə toxumları Fe_3O_4 nanohissəcikləri ilə bulanmış bitkilərdə xlorofil a-nın deqradasiyası aydın görünür. 12 gündən sonra xlorofil a-nın 33% deqradasiya olduğu müşahidə olunur. Toxumları Fe_3O_4 nanohissəciklərinin məhlulunda şişirdilmiş bitkilərdə bu deqradasiyanın miqdarı 50% olmuşdur. Karotinoid piqmentlərində isə Fe_3O_4 nanohissəciklərinin stimulyasiyası qaranlıq şəraitinin 4-cü günü müşahidə edilmişdir. Lakin sonrakı günlər karotinoidlərin də miqdarının azaldığı aydın olmuşdur. Azalma 38% təşkil etmişdir. Təcrübələrin nəticəsindən alınır ki, Fe_3O_4 nanohissəcikləri 14 gün ərzində lobya yarpaqlarında xlorofil a və karotinoidlərin deqradasiyasını hiss olunacaq dərəcədə kontrola nisbətən ləngidir.

Ədəbiyyat

1. Dənli və dənli-paxlalı bitkilərin kataloqu. (2013). // KTN, AEM, AzETƏİ., 296 səh.
2. Beale, S. I. (1999). Enzyhmes of chlorophyll biosynthesis. // *Photosynthesis research*, 60, p. 43-73.
3. Gerhard Sandmann. (2021, July). Diversity and origin of carotenoid biosynthesis: its history of coevolution towardsplant photosynthesis.// *New phytologist*, volume 232, issue 2, p. 479-493.

4. Mihir Herlekar, Siddhivinayak Barve, and Rakesh Kumar. (2014). Plant mediated green synthesis of iron nanoparticles. // *Hindawi publishing corporation journal of nanoparticles*, 9 pages.
5. Takashi Maoka. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. // *Journal of natural medicines*, 74, p. 1-16.

EFFECT OF Fe_3O_4 NANOPARTICLES ON CHLOROPHYLL PIGMENT DEGRADATION UNDER DARK CONDITION

Sadikhova K.N, Ahmadov.I.S

Summary: *The study investigates the effect of Fe_3O_4 nanoparticles on chlorophyll stability and degradation rate in the common bean. Fe_3O_4 nanoparticles positively influence plant growth and photosynthesis by increasing the plants' resistance to stress and enabling better adaptation to environmental conditions. The main objective of this research is to examine how Fe_3O_4 nanoparticles affect the levels of chlorophyll a and carotenoids in bean seedlings. The results suggest that Fe_3O_4 nanoparticles play a significant role in enhancing photosynthetic processes and the overall development of plants.*

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Fe_3O_4 НА ДЕГРАДАЦИЮ ПИГМЕНТОВ ХЛОРОФИЛЛА В ТЕМНЫХ УСЛОВИЯХ

Садыхова К.Н., Ахмедов И.С

Резюме: *В данном исследовании изучено влияние наночастиц Fe_3O_4 на скорость его деградации в растении фасоли (*Phaseolus vulgaris*). Наночастицы Fe_3O_4 оказывают положительное влияние на развитие растений и процесс фотосинтеза, увеличивая их сопротивляемость стрессу и улучшая адаптацию к условиям окружающей среды. Основная цель исследования — изучить, как наночастицы Fe_3O_4 влияют на содержание хлорофилла и каротиноидов в сеянцах фасоли. Результаты показали, что наночастицы Fe_3O_4 играют важную роль в улучшении фотосинтетических процессов и общем развитии растений.*

3 O_4 на ст
3 O_4 оказ
3 O_4 влиян
3 O_4 игра

NANO ÖLÇÜLÜ İTTRIUM OKSİD HİSSƏCİKLƏRİNİN ATOM DİNAMİKASINA NEYTRON SELİNİN TƏSİRİ

Rzayev R.F., Daşdəmirov A.O., Hüseynov C.İ., Aslanov H.A.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

cahangir.adpu@mail.ru

Xülasə: Raman spektroskopiyası metodu ilə İttrium oksid nanohissəciklərinin atom dinamikasının neytron selininin təsiri tədqiq edilmişdir. Spektrində müşahidə edilən 1081sm^{-1} və 1531sm^{-1} tezliklərinə uyğun qəfəs oksigen atomlarının rəqslərinə uyğun gəldiyi.

$E < 1\text{MeV}$ enerjili sürətli neytronlarla şüalandırılmaz zamanın nümunələrinin spektrlərində əlavə fon yarandığı, yüksək intensivlikdə isə kifayət qədər amorflaşma baş verdiyi göstərilmişdir.

Aşar sözlər: İttrium oksid, Raman spektroskopiyası, Neytron seli, şüalanma intensivliyi, rəqs tezlikləri, kimyəvi rəbitə, amorflaşma

İttrium oksidi yüksək korroziyaya davamlılıq, kimyəvi və istilik dayanıqlığa, yüksək ərimə temperaturu, zəif istidən genişlənməyə, yüksək istilik keçiriciliyinə və digər xüsusiyyətlərə malik əla keramika materialıdır. İttrium oksid nanohissəciklərinin atom dinamikasının Raman spektroskopiyası ilə tədqiq edilməsi nəticəsində məlum olmuşdur ki, bu metodla atom dinamikası tədqiqatlarının aparılması mümkündür. $\nu=500-3000\text{ sm}^{-1}$ tezlik intervalında aparılmış tədqiqatlar zamanı aparılmışdır. $\nu_1=1081\text{sm}^{-1}$ və $\nu_2=1153\text{sm}^{-1}$ tezliklərinə uyğun gələn iki müxtəlif Raman modası aşkar edilmişdir. Neytron şüasının təsiri ilə bu birləşmədə baş verən dəyişiklikləri tədqiq etmək məqsədi ilə yüksək intensivlikli neytron şüaları ilə şüalandırılmış nümunələrində atom dinamikası Raman spektroskopiyası metodu ilə tədqiq edilmiş və alınmış nəticələrin müqaisəsi aparılmışdır. Şəkil 1-də nano ölçülü Y_2O_3 birləşməsinin müxtəlif intensivlikli:

$4.0 \times 10^{12}\text{ n/cm}^2$, $8.0 \times 10^{12}\text{ n/cm}^2$,

$1.3 \times 10^{13}\text{ n/cm}^2$, $4.0 \times 10^{14}\text{ n/cm}^2$ və

10^{15} n/cm^2 sürətli neytronlarla otaq

temperaturunda şüalandırılmış nümunə-

lərinin Raman spektrləri verilmişdir.

Y_2O_3 nano hissəciklərinin şüalandırıl-

mamış və müxtəlif intensivliklərdə

sürətli neytronlarla şüalandırılmış

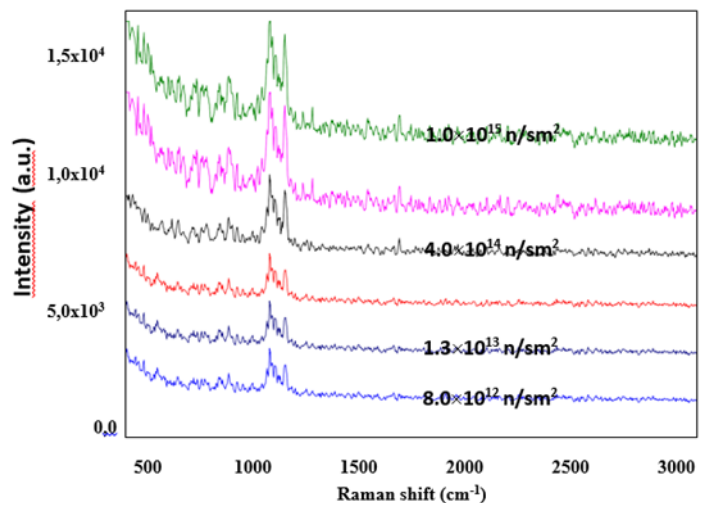
nümunələrinin Raman spektrlərinə bax-

saq görərik ki, bütün nümunələrdə bu

Raman modaları müşahidə edilmişdir.

Şəkil 1-də spektrlərdə eyni tezlik

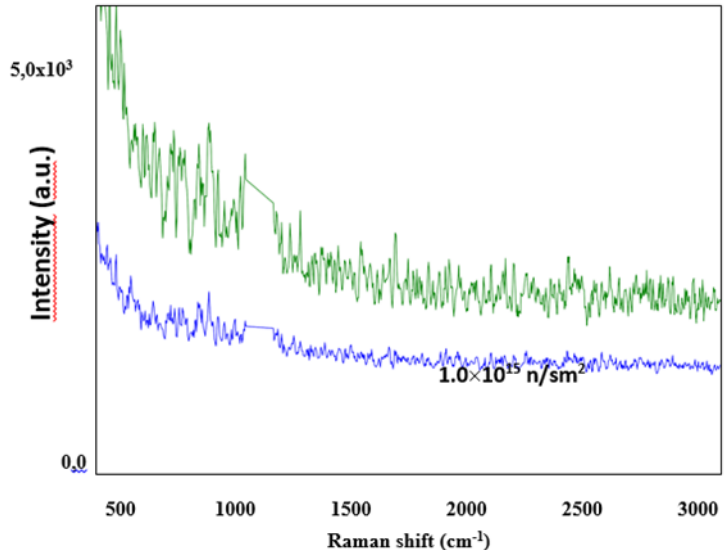
diapozonunda baş vermiş effektləri müqaisəli şəkildə müşahidə etmək mümkündür.



Şəkil 1. Neytronlarla şüalandırılmış nanoölçülü Y_2O_3 nümunələrinin Raman spektrləri

Şəkil1-də verilmiş spektrlərə nəzər saldıqda görünür ki, şüalanmanın intensivliyi artdıqca spektrlərində əlavə fon yaranmağa başlamışdır ki, bu da yüksək intensivlikli neytronların təsiri nəticəsində zəif rabitələrin qırılması hesabına tərkibdə ideal quruluşun qismən dağılmasına və amorflaşmanın yaranmasının əlamətidir. Şüalanma effektini işığın kombinasiyalı səpilmə spektrlərində daha yaxşı müşahidə edilməsi məqsədi ilə $I = 10^{15}$ n/cm² intensivlikdə sürətli neytronlarla şüalandırılmış nümunənin Raman spektrində aşkar edilmiş Raman modaları geniş miqyasda verilmişdir.

$I = 10^{15}$ n/cm² intensivlikdə şüalandırılmış nümunənin raman spektrinın Qaussfunksiyası ilə analizi zamanı müəyyən edilmişdir ki, göstərilən tezlik intervalında 1081 sm⁻¹ və 1153 sm⁻¹ tezliklərinə uyğun gələn ikirəqs modası müşahidə edilmişdir. Göründüyü kimi Raman modalarının tezlikləri üçün müşahidə edilmiş bu qiymətlər, şüalandırılmamış nümunədə müşahidə edilmiş Raman modalarının tezliklərinə uyğun gəlir. Buradan görünür ki,



Şəkil2. Şüalandırılmamış və 10^{15} n/cm² intensivlikdə neytronlarla şüalandırılmış nano ölçülü Y_2O_3 birləşməsinin Raman spektrlərinin fonu

şüalanmazamanın nümunələrinin atom dinamikasında əsaslı dəyişikliklər baş verməmişdir. Məlumdur ki, atomlararası məsafələrin uzunluqları artdıqca rabitələrin tezliklərinin qiymətlərində azalma baş verir. Əksinə, atomlararası məsafələrin uzunluqları azaldıqca rabitələrin tezliklərinin qiymətlərində artma baş verir. İttrium oksid nanohissəciklərinin şüalanmamış və şüalanmış nümunələrinə aşkar edilmiş rəqs modalarının tezliklərinin qiymətlərində dəyişikliklərin aşkar edilməməsi, ittrium və oksigen atomlarının əmələ gətirdikləri rabitələrin uzunluqlarında dəyişikliklər baş verməməsinin göstəricisidir. Yüksək intensivlikli neytronlarla şüalandırılmış ittrium oksid nanohissəciklərinin Raman spektrlərində əsaslı dəyişikliklər yaranmasa da, neytronlar nanohissəciklərə təsirsiz ötürülməmişdir. Bu təsirin daha dəqiq öyrənilməsi məqsədi ilə Raman spektrlərinin fonu müqayisə edilmişdir. Şəkil 2-də sürətli neytron şüaları ilə şüalandırıldığı zaman Y_2O_3 nanohissəciklərinin atom dinamikasında yaranmış effektləri göstərmək məqsədi ilə şüalandırılmamış və 10^{15} n/cm² intensivlikdə sürətli neytronlarla şüalandırılmış nümunələrin Raman spektrlərinin fonu müqayisə edilmişdir. İşığın kombinasiyalı səpilmə spektrlərinin müqayisəsində görünür ki, $E < 1$ MeV enerjili sürətli neytronlarla şüala

ndırılmazamanınümünələrinspektrlərindəəlavəfonəmələgəlmişdir. Bu effekt ittrium oksid nanohissəcikləri üçün alınmış rentgen difraksiyasıspektrlərinin analiz edilməsi zamanı da müşahidə edilmiş və neytron selinin təsiri ilənümünələrdə zəif rabitələrin qırılması hesabına qismən amorflaşmanın baş verməsi iləizah edilmişdir. Göründüyü kimi Raman spektroskopiyası metodu ilə tədqiqatlar zamanı məlum olmuşdur ki, nano ölçülü Y_2O_3 birləşməsi xarici təsirlərə qarşı kifayət qədər davamlımaterialdır. Bunun materialın quruluş xüsusiyyətləri ilə birbaşa bağlı olan bir neçəsəbəbi vardır. Əsas səbəb ondan ibarətdir ki, nano ölçülülərdə materiallar dayanıqlı vəfərqli xüsusiyyətlərə malik olurlar. Ona görə də nanotexnologiyaların inkişaf etməsinəticəsində materiallara yenidən baxılması zərurəti meydana gəlmişdir. Digər tərəfdən Y_2O_3 birləşməsiyüksəksimmetriyalıkristalquruluşamalikolurvəonagörədədavamlıkristalquruluşformalaşdırır.Lakin,bunlarabaxmayaraqsürətlineytronşüalanmasınınəticəsindəbutərkibdədəqisməndəyişikliklərmüşahidəedilmişdir.Çünkisisteminnəqəddədayanıqlıolmasınabaxmayaraqyüksəkenerjilineytronşüalanı nıntəsiriiləzəifkimyəvirabitələrdəqırılmabaşverir.Onagörədəmateriallardaamorflaşmabaşverir.

ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ПОТОКА НА АТОМНУЮ ДИНАМИКУ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДА ИТТРИЯ

Рзаев Р.Ф., Дашдамиров А.О., Гусейнов Дж.И., Асланов Г.А.

Резюме: Методом рамановской спектроскопии исследовано влияние нейтронного потока на атомную динамику наночастиц оксида иттрия. Наблюдаемые в спектре частоты 1081см^{-1} и 1531см^{-1} соответствуют колебаниям атомов кислорода решетки. Показано, что при облучении быстрыми нейтронами с энергией $E < 1 \text{ МэВ}$ в спектрах образцов появляется дополнительный фон и происходит достаточная аморфизация при высокой интенсивности.

Ключевые слова: оксид иттрия, рамановская спектроскопия, нейтронный поток, интенсивность излучения, частоты колебаний, химическая связь, аморфизация.

EFFECT OF NEUTRON FLOW ON ATOMIC DYNAMIC OF NANO-SIZED YTTRIUM OXIDE PARTICLES

Rzaev R.F., Dashdamirov A.O., Huseynov J.I., Aslanov H.A.

Summary: The influence of the neutron flux on the atomic dynamics of yttrium oxide nanoparticles was investigated by the Raman spectroscopy method. The frequencies observed in the spectrum of 1081см^{-1} and 1531см^{-1} correspond to vibrations of oxygen atoms in the lattice. It is shown that when irradiated with fast neutrons with energy $E < 1 \text{ MeV}$, an additional background appears in the spectra of the samples and sufficient amorphization occurs at high intensity.

Key words: yttrium oxide, Raman spectroscopy, neutron flux, radiation intensity, oscillation frequency, chemical bond, amorphization.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНЕК $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

Афанасьев М.С.¹, Набиев А.Э.², Гусейнов Дж.И.², Айдынова Т.М.², Алиев Н.Ш.³

¹Фрязинский филиал Института Р и Э им. В.А. Котельникова РАН, Российская Федерация

²Азербайджанский государственный педагогический университет,

³Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана

asaf.fizik@mail.ru

Резюме: Приводятся экспериментальные результаты исследования частотных и температурных зависимостей электропроводности сегнетоэлектрической пленке $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ на переменном электрическом токе. Установлено, что в температурном интервале 290–400 К при частотах $25-10^6$ для ас-проводимости подчинялась закономерности $\sigma_{ac} \sim f^{0.76}$ характерной для прыжкового механизма переноса заряда по локализованным вблизи уровня Ферми состояниям.

Ключевые слова: сегнетоэлектрическая пленка, переменное поле, электропроводность, диэлектрической проницаемость, время релаксации, электронной поляризации

Сегнетоэлектрические пленки состава $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ (BSTO) получены методом высокочастотного реактивного распыления керамической мишени в атмосфере кислорода на установке ПЛАЗМА-50 СЭ по методике, представленной в работе. В качестве подложек использован кремний р-типа марки КДБ 20 с кристаллографической ориентацией [100]. Толщина подложек $200 \pm 2 \mu m$. Основная идея метода состоит в использовании низкотемпературной кислородной плазмы в качестве среды, где окислительный процесс при осаждении преобладает над восстановительным. Основным преимуществом метода является возможность напыления структурно-совершенных сегнетоэлектрических пленок с сохранением стехиометрии по кислороду.

На рис. 1 представлены температурные зависимости проводимости $\sigma(T)$ сегнетоэлектрических пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ при различных значениях частоты, рассчитанной по измеренным значениям емкости C и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg} \delta$ при использовании соотношения $\sigma = \omega C \text{tg} \delta$, где $\omega = 2\pi f$. При частотах $25 - 10^6$ Гц зависимость $\lg \sigma \sim 10^3/T$ состоит из двух прямых с различными наклонами. Из этого следует, что в

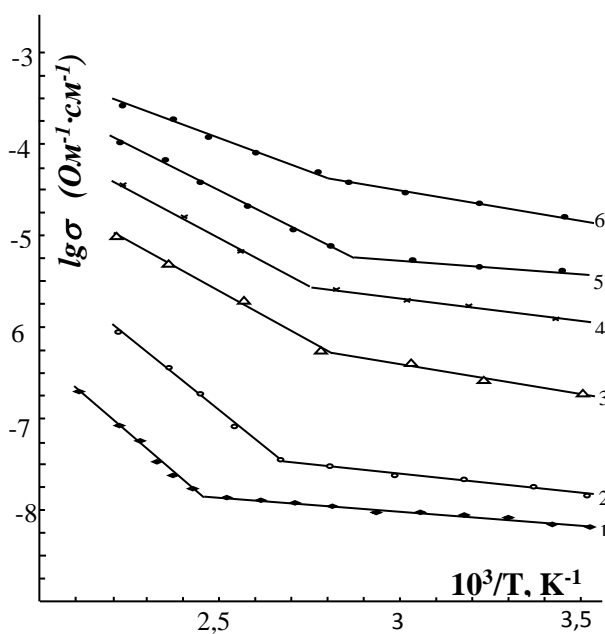


Рис.1. Электропроводности для пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ при различных частотах: 1-25, 2- 10^2 , 3- 10^3 , 4- 10^4 , 5- 10^5 , 6- 10^6 Гц

сегнетоэлектрических пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ температурная зависимость электро-проводности обладает активационным характером [5]. По наклонам этих зависимостей определены энергии активации (ΔE), значения которых в низкотемпературной области изменяются в интервале 0.05–0.15 эВ, а в высокотемпературной 0.35–0.75 эВ. Исследование показывают, что величина энергии активации есть функция частоты. Зависимость энергии активации от частоты можно объяснить с помощью прыжкового механизма [6]. Зависимость электропроводности в сегнетоэлектрических пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ от частоты можно объяснить при помощи мультиплетной модели, а значит проводимость в этих твердых растворах характеризуется зонно-прыжковым механизмом.

В работе изучена также частотно-зависимая ac -проводимость σ_{ac} сегнетоэлектрических пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$. На рис. 2 показана зависимость электропроводности от частоты при различных температурах. Как видно из рисунка значения электропроводности сильно зависят от частоты электрического поля. С ростом частоты ac -проводимость увеличивается на несколько порядков. Такое поведение электропроводности сегнетоэлектрических пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$, по-видимому, обусловлено особенностями кристаллической структуры.

Как показывает анализ полученных результатов, во всей области частот измерения приведенные данные удовлетворяют соотношению

$$\sigma = Af^s, \quad (1)$$

где A — постоянный коэффициент, характеризующий свойства исследуемого образца. При низких температурах ($T < 400$ К) на зависимости $\sigma_{ac}(f)$ наблюдались два участка. При температуре $T=293$ К вначале имела место зависимость $\sigma_{ac} \propto (f)^{0.76}$, которая затем переходила к $\sigma_{ac} \propto (f)^{0.32}$. С увеличением температуры граничная частота перехода от $\sigma_{ac} \propto (f)^{0.76}$ к $\sigma_{ac} \propto (f)^{0.32}$ смещалась в сторону высоких частот.

Как известно, ac -проводимость зонного типа является в основном частотно-независимой вплоть до 10^{10} – 10^{11} Гц. Если в кристаллах и аморфных полупроводниках зависимость изменения электропроводности от частоты будет подчиняться закономерности $\sigma_{ac} \propto (f)^s$ ($0.1 \leq s \leq 1.0$), то можно предполагать, что в проводимости существует прыжковый механизм. Особенностью прыжкового механизма проводимости является малая подвижность носителей заряда и характеризуется переносом носителей по слабым перекрытиям

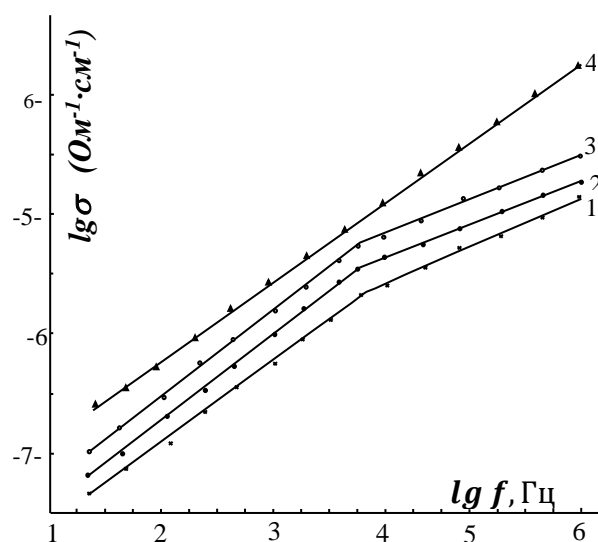


Рис.2. Частотная зависимость проводности пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$: 1-293 К, 2- 373 К, 3-423 К, 4-453К.

хвостовых частей волновых функций близлежащих акцепторных уровней. В сегнетоэлектрических пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ установленная зависимость $\sigma_{ac} \propto (f)^{0.76}$ свидетельствует о прыжковом механизме переноса заряда по состояниям, локализованным в окрестности уровня Ферми.

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что в этой температурной области проводимость сегнетоэлектрических пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ осуществляется как по прыжковому, так и по зонному механизму. Температурно-частотной дисперсии электропроводности указывает на возможность реализации в прыжкового механизма проводимости с переменной длиной прыжка по локализованным состояниям вблизи уровня Ферми.

Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO₃ SEQNETOELEKTRİK TƏBQƏLƏRİNİNDƏYİŞƏN CƏRƏYANDA ELEKTRİK KEÇİ RİCİLİYİ

Afanasyev M.S., Nəbiyev A.E., Hüseynov C.İ., Aydınova T.M., Əliyev N.Ş.

Xülasə: Dəyişən elektrik cərəyanından seqnetoferroelektrik $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ plyonkasının elektrik keçiriciliyinin tezlik və temperaturdan asılılıqlarının öyrənilməsinin eksperimental nəticələri təqdim edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, AC üçün $25-10^6$ hs tezliklərdə 290–400 K temperatur diapazonunda keçiricilik Fermi səviyyəsinin yaxınlığında lokallaşdırılmış vəziyyətlər boyunca yük ötürülməsinin hoppanma mexanizmi üçün xarakterik olan $\sigma_{ac} \sim f^{0.76}$ nümunəsinə uyğundur

Açar sözlər: Seqnetoelektrik təbəqə, dəyişən sahə, elektrik keçiriciliyi, dielektrik sabiti, relaksasiya müddəti, elektron polyarizasiya

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF FERROELECTRIC FILMS $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ ON ALTERNATING CURRENT

Afanasyev M.S., Nabiev A.E., Huseynov J.I., Aslanov H.A., Aliev N.Sh.

Abstract: The experimental results of the study of frequency and temperature dependences of electrical conductivity of ferroelectric film $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ on alternating electric current are presented. It was found that in the temperature range of 290–400 K at frequencies of $25-10^6$ for ac-conductivity obeyed the law $\sigma_{ac} \sim f^{0.76}$ characteristic of the hopping mechanism of charge transfer along states localized near the Fermi level.

Keywords: ferroelectric film, alternating field, electrical conductivity, permittivity relaxation time, electron polarization

KOBALT FERRİT CoFe_2O_4 NANOHISSƏCİKLƏRİNİN MÜXTƏLİF SƏTHİ-AKTİV MADDƏLƏR İŞTİRAKINDA SİNTEZİ VƏ STABİLLƏŞDİRİLMƏSİ

Qədirova N., Hacıyeva F.

Bakı Dövlət Universiteti

qadirovanushaba@gmail.com, flora_1985@mail.ru

Kobalt ferrit nanohissəcikləri maqnit xüsusiyyətləri, kimyəvi dayanıqlılığı, biouyğunluğu və müxtəlif reaksiyalarda göstərdikləri bənzərsiz katalitik aktivlikləri ilə bir çox sahədə öz tətbiqlərini tapmışlar [1]. CoFe_2O_4 nanohissəcikləri birgə çökdürülmə, zol-gel, termik parçalama, mikroemulsiya kimi bir çox sintez üsulları ilə almaq mümkündür. Məlumdur ki, nanohissəciklərin morfoloqiyası, fiziki və kimyəvi xassələri sintez üsulundan asılı olaraq dəyişir. Birgə çökdürülmə üsulu sadə və ucuz olub, nanohissəciklərin alınmasında geniş şəkildə istifadə olunan metoddur [2].

Verilmiş işdə CoFe_2O_4 maqnit nanohissəciklərini sintezi kimyəvi üsul olan birgə çökdürülmə üsulu ilə aparılmışdır. Bunun üçün 0.4 M $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ və 0.2M $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ kobalt və dəmir duzları 2:1 nisbətində 50 ml distillə suda ayrı-ayrı həll edilir. Daha sonra bu iki məhlul qarışdırılır və 0.5 q uyğun stabilləşdirici səthi-aktiv maddə (polietilenqlikol PEQ, setiltrimetilamonium bromid STAB, natrium dodesilsulfat NDS, natrium oleat NO) məhlula əlavə olunur. Məhlul 15 dəqiqə 80°C temperaturda maqnit qarışdırıcıda qarışdırılır. Prosesin sonrakı mərhələsində ayrı kolbada 50ml distillə suda həll edilmiş 6 q NaOH məhlulu yavaş-yavaş ilkin qarışıqğa əlavə edilir və məhlul daha 45 dəqiqə maqnit qarışdırıcıda qarışdırılır. Reaksiya bitdikdən sonra alınan nanohissəcikləri qalıq reaksiya məhsullarından təmizləmək üçün 3 dəfə etanol ilə sentrifuqada 5000 rpm-də 5 dəqiqə olmaqla yuyulur və Petri qablarına keçirilib bir neçə gün otaq temperaturunda qaldıqdan sonra 100°C -də 1 saat vakuum sobasında qurudulmuşdur.

Müxtəlif stabilləşdirici səthi-aktiv maddə mühitində alınmış kobalt ferrit nanohissəciklərinin quruluşu rentgen difraksiya analizi ilə tədqiq edilmişdir. Toz halına salınmış CoFe_2O_4 nanohissəciklərinin XRD difraktoqramları otaq temperaturunda 2θ 20° - 90° bucağı intervalında alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, natrium oleat iştirakında alınmış CoFe_2O_4 nanohissəcikləri amorf quruluşa malikdir. PEQ, STAB və NDS mühitində alınmış kobalt ferrit nanohissəciklərinin kristallik quruluşa malik olması təyin edilmişdir. PEQ iştirakında sintez olunmuş CoFe_2O_4 nanohissəciklərin XRD difraktoqramlarında 35.3° (311), 42.8° (400), 57.02° (511), 62.3° (440); STAB-da 35.98° (311), 56.57° (511), 75.48° (442); NDS iştirakında sintez edilmiş nanohissəciklərdə isə yalnız 36.05° (311), 75.43° (442) 2θ bucağında maksimumlar müşahidə olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, alınan nanohissəciklərin rentgen difraktoqramları spinel quruluşa malik CoFe_2O_4 nanohissəciklərinə məxsusdur [3-4]. PEQ, STAB və NDS stabilləşdiriciləri iştirakında sintez edilmiş CoFe_2O_4 nanohissəciklərinin kristallit ölçüləri Debay

Şerrer düsturu ilə ən yüksək intensivlikli pik üçün hesablanaraq uyğun olaraq 3.79 nm, 8.01 nm və 11.80 nm olduğu müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat:

1. Fernandes de Medeiros, I. A., Madigou, V., Lopes-Moriyama, A. L., Pereira de Souza, C., & Leroux, C. (2017). Morphology and composition tailoring of $\text{Co}_x\text{Fe}_3-x\text{O}_4$ nanoparticles. *Journal of Nanoparticle Research*, 20(1). doi:10.1007/s11051-017-4097-y
2. Srinivasan, S. Y., Paknikar, K. M., Bodas, D., & Gajbhiye, V. (2018). *Nanomedicine*, 13(10), 1221–1238. doi:10.2217/nnm-2017-0379
3. Richa Jain, Sanjeev Kumar Shrivastava, Meena Precipitating agent (NaOH and NH_4OH) dependent magnetic properties of cobalt ferrite nanoparticles/AIP Advances 12, 095109 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0098157>
4. Yuliantika, D., Taufiq, A., Hidayat, A., Sunaryono, Hidayat, N., & Soontaranon, S. (2019). Exploring Structural Properties of Cobalt Ferrite Nanoparticles from Natural Sand. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 515, 012047. doi:10.1088/1757-899x/515/1/012047

SYNTHESIS OF CoFe_2O_4 NANOPARTICLES IN THE PRESENCE OF VARIOUS SURFACTANTS

Gadirova N., Hajiyeva F.

Abstract: In this study, cobalt ferrite (CoFe_2O_4) nanoparticles were synthesized via the co-precipitation method using three different surfactants. Following thermal treatment at 100°C under vacuum, the samples were transformed into powder form. The XRD patterns of the obtained magnetic nanoparticles have been recorded, and the crystallite sizes were calculated using the Debye-Scherrer formula. The results provide insights into the effects of surfactant choice on the structural properties of Co ferrite nanoparticles.

Keywords: CoFe_2O_4 , co-precipitation, XRD

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ CoFe_2O_4 В ПРИСУТСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Гадирова Н., Гаджиева Ф.

Абстракт: В этом исследовании наночастицы кобальт феррита (CoFe_2O_4) были синтезированы методом ко-преципитации с использованием трех разных сурфактантов. После термической обработки при 100°C в вакууме образцы были преобразованы в порошковую форму. Были сняты рентгенограммы (XRD) полученных магнитных наночастиц, и размеры кристаллитов были рассчитаны с использованием формулы Дебая-Шеррера. Результаты дают представление о влиянии выбора поверхностно-активного вещества на структурные свойства наночастиц кобальт-феррита.

Ключевые слова: CoFe_2O_4 , ко-преципитация, XRD

KCI-UN SULU MƏHLULUNUN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN ELEKTROMAQNİT SAHƏSİNİN TEZLİYİNDƏN ASILILIĞI

Həsənov A.Ə., Həsənov N.H., Novruzlu A.A.

Bakı Dövlət Universiteti

azade.novruzlu@gmail.com

***Xülasə:** İşdə KCl-un sulu məhlulunun elektrik keçiriciliyinin elektromaqnit sahəsinin tezliyindən asılılığı araşdırılır. İonların elektromaqnit sahəsində hərəkət xüsusiyyətlərini öyrənmək məqsədilə müxtəlif tezlik diapazonunda aparılan eksperimentlər göstərir ki, KCl məhlulunun keçiriciliyi tezlik artdıqca müəyyən dəyişikliklərə məruz qalır. Nəticələr, elektrolit məhlulların sənaye və farmakologiya sahələrində tətbiqi üçün nəzəri və praktik məlumat verir. Eyni zamanda, bu araşdırma yüksək tezlikli cihazlar və bioloji sistemlərin elektromaqnit sahələrinə uyğunluğunu anlamağa imkan verir.*

***Açar sözlər:** yüksək tezlikli elektromaqnit sahəsi, elektrolit məhlulları, ion keçiriciliyi, KCl məhlulu, tezlik asılılığı*

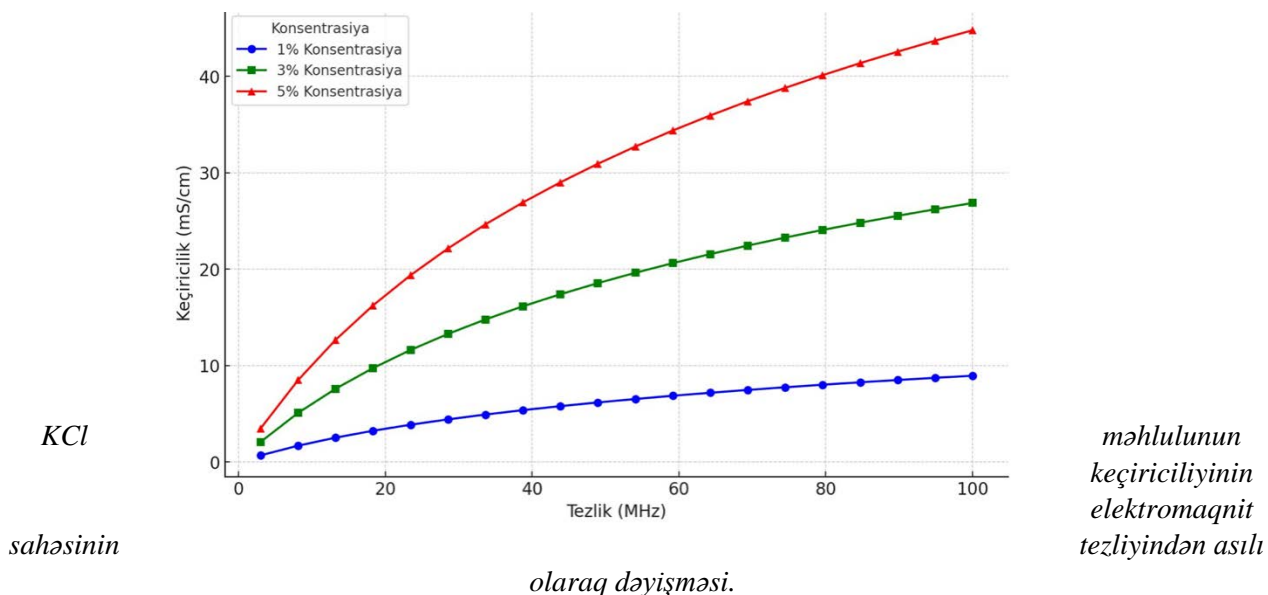
Elektrolitlərin sulu məhlulunun elektrik keçiriciliyinin elektromaqnit sahəsinin tezliyindən asılılığını öyrənmək müasir elmdə aktual mövzulardandır. Elektrolitik məhlulların keçiriciliyinin tezliklə dəyişməsi hadisəsi sənaye, farmakologiyə və yüksək texnologiyalar sahəsində mühüm tətbiqlərə malikdir. Elektrolit məhlulları, xüsusilə də KCl, NaCl kimi güclü elektrolitlərin sulu məhlullarının elektrik keçiriciliyi elektromaqnit sahəsinin tezliyindən kəskin şəkildə asılılığını bilməklə, bu elektrolitlərin fiziki və kimyəvi proseslərdə necə istifadə oluna biləcəyini anlayırıq. Bu tədqiqatlar tibbi cihazlarda və simsiz enerji ötürülməsi kimi sahələrdə istifadə olunan elektromaqnit sahələrin mayelərə və canlı toxmalara təsirini müəyyən etməyə imkan verir.

Eyni zamanda, bu sahədəki tədqiqatlar yeni texnologiyaların hazırlanmasında fundamental bilikləri təmin edir. Elektromaqnit sahəsində ionların hərəkətlərini təhlil etmək, elektrokimya proseslərinin optimallaşdırılması üçün faydalıdır və bateriyalar, sensor kimi qurğuların effektivliyini artırmağa kömək edir [2]. Bu mövzu həmçinin bioloji sistemlərin elektromaqnit sahəsinə verdiyi reaksiyaların öyrənilməsi üçün model təşkil edir ki, bu da biotibbi texnologiyaların inkişafı baxımından böyük əhəmiyyət daşıyır. Beləliklə, KCl-un keçiriciliyinin tezliklə asılılığının öyrənilməsi həm elmi, həm də texnoloji baxımdan geniş tətbiq imkanları təqdim edir və aktuallığını qoruyur.

Bu mövzudakı əsas məqsəd, KCl-un sulu məhlulunun elektrik keçiriciliyinin elektromaqnit sahəsinin tezliyindən necə asılı olduğunu və bu asılılığın mexanizmlərini müəyyən etməkdir. İonların elektromaqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirini və sahənin tezliyinə uyğun olaraq məhlulun keçiriciliyində baş verən dəyişiklikləri təhlil edərək, bu hadisəni daha dərinəndən anlamaqdır [1]. Bu, həm fundamental elmi biliklərin genişlənməsi, həm də elektrilit məhlulların sənaye və tibbi sahələrdə, tətbiqinin optimallaşdırılması üçün mühüm rol oynayır [3].

Təqdim olunan işdə KCl-un sulu məhlulunun elektrik keçiriciliyinin elektromaqnit sahəsinin tezliyindən necə asılı olduğu eksperimental üsulla öyrənilmişdir. İlk mərhələdə, təmiz distillə edilmiş su ilə müxtəlif konsentrasiyalı KCl məhlulu hazırlanır ki, əlavə ionlar analiz nəticələrinə

təsir etməsin. Keçiriciliyi müxtəlif tezliklərdə ölçmək üçün funksional tezlik generatorundan və keçiriciliyi ölçən xüsusi avadanlıqdan istifadə olunmuşdur. Təcrübə zamanı məhlul elektromaqnit sahəsi təsirinə məruz qoyulur və hər bir tezlik üçün keçiricilik ölçülmüşdür. Əldə olunan nəticələr ionların elektromaqnit sahəsində hərəkət xüsusiyyətərini anlamağa, həmçinin sənaye və tibb sahələrində tətbiqi üçün yeni nəzəri biliklər verməyə xidmət edir.



Alınan nəticələr göstərir ki, KCl məhlulunun keçiriciliyi həm elektromaqnit sahəsinin tezliyindən, həm də məhlulunun konsentrasiyasından əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Müxtəlif tezliklərdə keçirilən ölçmələrə əsasən müəyyən edilmişdir ki, sahə tezliyi artıqca məhlulun keçiriciliyi də artır. Bu artım sahənin ionların hərəkətinə təsirini artması ilə əlaqədardır. Eyni zamanda, konsentrasiyanın yüksəlməsi keçiricilik dəyərlərində daha böyük dəyişikliklərə səbəb olur, çünki məhluldakı ionların miqdarı çoxaldıqca elektromaqnit sahəsi altında keçiriciliyin artımında daha nəzərəçarpan olur. Bu nəticələr, KCl məhlullarının elektromaqnit sahələrdə davranışını başa düşmək və belə məhlulların istifadə olunduğu sənaye və biotibb sahələrində effektiv tətbiqi üçün vacib məlumat verir.

Ədəbiyyat:

1. Mənsimov E.Ə, Həsənov H.Ş, Paşayev B.Ş, “ Maye məhlulların elektrik keçiriciliyi. Monoqrafiya ”, Bakı 2011, 84 s.
2. Atkins.P, de Paula.J, “ Physical Chemistry ”, Oxford University Press, 2014.
3. Robinson.R.A, Stokers.R.H, “ Electrolyte Solutions: The Measurement and Interpretation of Conductance, Chemical Potential, and Diffusion in Solutions of Simple Electrolytes ”, Dover Publications, 2002.

DEPENDENCE OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF KCl AQUEOUS SOLUTION ON THE FREQUENCY OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD

Нәсанов А.Ә., Нәсанов Н.Н., Новрузлу А.А., Master's

Abstract: This paper investigates the dependence of the electrical conductivity of an aqueous KCl solution on the frequency of an electromagnetic field. Experiments conducted across various frequency ranges reveal that the conductivity of the KCl solution undergoes certain changes as the frequency increases, reflecting the behavior of ions under electromagnetic influence. The results provide theoretical and practical insights for the application of electrolyte solution in industrial and biomedical fields. Furthermore, this research contributes to understanding the compatibility of high-frequency devices and biological systems with electromagnetic fields.

Keywords: high-frequency electromagnetic field, electrolyte solutions, ionic conductivity, KCl solution, frequency dependence

ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ВОДНОГО РАСТВОРА KCl ОТ ЧАСТОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Гасанов А.А., Гасанов Н.Г., Новрузлу А.А.

Резюме: В данной статье исследуется зависимость электрической проводимости водного раствора KCl от частоты электромагнитного поля. Эксперименты, проведенные в различных диапазонах частот, показывают, что проводимость раствора KCl претерпевает определённые изменения с увеличением частоты, что отражает поведение ионов под воздействием электромагнитного поля. Результаты обеспечивают теоретические и практические данные для применения электролитных растворов в промышленности и биомедицине. Кроме того, это исследование способствует пониманию совместимости высокочастотных устройств и биологических систем с электромагнитными полями.

Ключевые слова: высокочастотное электромагнитное поле, электролитные растворы, ионная проводимость, раствор KCl, зависимость от частоты

FABRICATION TECHNOLOGIES FOR SiC/PVP NANOCOMPOSITE MATERIALS

Jafarov M.^a, Gahramanli L.^a, Mahmudova T.^b

^a Baku State University, Physics Faculty, Chemical Physics of Nanomaterials

^b Baku State University, Physics Faculty, Chemical Physics of Nanomaterials, SABAH groups
mtelxanim@gmail.com

Silicon carbide (SiC) is an extremely important material in a wide range of industries due to its unique combination of properties. These include high thermal conductivity, hardness, electrical conductivity (under certain conditions), and chemical stability. SiC is particularly important in the field of power electronics. It has a wide bandgap (~3.26 eV) compared to silicon (1.1 eV), which allows devices made from SiC to operate at higher voltages, higher temperatures, and greater efficiencies[1]. SiC-based power devices help improve the efficiency and range of electric vehicles by enabling faster switching, reducing power losses, and allowing the system to operate at higher temperatures without the need for extensive cooling. In solar inverters, wind turbines, and other renewable energy systems, SiC helps increase efficiency by improving power conversion and handling higher power levels more efficiently. SiC is used in various industrial power systems, such as those in factories, to reduce energy loss and increase overall system reliability. SiC can operate at much higher temperatures than traditional silicon-based devices, withstanding up to 600-1000°C in some cases (compared to silicon's maximum of around 150°C). This makes it ideal for applications in harsh environments. SiC is used in high-temperature sensors, propulsion systems, and power conversion systems for spacecraft, aircraft, and defense applications[2]. SiC components can operate at high temperatures without performance degradation, making them valuable for automotive electronics, especially in electric and hybrid vehicles. SiC's ability to efficiently handle high voltages and high currents allows the design of more compact, reliable, and efficient power devices. This is increasingly important in applications requiring small, light, and energy-efficient system. SiC is used in the production of high-efficiency light-emitting diodes (LEDs)[3]. It can also be used in the development of ultra-bright LEDs for displays and lighting, with greater energy efficiency and longevity compared to conventional materials. SiC is also being explored for use in the development of quantum devices due to its potential for stable qubit operation. Silicon carbide is becoming a cornerstone material for next-generation technologies, from energy-efficient electronics and electric vehicles to advanced manufacturing tools and high-temperature, high-performance applications. Its combination of electrical, mechanical, and thermal properties makes it indispensable in industries ranging from automotive and aerospace to energy and electronics. As demand for more efficient, durable, and sustainable technologies continues to grow, SiC's importance is only expected to increase. For this purpose, the synthesis of SiC-based composite

materials, the development of their production technologies, and new perspectives in this direction are extremely important issues.

The synthesis of SiC/ Polyvinylpyrrolidone (PVP) composites with different percentages of SiC (e.g., 1%, 2%, 3% SiC/PVP) typically involves a process of dispersion and mixing, followed by drying or heating to achieve a uniform and stable material. For synthesis process, SiC powder, PVP required as a initial reagents. Distilled water are used as a solvent. After appropriate calculation, magnetic stirrer and oven were used synthesis and drying process. Firstly, PVP dissolved in a distilled water. The concentration of PVP were chosed as 5%. PVP solution were mixed in magnetic stirrer use mild heating (below 50°C) to help dissolve the PVP. To get different amount of SiC powder based on the target percentage (1%, 2%, or 3% SiC by weight in the final composite) appropriiare amount were used:

- For a 1% SiC/PVP composite, use 1g of SiC per 100g of the final composite weight.
- For a 2% SiC/PVP composite, use 2g of SiC per 100g of the final composite weight.
- For a 3% SiC/PVP composite, use 3g of SiC per 100g of the final composite weight.

To get final nanocomposite materials, SiC powder to the PVP solution slowly while stirring continuously. This step is crucial for achieving good dispersion of SiC in the PVP matrix. After the SiC is well dispersed, continue stirring the mixture for an additional 30 minutes to 1 hour at room temperature to ensure uniform distribution. Once the SiC is uniformly dispersed in the PVP solution, cast the composite onto a mold or a flat surface (such as a glass or silicone plate) for drying. To Allow the solvent to evaporate, this can be done by letting the solution air dry at room temperature or in a drying oven at a low temperature (e.g., 50-60°C) for a few hours to remove the solvent completely. Synthesis process of SiC/PVP composite materials are demonstrated in Figure 1.

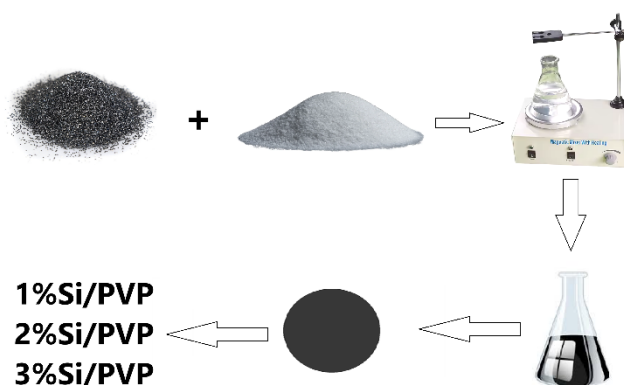


Figure 1. Synthesis process of different percentage of SiC/PVP nanocomposite materials

After the synthesis of the samples is completed, Scanning Electron Microscopy (SEM) will use to determine their dispersion, X-ray diffraction (XRD) to determine the degree of crystallinity

and phase, and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) to determine the chemical interaction between SiC and PVP. To assess the thermal stability of the composite Thermogravimetric Analysis (TGA), to evaluate the tensile strength, flexibility, or hardness of the composite, depending on the intended application Mechanical Testing is planned to be carried out.

References

1. Ma C. T., Gu Z. H. Review on driving circuits for wide-bandgap semiconductor switching devices for mid-to high-power applications //Micromachines. – 2021. – Т. 12. – №. 1. – С. 65.
2. Ni Z. et al. Overview of real-time lifetime prediction and extension for SiC power converters //IEEE Transactions on Power Electronics. – 2019. – Т. 35. – №. 8. – С. 7765-7794.
3. Kar A. et al. White light emission of wide bandgap semiconductor American Ceramic Society. – 2022. – Т. 105. – №. 5. – С. 3100-3115.

-bandgap s

SiC/PVP NANOKOMPOZIT MATERIALLAR ÜÇÜN İSTEHSAL TEXNOLOGİYALARI

Cəfərov M., Qəhrəmanlı L., Mahmudova T.

Xülasə: Bu tədqiqatda, SiC/poli(vinilpirolidon) (PVP) kompozitləri 1%, 2% və 3% SiC tərkibləri ilə sintez edilmiş və onların morfolojiyası, strukturu, kimyəvi qarşılıqlı təsirləri, istilik dayanıqlığı və mexaniki xüsusiyyətləri SEM, XRD, FTIR, TGA və mexaniki testlər vasitəsilə təhlil olunmuşdur. Nəticələr SiC/PVP kompozitlərinin yüksək performanslı tətbiqlər üçün uyğun olduğunu göstərir.

Açar sözlər: Silisium karbid, polivinilpirolidon, nanokompozitlər, sintez prosesi

ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ SiC/PVP

Джафаров М., Кахраманлы Л., Махмудова Т.

Бакинский Государственный Университет

Абстрактный: В данной работе были синтезированы композиты SiC/поли(винилпирролидон) (ПВП) с содержанием SiC 1, 2 и 3 %, их морфология, структура, химические взаимодействия, термическая стабильность и механические свойства были охарактеризованы методами SEM, XRD, FTIR, TGA и механические свойства анализируются посредством испытаний. Результаты показывают, что композиты SiC/PVP подходят для высокопроизводительных применений.

Ключевые слова : Карбид кремния, поливинилпирролидон, нанокмозиты, процесс синтеза

TEYT TƏNLİYİ VASİTƏSİLƏ MAYELƏRİN P – V – T ASILILIĞININ ARAŞDIRILMASI

Aslanov H.A., İbrahimli A.B.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

huseynaslan@yahoo.com.

aygunibrahimli@yahoo.com

Xülasə: Təqdim edilən işdə Teyt tənliyinin vasitəsilə maye formiatların P – V – T asılılığı müəyyən edilmişdir. Teyt tənliyi vasitəsilə maye formiatların sıxlıqları ilə temperatur və təzyiqdən asılı olaraq qiymətləri hesablanmışdır. Hesablanmış qiymətlərlə təcrübi qiymətlər arasındakı xəta $\pm 0,2\%$ olmuşdu.

Açar sözlər: Teyt tənliyi, maye formiat, temperatur, təzyiq.

Məlumdur ki, mayelərin P – V – T asılılığını təyin etmək üçün hal tənliklərindən istifadə edilir. Ümumi şəkildə mayelərin hal tənliklərini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$\rho = f(P, T) \quad (1)$$

Real qazlar üçün yazılmış Van – der – Vaals tənliyinin aşağıdakı şəkildə olan forması (modernə edilmiş) mayelərin P – V – T asılılığını yazmağa imkan verir [1]:

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a(T)}{(V + K_1 b)(V + K_2 b)} \quad (2)$$

haradakı $K_1 = 0$; $K_2 = 1$, $a = 0,4275R^2T_b^2/P_b$, P_b və T_b uyğun olaraq böhran təzyiqi və böhran temperaturudur.

Empirik tənliklər sırasında Teyt tərəfindən təklif edilən termik tənlik xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [2 – 4].

$$-\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = \frac{C}{B(T) + P'} \quad (3)$$

haradakı $C = \text{const}_{P,T}$, $B(T) = \text{const}_P$.

Teyt tənliyinin digər tənliklərdən üstünlüyü ondadır ki, bu tənliyin əmsallarının fiziki mənası vardır. İlk dəfə bu tənlik Teyt tərəfindən dənizin müxtəlif dərinliklərində temperaturu ölçmək üçün suyun, şüşənin və civənin sıxılma əmsalını təyin etmək üçün istifadə edilmişdir və onun forması aşağıdakı kimi olmuşdur:

$$\frac{V_0 - V}{(P - P_0)V_0} = -\frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta P} = \frac{A}{\Pi + (P - P_0)}; \quad (4)$$

burada P_0 – normal şəraitdəki təzyiqi; V_0 – normal təzyiqdəki təmiz suyun həcmi; A və Π – isə təcrübədən müəyyən edilən parametrlərdir.

Hal – hazırda müasirləşdirilmiş Teyt tənliyi aşağıdakı kimi yazılır.

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} = C \ln \left(\frac{B + P}{B + P_0} \right) \quad (5)$$

burada C və B temperaturun funksiyaları olduğu üçün (5) tənliyi Mayelərin hal tənliyi adlanır.

Bizim tərəfimizdən Teyt tənliyinin köməyi ilə maye formiatlar üçün aşağıdakı kimi hal tənliyi tərtib edilmişdir:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -\frac{A}{B+P} \quad (6)$$

(6) tənliyindəki A və B əmsalları $V - P$ kordinatlarında $\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$ –ni bütün təcrübi izotermərin təzyiqdən asılılığına əsasən təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, formiatlar üçün bütün izotermərdə $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T - P$ kordinatlarında düz xətlər şəklində olur. Hər izoterm üçün A və B əmsalları müəyyən edildikdən sonra bu əmsallar bütövlükdə aşağıdakı kimi ifadə edilmişdir:

$$A = \sum_{i=0}^2 a_i T^i; B = \sum_{i=0}^2 b_i T^i \quad (7)$$

şəklində təyin edilmişdir. Hər bir maye formiat üçün a_i və b_i əmsalları təyin edilmişdir. (6) və (7) ifadələrinin vasitəsilə maye formiatların $P - V - T$ asılılığının təcrübi qiymətlərdən kənara çıxması $\pm 0,2\%$ təşkil edir.

Ədəbiyyat

1. Schaschke C., Fletcher I., Glen N. Density and viscosity measuzemeht of diesel fuels at combined high pressure and elevated temperatre. Processes, 2013, vol.1, №2, pp. 30-48.
2. Расторгуев Ю.Л., Ковальский Е.В. Уравнение состояния Тейта и его проверка по экспериментальным данным. Изв. ВУЗов СССР, Нефть и газ, 1975, №8, с. 57-60.
3. Циммерман С.С. Уравнение Тейта для системы азот-водород. Журнал Физической Химии, 1975, т. 45, с.1275.
4. Грехов Л.В., Марков В.А., Арсенов Н.А. Определение констант уравнение состояния для расчета упругих свойств различных моторных топлив и технических жидкостей.

ИССЛЕДОВАНИЕ P – V – T ЗАВИСИМОСТИ ЖИДКОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УРАВНЕНИЯ ТЕЙТА.

Асланов Г. А., Ибрагимли А. Б.

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет

Резюме: В представленной работе P-V-T-зависимость жидких формиатов определялась с помощью уравнения Тейта. С помощью уравнения Тейта были рассчитаны плотности жидких формиатов и их значения в зависимости от температуры и давления. Погрешность между расчетными значениями и экспериментальными значениями составила $\pm 0,2\%$.

Ключевые слова: уравнение Тейта, жидкий формиат, температура, давление.

STUDY OF P – V – T DEPENDENCE OF LIQUIDS USING THE TATE EQUATION.

Aslanov H. A., Ibragimli A. B.

Azerbaijan State Pedagogical University

Summary: In the presented work, the P-V-T dependence of liquid formates was determined using the Tate equation. Using the Tate equation, the densities of liquid formates and their values as a function of temperature and pressure were calculated. The error between the calculated values and experimental values was $\pm 0.2\%$.

Key words: Tate equation, liquid formate, temperature, pressure.

FeNi BİMETAL NANOHISSƏCİKLƏRİNİN SEM və EDS ANALİZİ.

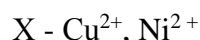
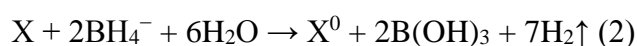
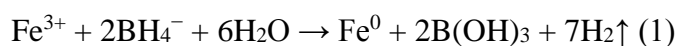
Cəlilova Ə., Hacıyeva F.

Bakı Dövlət Universiteti

efsanecelilova521@gmail.com, flora_1985@mail.ru

Nanoölçülü dəmir nanohissəcikləri mikroölçülü dəmir hissəciklərindən fərqli olaraq böyük xüsusi səthə malikdir. Fe nanohissəcikləri mikrohissəciklərdən fərqli tamamilə yeni, fiziki, kimyəvi xüsusilə də katalitik xassələrə malikdir. Fe nanohissəcikləri adi dəmirdən fərqli olaraq kimyəvi reaksiyaları bir neçə dəfə çox sürətlə bilirlər. Ədəbiyyat analizləri zamanı müəyyən edilmişdir ki, dəmir nanohissəciklərin səthinə ikinci metal daxil etdikdə, onlar havada daha stabil olur [1-4].

Təqdim olunan işdə FeNi əsaslı bimetall nanohissəcikləri sintez edilmiş və quruluşu SEM və EDS analizi vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Bimetallik nanohissəciklərin alınması isə aşağıdakı kimi aparılmışdır: 0,1M Fe³⁺ məhlulu 30 ml 0,5% natrium oleat məhlulu ilə qarışdırılmışdır. 500 fırdəq-li maqnit qarışdırıcı üzərində intensiv qarışmaya məruz edilmişdir. 15 dəq sonra ikinci metalın (Ni və Fe) duzlarının müxtəlif miqdarları əlavə edilmişdir. Paralel olaraq 100 ml 0,3 M natrium tetrahidroborat məhlulu hazırlanmış və damcı damcı dəmir məhluluna daimi qarışma şəraitində əlavə edilmişdir. Bütün reaksiyalar otaq temperaturunda və azot mühitində aparılmışdır. Qarışıq natrium tetrahidroborat əlavə olunandan sonra daha 10 dəqiqə ərzində maqnit qarışdırıcı üzərində reaksiyanın tam bitməsi üçün saxlanmışdır. Reaksiya daxil olmayan ionların kənarlaşdırılması üçün sintez olunan nanohissəciklər 3 dəfə təmiz etil spirti ilə yuyulmuşdur. Bimetall nanohissəciklərinin alınma reaksiyalarını aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:



Fevə FeNi nanohissəciklərinin skanedici elektron mikroskopik analizləri aparılmışdır. Nanohissəciklərin SEM təsvirləri JEOL JSM-7600 F (Yaponiya istehsalı) markalı elektron mikroskopunda əldə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, təmiz dəmir hissəcikləri 40-80 nm ölçüdə və sferik formadadırlar. Bir-biri ilə təmasda olan nanohissəciklər, kimyəvi birləşmə və ya maqnit cazibəsinə görə zəncirvari strukturlar əmələ gətirir. SEM analizi zamanı təyin olunmuşdur ki, FeNi bimetall nanohissəciklərinin orta ölçüləri 10-30nm təşkil edir. Göründüyü kimi ikinci metal əlavə edildikdə bimetallik nanohissəciklərin ölçüləri monometallik dəmir hissəcikləri ilə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır. Bu onunla izah edilir ki, ikinci metal əlavə etdikdə həmin metal dəmirin səthinə örtərək böyüməyə qoymur və beləliklə dəmiri oksidləşməyə qarşı daha sabit hala gətirir. Fe və FeNi nanohissəciklərinin enerji dispersiya analizi aparılmışdır (EDS) və müəyyən edilmişdir ki, hissəciklər məhz Fe və FeNi hissəciklərinə məxsusdur.

Ədəbiyyat:

1. Ahn, S.C., Oh, S.-Y., Cha, D.K. Enhanced reduction of nitrate by zero-valent iron at elevated temperatures. (2008) Journal of Hazardous Materials, 156 (1-3), pp. 17-22.
2. Malakootian M, Yaghmaian K, Tahergorabi M. The Efficiency of Nitrate Removal in Drinking Water Using Iron Nano-Particle: Determination of Optimum Conditions. J Yazd Univ Med Sci. 2011; 10(2011): 35-44
3. Murphy, A. P. (1991) Chemical removal of nitrate from water. Nature. 350: 223–225.
4. Sohn K., S.W.Kang, S.Ahn, M.Woo, S.-K. Yang, Fe (0) nanoparticles for nitrate reduction: stability, reactivity, and transformation, Environ. Sci. Technol. 40 (2006) 5514-5519

SEM and EDS ANALYSIS OF FENI BIMETALLIC NANOPARTICLES.

Jalilova A., Hajiyeva F.

Abstract: It was determined that the pure iron particles are 40-80 nm in size and spherical in shape. Nanoparticles in contact with each other form chain structures due to chemical bonding or magnetic attraction. During the SEM analysis, it was determined that the average size of FeNi bimetallic nanoparticles is 10-30 nm. As can be seen, the size of the bimetallic nanoparticles was significantly reduced when the second metal was added compared to the monometallic iron particles. This is explained by the fact that when a second metal is added, that metal does not grow by covering the surface of the iron, thus making the iron more stable against oxidation. Energy dispersive analysis (EDS) of Fe and FeNi nanoparticles was performed and it was determined that the particles belong to Fe and FeNi particles.

Key words: iron, nickel, bimetal, SEM

СЭМ и ЭДС-АНАЛИЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ FeNi.

Джалилова А., Гаджиева Ф.

Абстрактный: Установлено, что частицы чистого железа имеют размер 40-80 нм и сферическую форму. Наночастицы, контактируя друг с другом, образуют цепные структуры за счет химической связи или магнитного притяжения. В ходе СЭМ-анализа было определено, что средний размер биметаллических наночастиц FeNi составляет 10-30 нм. Как можно видеть, размер биметаллических наночастиц значительно уменьшался при добавлении второго металла по сравнению с частицами монометаллического железа. Это объясняется тем, что при добавлении второго металла этот металл не растет, покрывая поверхность железа, что делает железо более устойчивым к окислению. Проведен энергодисперсионный анализ (ЭДС) наночастиц Fe и FeNi и установлено, что частицы принадлежат к частицам Fe и FeNi.

Ключевые слова: железо, никель, биметалл, СЭМ

PROPİLFORMIATIN DINAMİK ÖZLÜLÜK ƏMSALININ ONUN TERMİK XASSƏLƏRİNDƏN ASILILIĞI.

Aslanov H.A., İbrahimli A.B.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

huseynaslan@yahoo.com.

aygunibrahimli@yahoo.com

Xülasə: Təqdim edilən işdə propilformiatın $P - V - T$ asılılığının təcrübi qiymətlərində əsasən izobarik genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalları hesablanmışdır. Alınan nəticələrlə propilformiatın dinamik özlülük əmsalı arasında asılılıq müəyyən edilmişdir. Bu asılılığın vasitəsilə propilformiatın özlülüüyü $\pm 2\%$ xəta ilə müəyyən etmək mümkündür.

Açar sözlər: Propilformiat, maye, dinamik özlülük, izobarik genişlənmə, izotermik sıxılma, təzyiq.

Mayələrin dinamik özlülüynünün istilik – fiziki xassələrdən asılılığı bir sıra elmi araşdırmalarda uğurla öyrənilmiş və təcrübi nəticələrlə təsdiqini tapmışdır [1]. Belə bir elmi tədqiqat işi aparmaq üçün mayələrin dinamik özlülük əmsalı və $P - V - T$ asılılığı məlum olmalıdır.

Elmi işdə tədqiq edilən propilformiatın dinamik özlülük əmsalı və $P - V - T$ asılılığı geniş temperatur və təzyiq intervalında böyük dəqiqliklə təcrübi olaraq tədqiq edilmişdir [2].

Tədqiqat zamanı biz

$$\eta_{P,T} = \eta_T + a \frac{P_T}{T} \quad (1)$$

tənliyindən istifadə etmişik. Burada:

$\eta_{P,T}$ – propilformiatın maye halında müxtəlif temperatur və təzyiqdəki dinamik özlülük əmsalı;

η_T – propilformiatın atmosfer təzyiqindəki buxarının (qaz halı) dinamik özlülük əmsalının temperatur asılılığı;

P_T – maye halındakı butilformiatın termik təzyiqi;

a – butilformiatın (1) asılılığının əyrisinə əsasən müəyyən edilən sabitdir.

Propilformiatın termik təzyiqini $P - V - T$ – asılılığına əsasən aşağıdakı termodinamik asılılığa görə müəyyən edilmişdir.

$$P_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial \vartheta} \right)_T = -T \frac{\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial T} \right)_P}{\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial P} \right)_T} = T \frac{\alpha_P}{\beta_T} = P_i + P \quad (2)$$

(2) tənliyində P_i – maye formiatın daxili təzyiqi, P – xarici təzyiqi, α_P – propilformiatın sabit təzyiqdəki həcmi genişlənmə əmsalı, β_T – propilformiatın sabit temperaturdakı sıxılma əmsalı, T – isə mütləq temperaturdur.

Propilformiatın $P - V - T$ asılılığına əsasən bərabər temperatur və təzyiqlərdə α_P və β_T – nin hesablanmış qiymətləri cədvəl 1 və 2 – də verilmişdir.

Propilformiatın izobarik genişlənmə α_P və izotermik sıxılma β_T əmsallarının müəyyən etdiyimiz qiymətlərinə əsasən (1) tənliyi

$$\Delta\eta = \eta_{P,T} - \eta_T = f\left(\frac{\alpha_P}{\beta_T}\right) \quad (3)$$

asıllığı müəyyən edilmişdir. Aldığımız asıllığa əsasən propilformiatın istənilən təzyiq və temperatur

intervalında dinamik özlülük əmsalının hesablaması mümkündür. (3) tənliyinə əsasən propilformiatın dinamik özlülük əmsalının hesablanmış qiymətləri ilə təcrübi qiymətləri arasındakı fərq ortalama $\pm 2\%$ təşkil edir.

Cədvəl 1. Propilformiatın sabit təzyiqdəki həcmi genişlənmə əmsalı $\alpha_P \cdot 10^6, k^{-1}$.

P, MPa	T, K								
	300	325	350	375	400	425	450	475	500
0,1	1238	1535	1978	2218	2711	-	-	-	-
5	1179	1453	1670	1829	2004	2343	3173	5576	15504
10	1124	1380	1574	1708	1841	2096	2680	4126	8232
20	1028	1256	1422	1525	1616	1781	2145	2934	4690
30	945	1155	1304	1392	1463	1586	1849	2389	3479
40	874	1071	1210	1291	1352	1451	1658	2068	2852
50	812	999	1133	1211	1267	1352	1522	1852	2463
60	757	938	1068	1146	1196	1274	1420	1697	2196
70	708	885	1013	1091	1144	1212	1340	1578	1999
80	663	837	966	1045	1098	1162	1276	1485	1849
90	624	795	924	1005	1058	1119	1223	1408	1728
100	588	757	887	970	1025	1083	1178	1345	1630

Cədvəl 2. Propilformiatın sabit temperaturdakı sıxılma əmsalı $\beta_T \cdot 10^7, bar^{-1}$.

P, MPa	T, K								
	300	325	350	375	400	425	450	475	500
0,1	922	1370	1897	2625	-	-	-	-	-
5	947	1284	1737	2329	3119	4284	6449	12413	45475
10	904	1208	1600	2092	2710	3559	4955	8018	17790
20	831	1081	1386	1743	2158	2676	3423	4749	7685
30	769	979	1225	1499	1800	2154	2629	3392	4847
40	716	896	1099	1317	1548	1807	2141	2644	3528
50	670	826	998	1176	1359	1559	1808	2169	2769
60	630	767	914	1063	1212	1372	1567	1839	2277
70	595	717	844	971	1096	1227	1383	1598	1933
80	564	672	784	893	1000	1110	1239	1413	1678
90	536	634	733	828	920	1013	1122	1266	1483
100	511	599	688	772	852	933	1025	1148	1328

Mayelərin dinamik özlülük əmsalının təcrübi təyini üsullarının bu günə olan dəqiqliyinin $\pm 1,5\%$ olduğunu nəzərə alsaq alınan nəticənin əhəmiyyətli olduğunu demək olar.

Әдәбиyyat

1. Ривкин С.А. – К вопросы о связи вязкости жидкостей с их термическими свойствами. ИФЖ, 1971, т.27, №3, с.404.
2. Гусейнов К.Д., Асланов Г.А.. ЖФХ, 1977, т.51, №8, с.2091.
3. Филиппов Л.П. – О кинетических свойствах газов и жидкостей, М., 1976, с. 23.

DEPENDENCE OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS COEFFICIENT OF BUTYL FORMATE ON ITS THERMAL PROPERTIES

Aslanov H. A., Ibragimli A. B.

Summary: In the presented work, the coefficients of isobaric expansion and isothermal compression were calculated in the experimental values of the P-V-T dependence of propyl formate. The relationship between the obtained results and the coefficient of dynamic viscosity of propyl formate was determined. From this dependence it was possible to determine the viscosity of propyl formate with an error of $\pm 2\%$.

Key words: propyl formate, liquid, dynamic viscosity, isobaric expansion, isothermal compression, pressure.

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУТИЛФОРМИАТА ОТ ЕГО ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ

Асланов Г. А., Ибрагимли А. Б.

Резюме: В представленной работе коэффициенты изобарного расширения и изотермического сжатия были рассчитаны в экспериментальных значениях P-V-T зависимости пропилформиата. Определена связь полученных результатов с коэффициентом динамической вязкости пропилформиата. По этой зависимости удалось определить вязкость пропилформиата с погрешностью $\pm 2\%$.

Ключевые слова: пропилформиат, жидкость, динамическая вязкость, изобарное расширение, изотермическое сжатие, давление

MECHANISMS OF DEFECT FORMATION ON THE NANOCRYSTALLINE 3C-SiC PARTICLES UNDER NEUTRON IRRADIATION

Eminova A.R.

Baku State University

Abstract: *Nanocrystalline cubic silicon carbide (3C-SiC) is a key material for high-radiation environments, such as nuclear reactors, due to its resistance to radiation damage. Its grain boundaries act as defect sinks, mitigating damage and preserving the crystalline structure. However, prolonged neutron exposure can cause defect clustering, leading to localized amorphization and mechanical degradation. This study examines defect mechanisms in 3C-SiC, advancing the design of durable, radiation-hardened materials for next-generation nuclear technologies.*

Keywords: *Nanocrystalline 3C-SiC, neutron irradiation, defect mechanisms, radiation-hardened materials, nuclear technologies*

Over the past few years, nanocrystalline cubic silicon carbide (3C-SiC) particles have become a focal point of research [1-3]. Nanocrystalline 3C-SiC is a promising material for high-radiation applications, including advanced nuclear reactors and fusion systems, due to its remarkable resistance to radiation-induced damage [1-3]. Under neutron irradiation, atomic collisions generate primary knock-on atoms (PKAs), which trigger displacement cascades that form a variety of defects, such as vacancies, interstitials, and antisite defects. These defects disturb the crystalline lattice, impacting the material's thermal, electronic, and mechanical properties. However, nanocrystalline 3C-SiC benefits from its high density of grain boundaries, which act as powerful defect sinks. Grain boundaries efficiently absorb and facilitate the recombination of mobile vacancies and interstitials, reducing defect buildup within grains and preserving the crystalline structure. This sink behavior helps minimize volumetric swelling, maintains structural integrity, and mitigates amorphization that would otherwise compromise material performance under irradiation.

While nanocrystalline 3C-SiC demonstrates significant resistance to radiation damage, prolonged and high-dose neutron exposure can still lead to defect clustering, especially at or near grain boundaries. Over time, this accumulation can result in localized amorphization, grain boundary embrittlement, and eventual degradation of mechanical properties, such as fracture toughness and hardness. These effects highlight the importance of optimizing grain size and distribution to balance radiation tolerance with long-term stability. By investigating the mechanisms of defect formation, migration, and interaction in nanocrystalline 3C-SiC, this study advances our understanding of how to design and utilize materials with enhanced resilience, ensuring that they retain their functionality and stability in extreme environments. This research contributes to the development of durable, radiation-hardened materials essential for next-generation nuclear and high-radiation technologies.

Ədəbiyyat

1. Elchin M. Huseynov, Anze Jazbec "Application of neutron transmutation technology to control the physical properties of nanoparticles at the atomic scale" Carbon 229, 119568, 2024

2. Elchin Huseynov, Anze Jazbec, Luka Snoj "Temperature vs. impedance dependencies of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC)" Applied Physics A 125, 91-98, 2019
3. Elchin Huseynov, Anze Jazbec "EPR spectroscopic studies of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC)" Silicon 11/4, 1801–1807, 2019

NEYTRON ŞÜALANMASININ TƏSİRİ ALTINDA 3C-SİC NANOKRİSTALLARINDA DEFFEKT ƏMƏLƏ GƏLMƏ MEXANİZMLƏRİ

Eminova A.R.

Xülasə: Nanokristalin kubik silisium karbid (3C-SiC) hissəciklərinin radiasiya defektlərinə qarşı yüksək müqavimətə malik olduöu üçün nüvə reaktorları kimi yüksək radiasiyalı mühitlər üçün əsas materialdır. Onun qəfəs quruluşu və onun hüdudları defektləri yumşaldaraq və kristal quruluşunu qoruyub saxlayaraq qüsurlu yuvası kimi çıxış edir. Bununla belə, neytronlarla uzun müddət şüalanma defekt qruplaşmasına səbəb ola bilər ki, bu da lokal amorfizasiyaya və mexaniki deqradasiyaya səbəb olur. Bu tədqiqat, 3C-SiC-də defekt mexanizmlərini araşdıraraq, gələcək nəsil nüvə texnologiyaları üçün davamlı, ionlaşdırıcı şüalanmaya dayanıqlı materialların dizaynını inkişaf etdirməyə fokuslanmışdır.

Açar sözlər: Nanokristal 3C-SiC, neytron şüalanması, defekt mexanizmləri, radiasiyaya dayanıqlı materiallar, nüvə texnologiyaları

МЕХАНИЗМЫ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ НА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦАХ 3C-SİC ПРИ НЕЙТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ

Эминова А.Р.

Резюме: Нанокристаллический кубический карбид кремния (3C-SiC) является ключевым материалом для сред с высоким уровнем радиации, таких как ядерные реакторы, благодаря своей устойчивости к радиационному повреждению. Его границы зерен действуют как поглотители дефектов, смягчая повреждения и сохраняя кристаллическую структуру. Однако длительное воздействие нейтронов может вызвать кластеризацию дефектов, что приводит к локализованной аморфизации и механической деградации. В этом исследовании изучаются механизмы дефектов в 3C-SiC, продвигая разработку прочных, радиационно-упрочненных материалов для ядерных технологий следующего поколения.

Ключевые слова: Нанокристаллический 3C-SiC, нейтронное облучение, механизмы дефектов, радиационно-стойкие материалы, ядерные технологии.

IV BÖLMƏ

FİZİKANIN TƏDRİSİ METODİKASI

İTERAKTIV MƏKTƏB FİZİKA EKSPERİMENTLƏRİ

Orucov V.Ö., Vəlibəyova G.S.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

vidadi_orucov@mail.ru, ftmkafedra@gmail.com

Müasir dünyada qloballaşma prosesi bütün ölkələrdə təsirini göstərir. Xüsusilə təhsil sistemi bu yeniliklərə ən sürətli reaksiya verən sahə olmaqla yanaşı, bəzən də qloballaşma prosesini idarə edən amilə çevrilir. Bu günkü cəmiyyət, məzunlardan yüksək praktiki təcrübə, güclü peşə bilikləri və davamlı özünüinkışafı tələb edir. Bu tələblərə uyğun olaraq, Azərbaycan Respublikasının Təhsil Nazirliyinin 21 avqust 2020-ci il tarixli 381 sayılı əmri ilə təsdiq olunan “Bakalavriat səviyyəsinin 050105 - Fizika müəllimliyi” ixtisası üzrə Təhsil Proqramı, fizika müəllimləri üçün yeni ümumi kompetensiyalar müəyyən edir:

”- Komandada iş, problemin həllinə ortaq yanaşmaya nail olmaq qabiliyyətinə;

- Yeni şəraitə uyğunlaşmaq, təşəbbüs irəli sürmək qabiliyyətinə və uğur qazanmaq iradəsinə

-İş yerində informasiya texnologiyalarından istifadə etmək qabiliyyətinə.” və sair

Təhsil *Proqramında* məzunların yiyələnməli olduqları kompetensiyalar da qeyd olunur:”

- Fiziki müşahidə, təcrübə və eksperimentlərin mahiyyətini bilmək, onlardan nəticə çıxarmaq və çıxan nəticələri təhlil etmək bacarığına;

- Fizika üzrə qazanılmış bilik, bacarıq və vərdişlərə uyğun olaraq problemlərin həllində iştirak etməyə hazır olmaq bacarığına. (Azərbaycan Respublikasının Təhsil Nazirliyinin 21 avqust 2020-ci il tarixli 381 sayılı əmri)

Müasir məktəblərimizdə Fizika müəlliminin hazırlanmasında və yuxarıda qeyd olunan kompetensiyaların formalaşdırılmasında məktəb fizika eksperimentlərinin rolu əvəzsizdir. Təlimin məqsədi yalnız mövzunun mahiyyətini öyrətmək deyil, həm də şagirdlərdə bacarıq və vərdişlər inkişaf etdirməkdir. Fiziki hadisə və proseslərin müşahidəsi şagirdlərə daha dərinlən biliklər əldə etməyə imkan verir. Bu məqsədlə məqsədyönlü eksperimentlər həyata keçirilir. Məktəb fizika eksperimenti, tədris prosesinin mühüm elementi olaraq, şagirdlərə fiziki hadisələrə dair hərtərəfli biliklər əldə etməyə, onları digər təbiət hadisələri ilə əlaqələndirməyə və müşahidə, ölçmə aparmağa imkan yaradır.

Məktəb fizika eksperimenti, fizika biliklərinin öyrənilməsində və müəllim hazırlığında geniş imkanlar təqdim edən etibarlı metodlardan biridir. Bu metod daima inkişaf edir, yeniliklərə açıqdır və təkmilləşir. Yeni avadanlıqlar və elmi-pedaqoji yeniliklər sayəsində daha da zənginləşir. Fizika

eksperimentləri dərstdə fiziki hadisələrin xüsusi avadanlıqlarla təkrarlanmasını təmin edir və elmi tədqiqat metodunu əks etdirir. Şagirdlər, eksperimentin ardıcılığı ilə yeni biliklər kəşf edərək təcrübi bacarıqlar qazanırlar. Müasir informasiya texnologiyalarının istifadəsi, təlimin məqsədinə və metodlarına təsir edərək öyrənmə prosesini daha interaktiv və cəlbedici edir. İnteraktiv lövhələr, kompüterlər və digər müasir avadanlıqlar fizika eksperimentlərinin həyata keçirilməsinə yeni imkanlar açır. Bu avadanlıqlar fizika tədrisini daha dinamik və interaktiv edir. İnteraktiv lövhələr, müəllimlərə fiziki fenomenləri vizual şəkildə nümayiş etdirməyə imkan verir. Kompüterlər və digital media vasitələri simulyasiyalar və eksperimentlərin analizini asanlaşdırır. Eyni zamanda, eksperimentlər tələbələrin tədqiqat bacarıqlarını inkişaf etdirir, analitik düşünmə qabiliyyətini gücləndirir və elmi yanaşmanı formalaşdırır. Tələbələr fizika hadisələrini görərək nəzəri bilikləri praktiki şəkildə tətbiq edirlər.

Müasir məktəb fizika eksperimenti metodları, dərslərdə tələbələrin fəal iştirakını artırmaq və onların fiziki hadisə, qanunlarla bağlı anlayışlarını dərinləşdirmək məqsədi güdür. Bu məqsədlə ən çox istifadə olunan müasir məktəb fizika eksperimenti növlərinə aşağıdakılar daxildir:

1. Fiziki fenomenlərin simulyasiyası, real həyatda baş verən hadisələrin kompüter vasitəsilə modelləşdirilməsi və təkrarlanmasıdır.
2. Müəllimlərin fiziki prinsipləri interaktiv formada təqdim etməsi, tələbələrin müzakirəyə qoşulması üçün daha geniş imkan yaradır.
3. Tələbələrin fizika prinsiplərinə əsaslanan öz layihələrini hazırlaması, məsələn, günəş enerjisi ilə işləyən model qurğuların hazırlanması.
4. Fizika prinsiplərini oyun formatında təqdim edən fəaliyyətlər. Məsələn, yarışmalar.
5. Tələbələrə öz seçdikləri mövzuda tədqiqat aparmaq imkanı verilməsi.

Təlim prosesində Məktəb fizika eksperimentinin daha səmərəli və nəticəyönlü olmamasına səbəb olan bir sıra çatışmamazlıqlar hələ də qalmaqdadır:

1. **Resursların məhdudluğu:** Məktəblərdə Fizika eksperimentlərin aparılması üçün tələb olunan avadanlıq, materialların və uyğun mühitin olmaması.
2. **Müəllim hazırlığı:** Müəllimlərin eksperimentlərin keçirilməsi üzrə iş təcrübəsinin yetərli olmaması. Fizika eksperimentlərinin digər fənnlərlə inteqrasiya edilməsindəki çətinliklər, interdisciplinar yanaşmanın həyata keçirilməməsi:
3. **Qruplardakı tələbələrin fərqlilikləri:** Tələbələrin bilik səviyyələri və öyrənmə tərzləri fərqli olduğuna görə eksperimentin nəticələrinin iştirak edən tələbələrin hamısı üçün effektiv olmaması;

INTERACTIVE SCHOOL PHYSICS EXPERIMENTS

Orujov V.O., Velibeylova G.S.

Abstract: *One of the most common criticisms of physics teachers in the modern world is their insufficient competence in conducting physical experiments. This article clarifies the issues that hinder the effectiveness and efficiency of school physics experiments in the educational process, and explains the most widely used modern methods and their advantages.*

Keywords: *school physical experiments, interactive learning methods, teachers.*

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ШКОЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Оруджов В.О., Велибекова Г.С.

Аннотация: *Одной из самых распространённых критик в адрес учителей физики в современном мире является их недостаточная компетентность в проведении физических экспериментов. В статье рассматриваются проблемы, которые препятствуют эффективности и результативности школьных физических экспериментов в учебном процессе, а также объясняются наиболее часто используемые современные методы и их преимущества.*

Ключевые слова: *школьные физические эксперименты, методы интерактивного обучения, учителя.*

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Гасанов О.М., Адгезалова Х. А.

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет

1959oktay@mail.ru, xatirafizik@mail.ru.

***Аннотация.** Одним из главных аспектов воспитания и развития подрастающего поколения в процессе обучения является интеллектуальное развитие школьников. В настоящее время объем и уровень сложности информации, предлагаемой школьникам для усвоения, постоянно увеличивается, поэтому процесс интеллектуального развития учащихся требует интенсификации. Одним из путей повышения интенсивности обучения является использование компьютерных технологий.*

***Ключевые слова:** компьютерные технологии, электронный учебный модуль, эффективность компьютерных моделей, учебный блок, динамическая компьютерная модель.*

При правильном использовании компьютерных технологий они обеспечивают целый ряд преимуществ перед обычным способом обучения:

1. индивидуализация учебного процесса по содержанию, объему и темпам усвоения учебного материала;
2. активизация учащихся при усвоении учебной информации;
3. повышение эффективности использования учебного времени;
4. положительная мотивация обучения за счет комфортных психологических условий работы учащегося, объективности оценки;
5. изменение характера труда преподавателя (сокращение рутинной работы и усиление творческой составляющей его деятельности).

Особую роль играет применение компьютерных технологий при обучении физике в средней и высшей школе.

В настоящее время изменилось отношение к наглядности преподавания физики. Широкое распространение получили различные компьютерные модели, открывающие перед учителем много возможностей и перспектив в обучении физике. Их использование в комплексе с другими средствами наглядности повышают эффективность процесса обучения.

Показателем эффективности компьютерных моделей является интеллектуальное развитие учащихся. Для повышения этого показателя необходимо соответствие предметного содержания урока целевому назначению динамической компьютерной модели.

Использование компьютерных технологий позволяет в условиях школы надежно воспроизводить физические явления и процессы, быстро и точно производить расчеты времени, многократно повторять эксперимент с разными исходными данными.

Важным условием повышения эффективности наглядности обучения является активизация познавательной деятельности учащихся за счет увеличения объема самостоятельной работы при организации диалога ученика с компьютером.

Применение компьютерных моделей в демонстрационном эксперименте позволяет более полно реализовать на практике такие требования, как обеспечение видимости, создание специфического эмоционального настроения.

На основании соответствия содержания учебного материала целевому назначению динамических компьютерных моделей выделяют несколько вариантов использования динамических компьютерных моделей при объяснении нового материала:

1. в теории, основанной на явлениях, для которых важно знать их механизм;
2. в теории, основанной на исторических опытах;
3. в теории по материалу повышенной трудности;
4. для демонстрации применения изучаемого явления в жизни и технике;
5. для построения графиков, необходимых для изучения нового материала.

На сегодняшний день разработано множество графических пакетов и оболочек (Corel, 3D-Studio, Power-Point, Micro-Cap и др.), позволяющих решать конкретные практические задачи с помощью ЭВМ без знания языков высокого уровня. По-нашему мнению, наиболее приемлемыми для использования в школе являются оболочки PowerPoint и CorelMove.

Графический редактор CorelMove и пакет для создания презентаций PowerPoint позволяет создавать различные статические и динамические модели, которые очень наглядно демонстрируют различные физические опыты и явления, переходные процессы.

Применение компьютерных моделей на уроках вообще и физики – в частности, в конечном счете, должно способствовать развитию познавательного интереса, овладению школьниками возможностями информационных технологий, более гармоничному развитию интеллектуальных способностей учащихся.

Литература

1. Намазова С. Г., Гасанов О.М. //Построение учебного электронного модуля по физике атомного ядра// «ГЛОБАЛЬНАЯ НАУКА И ИННОВАЦИЯ 2024: ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ» №22. 15 АПРЕЛЬ 2024 АСТАНА, КАЗАХСТАН ст. 75-78.
2. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д. И. //Разнообразие компьютерных технологий по физике в средней школе// Международный научно-практический журнал ENDLESS LIGHT in SCIENCE, 17 Декабря 2022 Алматы, Казахстан, ст. 3-5.
3. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д.И. //Исследование проблем и перспектив внедрения компьютерных технологий по физике в средней школе// Международный научно-практический журнал «ГЛОБАЛЬНАЯ НАУКА И ИННОВАЦИЯ 2022: ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ» № 4(18). ДЕКАБРЬ 2022, Алматы, Казахстан, ст. 9-11.
4. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д.И. //Исследование проблем и перспектив использования компьютерных технологий в средней школе по физике// ТЕНДЕНЦИИ

5. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д. И. //Особенности виртуального эксперимента в преподавании физики// Журнал «Инновационные научные исследования», выпуск №4-1(18) Апрель 2022, Уфа.

KOMPYUTER TEXNOLOGİYALARIDAN İSTİFADƏ EDİLƏN ORTA MƏKTƏBDƏ FİZİKANIN TƏDRİSİ METODLARI

Həsənov O.M., Adgöəlova X.A.

Xülasə. Təlim prosesində gənc nəslin tərbiyəsi və inkişafının əsas aspektlərindən biri məktəblilərin intellektual inkişafıdır. Hazırda məktəblilərə assimilyasiya üçün təklif olunan məlumatların həcmi və mürəkkəbliyi səviyyəsi durmadan artır, ona görə də şagirdlərin intellektual inkişafı prosesi intensivləşməni tələb edir. Təlimin intensivliyini artırmağın yollarından biri kompüter texnologiyasından istifadədir.

Açar sözlər: kompüter texnologiyaları, elektron təlim modulu, kompüter modellərinin effektivliyi, təlim bloku, dinamik kompüter modeli.

METHOD OF TEACHING PHYSICS IN SECONDARY SCHOOL USING COMPUTER TECHNOLOGY

Gasanov O.M., Adgezalova Kh. A.

Abstract. One of the main aspects of the education and development of the younger generation in the learning process is the intellectual development of schoolchildren. Currently, the volume and level of complexity of information offered to schoolchildren for assimilation is constantly increasing, so the process of intellectual development of students requires intensification. One of the ways to increase the intensity of training is the use of computer technology.

Keywords: computer technologies, electronic training module, effectiveness of computer models, training block, dynamic computer model.

ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

«ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА»

Гасанов О.М., Намазова С. Г., Адгезалова Х. А.,

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет

1959oktay@mail.ru, namazovasema2002@gmail.com, xatirafizik@mail.ru.

***Аннотация.** Электронный учебный модуль «ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА» для учащихся средней школы представляет собой многоуровневый электронный учебник. Целью создания данного электронного учебного модуля - оказание помощи учителям в подготовке и проведении уроков физики; учащимся в выполнении домашнего задания, самообразовании; родителям в проверке качества знаний своих детей по темам из раздела «Физика атомного ядра».*

***Ключевые слова:** физика атомного ядра, электронный учебный модуль, уровни, учебный блок, физические задачи.*

Электронный учебный модуль состоит из нескольких уровней, в каждом из которых имеется большой объем различной информации. В свою очередь каждый блок учебного модуля состоит из 3 уровней, в зависимости от профиля класса в школе, которая позволяет воспользоваться определенным набором информации.

Первый уровень предназначен для изучения физики атомного ядра учащимися общих средних образовательных учебных заведений, не имеющих профиля углубленного изучения.

Второй уровень рассчитан на школы с гуманитарным уклоном, для тех классов, где на изучение физики отводится минимальное количество часов, то есть 36 или 70 уроков в год.

Третий уровень предназначен для углубленного изучения физики ядерных процессов в классах с физико-математическим уклоном, а также профильных классах, где количество часов не меньше 105 в год, то есть 3 урока в неделю.

В отличие от обычного учебника, в который входят только текстовая и частично графическая информация, электронный образовательный модуль содержит следующие компоненты: теоретическая часть; экспериментальную часть; практическую часть.

Теоретическая часть представляет собой текстовую информацию, которую можно прочитать самостоятельно или прослушать. Некоторые темы сопровождаются видеоматериалом.

Мультимедиа-библиотека, являющаяся основой электронного учебного модуля, включает компоненты, раскрывающие данную предметную область:

- широкий визуальный ряд: фотографии экспонатов и приборов, портреты ученых, видеофрагменты различных явлений, демонстраций опытов, процессы виртуальной реальности;

- различные символы и графики, схемы, диаграммы, подробные тексты, формулы и другие элементы, в том числе создаваемые учащимися;

Так как провести наглядные демонстрационные опыты по физике атомного ядра представляет определенную сложность, так как размеры объектов микромира, а также опасность для здоровья человека, в электронном учебном модуле предлагается проведение виртуальных опытов и лабораторных работ. Каждая экспериментальная работа имеет своей целью подтвердить теоретический материал, поэтому снабжена четким планом выполнения и подсказками, которые всплывают при необходимости по ходу работы.

Под практической частью подразумевается решение физических задач раздела физика атомного ядра. В электронном учебном модуле представлены различные типы физических задач (расчетные, графические, теоретические, экспериментальные). Каждый тип задач сопровождается образцом решения различных задач. Для наглядности всегда есть возможность проанализировать алгоритм решения задачи определённого типа, например, при решении расчетных задач.

Литература

1. Намазова С. Г., Гасанов О.М. //Построение учебного электронного модуля по физике атомного ядра// «ГЛОБАЛЬНАЯ НАУКА И ИННОВАЦИЯ 2024: ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ» №22. 15 АПРЕЛЬ 2024 АСТАНА, КАЗАХСТАН ст. 75-78.
2. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д. И. //Разнообразие компьютерных технологий по физике в средней школе// Международный научно-практический журнал ENDLESS LIGHT in SCIENCE, 17 Декабря 2022 Алматы, Казахстан, ст. 3-5.
3. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д.И. //Исследование проблем и перспектив внедрения компьютерных технологий по физике в средней школе// Международный научно-практический журнал «ГЛОБАЛЬНАЯ НАУКА И ИННОВАЦИЯ 2022: ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ» № 4(18). ДЕКАБРЬ 2022, Алматы, Казахстан, ст. 9-11.
4. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д.И. //Исследование проблем и перспектив использования компьютерных технологий в средней школе по физике// ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ, №87, Июль 2022 Самара, ст. 46-49.
5. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д. И. //Особенности виртуального эксперимента в преподавании физики// Журнал «Инновационные научные исследования», выпуск №4-1(18) Апрель 2022, Уфа.

“ATOM NÜVƏSİ FİZİKASI” ELEKTRON TƏLİM MODULUNUN TƏSVİRİ

Həsənov O.M., Namazova S.G., Adgözəlova X.A.

Xülasə. Orta məktəb şagirdləri üçün “ATOM NÜVƏSİ FİZİKASI” elektron tədris modulu çoxsəviyyəli elektron dərslikdir. Bu elektron tədris modulunun yaradılmasında məqsəd müəllimlərə fizika dərslərinin hazırlanmasında və keçirilməsində kömək etməkdir; tələbələrin ev tapşırıqlarının yerinə yetirilməsi, özünütəhsil; valideynlər övladlarının “Atom nüvəsinin fizikası” bölməsindəki mövzular üzrə biliklərinin keyfiyyətini yoxlamaq.

Açırsözlər: atomnüvəsinin fizikası, elektrontədris modulu, səviyyələr, tədris bloku, fizika tapşırıqları.

DESCRIPTION OF THE ELECTRONIC TRAINING MODULE "PHYSICS OF THE ATOMIC NUCLEI"

Gasanov O.M., Namazova S.G., Adgezalova Kh.A.,

Abstract. The electronic educational module “ATOMIC NUCLEUS PHYSICS” for secondary school students is a multi-level electronic textbook. The purpose of creating this electronic educational module is to assist teachers in preparing and conducting physics lessons; students in doing homework, self-education; parents to check the quality of their children’s knowledge on topics from the section “Physics of the Atomic Nucleus”.

Keywords: physics of the atomic nucleus, electronic training module, levels, training block, physical tasks.

ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕЗЕНТАЦИЙ В ЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКЕ

Гасанов О.М., Адгезалова Х. А., Гусейнов Д. И.

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет

1959oktay@mail.ru, xatirafizik@mail.ru, cahangir.adpu@mail.ru

***Аннотация.** В последние годы возрос интерес преподавателей к использованию компьютерных технологий при проведении лекций. И это неудивительно, несомненными плюсами презентаций является экономия лекционного времени, отсутствие ошибок в сложных преобразованиях, хорошая иллюстративность, возможность вернуться к любому, непонятому слушателями, месту лекции; возможность демонстрации видео-, аудио- материалов и анимации сложных опытов.*

***Ключевые слова:** компьютерные технологии, демонстрации видео-, аудио- материалов, анимации сложных опытов, эффективность компьютерных моделей, лекционные презентации.*

Студенты посещают лекций с использованием компьютерных технологий с хорошим настроением и большим интересом. Однако, как показывает опыт экзаменов, вопросы, связанные с материалом, рассматриваемым на лекциях с использованием презентаций, оказываются самыми трудными для учащихся. Это значит, что пока ещё не все преподаватели научились правильно использовать ИКТ в своей работе. В этой работе я представлены наблюдения и свой взгляд на эту важную проблему.

Использование презентаций на лекциях облегчает восприятие материала учащимися. От этого, зачастую, страдает понимание. Лёгкость восприятия информации «усыпляет» слушателей. Если для получения какой-либо информации не требуется достаточных усилий, внимание начинает рассредоточиваться, и ни о каком запоминании и понимании не может быть и речи. О таком явлении в народе говорят: «в одно ухо влетело, в другое вылетело».

Презентации экономят лекционное время, но за счёт чего? Раньше лектор долго выписывал материал на доске, теперь же стоит нажать кнопку и этот материал в мгновение ока появляется перед аудиторией. Быстрота представления лекционного материала приводит к тому, что, начиная с некоторого момента, слушатели, не имея времени связать данный слайд в своём сознании с предыдущими, теряют нить рассуждений, и начинают следить только за текущими выводами, не помня даже об их цели. Самое страшное, что учащиеся при этом убеждены, что материал лекции ими понят и освоен на хорошем уровне. Многие даже перестают записывать. Зачем? Ведь и так всё ясно и просто!

Подготовленная заранее презентация гарантирует, что лектор не ошибётся в фактах и не собьётся в выводе сложного соотношения. Материал лекции будет представлен на экране независимо от самочувствия и настроения лектора. Но в этом есть и минус. При такой форме представления материала трудно сохранить обратную связь с аудиторией. Глаза слушателей обращены на экран, а не на лектора. При этом трудно понять, как воспринимается тот или иной аспект изложения. Ранее, в «меловом периоде», лектору приходилось заново выводить

все соотношения совместно с учениками. При этом была возможность почувствовать уровень понимания аудитории, и акцентировать внимание слушателей на трудных для них аспектах лекции. Теперь, когда ученики превращаются в пассивных слушателей, это сделать значительно труднее.

Отдельный разговор – это использование компьютерных моделей экспериментов в лекционных презентациях. По возможности нужно пытаться проводить классические демонстрации. По мере старения, и выхода из строя оборудования в университете, стало появляться всё больше лабораторных работ, моделирующих различные физические явления на компьютере. При этом резко снизился уровень понимания у студентов. Некоторым студентам трудно абстрагироваться до такой степени, чтобы связать схему эксперимента, представленную на экране монитора, с реальными физическими приборами. С другой стороны, оправдано и полезно использование компьютерных моделей для пояснения теоретических моделей физических явлений. При этом появляется возможность, наряду с обычными иллюстрациями, оперативно использовать для объяснения структурно-логические схемы рассматриваемой модели. Поток визуальной информации при этом может быть, таким, что его просто невозможно достичь без помощи ИКТ!

Напрашивается вывод: использование ИКТ в педагогической деятельности не является панацеей. Порой использование таких технологий может привести к нежелательным последствиям. Поэтому, перед тем как использовать данный инструмент, преподавателем должна быть проведена работа по определению конкретных форм ИКТ, пригодных для аудитории. Невозможно дать рецепт, годный для любой аудитории. Ведь, в конечном итоге, результат применения информационных технологий в обучении сильно зависит от психофизиологических особенностей учащихся. Можно лишь поставить задачу разработки системы тестов, определяющих восприимчивость данной аудитории к ИКТ.

Литература

1. Намазова С. Г., Гасанов О.М. //Построение учебного электронного модуля по физике атомного ядра// «ГЛОБАЛЬНАЯ НАУКА И ИННОВАЦИЯ 2024: ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ» №22. 15 АПРЕЛЬ 2024 АСТАНА, КАЗАХСТАН ст. 75-78.
2. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д. И. //Разнообразие компьютерных технологий по физике в средней школе// Международный научно-практический журнал ENDLESS LIGHT in SCIENCE, 17 Декабря 2022 Алматы, Казахстан, ст. 3-5.
3. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д.И. //Исследование проблем и перспектив внедрения компьютерных технологий по физике в средней школе// Международный научно-практический журнал «ГЛОБАЛЬНАЯ НАУКА И ИННОВАЦИЯ 2022: ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ» № 4(18). ДЕКАБРЬ 2022, Алматы, Казахстан, ст. 9-11.

4. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д.И. //Исследование проблем и перспектив использования компьютерных технологий в средней школе по физике// ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ, №87, Июль 2022 Самара, ст. 46-49.
5. Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д. И. //Особенности виртуального эксперимента в преподавании физики// Журнал «Инновационные научные исследования», выпуск №4-1(18) Апрель 2022, Уфа.

TƏQDİMATLARIN MÜHİRİZƏ TƏCRÜBƏSİNDƏ TƏTBİQİ

Həsənov O.M., Adgözəlova A., Hüseynov C. İ.

Xülasə. *Son illər müəllimlərin mühazirələrdə kompüter texnologiyalarından istifadəyə marağı artıb. Və bu təəccüblü deyil, təqdimatların şübhəsiz üstünlükləri mühazirə vaxtına qənaət, mürəkkəb çevrilmələrdə səhvlərin olmaması, yaxşı illüstrativlik, mühazirənin dinləyicilər tərəfindən başa düşülməyən hər hansı hissəsinə qayıtmaq imkanı; video, audio materialları və mürəkkəb eksperimentlərin animasiyasını nümayiş etdirmək bacarığı.*

Açar sözlər: *kompüter texnologiyaları, video və audio materialların nümayişi, mürəkkəb təcrübələrin animasiyaları, kompüter modellərinin effektivliyi, mühazirə təqdimatları.*

APPLICATION OF PRESENTATIONS IN LECTURE PRACTICE

Gasanov O.M., Adgezalova Kh.A., Huseinov J.I.

Abstract. *In recent years, teachers' interest in the use of computer technology in delivering lectures has increased. And this is not surprising, the undoubted advantages of presentations are the saving of lecture time, the absence of errors in complex transformations, good illustrativeness, the ability to return to any part of the lecture that is not understood by the audience; the ability to demonstrate video, audio materials and animation of complex experiments.*

Keywords: *computer technologies, demonstrations of video and audio materials, animations of complex experiments, the effectiveness of computer models, lecture presentations.*

FİZİKA TƏLİMİNİN AKTUAL PROBLEMLƏRİNİN MƏNZƏRƏSİ

Orucov V., Cəlilova S.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

vidadi_orucov@mail.ru , sevinjalilova@yahoo.com

21-ci əsr sürətlə qloballaşan dövr kimi xarakterizə olunur və bu proses qaçılmaz bir reallığa çevrilib. Bütün dünya ölkələri bu reallığı qəbul etməyə məcburdur. Gənclərin qloballaşan dünyanın tələblərinə uyğun hazırlanması, müasir cəmiyyətlər üçün ən aktual məsələlərdən biridir. Qloballaşma gənclərin beynəlxalq əlaqələrə adaptasiyasını, müxtəlif mədəniyyətlərlə tanışlığını və global çağırışlara birgə hazır olmalarını təşviq edir. Bu yanaşma onların gələcəkdə müvəffəqiyyətli, sosial cəhətdən güvənli və məsuliyyətli olmalarını təmin edəcək. Buna görə də fizika təhsilinin, xüsusən də ali və ümumorta təhsil proqramlarının qloballaşan dünyanın tələblərinə uyğunlaşdırılması vacibdir. Qloballaşan dünyada elm və texnologiyanın inkişafı ilə fizika elminə maraq artır. Gənc nəsillə bu tələblərə uyğun fizika tədrisi daha mükəmməl proqramlar tələb edir. Bu məqsədlə, mövcud təhsil proqramlarının və tədris prosesinin təkmilləşdirilməsi vacibdir. Müasir təlim metodlarının, qiymətləndirmə sistemlərinin və resursların yenilənməsi, tələbələrin fizika sahəsindəki anlayışlarını dərinləşdirir və maraqlarını artırır. Interaktiv metodlar və praktik fəaliyyətlər isə tələbələrə elmi düşüncə tərzini qazandıracaq və qloballaşan dünya problemləri ilə bağlı tətbiqetmə imkanları yaradacaqdır. Fizika təliminin əsas məsələlərindən biri təhsil proqramlarının düzgün və məqsədyönlü tərtib olunmasıdır. Elmin inkişafı müasir biliklər və texnologiyaların tətbiqinə imkan verir, bu da yeni təlim texnologiyalarının istifadəsini təşviq edir. İnkişaf etmiş ölkələr texnoloji irəliləyişlərə baxmayaraq, fiziki biliklərə olan ehtiyacları ödəmək yollarını axtırır. Müasir tələblərə uyğun elmi-pedaqoji potensiala malik müəllimlərin hazırlanması vacibdir. Müəllimlərin peşəkar hazırlığı, yeni təlim metodları və innovativ yanaşmaların tətbiqi önəmlidir. Ayrıca, müasir maddi-texniki baza, fizika təhsilinin effektivliyini artırır və laboratoriya işlərinin keyfiyyətini yaxşılaşdırır. Fizika təliminin digər önəmli bir məsələsi də tərtib olunmuş proqramların icrasını təmin etmək nəzərdə tutulmuş elmi-pedaqoji və sosial iqtisadi tədbirlər kompleksinin yetərli olmamasıdır.

Problemin biri də son dövrlərdə cəmiyyət tərəfindən fizika fənninin ən çətin fənlərdən biri kimi qəbul olunmasıdır. Fizika elminə dair mücərrəd anlayışlar və hadisələr, mürəkkəb riyazi tənliklərin köməkliyi ilə şərh olunan fiziki qanunlar və qanunauyğunluqlar, təhsilənlərin diqqətini cəlb etməkdə çətinlik yaradır. 2023/2024-cü tədris ili üçün Azərbaycan respublikasının Ali və orta ixtisas təhsili müəssisələrinə tələbə qəbulu və ümumtəhsil müəssisələri üzrə buraxılış imtahanları nəticələrinin elmi-statistik təhlilində: “Əlaçı abituriyentlərin 80-100 bal intervalındakı nəticələrinə nəzər saldıqda görürük ki, bu abituriyentlərin ayrı-ayrı fənlər üzrə yalnız 5-27%-i (fizika 9.39) 80–

100 bal intervalında nəticə göstərərək özlərinin attestat qiymətlərini doğruldublar.” [ABİTURIYENT / №12 / 2023, s.52] “Fizika müəllimliyi” ixtisasına Respublika universitetləri üzrə minimum keçid balı çox aşağı, 202.2 bal olmuşdur.

Fizika təlimindəki uğursuzluqların mürəkkəb və çoxşaxəli səbəbləri vardır. Təhsil proqramları, dərsliklər, təlim texnologiyaları, qiymətləndirmə və müəllim hazırlığı kimi məsələlər bir-biri ilə bağlıdır və problemin yalnız bir sahə ilə məhdudlaşmadığını göstərir. Bu çətinliklər, sistemli yanaşma və geniş müzakirələr tələb edir. Fizika təliminin aktual problemlərinin mənzərəsi mürəkkəb, geniş əhatəli və bir-biri ilə sıx bağlı olduğunu nəzərə alaraq, bunların həllinə kompleks şəkildə yanaşmaq daha əhəmiyyətlidir. Fizika təliminin aktual problemləri aşağıdakı istiqamətlərdə qruplaşdırıla bilər:

1. Gənclərə öyrədilməsi vacib olan müasir biliklər: Fizika elminin son nailiyyətləri, analitik düşünmə və yaradıcı yanaşma bacarıqlarını inkişaf etdirərən biliklər.

2. Fizika təliminin təşkili: Fizika dərslərinin düzgün strukturu, tələbələrin analitik və problem həll etmə bacarıqları müasir tələblərə uyğun olmalıdır.

3. Məzmunun yenilənməsi: Fizika kursunun məzmunu müasir tələblərə uyğun olaraq praktiki bacarıqları da əhatə etməli, tələbələri real dünya problemlərinə hazırlamalıdır.

4. Təlim texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi: İnnovativ təlim metodları və resurslar, tələbələrin fəal iştirakını təşviq etməklə yanaşı onların öyrənmə prosesini də effektiv edir.

5. Eksperimental tədris və texniki vasitələr: Fizika dərslərində müasir avadanlıq və texnologiyalar tələbələrin biliklərini dərinləşdirir və praktik bacarıqlarını inkişaf etdirir.

6. Müəllimlərin hazırlığının yaxşılaşdırılması: Müəllimlərin peşə hazırlığının təkmilləşdirilməsi və müasir təlim metodlarının tətbiqi, təliminin keyfiyyətini artırır.

7. Qiymətləndirmə sistemi: Təhsilənlərin bilik və bacarıqlarının qiymətləndirilməsi, yalnız akademik uğurlarla deyil, həm də onların analitik və yaradıcı qabiliyyətlərini də əhatə etməlidir.

Bu təhsilənlərin əldə etdiyi biliklərin real həyatla əlaqəsi olmadığı hissini yaradır və bu hal real həyatda tez-tez özünü biruzə verir. Qiymətləndirmə prosesində, akademik etikaya uyğun olaraq, tələbələrin əldə etdiyi bilik, bacarıq və qabiliyyət səviyyəsinin düzgün və etibarlı şəkildə dəyərləndirilməsi problemi hələ də qalmaqdadır. Bu səbəbdən, qiymətləndirmə sisteminin müasir tələblərə uyğun yenidən nəzərdən keçirilməsi vacibdir. Bu məsələyə interaktiv qiymətləndirmə metodlarının, formativ qiymətləndirmənin və real dünya təcrübələrinin daxil edilməsi, tələbələrin biliklərini daha dərin və praktiki şəkildə nümayiş etdirməyə imkan yaradır. Nəticədə, daha obyektiv və ədalətli qiymətləndirmə, təhsilənlərin real nailiyyətlərini əks etdirməklə yanaşı, onların gələcəkdə uğurlu bir vətəndaş olmalarına da kömək edəcəkdir.

THE PICTURE OF CURRENT PROBLEMS IN PHYSICS EDUCATION

Orudjov V., Jalilova S.

Abstract: *The article discusses the growing interest in the field of physics due to the acceleration of the globalization process and explores ways to improve physics education in secondary schools. Key current issues are clarified, and proposals for addressing these challenges are provided.*

Keywords: *globalization, current issues in physics education, teaching methods.*

КАРТИНА АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Оруджев В., Джелилова С.

Аннотация: *В статье рассматривается рост интереса к физике в связи с ускорением процесса глобализации и пути улучшения преподавания физики в общеобразовательных школах. Разъясняются основные актуальные проблемы и предлагаются решения для их устранения.*

Ключевые слова: *глобализация, актуальные проблемы преподавания физики, методы обучения.*

FIZIKANIN TƏLİMİNDƏ PRAKTİKAYÖNÜMLÜ FƏALİYYƏTİN MAHIYYƏTİ.

Əsədova S.R.

Sumqayıt Dövlət Universitetinin nəzdində Sumqayıt Dövlət Texniki Kolleci.

esedovasimare@gmail.com

Təhsil prosesinin effektivliyinin yüksəldilməsinin əsas şərtlərindən birini şagirdlərin əldə etdikləri nəzəri biliklərin praktiki bacarıqları ilə əlaqələndirilməsinin formalaşdırılması və inkişafı təşkil edir. Bu prosesin reallaşdırılması şagirdlərin əldə etdikləri biliklərin onların müasir cəmiyyətdə fəaliyyətlərini təmin edən keyfiyyətlərin formalaşmasına imkan verir. Praktika- fərdin ətraf mühitlə əlaqəsini təmin etməyə xidmət edir. Onun aşağıdakı funksiyalarını qeyd etmək olar:

- şagirdlərin şəxsiyyətinin tədris predmeti vasitəsilə sosiallaşdırılması;
- yaşadığı mühitdə fəaliyyətinin məqsədli əsaslarının formalaşması;
- peşəkarlıq və sosial səfərbəyliyin inkişaf etdirilməsi;
- şəxsiyyətin və mühitin balanslaşdırılmış münasibətlərinin təmin edilməsi.

Müasir dövrün təhsil konsepsiyasına uyğun mühiti yaratmaq üçün pedaqoqların [1] tədqiqat işlərinin təhlilinə əsaslanaraq şagirdlərə fizikanın öyrədilməsini aşağıdakı kimi formalaşdırmaq olar:

- hadisələrin, proseslərin və sistemlərin kompleks halında təhlil edilməsi;
- əlaqə və münasibətlərin səbəb-nəticə əlaqəsinin həm daxilən, həm də zahirən aşkar edilməsi;
- məsələnin qoyuluşunun, ziddiyyətlərin aşkar edilməsi, problemin ayrılması və formalaşması, həll yollarının axtarışı, yəni elementar axtarış – tədqiqat fəaliyyətinin təmin edilməsi;
- problemlə bu fəvqəladə vəziyyətlərin seçilməsi və qərar qəbul edilməsi – ekoloji, iqtisadi, texniki, istehsalat və fiziki bilik tələb edən digərlərinin.

Təhsilin praktika yönümünü aşağıdakı kimi ümumiləşdirmək olar:

- özünə, təhsilə tələbatın inkişaf etdirilməsi, özünü-təkmilləşdirmə, özünü-reallaşdırma;
- sərbəst fəaliyyət üsullarının mənimsənilməsi;
- tədris prosesinin şüurlu fəallığının təmin edilməsi;
- əldə edilmiş bilik və bacarığın həyat fəaliyyəti prosesində tətbiq olunmasına hazırlığın formalaşdırılması.

Praktika yönümlü təhsilin əsasını aşağıdakı konseptual vəziyyətlər müəyyən edir:

1. Tədris fənnlərinin əsas mahiyyətini özündə əks etdirən biliklərin mənimsənilməsi və əldə edilmiş biliklərin praktikaya tətbiqi nəticəsində elmi dünyagörüşünün formalaşması.
2. Nəzəri biliklərin formalaşması və praktiki bacarıqların inkişaf etdirilməsi – vahid prosesin iki komponenti kimi reallaşdırılır.

3. Təhsilin əsas motivasiya bazası şagirdin əldə etdiyi bilik və bacarığın tətbiq etmə perspektivini öz həyat fəaliyyətində görməsi;

4. Şagirdlər praktiki fəaliyyətin formalaşması, tədris prosesində nəzəriyyə ilə praktikanın optimal birləşməsini nəzərdə tutur.

Şagirdlərin praktiki bacarıqlarının effektivliyinin artırılması məqsədilə fizikadan praktiki aspektin gücləndirilməsi mövqeyindən tədris prosesində aşağıdakı qaydalar nəzərə alınmalıdır [2].

1. Şagirdi elə öyrətmək lazımdır ki, aldığı biliyin onun üçün həyatı zərurət olduğunu dərk etsin.

2. Öyrədərkən həyatdan biliyə və ya bilikdən həyata doğru hərəkət edilməlidir.

3. Nəzəriyyə ilə praktika arasında sıx qarşılıqlı əlaqə göstərməli və qeyd edilməlidir ki, elm praktiki tələbatların təsiri altında inkişaf edir, praktika isə elmi nəzəriyyənin doğruluğunu təsdiq etmək kriteriyası rolunu oynayır.

4. Şagirdlərə müasir texnologiyalardan, əməyin inkişaf etdirilməsi metodlarından, yeni istehsal məhsullərindən danışılmalı və imkan daxilində tətbiqi xarakterli biliklərə çox yer verilməlidir.

5. Şagirdlərə öz biliklərini yoxlamağı və praktikada tətbiq etməyi öyrətmək, onu əhatə edən varlıqdan bilik mənbəyi kimi istifadə etməyi və onların praktikaya tətbiq olunmasını öyrətmək zəruridir.

6. Hər bir dərstdə şagirdlərin görəcəkləri işin həyati məna kəsb etməsi göstərilməlidir.

7. İmkan daxilində məktəblə istehsalat arasındakı rabitədən istifadə edərək, bu rabitənin təlim - tərbiyə işi ilə davam etdirilməsi zəruridir.

8. Praktiki mənalı məsələ və tapşırıqlar həll edilməlidir.

9. Xalq təsərrüfatının inkişafının regional perspektivləri təhsillə əlaqələndirilməlidir.

10. Şagirdlərin hazırlıq səviyyələri onların peşakarlıq nailiyyətləri, qabiliyyətləri, maraqları, dünya görüşləri və s. nəzərə alınmalıdır.

11. Təlim zamanı şagirdlərin şəxsi təcrübələrindən, materiallardan və məsələlərdən istifadə edilməli, hər bir dərstdə konkret mühitə əlaqəli şəkildə baxılmalı və dərslər elə qurulmalıdır ki, o şagirdlərin təcrübələri, yaşadığı ərazinin hər bir hissəsi kimi nümayiş etdirə bilsin.

12. Şagirdlərə ən səmərəli, iqtisadi üsulların öyrədilməsi, öz fəaliyyətlərini təhlil etmək, proqramlaşdırmaq və proqnozlaşdırmaq bacarıqları aşılanmalıdır.

13. Şagirdləri dərslərin təhlilinə, ona hazırlaşmağa, nəticələrin qiymətləndirilməsinə cəlb etməli.

14. Təlim - tərbiyə prosesində zehni fəaliyyəti praktika ilə birləşdirməli.

15. Gənc ixtiraçıların müsabiqələrini təşkil etməli, nəyinsə təkmilləşməsinə şagirdin marağının artırılması və onların ideyalarının həyata keçirilməsini təmin etməli.

16. Şagirdlərdə sərbəst işlərə maraq yaratmalı, həmin işlərin həyatla əlaqəsini stimullaşdırmalı.

17. Sınıfdən kənar işləri, imkan daxilində həyat məsələləri ilə əlaqələndirməli.

18. Uşaqlarda bir fəaliyyət növündən digərinə keçidi inkişaf etdirmək və möhkəmlətmək.

Beləliklə, praktiki yönümlü təlimin mahiyyəti, əldə edilmiş biliklərin mükəmməlliyinin təmin edilməsi və onların praktiki təcrübələrin formalaşmasında həyat üçün zəruri olan məsələlərinin həllində istifadə edilməsidir. Şagirdlərdə nəzəri biliklərin və praktik vərdişlərin bir-birini təsdiq etməsi onlarda praktiki bacarıqların formalaşmasını təmin edir.

Ədəbiyyat

1. Pələngov Ə.Q. “Orta məktəbdə həndəsə kursu təlimində müasir metodları kompüter texnikası əlaqəli tətbiqinin reallaşdırılması problemləri” doktorluq dis-sı. ADPU, Bakı, 2010, 34 s.
2. Гершунский С. Философия образования для XXI века: В поисках практико-ориентир. образовать. концепций / Рос. Акад. Образо. и педагогики. М.: Совершенство, 1998, 608 с.

THE ESSENCE OF PRACTICE-ORIENTED ACTIVITIES IN TEACHING PHYSICS

Asadova S.R.

Summary: The thesis shows that one of the main conditions for increasing the effectiveness of the educational process is the formation and development of the connection between the theoretical knowledge acquired by schoolchildren and their practical skills. It was noted that the main direction of implementation of this process is the formation of qualities that ensure the activities of schoolchildren in modern society.

Key words: training, practice, activity, profession, achievement, abilities.

СУЩНОСТЬ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ.

Асадова С.Р.

Резюме: В тезисе показано, что одним из основных условий повышения эффективности образовательного процесса является формирование и развитие является связь полученных школьниками теоретических знаний с их практическими навыками. Было отмечено, что основным направлением реализации этого процесса является формирование качеств, обеспечивающих деятельность школьников в современном обществе.

Ключевые слова: обучение, практика, деятельность, профессия, достижение, способности.

FIZIKATƏDRİSİMETODOLOGİYASINDASAĞLAMLIQMƏHDUDİYYƏTİOLAN ŞAGİRD LƏR ÜÇÜN TƏFƏKKÜR FORMALARIVƏ İNKİŞAF TEXNOLOGİYALARI

Soltanova E. S.

Sumqayıt Dövlət Universiteti, magistr

elane.tagiyeva.92@mail.ru

***Xülasə:** Bu məqalə, fizika fənnində sağlamlıq məhdudiyətli şagirdlər üçün inklüziv tədris metodlarını araşdırır. Vıqotski və Qardnerin nəzəriyyələrinə əsaslanaraq, dəstək verən və uyğunlaşa bilən tədris mühitinin əhəmiyyəti vurğulanır. Məqalədə, şagirdlərə vizual-məkan təfəkkürü kimi təfəkkür formalarının inkişaf etdirilməsinə kömək edən VR, AR və adaptiv platformalar kimi texnologiyaların istifadəsi araşdırılır. Bu yanaşmaların xərclər və müəllim hazırlığı kimi çətinliklərinə baxmayaraq, sağlamlıq məhdudiyətli şagirdlər üçün fərdi və texnologiya dəstəqli tədrisin müsbət təsiri qeyd olunur və inklüziv təhsilə daha çox investisiya ayrılmasının vacibliyi vurğulanır.*

***Açar sözlər :** Fizika, təfəkkür formaları, sağlamlıq məhdudiyəti olan şagirdlər, inklüziv təhsil, müasir texnologiyalar, koqnitiv inkişaf.*

Fiziki, koqnitiv və ya emosional sağlamlıq məhdudiyətləri olan şagirdlər fizika kimi fənləri öyrənərkən çox vaxt mürəkkəb problemlər və mücərrəd izahlarla qarşılaşırlar. Ənənəvi tədris metodları bu şagirdlərin xüsusi ehtiyaclarına uyğunlaşmadığı üçün mənimsəmədə çətinliklər yarana bilər. Buna görə də, sağlamlıq məhdudiyətləri olan şagirdlər üçün xüsusi tədris strategiyalarının inkişafı vacibdir.

Təhsil nəzəriyyələri, sağlamlıq məhdudiyəti olan şagirdlərə dəstək olmaq üçün müxtəlif yanaşmalar təklif edir. Vygotsky'nin Sosiomədəni Nəzəriyyəsi, şagirdlərin öyrənməsində sosial qarşılıqlı əlaqənin və dəstəkləyici mühitin əhəmiyyətini vurğulayır. Bu nəzəriyyə, şagirdlərin birgə öyrənmə mühitində daha yaxşı inkişaf edəcəyini iddia edir. Qrup işi və müzakirələr, şagirdlərə həmyaşıdlarından öyrənmək imkanı verir, daha əhatəli və hərtərəfli tədrisə imkan tanır. [4]

Qardnerin Çoxlu İntellekt Nəzəriyyəsi isə göstərir ki, şagirdlər fərqli zəka növlərinə malikdirlər, məsələn fəza, kinestetik və məntiqi-riyazi zəka. Bu nəzəriyyə, müəllimləri hər bir şagirdin güclü tərəflərinə uyğun öyrənmə fəaliyyətləri seçməyə təşviq edir. Belə yanaşmalar sağlamlıq məhdudiyəti olan şagirdlər üçün də faydalıdır. [3]

Fizika tədrisində Konstruktivist Nəzəriyyə, şagirdlərin təcrübəyə əsaslanan və sorğuya dayanan öyrənmələrini təklif edir. Bu yanaşma, sağlamlıq məhdudiyəti olan şagirdlər üçün virtual laboratoriyalar və simulyasiyalar təqdim edərək, fizika anlayışlarını araşdırmağa kömək edir. Bu metodlar çevik düşüncə və yaradıcılığın inkişafına şərait yaradır.

Fizikada vizual-məkan təfəkkür formaları, nümunə tanınması və məntiqi-riyazi mülahizə, sağlamlıq məhdudiyəti olan şagirdlərin fizika anlayışlarını mənimsəməsini asanlaşdırır. [5] Artırılmış reallıq (AR) və virtual reallıq (VR) kimi texnologiyalar, bu şagirdlərə mürəkkəb fizika anlayışlarını daha aydın başa düşməyə kömək edir. Bu texnologiyalar, fiziki və koqnitiv maneələri aşmaqda mühüm rol oynayır.

VR və AR alətləri, şagirdlərə qravitasiya qüvvələri və elektromaqnetizmi simulyasiya etməyə imkan verərək, fizika hadisələrini üçölçülü məkanda vizuallaşdırmağa kömək edir. Bu yanaşma, mücərrəd fizika anlayışlarını daha əlçatan və başa düşülən edir. Adaptiv öyrənmə platformaları da şagirdlərin tədris tempini və idrak qabiliyyətlərini nəzərə alaraq tədrisi fərdiləşdirir.

Bununla yanaşı, texnologiyanın istifadəsi bəzi çətinliklərlə üzləşir. Məsələn, VR avadanlığı və digər qabaqcıl texnologiyaların yüksək qiyməti, bir çox təhsil müəssisəsinin maliyyə imkanlarını aşır. Müəllimlər də bu texnologiyaları effektiv şəkildə inteqrasiya etmək üçün xüsusi təlimə ehtiyac duyurlar.

Bu çətinliklərin öhdəsindən gəlmək üçün təhsil qurumları inklüziv təhsil təşəbbüslərini maliyyələşdirməli, müəllimlərə peşəkar inkişaf imkanları yaratmalıdır. Müəllimlər təkcə texnologiyalardan istifadə etməyi deyil, həm də sağlamlıq məhdudiyyəti olan şagirdlərin ehtiyaclarını anlamalı və tədris metodlarını buna uyğunlaşdırmalıdır. [1]

Texnologiyanın və yeni tədris yanaşmalarının inteqrasiyası sağlamlıq məhdudiyyəti olan şagirdlər üçün elmi anlayışları mənimsəməkdə daha ədalətli imkanlar yaradır. Bu yanaşmalar yalnız koqnitiv inkişafı dəstəkləmir, həm də tənqidi düşünmə və ömür boyu öyrənmə bacarıqlarını təşviq edir. [2] İrəlidə bu tədris metodlarının uzunmüddətli təsirlərini araşdırmaq və inklüziv təhsilin maliyyələşdirilməsini artırmaq önəmlidir.

Ədəbiyyat

1. Demokratik Təşəbbüslər İnstitutu. (2018). Azərbaycanca inklüziv təhsilin vəziyyətinə dair araşdırma sənədi. <https://turana.az/analitika-cemiyet/azerbaycanda-inkluziv-tehsilin-veziyyetine-dair-arasdirma-senedi>
2. Florian, L., Black-Hawkins, K., & Rouse, M. (2016). Achievement and inclusion in schools. [Məktəblərdə nailiyyət və inklüziya].
3. Howard Gardner "Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences", 1983.
4. L.S.Vygotsky "Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes", 1978.
5. Təhsil İşçilərinin Peşəkar İnkişafı İnstitutu. (2018). Inklüziv siniflərdə təlimin təşkili.

FORMS OF THINKING FORMS AND DEVELOPMENT TECHNOLOGIES FOR STUDENTS WITH HEALTH RESTRICTIONS IN PHYSICS TEACHING METHODOLOGY

Soltanova E. S

Abstract: This article examines inclusive teaching methods for students with disabilities in physics. Based on the theories of Vygotsky and Gardner, the importance of a supportive and adaptive learning environment is emphasized. The article examines the use of technologies such as VR, AR and adaptive platforms that help students develop forms of thinking such as visual-spatial thinking. Despite the challenges of these approaches, such as costs and teacher training, the positive effects of individualized and technology-supported learning for students with disabilities are noted, and the importance of greater investment in inclusive education is emphasized.

Keywords: Physics, forms of thinking, students with health restrictions, inclusive education, modern technologies, cognitive development.

ФОРМЫ МЫШЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ УЧАЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПО ЗДОРОВЬЮ В МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

Солтанова Е. С.

Резюме: В данной статье рассматриваются инклюзивные методы обучения студентов с ограниченными возможностями по физике. На основе теорий Выготского и Гарднера подчеркивается важность поддерживающей и адаптивной среды обучения. В статье рассматривается использование таких технологий, как VR, AR и адаптивных платформ, которые помогают студентам развивать такие формы мышления, как визуально-пространственное мышление. Несмотря на проблемы этих подходов, такие как затраты и подготовка учителей, отмечаются положительные эффекты индивидуального и технологического обучения для учащихся с ограниченными возможностями, а также подчеркивается важность увеличения инвестиций в инклюзивное образование.

Ключевые слова: Физика, формы мышления, учащиеся с ограничениями по здоровью, инклюзивное образование, современные технологии, когнитивное развитие.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В СРЕДНЕМ ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Гусейнли Н. З, Джаббаров Дж. Г

Бакинский Государственный Университет

nurlanahuseynli2002@gmail.com

***Аннотация:** экспериментальные задачи развивают у учащихся навыки сравнения, наблюдения и вычисления. Они являются неотъемлемой частью преподавания физики. Экспериментальные задачи бывают качественными и количественными. Приведенная экспериментальная задача с количественным типом помогает ученикам лучше усвоить раздел молекулярной физики, а также развивает их способности к сравнению полученных результатов.*

***Ключевые слово:** молекул, масса и число атомов, количества вещества, молярная масса, размер молекул, *molekul**

Экспериментальная задача в преподавании, физики которое включает в себя проведение эксперимента или наблюдение с намерением проверки физического закона. Такие задачи помогают школьникам развивать навыки решения физических задач. Решение экспериментальных задач хорошо влияет на качество преподавания физики.

Экспериментальные задания состоит из четырех этапов.

1. Постановка эксперимента: Учащиеся определяют материалы, выработать эксперимент.
2. Сбор данных: Выполнение эксперимента и анализ результатов.
3. Анализ данных: обработка данных, создание выражения и графиков, калькуляция физических величин.
4. Заключение: сравнение и оценивание результатов.

Экспериментальные задачи классифицируются двух видов: качественные и количественные. [1]

Качественные экспериментальные задачи развивают у учащихся критическое мышление и умение решать задачи. Покажем вам количественную экспериментальную задачу.

Пример: определим соотношение длины молекул 1 мл воды к расстоянию от Земли до Луны.

Оборудование: электрические весы, вода

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad , \quad L = dN$$

M-молярная масса, N- число молекулы, d-размер молекулы

Дано

$$N_A = 6,2 \cdot 10^{23}$$

$$m = 1 \text{ мл}$$

$$M=18 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$R=3,8 \cdot 10^8 \text{ м}$$

$$d=3 \cdot 10^{-10}$$

Решение

$$N = \frac{10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \cdot 10^{22}$$

$$L = d \cdot N = 3,3 \cdot 10^{23} \cdot 3 \cdot 10^{-10} = 10^{10} \text{ км}$$

$$\frac{L}{R} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{3,8 \cdot 10^8} \approx 0,85 \cdot 10^5$$

Литература

1. Ş. Əlizadə, İ. İsmayılov. Fizikanın tədrisi metodikası. Bakı: ADPU-nun nəşri, 2018, 340 s.

ORTA MƏKTƏB FİZİKA KURSUNDA EKSPERİMENTAL MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNİN BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Hüseynli N.Z, Cabbarov C.Q

Xülasə: Eksperimental məsələlər şagirdlərdə müqayisə, müşahidə və hesablama vərdişlərini inkişaf etdirir. Fizikanın tədrisinin ayrılmaz hissəsidirlər. Eksperimental məsələlər keyfiyyət və kəmiyyət tipli olur. Nümunə göstərdiyimiz kəmiyyət tipli eksperimental məsələ şagirdlərə molekulyar fizika bölməsini daha yaxşı qavramaya kömək etməklə yanaşı alınan nəticələri müqayisə etmə bacarığını da inkişaf etdirir.

Açar sözlər: atomların sayı və kütləsi, maddə miqdarı, molyar kütlə, molekulun ölçüsü

SOME FEATURES OF SOLVING EXPERIMENTAL PROBLEMS IN THE SECONDARY SCHOOL COURSE OF PHYSICS

Guseynli N. Z, Jabbarov J. G.

Summary: Experimental problems develop students' skills in comparison, observation and calculation. They are an integral part of teaching physics. Experimental problems can be of quantitative and qualitative types. The quantitative type of experimental problem we have presented not only helps students better understand the section of molecular physics but also enhances their ability to compare the results obtained.

Keywords: molecule, mass and number of atoms, amount of substance, molar mass, molecule size

TEXNİKİ PEŞƏ TƏHSİL MÜƏSSİSƏLƏRİNDƏ FİZİKA TƏLİMİNİN DİDAKTİK MƏSƏLƏLƏRİ

¹Namazov Y. B., ¹Hüseynov R. K., ²Namazov F. R.

¹Gəncə Dövlət Universiteti

²Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti

Azərbaycanın təhsil sistemində peşə təhsili olduqca mühüm mövqeyə sahibdir. Buna görə də dövlətimiz tərəfindən bu sahə daim inkişaf etdirilir və peşə təhsilinin dünya standartlarına inteqrasiyası proqramı müvəffəqiyyətlə həyata keçirilir. Respublikamızda ilk peşə-ixtisas təhsilinin həm kəmiyyət, həm də keyfiyyət baxımından sürətli inkişafı demokratik Azərbaycan Respublikasının qurucusu Heydər Əliyevin ölkəyə rəhbərlik etdiyi dövrdən başlamışdır. Təsadüfi deyil ki, məhz ulu öndərin rəhbərliyi altında ölkəmizdə iri sənaye mərkəzləri, fabriklər və zavodlar tikilmişdir. Düzgün idarəetmə nəticəsində təkcə istehsal iqtisadiyyatı deyil, peşə-ixtisas təhsili müəssisələri də inkişaf etmişdir. Bunun məntiqi davamı olaraq Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin 2016-cı il 6 dekabr tarixli fərmanı ilə “Peşətəhsili və təliminin inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi” qəbul edilmişdir ki, bu da peşə təhsilinin dövlətin sosial-iqtisadi inkişafında rolunun və bu sahəyə dövlət dəstəyinin sübutudur. Dövlət tərəfindən aparılan bütün məqsədyönlü islahatların ən mühüm vəzifələrindən biri texniki profilli peşə məktəblilərinin (və eləcə də digər profillər üzrə) səviyyəsini keyfiyyətcə yüksəltmək, fəaliyyət zamanı (həm tədris, həm də idarəetmə) yaranacaq nöqsanları aradan qaldırmaq, o cümlədən əmək bazarının tələblərinə uyğun ixtisaslı kadr hazırlığını təşkil etməkdən ibarətdir. Əlbəttə, bu proqramların icrası zamanı peşə-ixtisas təhsili imkanını yaradan peşə təhsili müəssisələrinin rolu əhəmiyyətli dərəcədə böyükdür.[1]

Peşə təhsili müəssisələri mövcud tələbə sayı etibarilə peşə-ixtisas təhsilinin çox vacib hissəsini təşkil edir. Son illərdə bu tiptən olan təhsil müəssisələrinin ölkəmizin sosial və iqtisadi inkişafındakı rolu daha da artmaqdadır. Bu inkişafa uyğun olaraq, peşə təhsili müəssisələrinin problemlərinin həllinə yönəlmiş yeni yanaşmaların zəruriliyi artır. Peşə təhsilində mövcud vəziyyətin qiymətləndirilməsində və problemlərin həll olunmasında təhsil alanların fikirlərinin öyrənilməsi qeyd olunan yanaşmalardan biri olmalıdır.

Peşə-ixtisas təhsilinin məzmununu aşağıdakı didaktik prinsiplər əsasında müəyyənləşdirilir:

- nəticəyönümlülük – təhsilin məzmununun əvvəlcədən müəyyən olunmuş nəticələr əsasında müəyyən edilməsi;
- uşağın yönümlülük – təlim-tərbiyə prosesinin bilavasitə uşağın meyil və marağının, təhsil tələbatının ödənilməsinə, istedad potensialının reallaşdırılmasına və inkişafına yönəldilməsi;
- şəxsiyyət yönümlülük – uşaqlarda zəruri həyati bacarıqların və dəyərlərin formalaşdırılması;

- inkişafyönümlülük – uşaqların idrak fəallığının, təhsil nailiyyətlərinin davamlı təhlilivə qiymətləndirilməsi yolu ilə onların bilik, bacarıq və vərdişlərinin inkişafının təmin olunması;
- tələbyönümlülük – ümumi inkişafıba bağlı təhsil proqramının məzmununda fərdin, cəmiyyətin və dövlətin dəyişən tələblərinin nəzərə alınması;
- varislik – müəyyən edilmiş yaş qrupları üzrə tətbiq edilən təhsil proqramlarının məzmun və mahiyyət etibarilə bir-birini tamamlaması;
- integrativlik – təlimin məzmun komponentlərinin əlaqələndirilməsi;
- azərbaycançılıq – uşaqların vətənpərvərlik ruhunda tərbiyə edilməsi, onlarda fəalvətəndaş mövqeyinin formalaşdırılması, Azərbaycan xalqının tarixinə, mədəniyyətinə, dilinə, adət və ənənələrinə hörmət hissənin aşılması.
- dünyəvilik – dünyaya aid olma, dünya ilə bağlı olma, dini olmama, dinlə əlaqəsi olmama.

Peşə təhsil müəssisələrində fizika təliminin məqsədi aşağıdakılardır:

- Şagirdlərin intellektual və yaradıcılıq qabiliyyətlərinin inkişaf etdirilməsi;
- Təhsilənlərin Keys metodu əsasında fizika tapşırıqlarında istifadə etmək bacarığının formalaşdırılması;
- Şagirdlərin təbiətdə baş verən hadisələri fizika fənni baxımından izah və təhlil edə bilməsi;
- Təhsilənlərin fizikanın fundamental qanunları və materiyanın quruluşunu özündə ehtiva edən dünyagörüşünün formalaşması;
- Şagirdlərin hadisələrin gedişini proqnozlaşdırılması;
- Təhsilənlərdə XXI əsr texnologiyalarının inkişafında fizikanın rolunu izah etmə qabiliyyətlərinin formalaşdırılması;
- Şagirdlərdə XXI əsr 4K bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi

Bu məqsədlə peşə təhsil müəssisələrində aşağıdakı vəzifələri həyata keçirmək daha məqsədmüvafiq olardı:

- Təbiətdə baş verən fiziki hadisələrin yaşayış tərziyimizə nə qədər təsir etdiyi haqqında təsəvvür yaratmaq;
- Fiziki hadisələri sadə üsullarla və interaktiv metodlarla izah etmək;
- VII – IX siniflərdə maddənin quruluşu haqqında, mexaniki, istilik, elektromaqnit, atom, kvant və kainatın quruluşu haqqında ilkin bilikləri vermək.

Dünyanın inkişaf etmiş ölkələrində fizikanın tədrisində eyni hədəflər mövcuddur: fənn üzrə elmi və texniki hazırlığın əsaslarını vermək yaradıcılıq qabiliyyətinin inkişafı, elmi təfəkkürün formalaşması, ədəbiyyat, eksperiment və s. kimi müxtəlif mənbələr bacarığını inkişaf etdirmək. Bununla yanaşı, son vaxtlar inkişaf etmiş ölkələrin əksəriyyətində şagirdlərin real həyat situasiyalarında elmi bilik və bacarıqlarını tətbiq etmək qabiliyyətləri geniş vüsət alıb. Metodoloji

biliklər də az əhəmiyyət kəsb etmir: modellərin geniş və şüurlu tətbiqi, elmi tədqiqat metodlarının mənimsənilməsi və s. [2]

ƏDƏBİYYAT:

1. S.N.İsmayılov. Fizikanın tədrisi metodikasını müasir problemləri. ADPU nəşriyyatı. Bakı, 378 s.
2. Şleyxer A. Dünya standartları: XXI əsrin təhsil sistemini necə qurmalı. Təhsildə güclü icraçılar və uğurlu islahatçılar. Bakı. 2022

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ

Намазов Я.Б., Гусейнов Р.К., Намазов Ф.Р.

Резюме: Здесь были исследованы дидактические вопросы преподавания физики в системе профессионального образования Азербайджана. Анализируются результаты исследований, проведенных специалистами и исследователями в данной области.

Ключевые слова: профессиональное обучение, учреждения профессионального образования, кейс-метод: дидактические принципы, интерактивный метод: фундаментальные законы, технологии XXI века

DIDACTIC ISSUES OF TEACHING PHYSICS IN TECHNICAL PROFESSIONAL EDUCATION

Namazov Y.B., Guseinov R.K., Namazov F.R.

Summary: Here, the didactic issues of teaching physics in the professional education system of Azerbaijan were investigated. The results of studies conducted by specialists and researchers in this field are analyzed.

Key words: vocational training, vocational education institutions, case method: didactic principles, interactive method: fundamental laws, 21st century technologies

MÜASİR İNNOVASİYALARIN – İKT-NİN FİZİKANIN TƏDRİSİNƏ TƏSİRİ

Cəlilova S., Nəşibova L.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

sevinjjalilova@yahoo.com , nasibovalaman30@gmail.com

Kompüter texnologiyalarının inkişafı əsərində müasir dərsi informasiya kommunikasiya texnologiyalarından (İKT) istifadə etmədən təsəvvür etmək mümkün deyildir. Bu da təkə tədris prosesini fərdiləşdirməyə imkan vermir, həmçinin şagirdlərin yaradıcılıq qabiliyyətlərinin formalaşdırılmasında mühüm rol oynayır. İKT-nin tədris prosesinə tətbiqi tədris materialının təqdim edilməsinin forma və metodlarına, şagird ilə müəllim arasında qarşılıqlı əlaqənin xarakterinə, ümumilikdə dərslərin keçirilməsi metodologiyasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Eyni zamanda, İKT-dən istifadə tədrisə ənənəvi yanaşmaları əvəz etmir, əksinə onların effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Fizika dərslərində informasiya texnologiyalarından istifadə virtual şəkillərdən istifadə etməklə nümayiş etdirmə eksperimentinin imkanlarını genişləndirir, vahid informasiya məkanı yaratmağa, distant təhsil sistemi vasitəsilə fasiləsiz təhsili həyata keçirməyə, fərdi öyrənməni həyata keçirməyə, müstəqil işləmə bacarıqlarını inkişaf etdirməyə imkan verir.[1]

Dərsdə İKT-dən istifadə müəllimə işin aydınlığı və sürəti hesabına materialın öyrənilməsinə sərf olunan vaxtı azaltmağa, şagirdlərin biliyini interaktiv şəkildə sınağa imkan verir ki, bu da öyrənmənin effektivliyini artırır, fərdin bütün potensialını reallaşdırmağa kömək edir - idrak, əxlaqi, yaradıcı, kommunikativ və estetik, şagirdlərin intellekt və informasiya mədəniyyətinin inkişafına kömək edir. Məktəb fizika kursunda İKT-nin (İnformasiya və Kommunikasiya Texnologiyaları) əhəmiyyəti çox böyükdür. Fizikada abstrakt və çətin anlayışların dərk edilməsi şagirdlər üçün çətin olur. Fizika dərslərində İKT-dən istifadənin ən təsirli üsullarından bəziləri aşağıda verilmişdir:

1. Virtual laboratoriyalar: Virtual laboratoriyalar şagirdlərə fiziki laboratoriya quraşdırılmasına ehtiyac olmadan virtual mühitdə təcrübələr və tədqiqatlar aparmağa imkan verir. Xüsusi proqramların və veb proqramların köməyi ilə şagirdlər təcrübələr apara, parametrləri dəyişdirə və nəticələri müşahidə edə bilirlər.

2. İnteraktiv Dərslilər: İnteraktiv elektron dərslilər fizikanı öyrənmək üçün daha dinamik üsul təqdim edir. Onların tərkibində animasiyalar, interaktiv tapşırıqlar, testlər və əlavə materiallara hiperlinklər ola bilər.

3. Video Dərslər və Video Mühazirələr: Müəllimlər mürəkkəb fizika anlayışlarını izah etmək üçün video dərslər və video mühazirələr yarada və ya istifadə edə bilirlər. YouTube və Khan Academy kimi məşhur platformalar minlərlə maarifləndirici videoya girişi təmin edir.

4. Simulyasiya və Modelləşdirmə: Simulyasiya və modelləşdirmə proqramlarından istifadə etməklə şagirdlər müxtəlif fiziki prosesləri araşdırma və onların virtual təsvirlərini müşahidə edə bilirlər. Belə proqramlara misal olaraq PhET Interactive Simulations və Algodoo daxildir. Məsələn, elektromaqnit dalğaları və ya qüvvələrə aid prosesləri qrafik və ya animasiya şəklində görmək şagirdlərin dərsi daha yaxşı anlamasına kömək edir.

5.İnteraktiv lövhələr: İnteraktiv lövhələr müəllimlərə lövhədə obyektləri yazma, çəkə və hərəkət etdirə biləcəkləri interaktiv dərslər yaratmağa imkan verir. Bu, fiziki anlayışları daha aydın izah etməyə kömək edir.

6.Öyrənmə və ev tapşırığı üçün onlayn platformalar: Google Classroom, Moodle və ya Microsoft Teams kimi platformalardan istifadə müəllimlərə dərsləri təşkil etməyi, materialları və tapşırıqları paylaşmağı və tələbələrə rəy bildirməyi asanlaşdırır.

Fizika dərslərində İKT-dən istifadə üsulları birləşdirilərək daha effektiv və interaktiv dərslər yaradıla bilər. Onlar müəllimlərə təlimi müxtəlif şagird üslublarına və ehtiyaclarına uyğunlaşdırmağa imkan verir, nəticədə fizika anlayışlarını daha dərinləndirən başa düşürlər.[3]

Ədəbiyyat:

1.İsa İsmayılov. Fizikanın tədrisi metodikasının müasir problemləri (magistr hazırlığı üçün dərslük. Yenidən işlənmiş 3-nəşr). ADPU-nun nəşriyatı Bakı, 2023.

2.Савенков А.И. Исследовательское обучение и проектирование в образовании. – Исследовательская работа школьников, 2016, № 1.

3.Методические рекомендации для педагогов и учащихся физика[Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-24308.html>.

THE ROLE OF ICT IN TEACHING THE SCHOOL PHYSICS COURSE

Jalilova S., Nasibova L.

***Summary:**The results obtained so far suggest that ICT is a powerful teaching tool that can significantly increase its effectiveness. The application of ICT to students' scientific research activity was one of the most important tasks of the educational process, because the main goal of education is the comprehensive development of the personality, the cultivation of an independent and active personality. Currently, ICT and research technologies are widely used in the teaching of many subjects, but their possibilities are especially wide in the teaching of science subjects. The use of ICT in the school physics course increases students' interest in the lesson and develops their deep learning and critical thinking skills. Such use of ICT makes physics lessons not only theoretical, but also a practical and fun experience. These methods help students to better understand and increase their interest in physical concepts.*

Key words: physics, student, ICT, computer, training.

РОЛЬ ИКТ В ПРЕПОДАВАНИИ ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ

Джалилова С., Насибова Л.

***Резюме:**Полученные к настоящему времени результаты позволяют предположить, что ИКТ являются мощным инструментом обучения, способным значительно повысить его эффективность. Применение ИКТ в научно-исследовательской деятельности студентов было одной из важнейших задач образовательного процесса, поскольку основной целью образования является всестороннее развитие личности, воспитание самостоятельной и активной личности. В настоящее время ИКТ и исследовательские технологии широко используются при преподавании многих предметов, но особенно широки их возможности при преподавании естественных наук. Использование ИКТ в школьном курсе физики повышает интерес учащихся к уроку и развивает у них навыки глубокого обучения и критического мышления. Такое использование ИКТ делает уроки физики не только теоретическими, но и практическими и увлекательными. Эти методы помогают студентам лучше понять физические концепции и повысить их интерес к ним.*

Ключевые слова: физика, студент, ИКТ, компьютер, обучение.

XI SİNİF ŞAGİRD LƏRİNİN FİZİKADAN “ELEKTROMAQNİT RƏQSLƏRİ VƏ DALĞALARI” FƏSLİNİN TƏDRİSİ ZAMANI EKOLOJİ MAARİFLƏNDİRİLMƏSİ

Əliyev A.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

khadaaliyeva@gmail.com

İnsan günəşin, yerin və ayın elektromaqnit sahələrilə formalaşmış elektromaqnit sistemidir. Bu həmin sahə və şüalanmalardır ki, hüceyrə səviyyəsində insan orqanizmi bunlara təbii surətdə uyğunlaşmışdır. Mobil telefon isə elektromaqnit sahələrini şüalandırmaq qabiliyyəti səbəbindən, insan hüceyrəsinin adəti üzrə elektromaqnit sahəsinin təbii elektromaqnit əlaqəsini pozmaqla orqanizmə mənfi təsir göstərir. Texnologiyaların inkişafı ilə xarakterizə olunan müasir dövrdə mobil telefon istehsalçıları onların şüalanma tezliyini 1800-1900 MHz-ə qədər qaldırırlar. Bu intervalda isə elektromaqnit dalğaları insan başına daxil olaraq beyin və digər üzvlərə təsir edirlər(1,2). Həmçinin yuxunun və gündəlik həyat tərzi rejiminin pozulması riski yüksəlir. Hətta gözləmə halında olarkən mobil telefon mərkəzi sinir sisteminə təsir etmək qabiliyyətinə malikdir. İstifadəçilərin əksəriyyəti baş ağrısından, yüksələn həyəcanlanma və yorğunluqdan, tez-tez baş verən soyuqdəymə xəstəliklərindən əziyyət çəkir. Uzunmüddətli telefon danışıqları isə müxtəlif infeksiyalara qarşı orqanizmin müqavimətinin azalmasına, görmə, yaddaş və psixoemosional dayanıqlılığın pisləşməsinə səbəb olur.

2004-cü ildə dördillik tədqiqatların nəticəsi olaraq Avropa alimləri bu qənaətə gəlmişlər ki, mobil telefonların şüalanması insan hüceyrələrinə real zərər verir və DNT mutasiyalarının əhəmiyyətli artımını şərtləndirir. Bu dəyişiklər hüceyrə səviyyəsində xərçəngə səbəb ola bilər. Sağlamlığın təhlükəsizliyinin beynəlxalq standart normalarına əsasən, insan bədəninin hər kiloqramına düşən mobil telefonun gücü 2 Vt-dan artıq ola bilməz. Aparatın şüalanma gücünün 0,2-dən 0,4Vt-a qədər təşkil etməsi uyğun hesab edilir. Bu qiymət telefonun sənədləşməsində qeyd olunur.

Mobil telefonun insan sağlamlığına təsiri tam öyrənilməsə də, o aşağıdakı məsləhət və ehtiyatlıq tədbirlərinə əməl edilməsi faydalıdır:

1. Telefonunuzu dəyişdirmək qərarına gəldikdə, ən az gücə malik model seçərək onu çantada gəzdirin.

2. Zərurət olmadıqda telefondan istifadə etməyin. Belə ki, hətta gözləmə rejimində olduqda belə, sizə şüalandırıcı təsir göstərəcəkdir.

3. Sakit, mümkün dərəcədə qısa, 15 dəqiqəlik fasilə ilə danışın. Unutmayın ki, mobil telefon adını əvəz etmir və onunla uzun müddət danışmaq olmaz. Danışığın ucılığı artırıldıqda şüalanmanın gücü də artır.

4. Danışiq vaxtı telefonu başın dəri qatından 3 sm məsafədə tutun. Bu ara maksimal şüalanmaya uyğundur.

5. Mobil rabitədən istifadə olunması uşaqlar və 16 yaşına qədər yeniyetmələr, hamilə qadınlar, nevroloji xəstəliklərə meyilli insanlar, ürək ritmli kardioloji qurğular implant edilmiş şəxslər üçün məsləhət görülmür.

6. Metroda və yüksək voltlu elektrik verili xətlərinin yaxınlığında telefondan istifadə etməyin. Burada təbi elektromaqnit sahəsi zəiflədilmişdir.

7. Çağırış anında telefonu qulağa yaxınlaşdırmayın. Bu zaman telefonun ötürücüsünün gücü ən böyük olur.

8. Gecə telefonu söndürün. Razılaşın ki, bu vaxt vacib zənglər istisna halındadır. Gözləmə rejimində olan telefon isə sizə təsir edərək, normal yuxunuzu pozacaqdır. Oyadılma məqsədilə telefonun oyadıcısından istifadə etdikdə belə o, sizi şüalandırmaqda davam edəcəkdir.

XI sinif şagirdləri “Elektromaqnit rəqsləri və dalğaları” fəslinə daxil olan mövzuların ardıcılığı üzrə tədris prosesində 8-10 dəq. müddətində dərslik mövzusunun fiziki mahiyyətinin şərhindən sonra ekologiya elmi, onun əsas qanunları, amilləri, populyasiya, biosenoz-, ekosistemlər qlobal ekoloji problemlər, ətraf təbiət mühitinin çirklənməsinin növləri, ətraf mühitin elektromaqnit çirklənməsi haqqında mobil telefondan istifadə olunmasının insan orqanizminə zərərli təsiri haqqında bilik və təcrübə tədqiqatı məlumatı əldə edirlər. Onların mənimsənilməsi və möhkəmləndirilməsi məqsədilə şagirdlərə ekoloji sual və test tapşırıqları verilərək uyğun qiymətləndirmələr aparılır.

Nümunə olaraq:

1. Mobil telefonun insan orqanizminə mənfi təsiri nə ilə əlaqədardır və özünü hansı xəstəliklərdə göstərir?
2. Mobil telefonu üzrə hansı faydalı məsləhət və ehtiyatlıq tədbirlərinə əməl olunması zəruri hesab edilir?
3. Başın dəri qatından hansı ara məsafəsində mobil telefondan maksimal şüalanma yaradır?
A) 3 sm, B) 4 sm, C) 10 sm, D) 6 sm, E) 8 sm.
4. Mobil telefonun şüalanma gücünün hansı intervalda olması normal hesab edilir?
A) 0,2-0,4; B) 1,0-2,0; C) 1,0-1,5; D) 0,8-1,2; E) 2,0-3,0

Ədəbiyyat

1. Войтович С.С. Влияние электромагнитного излучения на здоровье человека. Наука, вчера, сегодня, завтра. 2017, № 1, с. 16-21.

2. Пацук А.А. Буряк Н.Ю. Безопасное пользование мобильным и устройствами и способы уменьшения вреда от них. Студент. Аспирант. Исследователь. 2019, № 2, с. 268-273

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ УЧАЩИХСЯ XI КЛАССА В ХОДЕ
ПРЕПОДАВАНИЯ ГЛАВЫ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ»
ФИЗИКИ.**

Алиев А.

Резюме: В работе рассматриваются вопросы экологического просвещения при преподавании по физике главы «Электромагнитные колебания и волны» учащихся XI класса.

Ключевые слова: Мобильный телефон, организм, электромагнитная волна, мощность излучения, воздействие излучения, меры предосторожности

**ENVIRONMENTAL EDUCATION OF XI GRADE STUDENTS DURING THE
TEACHING OF THE CHAPTER "ELECTROMAGNETIC OSCILLATIONS AND
WAVES" FROM PHYSICS**

Aliev A.

Summary: Environmental education of XI grade students during the teaching of the chapter "Electromagnetic Oscillations and Waves" from Physics.

Key words: mobile phone, organism, electromagnetic wave, power of radiation, effect of radiation, precautionary measures

TƏLİM PROSESİNDƏ İDRAK METODLARININ TƏTBİQİNİN ƏHƏMİYYƏTİ.

Məmmədov F.Ə., Sadıqova S. R.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

mammadov_fuad@bk.ru

Fizika elminin inkişafı nəzəri və eksperimental tədqiqat metodları ilə bağlıdır. Metod yunan sözü olub, etimoloji baxımdan yol, tədqiqat, şərh üsulu mənasına uyğun gəlir [1]. Nəzəri tədqiqat metodları kimi eksperimental tədqiqat metodları da təlimi idrak üçün mühüm əhəmiyyətə daşıyır. Təlimi idrak elmi idrak ilə funksional surətdə bağlı olan bir prosesdir. Elmi və təlimi idrak metodlarının funksional münasibəti onlarda ümumi cəhətlərlə yanaşı prinsiplial fərqlərin olduğunu da göstərir.

Təlimi idrakı elmi idrakdan fərqləndirən əsas spesifik xüsusiyyət onun subyektiv xarakter daşmasıdır. Müasir dövrdə şagirdin böyük informasiya mühitində sistemli, effektiv və əlaqəli biliklərə yiyələnməsinə doğru hərəkəti müəllimin rəhbərliyi altında müxtəlif təlim metodlarının köməyi ilə baş verir. Bu metodlar da öz növbəsində şagirdin fəaliyyətini təşkil edir və onların istifadə edəcəyi təlimi idrak metodlarını müəyyənləşdirir. Təlimin məqsədindən asılı olaraq müəllim tərəfindən uyğun metodun seçilməsi nəzəri və eksperimental biliyin əldə olunmasının səmərəli ardıcılığını təmin edir [2].

Fizikanın təlimi prosesində öyrətmə effektivliyi metodların bir-birini tamamlaması ilə bağlıdır. Hər bir metod müəyyən məhdud idrakı imkanlara malikdir. Bu isə metodun ayrı-ayrı qanunauyğunluqlarını aşkara çıxarması ilə əlaqədardır. Bu baxımdan metodların birlikdə istifadəsi obyekt haqqında tam təsəvvür yaradır və onun xassələrinin kompleksini tam şəkildə aşkarlamağa imkan verir.

Metodların bir-birini qarşılıqlı tamamlaması tam idrak prosesində onların müəyyən məntiqi ardıcılıqla tətbiqində də görünür. Hər bir metod müəyyən əməliyyatı icra edir, belə ki, bir metodun tətbiqi digəri üçün zəmin yaradır.

Məlumdur ki, empirik tədqiqat səviyyəsinə müşahidə, eksperiment metodları və onlarla bağlı olan ölçmə prosesləri daxildir. Müşahidə - oxşar cəhətlərin qeydə alınması, elmi faktorların toplanması üçün tədqiqat metodudur. Müşahidə vasitəsiz və vasitəli ola bilər. Vasitəsiz müşahidə hiss orqanları vasitəsi ilə qavranıla bilən hadisə və xassələri əhatə edir. Vasitəli müşahidə isə texniki vasitələrin köməyi ilə həyata keçirilir ki, bu da hiss orqanları vasitəsi ilə qavranıla bilməyən obyektləri və onların xassələrini tədqiq etməyə, onlardakı oxşar əlamətləri aşkar etməyə imkan verir. Müşahidə metodunda oxşarlığın tam aşkarlanması imkanı məhduddur, belə ki, obyekt təbii halda öyrənilir, onun özü və yerləşdiyi şərait dəyişdirilmir.

Eksperiment-daha inkişaf etmiş empirik metoddur. Hadisəyə müdaxilə edərək müşahidələr əsasında nəticənin çıxarılması üçün eksperiment qoyulur. Lakin müşahidədən fərqli olaraq eksperimentdə insan hadisələri yalnız seyr etməklə kifayətlənməyib həm də onların gedişinə fəal müdaxilə edərək onları elə bir “süni” vəziyyətə gətirir ki, bu halda onların xassələrini öyrənmək təbii haldakına nisbətən daha asan olur [1].

Müşahidə ilə yanaşı eksperimentə müxtəlif üsul və vasitələr daxil edilir. Tədqiq olunan obyektin pozucu təsirlərdən təcrid olunması, şəraitin dəyişdirilməsi, obyektin hissələrə ayrılması, təbii proseslərin sürətləndirilməsi və yavaşdırılması və s. Bu əməliyyatların nəticəsində ilk baxışdan görünməyən əlamətlər aşkarlanı bilər.

Fizikanın təlimi prosesində mühüm rol oynayan analiz və sintez kimi nəzəri idrak metodları məntiqi əməliyyatların köməyi ilə reallaşdırılır. Hətta ən sadə obyektlər arasında müqayisələr apararkən analiz və sintez əməliyyatları lazım olur. Metodik ədəbiyyatlarda qeyd edilir ki, analiz tamı faktiki ya da fikrən tərkib hissələrə parçalamaq, sintez hissə tərkib hissələri birləşdirərək tamı yaratmaq prosesidir [2].

Analiz metodunun məntiqi mahiyyəti ondan ibarətdir ki, tədqiq olunan obyekt öz tərkib hissələrinə ayrılır və yeni bilik almaq, oxşar əlamətləri aşkarlamaq üçün mənbə rolunu oynayır. Analiz daha mürəkkəb hadisələrin daha sadə elementlərə parçalanmasına, əhəmiyyətlərin əhəmiyyətsizlərdən seçilməsinə imkan verir.

Analiz və sintez bir-birini yalnız tələb etməyib, konkret prosesdə bir-birini həm də müsbət edirlər.

İngilis fiziki Uilyam Kruks katod şüalarının təbiətini öyrənərkən bir sıra praktiki əməliyyatın köməyi ilə bu şüaların bəzi xassələrini ayırd etmişdir. O, seyrəkləşmiş qazla doldurulmuş boruya radiometr daxil edərək onun fırlandığını aşkara çıxarmaqla belə nəticəyə gəlmişdir ki, katod şüaları mexaniki təsirə malikdir. Sonra, katod şüalarının qarşısında xüsusi formalı metal yerləşdirərək borunun divarında metalın kəskin sərhəddə malik kölgəsini görmüş və şüaların düzxətt üzrə yayılması nəticəsinə gəlmişdir. Nəhayət, katod şüası selinə maqnit yaxınlaşdıraraq Kruks flüoressensiya ləkəsinin yerdəyişməsini qeyd etmişdir. Bu da katod şüalarının maqnit sahəsinin təsiri ilə əyildiyini və onların müəyyən elektrik yükünə malik olduğunu sübut etmişdi.

Beləliklə, bütöv hadisə ayrı-ayrı hissələrə parçalanaraq analiz edilmişdir. Sonra Kurks tədqiqatın nəticələrinə yekun vuraraq bu əlamətlərin hamısını sintez etmişdir. O, belə nəticəyə gəlmişdir ki, katod şüaları bu seçilmiş xassələrə eyni zamanda malik olur, belə ki, xassələrdən birinin mövcudluğu o biriləri yox etmir. Əldə edilən məlumatlar katod şüalarının elektron şüaları olduğunu göstərən nəzəri təsəvvürlərin yaranması üçün baza rolunu oynamışdır. Kruks katod şüaları və elektronların əlamətlərinin eyniliyi kimi əqli nəticəyə gələ bilmişdi ki, bu da idrak metodlarının -analiz və sintezin qarşılıqlı nüfuz etməsinə göstərir.

İdrakın bir forması olan mücərrədləşdirmə analizlə sıx bağlıdır və onun əsasında həyata keçirilir. Mücərrədləşdirmə onunla xarakterizə olunur ki, idraka təqdim olunan obyektin bu və ya digər əlaməti dərk edilərkən həmin əlamət digərlərindən, onlar arsındakı əlaqədən fikrən ayrılır, təcrid olunur. Mücərrədləşdirmə idrakın həm empirik, həm də nəzəri səviyyəsi üçün xarakterikdir. Obyektin elementlərə parçalanması, həmin anda idrak üçün daha zəruri elementin ayrılması və onun “təmiz” halda hərtərəfli təhlil edilməsi – bütün bunlar təfəkkürün mücərrədləşdirmə fəaliyyətinin məhsuludur. Mücərrədləşdirmə hadisələri daha dərin, doğru və tam dərk etməyə, anlamağa şərait yaradır.

Ədəbiyyat

1. Məmmədov Ə.B. və b. Müasir təbiətşünaslığın konsepsiyaları. Dərslik. Sumqayıt: SDU nəşriyyatı, 2002, 506 s.
2. Усова А.В. Теория и методика обучения физики. «Медуза», 2002, 175 с.

THE IMPORTANCE OF THE APPLICATION OF COGNITIVE METHODS IN THE EDUCATIONAL PROCESS.

Mammadov F.A., Sadygova S.R.

In the article, it describes the methods of teaching physics in the teaching, role play, teaching, teaching, and organization of modern physics, as well as effective methods of transformation. The basic task of the teacher in physics in the modern world is to apply the cognitive methods in the teaching of practical applications to students, and to direct them to exemplify the subject.

Key words: *physics, method, cognitive methods, learning cognition, scientific understanding.*

ВАЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.

Мамедов Ф.А., Садыгова С.Р.

В статье предоставляется сущность познавательных методов в преподавании физики, роль, которую они играют в обучении, требования к приближению и организации современных классов физики, а также методы эффективного перехода. Основная задача учителя в физике в современном уроке - подчеркнуть важность применения когнитивных методов в обучении студентов практическому применению знаний и навыков, направляя их мыслить, понимать предмет.

Ключевые слова: *физика, метод, когнитивные методы, познавательное познание, научное понимание.*

FİZİKİ HADİSƏLƏRİN TƏSVİRİNDƏ ANALOGİYADAN İSTİFADƏ

Nəsrullayeva J.Ə., Hacıyeva S., Məhərrəmov C.A.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

j.nsrlyva2001@gmail.com

Xülasə: *Analoqların çətin elm anlayışlarının öyrədilməsi vasitəsi kimi rolu elm təhsilində geniş şəkildə müzakirə edilmişdir. Davamlı təhsil kontekstində analogiyaların tətbiqi daha zəngin potensialı nəzərdə tutur. Müvafiq analogiyaların məqsədyönlü istifadəsi analogi düşünmə və köçürmə bacarıqlarını asanlaşdırır, həmçinin həyat və ömür boyu öyrənmə üçün tələb olunan bacarıqları inkişaf etdirə bilər, o cümlədən müasir cəmiyyətə və texnologiya ilə zəngin dünyamızda obyektə uğurlu inteqrasiyaya zəmin yardadır. Analogi təfəkkür tələbələrin yüksək səviyyəli düşünmə bacarıqlarının inkişafına kömək edir.*

Açar sözlər: *Analogiya, fizika, qravitasiya və elektrostatik sahəsi, sahə intensivliyi, məsələ həlli.*

Analogiya fizikanın öyrənilməsində geniş istifadə olunan idrak metodlarından biridir. Fizikanın tədrisində anoloqların istifadəsi təlim prosesinin daha effektiv olmasına kömək edə bilər, çünki tələbələr yeni və mürəkkəb konsepsiyaları öyrənərkən onlara tanış olan mövzulardan istifadə edərək mövzunu daha asan başa düşə bilirlər. Analogiyalar, fizikanın çətin nəzəri məsələlərini daha sadə şəkildə izah etmək, tələbələrə yeni terminologiya və anlayışları izah etmək üçün çox əlverişli vasitədir. Ətraf aləmin hadisələrinin birliyi və qarşılıqlı əlaqəsi, məsələn, müxtəlif təbiətli fiziki hadisələri təsvir etmək üçün oxşar riyazi tənliklərdən istifadə etməklə, məsələn, qravitasiya və elektrostatik sahələr və onların təsvirləri arasındakı analogiya ilə göstərilir [1, 2].

Fizikanın müxtəlif bölmələrində analogiyaların istifadə etmək olar. Analogiyalar yeni materialın, xüsusən də mücərrəd anlayışların şagirdlərin əvvəlki bilikləri ilə daha asan mənimsənilməsinə imkan verir, onlara konsepsiya haqqında daha elmi anlayışın formalaşmasına şərait yaradır. Şagirdlər yeni anlayışları tədqiq etdikdə, onlar yeni öyrədilmiş konstruksiya ilə artıq bildikləri arasında əlaqəni tapıb vizuallaşdırdıqda mənalı öyrənmə davam edir. Məsələn, Mexanik dalğalanmalar və ya mexaniki dalğalar kimi tanış analogiyalar tez-tez tələbələrin elektromaqnit dalğalanmaları və ya elektromaqnit dalğaları kimi mürəkkəb anlayışlar haqqında məhdud, lakin mənalı bir anlayış yaratmaq üçün istifadə edə biləcəyi ilkin zehni modellər kimi xidmət edir. [1]

Analoqlardan istifadə məlum olanlardan düsturlar çıxarmaqla, dəyişənlərin uyğunluğu və dəyişməsindən istifadə etməklə nəzəri hesablamaları sadələşdirməyə imkan verir. Analogiya metodunun fizikanın tədrisi sahəsində əhəmiyyətinin dərk edilməsi və ondan istifadə bacarığı şagirdlərin elmi təfəkkürünün inkişafı, dünyagörüşünün formalaşması üçün çox vacibdir.

Məsələn, əyanilik və vaxta qənat məqsədi ilə qravitasiya və elektrostatik sahələrinin xarakteristikaları və qarşılıqlı təsir qüvvələrinə uyğun riyazi düsturlar arasında ($F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$) analogiyadan istifadə etməklə kütlənin yükə ($m \rightarrow q$), qravitasiya sbitinin Kulon sabitinə, ($G \rightarrow k$), qravitasiya sahəsinin intensivliyinin elektrik sahəsinin intensivliyinə ($\vec{g} \rightarrow \vec{E}$) analog

olduğunu görürük. Bu sahələrin potensiallı xarakterli olması m kütləli cisimin Yer qravitasiya sahəsində r_1 məsafəsindən r_2 məsafəsinə yerini dəyişərkən görülən iş üçün məlum ifadəni bilməklə ($A = GmM(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$), tərpənməz Q yükünün yaratdığı elektrostatik sahədə q sınaq yükünün r_1 məsafəsindən r_2 məsafəsinə yerini dəyişərkən görülən iş dərhal təyin edə bilərik:

$$A = kqQ(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$$

Ümumi təhsil məktəblərində fizikanın tədrisinin aktual problemlərindən biri fiziki məsələlərin problemlərin həllinin öyrədilməsidir. Məsələ həlli məktəbliləri mülahizələrin düzgünlüyünə və məntiqinə, əldə edilən nəticələri tənqidi dərk etməyə vərdiş etməyə imkan yaradır, çeviklik, təfəkkür dəyişkənliyini inkişaf etdirir. Fizikadan məsələ həlli təkcə riyaziyyat və fizika bilikləri deyil, həm də xüsusi bacarıqlar tələb edən mürəkkəb prosesdir. Məsələnin şərtini təhlil etmək, yenidən formalaşdırmaq və yenidən modelləşdirmək, ilkin problemi başqa problemlə əvəz etmək və ya onu alt tapşırıqlara bölmək, həll planını tərtib etmək, fərziyyələr formalaşdırmaq və təklif olunan həll yollarını yoxlamaq lazımdır.

Çox vaxt məsələlərin həlli zamanı məlum olur ki, o, artıq həll edilmiş başqa birinə bənzəyir və problemlərin yaxınlıq dərəcəsi çox müxtəlif ola bilər. Yeni və köhnə problemlər arasındakı analogiyaya diqqət yetirərək, yenilərinin həlli yollarını tapmaqda əlavə uğur şansı əldə edirik. Fizikadan məsələ həllində analogiyadan istifadə hesablama addımlarının miqdarını azaltmağa və nəticədə müəyyən bir məsələnin həllinə sərf olunan vaxtı azaltmağa kömək etdiyindən analogiya mövzusu fiziki məsələlərin həllində olduqca vacibdir. Qeyd edək ki, tapşırıqların yaxınlıq dərəcəsi müxtəlif ola bilər. Həll edilmiş və yeni tapşırıq arasındakı bənzətməyə diqqət yetirməklə, yeni tapşırığı uğurla yerinə yetirmək şansımız kəskin şəkildə artır. Beləliklə, "analogiya ilə əsaslandırma" məsələlərin həlli üçün çoxsaylı üsullardan biridir.

Deyilənlərə əmin olmaq üçün iki oxşar məsələnin həllini nəzərdən keçirək:

Məsələ: İki kütlə $m_1 = 5$ kg və $m_2 = 10$ kg məsafələri $r = 2$ m olan nöqtələrdə yerləşirlər. Bu iki kütlə arasında təsir edən qravitasiya qüvvəsini tapın.

Həlli

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = (6.674 \times 10^{-11}) \frac{5 \times 10}{2^2} = 8,34 \times 10^{-10} \text{ N}$$

Analoq məsələ:

İki nöqtəvi yük $q_1 = 3$ C və $q_2 = 4$ C məsafələri $r = 2$ m olan nöqtələrdə yerləşirlər. Bu yüklər arasında təsir edən elektrik qüvvəsini tapın.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}; \quad F = (8.987 \times 10^9) \frac{3 \times 4}{4} = 2,7 \times 10^{10} \text{ N}$$

Analogiya 1:

Tapşırıq 1. Kütləsi $m=4\text{kg}$ olan cismi $v_1=3\text{ m/s}$ sürətdən $v_2=5\text{ m/s}$ sürətə qədər sürətləndirmək üçün lazım olan işi hesablayın. *Cavab:* $A = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv^2$

Tapşırıq 2. Ətalət momenti $I= 3\text{ kg.m}^2$ olan diskin bucaqlı sürətini $\omega_1 = 2\text{ rad/s}$ -dən $\omega_2= 4\text{ rad/s}$ -dək artırmaq üçün lazım olan işi hesablayın. *Cavab:* $A = \Delta E_k = \frac{1}{2} I\omega_2^2 - \frac{1}{2}I\omega_1^2$

Beləliklə, Fizika kursunu öyrənərkən tələbələr müxtəlif təbiət hadisələri ilə qarşılaşırlar. Öyrənilən hadisələrin müxtəlifliyinə görə onların bir çoxu məsələlərin həllində çətinlik çəkirlər. Lakin eyni qanunlardan, məsələlərin həlli üsullarından fizikanın müxtəlif fəsilərində istifadə oluna bilər. Bunu dərk etmək şagirdlərə məsələləri daha uğurla həll etməyə və buna görə də biliklərinin keyfiyyətini yüksəltməyə imkan verir.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛОГИИ ПРИ ОПИСАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

НасруллаеваЖ.А., ГаджиеваС., МагеррамоваДж.А.

Аннотация: Роль аналогий как инструмента преподавания сложных научных концепций широко обсуждается в естественнонаучном образовании. Применение аналогий в контексте непрерывного образования предполагает более богатый потенциал. Целенаправленное использование соответствующих аналогий может облегчить аналогичное мышление и навыки передачи, а также развить навыки, необходимые для обучения в течение всей жизни и на протяжении всей жизни, включая успешную интеграцию объекта в современное общество и наш богатый технологиями мир. Аналогическое мышление помогает учащимся развивать навыки мышления более высокого порядка.

Ключевые слова: Аналогия, физика, гравитационное и электростатическое поле, напряженность поля, решение задач.

USE OF ANALOGY IN THE DESCRIPTION OF PHYSICAL PHENOMENA

NasrullayevaJ.A., HajiyevaS., MagerramovaJ.A.

Abstract: The role of analogies as a tool for teaching difficult science concepts has been widely discussed in science education. Applying analogies in the context of continuing education implies a richer potential. The purposeful use of appropriate analogies can facilitate analogical thinking and transfer skills, as well as develop the skills required for life and lifelong learning, including the successful integration of the object into modern society and our technology-rich world. Analogical thinking helps students develop higher order thinking skills.

Keywords: Analogy, physics, gravitational and electrostatic field, field intensity, problem solving.

FİZİKANIN TƏDRİSİ PROSESİNDƏ TƏLƏBƏLƏRİN TƏDQIQATÇILIQ BACARIĞININ FORMALAŞMASI VƏ İNKİŞAFINDA EKSPERİMENTAL MƏSƏLƏLƏRİN ROLU

Əkbərova G.E., Həsənov O.M., Hacıyeva G.U., Tağızadə A.S.

generova17@gmail.com

***Xülasə:** İşdə tələbələrin tədqiqatçılıq bacarığının formalaşdırılmasında və inkişaf etdirilməsində fizika fənninin tədrisində eksperimental məsələlərin həllinin əhəmiyyətli cəhətləri göstərilmiş, tədrisin təcrübi tərəflərini gücləndirilməsi, tələbələrin müstəqil işlərinin səmərəli təşkili etmək müsbət nəticələr verdiyi qeyd olunmuşdur. Nümunə üçün Fizikanın mexanika bölməsindən bir neçə eksperimental məsələ nümunələri verilmiş və onların həlli yolları göstərilmişdir.*

***Açar sözlər:** tədqiqat, eksperiment, əyanilik, idrak prosesləri*

Tələbələrin fizika biliklərinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi problemi orta məktəbdə müxtəlif yollarla həll edilir. Tədrisin təcrübi tərəflərini gücləndirərək, tələbələrin müstəqil işlərinin səmərəli təşkili etmək müsbət nəticələr verir. Bu məqsədə təcrübi yollarla həll edilən eksperimental məsələlərin özünəməxsus yeri vardır.

Bu tapşırıqlar tələbələrə yaradıcılıq sərbəstliyinin nümayiş etdirməyə imkan verir və konkret məsələləri həll edərkən nəzəriyyə ilə təcrübə arasında ayrılmaz əlaqənin mövcud olduğunu öyrənir. Bu əlaqə sayəsində problemin həlli və onun fiziki mənası bütün tələbələri üçün aydınlıq qazanır. Fizika dərslərində hətta çox sayda təcrübənin göstərilməsi hələ də idrak prosesinin əsas mərhələlərinin həyata keçirilməsinə zəruri dərəcədə təmin etmir.

Eksperimental məsələləri həll etmək üçün tələbələr tərəfindən müstəqil addımlar atıldığından şüurlu və aktiv biliklərin əldə edilməsinə kifayət qədər kömək edir. Bu tip məsələlərin qoyuluşu şagirdlərə fizika qanunlarının təsir dairəsini aydın göstərir, təbiət qanunlarının obyektivliyini ortaya qoyur, məcburi həyata keçirirlər, insanların fenomenlərin proqnozlaşdırılması və təbiət qanunlarına dair biliklərindən istifadə etməklə hadisələri qabaqcadan hiss etmək, onları məqsədli şəkildə idarə etmək, xüsusi və praktiki məqsədlərə nail olmaq üçün onların öyrənilməsinin vacibliyini göstərir.

Fizika elə bir təbiət elmidir ki onu təcrübələrdən keçirtmədən dərk etmək mümkün deyil. Universitetdə oxuyan tələbələr hər biri ayrı-ayrı mühitlərdə orta təhsil aldıklarından müəllim burdakı incə cizgiyə diqqət yetirməlidir. Bu incə cizgi ondan ibarətdir ki, müəllim onların düşüncələrinə, bilik səviyyələrinə hörmətlə yanaşmalıdır. Çünki bəzi məktəblərimizdə laboratoriyalar mövcud deyil və ya çox az sayda cihazlarla təchiz olunmuşdur. Eyni qrupda təhsil alan bakalvrlar eyni nəticə ilə universitetə qəbul olsalarda bu o demək deyil ki onlar fiziki hadisəni eyni səviyyədə dərk edirlər. Bir tələbə fizikanı dərk etsədə digəri sadəcə avtomatik olaraq öyrənib. Hər hansı canlı və aydın təsvir heç bir zaman əsl təcrübənin verdiyi təsəvvürü əvəz edə bilməz. Buna görə də müəllim eksperimental məsələləri elə qurmalıdır ki, onlar fiziki hadisənin əhəmiyyətini müəyyən dərəcədə eyni anlasınlar.

Bəzən tələbələr eksperiment aparmağa laqeyd yanaşırlar və ya sadəcə qiymət almaq üçün təcrübəni aparırlar. Birinci növbədə çalışmaq lazımdır ki, tələbə təcrübəni özü aparsın. Çünki belə olanda tələbə prosesin ardıcılığını daha aydın müşahidə edir. Uşnskinin dediyi kimi fizikanın tədrisində eksperimentdən istifadə zamanı əl işləyir, göz görür, qulaq eşidir, burun iyəlir, dil dadır, əzələlər titrəyir və müxtəlif duyğu orqanları öz işini görür [3].

Xüsusi istedadlı tələbələrin beynəlxalq səviyyəli konfranslarda iştirakını təmin etmək və onlara bu işdə yardımçı olmaq lazımdır. Bu tələbələrdə tədqiqatçılığa maraqla yanaşı onların auditoriya qarşısında çıxış etmək bacarığını formalaşdırır [4]. Son illərdə universitetlər arası elmi konfransların təşkil olunması tələbələri tədqiqatçılığa cəlb edir.

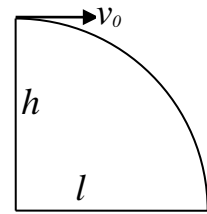
Fizikanın tədrisində eksperimentdən istifadə olunması estetik cəhətdən zəngin, zövq oxşayan və optimal icra olunan, etibarlılıq, inandırıcılıq tələblərini ödəməli, şagirdlərin psixikasına təsir etməsi nəticəsində xoş təəssürat oymatmalı və nümayiş edilən hadisənin mahiyyətini açmağa imkan verməlidir. Həmçinin tədris prosesində eksperiment tələbələrdə biliklərinin sistemləşməsinə, dolğunlaşmasına və tətbiq sahəsinin müəyyən edilməsinə qüvvətli təsir göstərir [5].

Təcrübə göstərir ki, nəzəri materialla fiziki təcrübələrin müvafəqiyyətlə uzlaşması ən yaxşı pedaqoji nəticə verir. Tədrisin keyfiyyəti dərs prosesində müəllimin nümayiş etdirəcəyi və ya tələbələrə tapşıracağı təcrübələrdən asılıdır. Təcrübənin hazırlanması və keçirilməsi zaman təhlükəsizlik texnikası qaydalarına əməl olunmalıdır.

Tələbələrdə maraq yaradacaq bir neçə eksperimental məsələyə toxunaq.

1) Tək xətkəşdən istifadə etməklə üfüqə bucaq altında atılmış cismin sürətini necə tapmaq olar ?

Üfüqə nəzərən bucaq altında atılmış cisim eyni zamanda iki müxtəlif irəliləmə hərəkətində olur, Şaquli istiqamətdə h hündürlüyündən sərbəstdüşmə və Üfüqi istiqamətdə v_0 sürəti ilə düzxətli bərabərsürətli hərəkət. Bu iki hərəkət birlikdə icra olunduğundan onun trayektoriyası yarımparabola şəkilində olur (Şəkil 1)



Şəkil 1

Sərbəst düşən cismin hərəkəti üçün $h = \frac{gt^2}{2}$ (1) ifadəsindən t zamanın ifadəsini alaq: $t =$

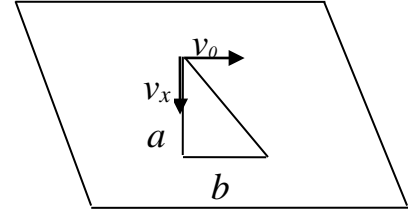
$$\sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2)$$

Düzxətli bərabərsürətli hərəkət halında isə uzunluğun $l = v_0 t$ (3) ifadəsində (1) düsturunu nəzərə alaq. Bu zaman alınan $l = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (4) düsturundan uzunluğu və hündürlüyü xətkəşdən istifadə edərək ölçməklə, sərbəstdüşmə təcilinin qiymətini yerinə qoymaqla məsələnin şərtində soruşulan cismin sürətini tapa bilərik.

2) Miqyas xətkəşinin köməyi ilə hərəkət edən avtomobilin yan şüşələrinə düşən yağış damcılarının izinə əsasən damcılarının düşmə sürətini necə təyin etmək olar ?

-Avtomobilə nəzərən damcı eyni zamanda iki hərəkətdə , yəni şaquli və üfüqi istiqamətlərdə bərabərsürətli hərəkətlərdə iştirak edir. Damcının yekun v sürəti şaqula nəzərən α bucağı altında yönəlir (Şəkil 2). Şəkil 2-dən görüldüyü kimi $tg\alpha = \frac{v_0}{v_x}$ (1)

v_0 - avtomobilin sürətidir, v_x - damcının sürətidir. Bucağın qiymətini miqyas xətkəşinin köməyi ilə düzbucaqlı üçbucaqdan katetləri ölçməklə tapırıq. Damcı izi hipotenuz boyunca olur, pəncərənin şüşələri isə katetlərdir. avtomobilin öz sürətini

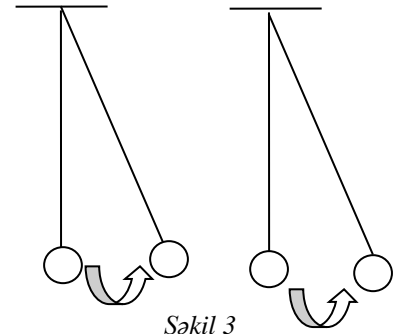


Şəkil 2

spidometrədən götürürük. $tg\alpha = \frac{b}{a} = \frac{v_0}{v_x}$ (2) düsturundan istifadə edərək damcının düşmə sürətini tapa bilərik.

3) İki riyazi rəqqasdan birinin periodu məlum olarsa, ikincinin rəqs periodunu necə tapa bilərik ?

Bunun üçün rəqqasları yan-yana qoyuruq. Hər ikisini eyni dərəcədə eyni zaman anında meyl etdiririk. Başlanğıcda rəqslərin fazası bərabər olacaq ($\varphi_1 = \varphi_2$), zaman keçdikcə periodu az olan rəqqas o biri rəqqası keçəcək, zaman keçdikcə rəqslərin fazaları fərqi dəyişəcəkdir. Hansısa zaman anında rəqqasları hər ikisi eyni fazaya gələcəkdir. Bu zaman müddətində hər iki rəqqasda baş verən tam rəqsərin sayını dəqiq bilmək lazımdır. Həmin müddət ərzində birinci rəqqas N_1 sayda rəqs, ikinci rəqqas isə N_2 sayda rəqs icra etdiklərini müəyyənləşdirdikdən sonra: $t = N_1 T_1 = N_2 T_2$ bərabərliyindən bizə məlum periodu və rəqslərin sayını qeyd etməklə ikinci rəqqasın periodunu tapa bilərik.



Şəkil 3

Tədrisdə eksperimental məsələlərin həllindən istifadə tələbələrə yaradıcılıq sərbəstliyinin nümayiş etdirməyə imkan verir və konkret məsələləri həll edərkən nəzəriyyə ilə təcrübə

arasında ayrılmaz əlaqənin mövcud olduğunu öyrənir. Bu tip məsələləri həll etmək üçün tələbələr tərəfindən müstəqil addımlar atıldığından şüurlu və aktiv biliklərin əldə edilməsinə kifayət qədər kömək edir, müxtəlif təyinatlı məsələlərin qoyuluşu şagirdlərə fizika qanunlarının təsir dairəsini əyani şəkildə göstərir, təbiət qanunlarının obyektivliyini sübut edir.

THE ROLE OF EXPERIMENTAL PROBLEMS IN THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF STUDENTS' RESEARCH SKILLS IN THE PROCESS OF TEACHING PHYSICS

AkbarovaG.E., HasanovO.M., HajiyevaG.U., TaghizadeA.S.

Summary: In this work, the important aspects of solving experimental problems in the teaching of physics in the formation and development of students' research skills were shown, and it was noted that strengthening the experimental aspects of teaching and effectively organizing students' independent work gave positive results. For example, several examples of experimental problems from the mechanics section of Physics are given and their solutions are shown.

Keywords: research, experiment, visualization, cognitive processes

РОЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В ФОРМИРОВАНИИ И РАЗВИТИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

АкбароваГ.Э., ГасановО.М., ГаджиеваГ.У., ТагизадеА.С.

Резюме: В данной работе показаны важные аспекты решения экспериментальных задач в преподавании физики в формировании и развитии исследовательских умений студентов, отмечено, что усиление экспериментальных аспектов обучения и эффективная организация самостоятельной работы студентов дали положительные результаты. Приведены несколько примеров экспериментальных задач из механического раздела физики и показаны их решения.

Ключевые слова: исследование, эксперимент, визуализация, когнитивные процессы.

FIZIKA FƏNNİNİN TƏLİMİNDƏ QIYMƏTLƏNDİRMƏNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

Orucov V.,

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Kərimova A.

Naxçıvan Dövlət Universiteti, doktorant

vidadi_orucov@mail.ru, aytenkerimova567@gmail.com

Fizika fənninin tədrisi, şagirdlərin təbiət elmlərinə marağını artırmaq və analitik düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün vacibdir. Fizika həm nəzəri, həm də praktiki tərəfləri əhatə etdiyindən, qiymətləndirmə sistemi düzgün qurulmalı, yalnız bilikləri yox, həm də düşüncə tərzini, problemləri həll etmə qabiliyyətini və təcrübə bacarıqlarını ölçməlidir. Azərbaycan Respublikasının ümumtəhsil sistemində Qiymətləndirmə Konsepsiyasında şagird nailiyyətlərinin qiymətləndirilməsi sisteminin vəzifələriindən biri də: "qiymətləndirmədən təlim və tədrisin ehtiyaclarını ödəmək üçün istifadə edilməsi"dir. [Azərbaycan Respublikası Nazirlər Kabinetinin 2009-cu il 13 yanvar tarixli 9 nömrəli qərarı] Fizika dərslərində qiymətləndirmə şagirdlərin fiziki qanunları başa düşmə və real həyatda tətbiq etmə qabiliyyətlərini qiymətləndirməyə yönəlməlidir. Qiymətləndirmənin təkmilləşdirilməsi həm də şagirdlərin təbiət elmlərinə marağını artırır, analitik düşünmə və problemləri həll etmə qabiliyyətlərini inkişaf etdirir. Müasir yanaşmalar, şagirdlərin fəal iştirakını təmin edərək tədrisi daha dinamik və effektiv edir.

1. Şagirdin fiziki anlayışını izləmək və onu dəstəkləmək

Fizika dərslərində düzgün qiymətləndirmə, şagirdlərin fizikanın əsas prinsiplərini, qanunlarını və nəzəriyyələrini necə başa düşdükələrini izləməyə kömək edir. Bu, şagirdlərə mövzuları dərinlən anlamaq, fizika terminlərini düzgün istifadə etmək və problemləri düzgün həll etmək üçün rəhbərlik edir. Qiymətləndirmə, şagirdin hansı sahələrdə daha çox çətinlik çəkdiyini müəyyən etməyə və ona fərdi şəkildə dəstək göstərməyə imkan verir.

2. Fiziki problemləri həll etmə bacarıqlarını ölçmək

Fizika dərslərində qiymətləndirmə yalnız nəzəri biliklərlə məhdudlaşmamalıdır. Şagirdlərdən fiziki məsələləri həll etmək və bu məsələləri gündəlik həyatda tətbiq etmək gözlənilir. Qiymətləndirmə bu cür bacarıqları ölçmək üçün çox vacibdir. Şagirdlər, məsələn, hərəkət, enerji, qüvvə və başqa fiziki hadisələri anlayaraq bu məsələləri həll etməli və həllərin nəticələrini düzgün şəkildə izah etməlidirlər.

3. Fizika anlayışlarını gündəlik həyatda tətbiq etmək

Fizika, təbiət hadisələrinin elmi izahını verdiyinə görə, şagirdlər bu bilikləri gündəlik həyatda tətbiq etməli və bu tətbiqləri düzgün şəkildə izah etməlidirlər. Qiymətləndirmə şagirdlərin yalnız məktəb kitablarında deyil, real həyatda da fizika qanunlarını necə tətbiq etdikələrini ölçməyə kömək

edir. Bu, şagirdlərə nəzəri biliklərlə yanaşı, praktiki düşünmə və problem həll etmə bacarıqlarını da inkişaf etdirir.

4. Fizika fənnində motivasiyanın artırılması

Fizika, bəzi şagirdlər üçün çətin və anlaşılmaz bir fənn ola bilər. Qiymətləndirmə bu çətinliklərin öhdəsindən gəlməyə və şagirdlərin öz bacarıqlarını daha çox inkişaf etdirməyə yönəldilə bilər. Pozitiv qiymətləndirmə, şagirdləri fizika mövzusunda daha çox maraqlanmağa və dərslərdə fəal iştirak etməyə təşviq edir. Şagirdlərin fizika ilə bağlı müsbət təcrübə əldə etməsi, onların təhsil həyatına olan motivasiyalarını artırır.

5. Praktiki bacarıqların qiymətləndirilməsi

Fizika yalnız nəzəri bir sahə deyil, həm də müxtəlif laboratoriya işləri, təcrübələr və praktiki tapşırıqlar tələb edir. Şagirdlərin bu bacarıqları necə tətbiq etdiyini qiymətləndirmək çox vacibdir. Laboratoriya işləri vasitəsilə şagirdlər fiziki qanunları özləri test edir, təcrübələr aparır və nəticələrini analiz edirlər. Qiymətləndirmə bu bacarıqları ölçməklə, şagirdlərin fizikanı nəzəri və praktiki olaraq necə mənimsədiklərini göstərir..

6. Rəqəmsal və interaktiv qiymətləndirmə alətləri

Rəqəmsal texnologiyaların istifadəsi qiymətləndirmə prosesini daha dinamik və şəffaf edir. Onlayn testlər, simulyasiyalar və virtual laboratoriyalar vasitəsilə şagirdlərin fizika qanunlarını necə anladıklarını və tətbiq etdiklərini qiymətləndirmək mümkündür. Bu metodlar şagirdlərin fəal iştirakını artırır və onlara dərs materiallarını daha interaktiv şəkildə mənimsəmə imkanı verir.

7. Fizika fənnində özünü qiymətləndirmə bacarıqlarının inkişafı

Qiymətləndirmə, yalnız şagirdin məlumatlarını yoxlamaqla kifayətlənmir, həm də onların özünü qiymətləndirmə və öz inkişaflarını izləmə bacarıqlarını inkişaf etdirməyə kömək edir. Şagirdlər qiymətləndirmə nəticələri ilə öz biliklərini və bacarıqlarını necə inkişaf etdirə biləcəklərini anlayırlar. Bu, onların müstəqil öyrənmə qabiliyyətlərini artırır və fizika kimi mürəkkəb bir fənnə daha effektiv inkişaf etmələrini təmin edir.

8. Ədalətli və şəffaf qiymətləndirmə

Fizika fənnində qiymətləndirmənin ədalətli və şəffaf olması şagirdlərin bu fənnə olan münasibətini yaxşılaşdırır. Fizika kimi analitik düşünmə və düzgün hesablama tələb edən bir fənnə qiymətləndirmə meyarları açıq və dəqiq olmalıdır. Şagirdlər qiymətləndirmənin obyektiv olduğuna əmin olduqda, onlar öz biliklərini daha da artırmağa və fizika dərslərində daha fəal iştirak etməyə təşviq olunurlar.

Fizika fənnində qiymətləndirmənin vacibliyi yalnız şagirdlərin biliklərini ölçmək deyil, həm də onların analitik düşünmə, tətbiqi bacarıqlarını inkişaf etdirmək və fizika mövzularına marağını artırmaqla bağlıdır. “Qiymətləndirmənin nəticələrinə görə perspektiv fəaliyyətlər planlaşdırılarkən, ilk növbədə, hansı inkişaf pilləsində qərarlaşmanı müəyyənləşdirmək mühüm əhəmiyyət kəsb

edir.”[<https://edu.gov.az/upload/file/M-Merdanov-Qiyametlendirme.pdf>] Qiymətləndirmə şagirdlərə yalnız akademik nailiyyətlərini izləməyə kömək etmir, eyni zamanda onları praktiki təcrübələrlə təchiz edir və fizikanın real həyatda necə tətbiq olunduğunu anlamalarına şərait yaradır.

IMPROVEMENT OF ASSESSMENT IN TEACHING PHYSICS

Orucov V., Kerimova A.

Abstract: *The article explores ways to improve the assessment process in physics education and examines new approaches to this process.*

Keywords: *physics, teaching methods, assessment process, new approaches.*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ

В. Орджов, Керимова А.

Аннотация: *В статье рассматриваются пути совершенствования процесса оценки в преподавании физики и новые подходы к этому процессу.*

Ключевые слова: *физика, методы обучения, процесс оценки, новые подходы.*

XI SİNİF FİZİKA KURSUNDA “MAQNİT SAHƏSİNİN CƏRƏYANLI NAQİLƏ TƏSİRİ. AMPER QÜVVƏSİ” MÖVZUSUNUN TƏDRİSİNDƏ VİRTUAL TƏCRÜBƏLƏRDƏN İSTİFADƏ TEXNOLOGİYASI.

Hacıyev T.M.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

tofiq.haciyev.62@mail.ru

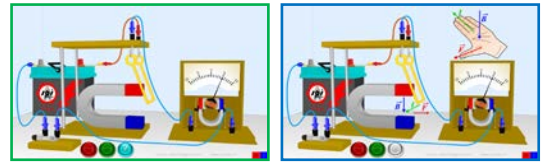
Xülasə: IX sinif fizika kursunda “Maqnit sahəsinin cərəyanlı düz naqilə təsiri. Maqnit induksiyasının modulu” mövzusunun tədrisi prosesində şagirdlər amper qüvvəsinin modulunun hansı kəmiyyətlərdən asılı olması və onun istiqamətinin sol əl qaydası ilə necə təyin olunduğunu öyrənirlər.

Məqalədə XI sinif fizika kursunda “Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsiri. Amper qüvvəsi” mövzusunun tədrisində şagirdlərin tədqiqatçılıq bacarıqlarının və bilik keyfiyyətlərinin artırılmasında mühüm rol oynayan virtual nümayiş təcrübələri müəyyənləşdirilmiş və istifadə texnologiyası verilmişdir.

Açar sözlər: fizika, maqnit sahəsi, naqil, amper qüvvəsi, virtual nümayiş, araşdırma.

Ümumtəhsil məktəblərində fizika fənnin tədrisi prosesində əsas məsələlərdən biri şagirdlərdə praktiki bacarıq və vərdişlərin aşılmasından ibarətdir. Praktiki bacarıq və vərdişlərin aşılmasında nümayiş təcrübələrinin böyük əhəmiyyəti vardır. Təlim prosesində şagirdlərin yeni materialların yaxşı mənimsəmələri üçün müəllimin virtual təcrübə nümayişlərindən istifadə etməsi vacibdir.

Fikrimizcə, fizikanın tədrisi prosesində şagirdlərin texniki bacarıqlarının və bilik keyfiyyətlərinin artırılması məqsədi ilə komputer modellərindən (fiziki animasiya və simulyasiyalar) sistemli istifadə aktual problemlərdən biridir.



şəkil 1.

şəkil 2.

Məqalədə tədris prosesində şagirdlərin fizikadan bilik, bacarıq və vərdişlərinin inkişaf etdirilməsi məqsədi ilə virtual təcrübələrdən istifadə texnologiyasını işləməkdən ibarətdir.

Müəllimin əsas vəzifəsi hər bir mövziya uyğun virtual nümayiş təcrübələr seçmək və onları təlim prosesində texnoloji bacarıqla nümayiş etdirməkdən ibarətdir.

■ **Maraqoyatma:** Müəllim dərsin bu mərhələsində şagirdlərin IX sinif fizika kursundakı biliklərə əsaslanaraq, onlara bir neçə sualla müraciət edir.

Təqdim olunan suallara aid şagirdlərin cavabları dinlənilir. Bu fərziyyələr əsasında tədqiqat sualı formalaşır.

■ **Tədqiqat sualı:** *Nal şəkilli maqnitin maqnit sahəsində cərəyanlı naqil yerləşdirdikdə nə baş verir?*

■ **Araşdırmanın aparılması:** Müəllim “Физика в школе–HTML5” saytıdan “Sol əl qaydası” adlı animasiyanı təqdim edir [4].

Şagirdlər nalşəkilli maqnitin maqnit sahəsində yerləşdirilmiş naqilin sükunətdə olduğunu müşahidə edirlər. Sonra dövrə qapanır və naqilin hərəkətə gəlməsi müşahidə edilir (şəkil 1).

Şagirdlər nümayiş əsasında müəyyən edirlər ki, naqilə təsir edən qüvvənin modulu naqildəki cərəyan şiddətinin, maqnit sahəsinin induksiyasının, maqnit sahəsində yerləşən naqilin uzunluğunun və maqnit induksiya vektoru ilə düz cərəyanlı naqil arasındakı bucağın qiymətlərindən asılıdır [1; 2].

Müəllim şagirdləri qruplara ayırır və tapşırıqları verir:

- **Məlumat mübadiləsi və müzakirəsi:** Fəndaxili əlaqədən istifadə edən qruplar verilən tapşırıqları müzakirə edərək, cavablandırırlar. Onlar müşahidə nəticələrini iş vərəqlərində qeyd edirlər. Araşdırmanın nəticəsi verilmiş tapşırıqlar əsasında müzakirə olunur.

- **Ümumiləşdirmə və nəticə:** Müəllim şagirdlərə mövzuya aid bir neçə sualla müraciət edə bilər:

Müəllim və şagirdlər verilən suallara aid cavabları dinləyir. Sonra müəllim mövzunu ümumiləşdirir və alınan nəticələr şagirdlərə təqdim edilir.

Müəllim virtual təcrübəni nümayiş etdirərək qeyd edir ki, maqnit sahəsində yerləşdirilən cərəyanlı naqilə sahə tərəfindən qüvvə təsir edən qüvvənin modulu naqildən axan cərəyan şiddətindən, maqnit induksiyasının modulundan, naqilili uzunluğundan və cərəyanın istiqaməti ilə maqnit induksiyası vektoru arasındakı bucağın qiymətindən asılıdır [1].

$$F_A = IBlsin\alpha$$

Sonra şagirdlərə “sol əl qaydası” izah edilir.(şəkil 2),

Cərəyanın istiqaməti və maqnit qütblərinin yerləri dəyişdirilərsə, naqilə təsir edən – Amper qüvvənin istiqaməti də dəyişir.

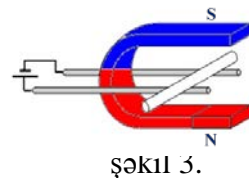
Sonra şagirdlərə Amper qüvvəsinin tətbiqləri haqqında məlumatlar verilir.

Müəllim “Sadə elektrik mühərriki” adlı elektrik mühərrikinin neçə işləsini nümayiş etdirir. Onun iş prinsipinin maqnit sahəsinin cərəyanlı çərçivəyə təsirinə - Amper qüvvəsinə əsaslandığı izah edilir.

- **Yaradıcı tətbiq etmə:** Dərsin bu mərhələsində müəllim şagirdlərin əldə etdikləri bilikləri və tətbiq etmək bacarığını formalaşdırmaq məqsədi ilə müxtəlif xarakterli məsələlər və ya testlər həll etdirə bilər.

Sonra mövzuya aid keyfiyyət və kəmiyyət xarakterli məsələlərin həllinə baxılır:

Məsələ: Şəkildə nalsəkilli maqnitin maqnit sahəsində cərəyanlı naqil yerləşdirilmişdir. Dövrənin qapalı olduğuna əsasən naqildən axan cərəyanın, maqnit induksiya vektorunun və cərəyanlı naqilə təsir edən Amper qüvvəsinin istiqamətlərini göstərin. Amper qüvvəsi hansı istiqamətdə yönəlir?(şəkil 3).



Həlli:

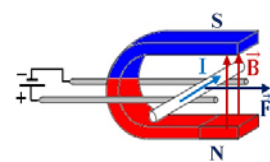
Məsələni həll etmək üçün şagirdlərə cərəyanın, maqnit induksiyasının və Amper qüvvəsinin istiqamətlərinin necə təyin edilməsinə aid suallar verilir.

1. Elektrik cərəyanının istiqaməti hansı istiqamətdə yönəlir?

2. Maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqaməti olaraq nə qəbul edilmişdir?

3. Amper qüvvəsinin istiqaməti hansı qayda ilə təyin edilir?

Verilmiş sualların düzgün cavabları dinləndikdən sonra əvvəlcə cərəyanın istiqaməti (müsbət yüklərin hərəkət istiqaməti) və maqnit induksiya vektorunun istiqaməti \vec{B} təyin edilir. Sonra isə “sol əl qaydası” ilə cərəyanlı naqilə təsir edən Amper qüvvəsinin istiqaməti təyin edilir.



şəkil 4.

Cavab: Amper qüvvəsinin istiqaməti sağa doğru yönəlir.

Ədəbiyyat

1. R.R.Abdurazaqov, R.M. Əliyev, Q.M.Şərifov. Fizika 11, Dərslik, Bakınəşr, 2018. 208 s.
2. R.R.Abdurazaqov, R.M.Əliyev. Fizika 11, Müəllimlər üçün metodik vəsait, Bakınəşr, 2018.208 s.
3. S.Q.Abdullayev. Fizika məsələləri. Ümumtəhsil məktəbləri və liseylər üçün dərs vəsaiti. 9-11. Bakı-2012. 400 s.
4. Физика в школе – HTML5 (Физика. Анимации/Симуляции). 2024
<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=ru>.

ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ТЕМЫ «ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОВОДНИК С ТОКОМ. СИЛА АМПЕРА» В XI КЛАССЕ КУРСА ФИЗИКИ.

Гаджиева Т.М.

Аннотация: В курсе физики IX класса в процессе преподавания темы «Воздействие магнитного поля на прямой проводник с током. Модуль магнитной индукции» учащиеся узнают, от каких величин зависит модуль амперной силы и как определяется ее направление по правилу левой руки.

В статье «Воздействие магнитного поля на проводник с током. Сила Ампера» в XI классе курса физики, определены виртуальные демонстрационные эксперименты, которые играют важную роль в повышении исследовательских умений и познавательных качеств студентов при преподавании темы «Сила Ампера» и приведена технология их использования.

Ключевые слова: физика, магнитное поле, проводник, сила тока, виртуальная демонстрация, исследование.

TECHNOLOGY OF USING VIRTUAL EXPERIMENTS IN TEACHING THE TOPIC “THE EFFECT OF A MAGNETIC FIELD ON A CURRENT-CARRYING CONDUCTOR. AMPERE FORCE” IN THE XI GRADE PHYSICS COURSE.

Наджиев Т.М.

Abstract: In the IX grade physics course, during the study of the topic "Effect of the Magnetic Field on a Current-Carrying Straight Conductor. Magnetic Induction Modulus," students learn about the dependence of the magnitude of the Ampere force on certain factors and how its direction is determined using the left-hand rule.

The article identifies virtual demonstration experiments that play a significant role in enhancing students' research skills and knowledge quality while teaching the topic "Effect of the Magnetic Field on a Current-Carrying Conductor. Ampere Force" in the XI grade physics course, along with the technology used in these experiments.

Keywords: physics, magnetic field, conductor, Ampere force, virtual demonstration, research.

FİZİKİ HADİSƏLƏRİN TƏDRİSİNDƏ ANALOGİYADAN İSTİFADƏNİN ƏHƏMİYYƏTİ

Dadaşzadə G. A.

ADPU – nun nəznində Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Kollecinin fizika müəllimi

gunay_dadaszade@mail.ru

***Xülasə:** Məqalə ümumtəhsil məktəblərində fiziki hadisələrin tədrisi zamanı analogiyadan istifadəyə həsr edilmişdir. Tədris prosesi zamanı analogiya və modelləşdirmə metodlarından istifadə etməklə fizikanın tədrisi metodlarının tətbiqinin nəticələri təhlil edilir.*

***Açar sözlər:** Analogiya, modelləşdirmə, metod, müəllim, şagird.*

Analogiya - cisimlərin, proseslərin və hadisələrin oxşarlığı əsasında çıxarılan nəticədir. Elmdə analogiyanın rolu daha ciddi deduktiv və induktiv üsullarla yoxlanılan səmərəli təxminlər və fərziyyələr mənbəyidir. Təbiət elmlərində analogiya əsasən yeni biliklərin yaranmasında evristik vasitə kimi istifadə olunur. [2]

Analogiya və modellər fizikanın öyrənilməsində geniş istifadə olunan elmi bilik üsullarından biridir və əsası müqayisədir. İki və ya daha çox obyektin oxşar xüsusiyyətlərə malik olduğu aşkar edilərsə, o zaman bəzi digər xüsusiyyətlərin oxşarlığı haqqında nəticə çıxarılır. Analogiya ilə nəticə doğru və ya yalan ola bilər, ona görə də eksperimental yoxlama tələb olunur.

Ümumtəhsil məktəblərində analogiya fizikanın öyrənilməsində geniş istifadə olunan elmi bilik üsullarından biridir və onun tədrisdə əhəmiyyəti fizika dərslərində materialın təqdim edilməsinin elmi-nəzəri səviyyəsinin yüksəldilməsi, şagirdlərin elmi dünyagörüşünün formalaşması ilə bağlıdır. Fiziki təcrübələrdə analogiyaların öyrədilməsi əsasən artıq tətbiq edilmiş çətin anlayışları və qanunauyğunluqları izah etmək üçün istifadə olunur.

Tədris prosesindəki analogiyalar əvvəllər öyrənilmiş materialdan və ya şagirdlərin digər fənləri öyrənərkən və ya gündəlik həyatda əldə etdikləri biliklərdən səmərəli istifadə etməyə, onu möhkəmləndirməyə imkan verir. Analogiya fizikanın tədrisində istifadə üçün böyük potensiala malik olan elmi biliklərin ən səmərəli üsullarından biridir və müqayisəyə əsaslanır [4].

Dərslərin təşkili və keçirilməsində istifadə olunan tədris metodları bu məqsədlərə çatmaqda həlledici rol oynayır. Pedaqoji fəaliyyət çoxşaxəli olsa da, yenə də müəyyən qanunauyğunluqlara tabedir. Bu qanunauyğunluqları ancaq bir çox müəllimlər nəsilərinin pedaqoji təcrübəsini və xüsusi elmi-pedaqoji tədqiqatların nəticələrini sistemləşdirməklə başa düşmək olar.

Fizikanın tədrisdə analogiyalardan istifadə dərslərində materialın təqdim edilməsinin elmi-nəzəri səviyyəsini yüksəldir, şagirdlərdə elmi dünyagörüşünün formalaşmasına kömək edir. Pedaqoji təcrübədə analogi metoddan əsasən artıq tətbiq edilmiş və şagirdlərin başa düşməsi ən çətin olan anlayış və qanunauyğunluqları, fiziki proses və hadisələri izah etmək üçün istifadə olunur. Verilən nümunələr gündəlik həyatdan və ya şagirdlərin yaxşı mənimsədiyi əvvəlki bölmələrdən şagirdlər üçün başa düşülən olmalıdır [2].

Fizikanın tədrisi prosesində fiziki hadisələrin və qanunların öyrənilməsində bu metodun tətbiqinə dair nümunələrə nəzər salaq. Ümumtəhsil məktəblərində elektromaqnit rəqslərinin və dalğalarının öyrənilməsi təxəyyülü təfəkkürün zəif inkişaf etməsinə görə həmişə şagirdlərə böyük çətinliklər yaradır. Elektromaqnit proseslərin başa düşülməsini asanlaşdırmaq üçün mexaniki rəqslər və dalğalar ilə bir analogiya tətbiq edilir, çünki müxtəlif təbiətli rəqslər və dalğalar ümumi qanunlara tabe olur. Dövrədəki elektromaqnit rəqsləri sərbəst mexaniki rəqslərə bənzəyir, məsələn, yaya bağlanmış cismin rəqsləri. Bu oxşarlıq dövrü olaraq dəyişən kəmiyyətlərin təbiəti ilə bağlı deyil, müxtəlif fiziki kəmiyyətlərin dövrü dəyişməsi proseslərinə münasibətdə özünü göstərir. Elektromaqnit rəqsləri və dalğalar məktəb fizikası kursunun mövzularıdır ki, onların mənimsənilməsi əhəmiyyətli olaraq şagirdlər üçün böyük çətinliklər yaradır [1]. Buna görə də, elektromaqnit proseslərin öyrənilməsini asanlaşdırmaq üçün elektromexaniki analogiyalardan istifadə olunur, çünki müxtəlif təbiətli rəqslər və dalğalar ümumi qanunlara tabe olur.

Təbii ki, hər bir şagird, ilk növbədə, yeni və bilinməyən hər şeylə maraqlanan uşaqdır. Müəllim isə bu marağı vaxtında aşkarlamalı, inkişaf etdirməli və düzgün istiqamətə yönəltməlidir. Şagirdlər, bütün uşaqlar kimi, hər şeyi özləri sınağa, hər şeyi öz əlləri ilə etməyə və ətrafdakı dünyanı təkbaşına kəşf etməyə maraqlıdır. Müəllim bu həvəsi dünyanın elmi biliklərinə yönəldə, şagirdlərin fizika marağını artırmağa bilər. Bunun üçün əyani vəsaitlərdən, nümayiş eksperimentlərindən istifadə etmək, şagirdləri dərslərdə müxtəlif maketlərin yığılmasına cəlb etmək olar. Eləcə də virtual təcrübələrdən istifadə edərək mövzular arasındakı analogiyaları daha aydın şəkildə şagirdlərə çatdırmaq olar.

Fizikanın tədrisində analogiya və modelləşdirmə metodundan istifadə şagirdlərin fənnə marağını artırmaqla yanaşı, həm də onların akademik göstəricilərini təkmilləşdirməyə imkan verir. Müəllim öz təcrübəsində bu üsulları müasir təlim metodları ilə birləşdirərək, əslində pedaqogikanın əsas məqsəd və vəzifələrinə nail ola bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. M. Murqzov, R. Abdurazaqov, R. Əliyev, D. Əliyeva. Fizika 9. Dərslik. Bakı 2020.
2. R. S. Elliott, Some useful analogies in the teaching of electromagnetic theory, Education IEEE Transactions on, 22(1979), 7-10 [2]
3. H. Marmanis, Analogy between the Navier–Stokes equations and Maxwell's equations: application to turbulence, Physics of Fluids, 10(1998), 1428-1437.
5. <https://moluch.ru/archive/454/98522/?ysclid=m3d0ngjqte142739270>

ВАЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНАЛОГИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИЧЕСКИМ ЯВЛЕНИЯМ

Дадашзаде Г. А.

Резюме: *Статья посвящена использованию аналогии при преподавании физических явлений в общеобразовательной школе. В процессе обучения анализируются результаты применения методов обучения физике с использованием методов аналогии и моделирования.*

Ключевые слова: *Аналогия, моделирование, метод, учитель, ученик.*

THE IMPORTANCE OF USING ANALOGY IN THE TEACHING OF PHYSICAL PHENOMENA

Dadashzade G.A.

Abstract: *The article is devoted to the use of analogy in teaching physical phenomena in secondary schools. The results of the application of physics teaching methods using analogy and modeling methods during the teaching process are analyzed.*

Keywords: *Analogy, modeling, method, teacher, student.*

**ORTA ƏSRLƏRDƏ AZƏRBAYCAN FİLOSOFLARININ (Ə.BƏHMƏNYAR VƏ N.
GƏNCƏVINİN) XİDMƏTLƏRİNƏ DAİR TƏLİM MATERİALLARINDAN
ÜMUMTƏHSİL ORTA MƏKTƏBİN VII SİNİF FİZİKA TƏDRİSİNDƏ İSTİFADƏNİN
SİSTEMİ**

Müsəyeva G.Ə.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

gulsen.musayeva.75@mail.ru

***Xülasə:** Məqalədə orta məktəbin VII siniflərində Azərbaycan filosoflarının xidmətlərinə dair təlim materiallarından fizika tədrisində istifadənin sistemi göstərilmişdir. Məqalədə əsas məqsəd – ümumtəhsil orta məktəblərində fizika tədrisində Orta əsrlər təbiət elmlərinin inkişafında Azərbaycan alimlərinin xidmətlərinə dair tarixi materiallardan istifadənin sistemini müəyyənləşdirmək, bununla da şagirdlərin fizika fənninə maraqlarının artırılması və fizika təlimi prosesində şagirdlərə milli vətənpərvərlik keyfiyyətinin aşılmasından ibarətdir.*

***Açar sözlər:** filosof, fizika, astronomiya, Əbülhəsən Bəhmənyar, Nizami Gəncəvi*

Məqalədə əsas məqsəd – ümumtəhsil orta məktəblərində fizika tədrisində Orta əsrlər təbiət elmlərinin inkişafında Azərbaycan alimlərinin xidmətlərinə dair tarixi materiallardan istifadənin sistemini müəyyənləşdirmək, bununla da şagirdlərin fizika fənninə maraqlarının artırılması və fizika təlimi prosesində şagirdlərə milli vətənpərvərlik keyfiyyətinin aşılmasından ibarətdir. Fizika fənninin yeni təlim proqramının (kurikulumunun), dərslik və dərs vəsaitlərinin məzmunu üzərində apardığımız elmi-metodiki araşdırmalardan da məlum olmuşdur ki, fizika elminin inkişaf tarixində Orta əsrlər dövründə Azərbaycan filosoflarının işlərinə aid heç bir tətbiqi material verilməyibdir [1]. Araşdırmalar nəticəsində Orta əsrlərin müxtəlif dövrlərində yaşayıb-yaratmış, həmin dövrlərdə təbiət elmlərinin inkişafında xidmətləri olmuş Azərbaycan filosof və alimlərini müəyyənləşdirdik[2].

Əbülhəsən Bəhmənyar Əl-Azərbaycani Şərqi ensiklopedik alimi İbn Sinanın ən görkəmli şagirdi və elmi irsinin davamçısı olmuşdur. O, var – qüvvəsi ilə XI əsrdə Aristotel fəlsəfəsinin irəliyə doğru inkişafını təmin edən filosof olmuşdur.

“Təhsil” əsəri Bəhmənyarın yaradıcılığında xüsusi yer tutur. Əsərin sonuncu dəfə fars dilində 1971-ci ildə Tehranda nəşr edilməsi məlumdur. Əsərin “Metafizika” hissəsi fizikaya həsr edilmiş və beləliklə, XI əsrdən başlayaraq “fizika” sözü Azərbaycan dilində işlənmişdir [4]. Əsərin ikinci və üçüncü hissələrində materiyanın quruluşu, mexaniki hərəkət, hərəkətin trayektoriyası və təbiətinə görə növləri, məkan, zaman və onların xüsusiyyətləri, işıq hadisələri və işığın təbiəti, səs hadisələri haqqında elmi fikirlər öz əksini tapmışdır. Filosof cisimlərin çox olduğunu göstərir: səmavi cisimlər, ünsüri cisimlər, dörd ünsürdən (od, hava, su və torpaqdan) təşəkkül tapmış cisimlər: buludlar, meteoritlər, küləklər, minerallar, bitkilər, heyvanlar və sair. Alimin fikrincə, bütün bunlarda bir nizam, bir tərtibat vardır. Bəhmənyarın fikrincə, cisim duyğu ilə qavranıldığı üçün onun isbatına ehtiyac yoxdur.

Cismə üç ölçüyə – uzunluğa, enə və dərinliyə malik substansiya kimi tərif verilərək, onun mövcudluq üsulu göstərilir [3].

Nizami Gəncəvi təhsilini Gəncə mədrəsələrində almış, ana dilindən başqa ərəb, fars və daha sonra şəxsi müəllim yolu ilə yunan dilini mükəmməl öyrənmişdir. Nizami dəqiq elmlər içərisində ən qədim elm olan astronomiya ilə yaxından maraqlanmışdır. Bu da o səbəbdən irəli gəlirdi ki, qədimdə xalqlar, xüsusən əkinçilik və maldarlıq təsərrüfatı ilə məşğul olduqlarından fəsilərin dəyişməsi ilə əlaqədar olan vaxtın qabaqcadan dəqiq müəyyən olunmasını vacib məsələlərdən biri hesab edirdilər [6]. Məsələn, misirlilər üçün Sirius ulduzunun yeni ildə ilk görünməsinin çox böyük əhəmiyyəti var idi. Belə ki, bu ulduzu müşahidə etməklə Günəş ilinin uzunluğunu təyin edir. Xalqların bu istəyi və tələbindən qidalanan Nizami Gəncəvi astronomiya, fizika, riyaziyyat elmləri ilə maraqlanmış, onların qanunauyğunluqlarını öz əsərlərində təsvir və şərh etmişdir [5].

Məqalədə bu mütəfəkkirlərin elmi irsinə dair tarixi materiallar araşdırılmış, və onlardan istifadənin sistemi qurulmuşdur (bax: Cədvəl 1).

Mövzunun tədrisinə dair metodik göstərişlər						
	Mövzunun VII sinif fizika kursunda yeri	Tətbiqi təlim materiallarının məzmunu	Fəndaxili inteqrasiya	Fənlərarası inteqrasiya	Tədris texnologiyası	Resurs
1	2	3	4	5	6	7
	Fizika VII. Fəsil 1. Mexaniki hərəkət. Möv.1.1. Mexaniki hərəkətin təsviri. Möv.1.1. Düzxətli bərabərsürətli hərəkət	Əbülhəsən Bəhmənyarın “hərəkət”, “düzxətli bərabərsürətli hərəkət”, cisimlərin təbii hərəkəti, “çevrə üzrə hərəkət”, təcilli hərəkət	Fəsil 4. Möv.22 Mexaniki hərəkət	Təbiət-6. Möv.14 Hərəkət	1.Fəal oxu 2.İKT-nin tətbiqi ilə elektron dərsliyindən istifadə 3.Qruplarla iş. 4.Situasiya məsələlərinin həlli	7;4 3;22 5;24;23
2	Fəsil 2. Qüvvə. Möv.2.5. Ümumdünya cazibə qanunu	Nizami Gəncəvi An-tik yunan fəlsəfəsin-də materiyanın, həyatın əsasını təşkil edən dörd ünsürdən birini, yəni istiliyin, odun bilavasitə hərəkətin şiddəti, çaxnaşması ilə bağlı olduğunu dahiyənə bir tərzdə göstərir.	Fəsil4. Möv.22. Mexaniki hərəkət Möv.23. Maddələrin daşınması və istilik hərəkəti Fizika VII. Fəsil 1. Mexaniki hərəkət,2. Qüvvə	Kimya 7. Fəsil1. İlk kimyəvi anlayışlar.Möv.1. Maddələr. Maddələrin xassələri. Ədəbiyyat 8. Nizami Gəncəvi	1.Fəal oxu 2.İKT-nin tətbiqi ilə elektron dərsliyindən istifadə 3 Cütlərlə və ya qruplarla iş 4. Nizami Gəncəvinin poemalarından uyğun materialı nümunə gətirmək.	2;11 7;13 2;15 8;14 13;17

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Respublikasının Ümumtəhsil Məktəbləri üçün fizika fənni üzrə təhsil proqramı (kurikulumu). VI-IX siniflər. Bakı, 2013, 80 s.

2. Abdullayev B.A., Zülfüqarova Ş.V. Didaktikanın bəzi aktual problemləri. Bakı: ADPU-nun nəşri, 2006, 162 s.
3. Bəhmənyar. Metafizikanın mövzusu. Tərcümə edən: Zakir Məmmədov. Şərq fəlsəfəsi (IX-XII əsrlər). Bakı, 1999. s. 124.
4. Bəhmənyar. Təhsil (Məntiq). Tərcümə edən: Zakir Məmmədov. Şərq fəlsəfəsi (IX-XII əsrlər). Bakı, 1999. s. 115-121.
5. Əbülqasımova N.Ə. Nizami və təbiət elmləri. Bakı, : Bilik cəmiyyəti, 1982, 24 s.
6. Gəncəvi, N. Sirlər xəzinəsi. Bakı, Lider nəşriyyatı, 2014, 264 s.
7. Gəncəvi, N. İskəndərnamə. İqbalnamə. Bakı, Lider nəşriyyatı, 2014, 256 s.

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО УСЛУГАМ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ ФИЛОСОФОВ (А. БАХМАНЫРА И Н. ГЯНДЖАВИ) В СРЕДНЕВЕКОВЬЕ В VII КЛАССЕ ФИЗИКИ ОБЩЕЙ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ СИСТЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Мусаева Г.А.

***Резюме:** В статье показана система использования учебных материалов об услугах азербайджанских философов при преподавании физики в 7 классе средней школы. Основная цель статьи - определить систему использования исторических материалов о заслугах азербайджанских ученых в развитии средневекового естествознания при преподавании физики в общеобразовательных школах, тем самым повышая интерес учащихся к физике и прививая качество обучения. национальный патриотизм у студентов в процессе обучения физике.*

***Ключевые слова:** философ, физика, астрономия, Абулгасан Бахманьяр, Низами Гянджеви.*

TEACHING MATERIALS ON THE SERVICES OF AZERBAIJAN PHILOSOPHERS (A. BAHMANYAR AND N. GANJAVI) IN THE MIDDLE AGES IN PHYSICS CLASS VII OF A GENERAL SECONDARY SCHOOL SYSTEM OF USE

Musayeva G.A.

***Summary:** The article shows the system of using educational materials on the services of Azerbaijani philosophers in the teaching of physics in the 7th grade of secondary school. The main goal of the article is to determine the system of using historical materials on the services of Azerbaijani scientists in the development of medieval natural sciences in the teaching of physics in general secondary schools, thereby increasing students' interest in physics and instilling the quality of national patriotism in students in the process of physics training.*

***Keywords:** philosopher, physics, astronomy, Abulhasan Bahmanyar, Nizami Ganjavi*

FİZİKA TƏLİMİNDƏ İNTERDİSİPLİNAR ƏLAQƏLƏRİN ROLU

Məmmədzadə A.C.

Gəncə Dövlət Universiteti

afet.memmedzade@bk.ru

Xülasə: Respublikamızın universitetlərində 050105-Fizika müəllimliyi ixtisası üzrə kadr hazırlığının kefiyyətinin artırılması yolları araşdırılır. Fizika müəllimliyi ixtisasının təhsil proqramında tələb olunan dəyərlərin formalaşmasında interdisiplinar əlaqələrin rolu açıqlanmaqla yanaşı həm də onun təlim prosesinə tətbiqi yolları göstərilir.

Aşar sözlər: fizika müəllimliyi, təhsil proqramı, interdisiplinar yanaşma, ali təhsil, peşə kompetensiyaları.

Fizika elmi universitet tələbələrinin istər ixtisas kompetensiyalarının, eləcə də elmi dünya görüşünün formalaşmasında müstəsna rol oynayır. Bakalavriat səviyyəsinin 050105 - Fizika müəllimliyi ixtisası üzrə təhsil proqramının 2.2.bəndində məzunların aşağıdakı peşə kompetensiyalarına yiyələnmələrini əsas məqsəd olaraq bildirilir:”

- Fiziki müşahidə, təcrübə və eksperimentlərin mahiyyətini bilmək, onlardan nəticə çıxarmaq və çıxan nəticələri təhlil etmək bacarığına;

- Fizika üzrə qazanılmış bilik, bacarıq və vərdislərə uyğun olaraq problemlərin həllində iştirak etməyə hazır olmaq bacarığına;

- Fiziki hadisələri xarakterizə edən kəmiyyət və tənlikləri fərqləndirmək, onlar arasındakı münasibətləri (asılılıqları) müəyyənləşdirmək və qrafik təsvir etmək bacarığına;

- Fiziki qanun və qanunauyğunluqları, nəzəriyyə, tənlik, qayda, prinsip, hipotez və postulatları, onlardan çıxan nəticələri təhlil etmək, onları müxtəlif hadisə və proseslərdə tətbiq etmək bacarığına” [1].

Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyasında qeyd olunduğu kimi: “Sosial-iqtisadi həyatın müasirləşdirilməsində təhsilin rolu təkcə təhsilalanın qazandığı bilik və bacarıqların iqtisadi amilə çevrilməsi ilə məhdudlaşmır. Təhsil prosesində əldə olunan bilik və bacarıqlar, həmçinin etik-əxlaqi norma və dəyərlər hər bir təhsilalanın cəmiyyətin layiqli üzvü olması üçün lazımı şərait yaradır, onu biliyi və etik davranışı sayəsində örnək ola biləcək həmkara, nümunəvi ailə üzvünə və vətəndaşa çevirir” [2]. Interdisiplinar yanaşma, müxtəlif elmi sahələrdən gələn biliklərin, metodların və perspektivlərin bir araya gətirilməsi və bir problemin, mövzunun və ya tədqiqatın öyrənilməsi prinsipidir. Interdisiplinar yanaşma metodundan istifadə zamanı müxtəlif sahələr arasında sərhədləri aşaraq, daha əhatəli və dərin anlayışlar əldə etməklə yanaşı, həm də müxtəlif perspektivlərin bir araya gəlməsinə, müasir tədqiqatların və təhsil metodlarının daha səmərəli olmasına imkan yaradır. Bu metod müasir cəmiyyətin mürəkkəb problemlərinin həlli üçün elm, təhsil və sosial sahələrdə əməkdaşlığı gücləndirərək cəmiyyətin inkişafına töhfələr verir. Interdisiplinar əlaqələr tələbələrə fizikanın digər elmlərlə, məsələn, kimya, biologiya ilə necə bağlı olduğunu göstərir. Interdisiplinar metodun tətbiqinin bir neçə əsas üstünlükləri vardır:

1. İnterdisiplinar metod tələbələrin müxtəlif sahələrdəki biliklərini birləşdirərək, fizikanın bir sıra qanun və hadisələrini daha dərinləndirən öyrənilməsinə köməklik göstərir. Məsələn, kimya ilə fizikanın əlaqəsi, molekulyar strukturların və onların davranışlarının öyrənilməsində çox əhəmiyyətlidir.

2. Fizikanın texnologiya sahələrində tətbiqi, tələbələrə elmin real həyatda necə işlədiyini göstərir. Məsələn, mexanika və elektrik ilə bağlı layihələr, tələbələrə problemləri həll etmə bacarıqlarını inkişaf etdirməkdə kömək edir.

3. Fizika elminə dair biliklərlə fərqli sahələr arasında əlaqə qurmağı, eləcə də tələbələrin kreativ düşüncə qabiliyyətlərini artırır. Onlar yeni fikirlər, konsepsiyalar və yanaşmalar təklif etməklə yanaşı həm də onu inkişaf etdirə bilirlər.

4. İnterdisiplinar tədqiqatlar, yeni kəşflərin və innovasiyaların yaranmasına şərait yaradır. Məsələn, biofizika sahəsindəki tədqiqatlar, bioloji sistemlərin fiziki prinsiplərini anlamağa yönəlmişdir.

5. Müəllimlər, interdisiplinar metodlarla tədris etdikdə, tələbələrin marağını artıraraq, öyrənmə prosesini daha cəlbedici edə bilirlər [3].

Bu cür dərslərin bəzi nümunələrinə və onların təlim metodlarına diqqət yetirək:

1. Fizika və kimya sahələrindən interdisiplinar dərslər nümunələri, bu iki elmin bir-biri ilə necə əlaqələndiyini göstərir. Aşağıda bəzi interdisiplinar dərslər nümunələri təqdim olunur.

Mövzu: Işığın molekullar üzərində təsiri

Təsvir: Tələbələr, müxtəlif maddələrin işığa reaksiya verməsini öyrənir. Spektroskopiya üsulları ilə molekulların enerji səviyyələrini və atomların rənglərini necə dəyişdirdiyini müzakirə edirlər.

2. Fizika və biologiya fənləri arasındakı interdisiplinar dərslər nümunələri, tələbələrin hər iki sahənin prinsiplərini birləşdirərək daha dərin anlayış əldə etmələrinə kömək edir. Belə dərslər nümunələri, tələbələrə fizika və biologiya arasındakı əlaqələri dərk etməyə, elmi anlayışlarını dərinləşdirməyə və real dünya problemlərinə həll yolları axtarmağa kömək edirlər:

Mövzu: Səs dalğaları və biologiya;

Təsvir: Səsin fiziki xüsusiyyətləri, akustik dalğalar və heyvanların (məsələn, yarasaların) eko ilə orientasiyası. Tələbələr, səsin necə yayıldığını və canlıların onu necə istifadə etdiyini öyrənirlər.

Metodlardan istifadə

• **Layihə formasında yanaşma:** Tələbələr bir mövzunu interdisiplinar bir şəkildə araşdıraraq real problemləri həll etməyə çalışırlar.

• **Eksperimentlər və təcrübələr:** Tələbələr müxtəlif sahələrdəki prinsipləri bir araya gətirən laboratoriya işlərinin aparılmasını reallaşdırırlar.

• **Seminarlar və diskussiyalar:** Tələbələr arasında interaktiv müzakirələr təşkil edərək, fikirlərin paylaşılmasını və inkişafını stimullaşdırmaq olur.

Fizika təlimində interdisiplinar əlaqələrin gücləndirilməsi, tələbələrin elmi düşüncə qabiliyyətlərini inkişaf etdirir, öyrənmə motivasiyasını artırır və onların gələcəkdəki akademik və peşəkar uğurlarına müsbət təsir göstərir.

Ədəbiyyat:

1. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 28 aprel 2022-ci il tarixli F-238 nömrəli əmri
2. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2013-cü il 24 oktyabr tarixli Sərəncamı
3. <https://ponjatija.ru/node/10619>

THE ROLE OF INTERDISCIPLINARY RELATIONS IN PHYSICS TEACHING

Mamedzade A.D.

Summary: *This article examines ways to enhance the quality of training for the 050105-Physics Teaching specialty in universities across our country. It discusses the role of interdisciplinary connections in developing essential values within the physics teaching curriculum, as well as outlining methods for their application in the teaching process.*

Keywords: *physics teaching, curriculum, interdisciplinary approach, higher education, professional competencies.*

РОЛЬ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ФИЗИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

МАМЕДЗАДЕ А.Д.

Аннотация: *В статье рассматриваются пути повышения качества подготовки по специальности 050105-Физика преподавания в университетах нашей страны. Объясняется роль междисциплинарных связей в формировании необходимых ценностей в учебной программе физического образования, а также представлены методы их применения в учебном процессе.*

Ключевые слова: *физическое образование, учебная программа, междисциплинарный подход, высшее образование, профессиональные компетенции.*

FİZİKA DƏRSLƏRİNDƏ UYGUNLUQ PRİNSİPİNİN REALLAŞDIRILMASI

R.Ş.Rəhimov, X.V.Cəlilova

BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

rehim@rehimli.info, xanimcelilova60@gmail.com

Fizika bir təbiət elmi kimi yalnız xüsusi metodlardan deyil, həm də ümumi və ən ümumi metodlardan istifadə edir. Bu metodlardan istifadə etdikdə fizika elmi ilə fəlsəfə arasında sıx əlaqə yaranır. Fizika elmi dünyanı dərk etmək üçün öz tədqiqat obyektinə yanaşma üsulunu və üsulu yaratmaq üçün zəruri olan idraki prinsipləri işləyib hazırlayır. Bu prinsiplərlə onların əsasında yaratdığı üsulların sintezi fizikanın ayrı-ayrı metodlarına başlanğıc verir. Fizikanın fəlsəfə ilə əlaqəsi, idrakın fəlsəfi xarakterli ümumi metodlardan istifadə etməklə yekunlaşmır. Bu əlaqə fizika qanunlarını dərinlən dərk etməyə və genişmiqyaslı ümumiləşdirmələr aparmağa imkan verir. Beləliklə fizika və fəlsəfə insan idrakının bir-birini tamamladığı, bir-biri ilə qarşılıqlı təsir də olan iki müxtəlif formasıdır. [1]

Fizikada uyğunluq prinsipi müasir elmi biliyin quruluşunun inkişafını imləyən edən metodoloji prinsiplərdən biridir. Bu prinsip ilk dəfə N.Bor tərəfindən formalaşdırılıb və kvant mexanikasının yaranmasında tətbiq edilmişdir. Bor iddia edirdiki, əgər klassik fizikanın qanunları bir çox hadisələr üçün təcrübi olaraq öz təsdiqini tapırsa, onda yeni, daha dəqiq olan elmi nəzəriyyə bu hadisələrə tətbiq olunduqda həmin nəticələri verməlidir. Yəni, ixtiyari yeni nəzəriyyə özüne köhnə nəzəriyyəni və onun nəticələrini xüsusi hal kimi daxil etməlidir.

a) Doğruluğu eksperimental şəkildə təsdiq olunmuş fiziki nəzəriyyələr, daha ümumi yeni nəzəriyyələrin meydana gəlməsi ilə öz əhəmiyyətini itirmirsə, onlara yeni nəzəriyyələrin xüsusi və limit halı kimi baxmaq olar.

b) Yeni nəzəriyyənin riyazi aparatında hər hansı xarakterik parametr mövcuddursa və onun qiymətləri köhnə və yeni hadisələr oblastında fərqlidirsə, onda nəzəriyyədən alınan nəticələrdə həmin parametrin qiymətləri köhnə nəzəriyyəyə uyğun şəkildə öz əksini tapır.

c) Uyğunluq prinsipini uyğunsuzluq prinsipi ilə də tamamlamaq lazımdır. Uyğunsuzluq prinsipinə görə hər bir yeni fiziki nəzəriyyə köhnə nəzəriyyə ilə varislik prinsipini saxlayaraq özündə yeni bir prinsipial yeniliyi ortaya qoyur.

d) Köhnə nəzəriyyədən yeni nəzəriyyə keçid əvvəlki sabitlərin dəyişməsi ilə müşayiət olunur. Yəni, bu sabitlər inkişaf edərək yeni nəzəriyyəyə uyğun sabitlərə çevrilirlər.

Dərsdə uyğunluq prinsipinin reallaşdırılması, şagirdlərdə fiziki reallığın dərk edilməsi prosesində fizika elmi haqqında ardıcıl və qanunauyğun təsəvvürlərin formalaşmasına kömək edir.

Bu idrak prosesində tərəqqi ondan ibarətdir ki, elmdə hər bir növbəti pillə yeni obyektiv mhiyyətə və əhəmiyyətə malikdir.

Tədris prosesinə uyğunluq prinsipin tətbiqinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, müəyyən məsələnin və nəzəri nəticənin həlli zamanı alınan, istənilən ən gözlənilməz nəticə, şagirdlərə məlum olan və həqiqiliyi şübhə doğurmayan elmi biliklərə uyğun gəlib-gəlməməsinə görə yoxlanılmaya məruz qalmalıdır.

Tədris zamanı bu prinsip özünü bir fundamental fiziki nəzəriyyədən digər fundamental fiziki nəzəriyyəyə keçid zamanı daha effektiv biruzə verir.

Bu nəzəriyyələri öyrənərkən hər bir yeni ümumiləşdirmənin aparılması prosesində bir neçə metodoloji məsələni həll etmək lazımdır.

1. Daha çox ümumi olan yeni yaranmış fiziki nəzəriyyənin müəyyən keyfiyyət səviyyəsində daha az ümumi olan fiziki nəzəriyyə keçirilməsi və onların dialektik qarşılıqlı əlaqəsinin təmin olunması
2. Daha ümumi nəzəriyyəyə tabe olan fiziki hadisələrin nümayiş etdirilməsi, onların əhatəsinin genişləndirilməsi, həm də yeni nəzəriyyə ilə bu hadisələrə qoyulan qadağaların müəyyən olunması
3. Bildirmək lazımdır ki, fizika elminin inkişafı ilə klassik nəzəriyyənin doğru olduğu oblastda ayrı-ayrı anlayışlar və qanunlar , fizika elminin bütün inkişafı boyu invarinat qalırlar [2].
4. Fizikanın tədrisi prosesində fiziki nəzəriyyələr təqdim edərkən qeyd etmək lazımdır ki, yeni nəzəriyyələrin yaranması ilə yeni fundamental sabitlər meydana gəlir ki, (h, c və s) onlar da yeni nəzəriyyənin əhatə etdiyi təbiət hadisələrinə müəyyən məhdudiyətlər qoyurlar.

Uyğunluq prinsipinin fizika elminin inkişafına təsiri haqqında təsəvvürlərin formalaşması üçün, ondan həm tədris materiallarının təkrarlanması zamanı, həm də məktəb fizika kursunun ayrı-ayrı bölmələrinin tədris materiallarının ümumiləşdirilməsi, həm də konkret qanun və nəzəriyyələrin öyrənilməsi prosesində effektiv həyata keçirilməlidir [3].

Ədəbiyyat siyahısı

1. N.F.Qəhrəmanov “Dünyanın təbii mənzərəsi” Bakı “Elm” nəşr. 2007 . 248 səh.
2. И.С.Карасова, М.В.Потапова «Фундаментальные физические теории в школе» Челябинск 2016, 355стр.
3. S.S. İmanov “Orta məktəb fizika tədrisi metodikası” ADPU nəşriyyatı 2004..488 səh.

TERMOELEKTRİK MATERIALLARIN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

İ.M. Məmmədov

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

israil.memmedov.66@bk.ru

Xülasə: Məqalədə termoelektrik materialların xüsusiyyətləri, termoelektrik effektivlik əmsalı və onların artırılması üsulları, tətbiq sahələri analiz edilib, həmçinin yeni və daha ucuz termoelektrik materialların axtarışı təhlil edilir.

Açar sözlər: termoelement, termogeneratorlar, termoelektrik soyuducular.

Müasir elm və texnikanın vacib problemlərindən biri də enerjinin termoelektrik çevrilməsidir. Hazırda aparılan tədqiqat işlərində termoelektrik materialların effektivliklərinin artırılması ilə yanaşı, həm də yeni, daha perspektivli materialların axtarılması nəzərdə tutulur. Bu tədqiqat işlərinin əsasını həm aşağı temperaturu soyutma, həm yüksək temperaturu qızma termoelementlərin hazırlanması, həm də termoçeviricilərin yeni növlərinin axtarışı təşkil edir. Həmin materiallar defektli kristallik və mürəkkəb zona quruluşuna malik, çoxkomponentli yarımkeçirici birləşmələr və onların bərk məhlulları hesab edilə bilər. Çünki bu materiallar kiçik istilikkeçirtmə əmsalına, kifayət qədər yüksək elektrik keçiriciliyinə, termo-e.h.q. əmsalına malikdirlər. Onların tərkiblərini dəyişməklə arzu edilən parametrlərə malik, yüksək termoeffektivlikli maddələr almaq mümkündür [1]. Məlumdur ki, güclü termogeneratorların hazırlanması üçün istifadə olunan materialların termoeffektivlik əmsalları $z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi}$ kifayət qədər yüksək qiymətə malik olmalıdır. Geniş keçirici zonalı yarımkeçiricilərdə qadağan olunmuş zonanın eni kiçik olur. Temperaturun bir qədər dəyişilməsilə məxsusi keçiricilik başlayır. Məxsusi keçiricilikdə elektronların və deşiklərin eyni zamanda iştirak etməsi termo-e.h.q.-nin yox olmasına gətirir. Termoelement üçün aşqarların optimal konsentrasiyasında ($10^{19} - 10^{20} \text{ sm}^{-3}$) məxsusi keçiriciliyin olmaması üçün qadağan olunmuş zonanın eni $\varepsilon_g \geq 4kT$ şərtini ödəməlidir. Termoelektrik materiallar üçün yüksək temperaturlarda yürüklük kiçikdir, bu halda effektiv kütlə də kiçik qiymət alır. Ona görə də adsız ədəd olan zT hasili z -ə nəzərən temperaturdan daha zəif asılı olur. Bu xüsusiyyət təcrübələrdə də təsdiq edilmişdir. Bütün bunlara baxmayaraq, müasir nəzəriyyəyə əsasən effektivliyin optimal qiymətini dəqiq müəyyənləşdirmək mümkün olmur. Bunun səbəbi effektiv kütlə, qəfəsin istilikkeçirməsi, qadağan olunmuş zonanın eni, səpilmə parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqənin çox mürəkkəb olmasıdır. Hələ keçən əsrin ortalarında başlayaraq termoelektrik enerji çeviriciləri kimi yarımkeçirici materiallar aşkar edilərək tədqiq edilmişdir. Müasir termoelementlər üçün $z \cdot T \leq 1$ şərti ödənilir və bu səmərəlilik əmsalından daha çox istifadə edilir. Hazırda, əsasən, Bi_2Te_3 , PbTe və GeSi birləşmələrindən istilik enerjisini elektrik enerjisinə çevirmək üçün

istifadə edirlər. İlk dəfə olaraq termoelektrik soyutma üçün Bi_2Te_3 birləşməsindən, daha sonralar isə onun əsasında alınmış bərk məhlullardan $Bi_{2-x}Sb_xTe_3$ və $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ istifadə edilmişdir [2]. Termoelektrik soyuducular xüsusi təyinatlı kosmik cihazların, tibdə və biologiyada istifadə olunan sensorların xarakteristikalarının termostabilliyini təmin etmək məqsədilə istifadə edilir. Bu cihazlar ölçülərinin kiçik olması və lokal təsiretmə qabiliyyətlərinə malik olmaları ilə fərqlənilir. Termoelektrik soyuducular ozon təbəqəsinə əsasən hazırlanmış soyuduculara nisbətən ekoloji baxımdan çox sərfəlidir: səssiz işləyir, titrəmə olmur, atmosferi çirkəndirmir [3]. Bunlarla yanaşı, enerjinin termoelektrik çeviriciləri aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- Həm qızdırma, həm də soyutma imkanlarına malikdir;
- Sürətli soyutma qabiliyyətinə malikdir;
- Temperaturun yüksək dəqiqliklə nizamlanması və cərəyanın dəyişməsi ilə termostatik mühitin yaradılması mümkündür;
- Termoelektrik parametrləri kənar amillərin təsirindən zəif asılıdır;
- Texniki nəzarətə ehtiyac yoxdur.

Peltze effekti əsasında hazırlanmış termoelektrik soyutma məqsədilə soyuducu aqreqlarının, iqlim kameralarının, vakuum tələlərin hazırlanmasında, elektron sxemlərin komponentlərinin soyudulmasında tətbiq edilir. Termoelektrik qızdırmadan dönməyən qızdırma, termostatlar, az istilik ətalətliyinə malik miniatür qızdırıcı elementlərin hazırlanmasında istifadə edilir. Amma nəzərə alınmalıdır ki, Peltze effektinə əsaslanaraq hazırlanan soyuducu aqreqlar kifayət qədər bahalıdır. Bu onunla əlaqədardır ki, yarımkəçiricilər üzərində aparılan texnoloji əməliyyatlar və bu məqsədlə istifadə edilən materialların tellur komponenti kifayət qədər bahadır. Bu səbəbdən də Bi_2Te_3 birləşməsinə və onun bərk məhlullarına əsaslanaraq hazırlanan soyuduculardan geniş istifadə edilmir. Amma bu effektə əsaslanaraq hazırlanan elementlərdən və qurğulardan elektron qurğularının inteqral sxemlərinin temperaturlarının stabil saxlanılmasında çox effektiv vasitə kimi istifadə edilir [4]. Bəzi məsələlərin effektiv həllini təmin etmək üçün hazırlanma texnologiyası sadə olan yeni və daha ucuz termoelektrik materialların axtarışı dövrümüzün aktual problemlərindən biridir

ƏDƏBİYYAT

1. Panken W. A., Koeng D. R.: Baseline design of the thermoelectric reactor space power system. Proc. 14th Intersoc. Energy Conv. Eng. Conf. Vol.2, 1979, pp.1425-1431
2. Айвазов А.А., Анухин А.И., Мазина А.И., Бабошко Н.А. Термоэлектрические свойства твердых растворов $Bi_{1,6}Sb_{0,4}Te_3$. Неорганические материалы, 1991, т.27, №5 с.922-928.

3. Goldsmid H.J. and Douglas R.W. The use of semiconductors in thermoelectric refrigeration. British Journal of Applied Physics, vol.5, London 1954, pp.386-390
4. М.К.Житинская, С.А. Немов, Т.Е. Свечникова, Л.Н. Лукьянова, П.П. Константинов, В. А. Кутасов Теплопроводность Bi_2Te_3 : Sn и влияние на нее дополнительного легирования атомами Pb и I. Физика твердого тела, 2003, том 45, вып.7 с.1193-1196

PROPERTIES OF THERMOELECTRIC MATERIALS

I.M. Mammadov

Summary: The article features of thermoelectric materials, coefficient of thermoelectric efficiency and ways of their augmentation, a scope, and as to search of new, cheaper thermoelectric materials are analyzed

Keywords: thermocouple, thermogenerators, thermoelectric coolers

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

И.М.Мамедов

Резюме: В статье анализируются особенности термоэлектрических материалов, коэффициента термоэлектрической эффективности и способы их увеличения, области применения, а так же поиску новых, более дешевых термоэлектрических материалов.

Ключевые слова: термомпара, термогенераторы, термоэлектрические охладители.

SiO₂ NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN ALINMASI TEXNOLOGİYASI

Firəngiz Qurbanova

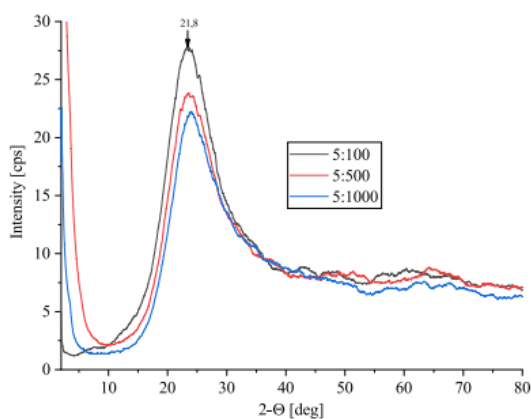
Bakı Dövlət Universiteti

qurbanovafirengiz0@gmail.com

Xülasə: Proses silisium oksidi və onun müxtəlif birləşmələri olan çoxsaylı xammaldan toz halında yüksək təmizliyə malik (99,99) silisium oksidinin ayrılmasından və silisium oksiddən təmiz silikon tozunun alınmasından ibarətdir. Si tək kristalları günəş batareyası modullarının hazırlanması üçün əsas materialdır. Elmi ədəbiyyatda mövcud olan və dünya şirkətləri tərəfindən istehsal olunan texnologiyalardan fərqli olan yüksək təmizlik dərəcəsinə (99,99) malik silikon oksidi əldə etmək üçün qapalı sistemdə sikl prosesi ekoloji cəhətdən təmiz və çox ucuz texnologiya hesab olunur.

Açar sözlər: silisium oksidi, silisium, yüksək təmizlik materialı, texnologiya

Bu günün aktual məsələlərindən biri yüksək təmizlənmiş silisium dioksidin alınması üçün müxtəlif üsulların işlənilib hazırlanmasıdır. Bu, belə bir məhsulun bütün elektron sənayenin əsaslandığı mono və polikristal silisium almaq üçün xammal bazası kimi çıxış etməsi ilə əlaqədardır. Bundan əlavə, silisium dioksid silisium karbid əldə etmək üçün istifadə olunur. Yüksək təmiz karbon həm metal silisiumun sintezi, həm də silisium karbidinin istehsalı üçün zəruri komponentdir. Buna görə də, bu hədəf məhsulların sintezi üçün onun saflığına da böyük diqqət yetirilməlidir.



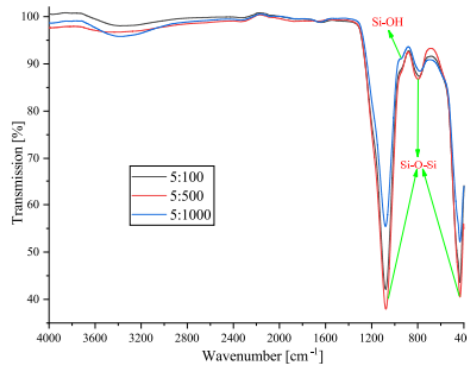
Şəkil 1. *SiO₂ nanotozlarının rentgen şüalarının difraksiya sxemi.*

Oksidin ayrılması prosesini öyrənmək üçün laboratoriya qurğusu qumdan və ya digər xammaldan silisium dioksidi əldə etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Laboratoriya qurğusu elektrik ötürücülü dayaq üzərində quraşdırılmış 500 ml fırlanan reaktordan ibarətdir və burada xammal katalitik müalicə olunur. Prosesin temperatur rejimi istilik daşıyıcısının - silikon yağının 25 – 180 C aralığında qızdırılması ilə təmin edilir. Proses zamanı əmələ gələn su və ammonyak qatılaştırılır və şüşə qabda yığılır. Tərkibində olan xammalın katalitik işlənmiş silisiumunun müəyyən temperatur diapazonlarında sonrakı istilik müalicəsi onu ayrı-ayrı kimyəvi birləşmələrə ayırmağa imkan verir. 250-350 C diapazonunda sublimasiya-desublimasiya yolu ilə oksid qarışıqından yüksək təmizlikli

ammonium heksaftorsilikatı təcrid etmək olar. Sonra əldə edilən məhsul ammoniyak suyunda hidroliz edilir, sonra hədəf məhsulun - yüksək təmiz silikon dioksidin yuyulması və qurudulması aparılır. Alınan məhlul suda yuyularaq SiO₂ ayrılır və qurudulduqdan sonra təmiz ağ toz halına gəlir.

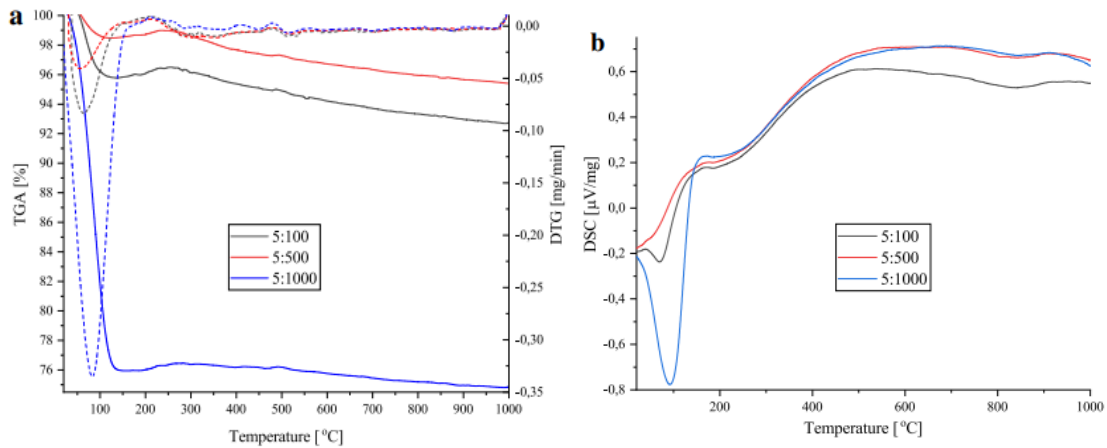
Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, işimizin əsas məqsədinə xidmət edən məsələlərdən biri silikon tərkibli məhlulun və koagulyantın (5:100; 5:500; 5:1000) kütləvi konsentrasiyalarının nisbətinin fizikaya təsirini öyrənmək idi. -son məhsulun kimyəvi xassələri.

Toz halında olan silisiumun rentgen diffraktoqramı amorf materialların xarakterik xüsusiyyətlərini göstərir (Şəkil 1). Bununla belə, SiO₂ (5:500) və SiO₂ (5:1000) üçün silisium nanoməsələrinin kiçik bucaqlı rentgen şüaları difraksiya nümunəsi müşahidə olunur.



Şəkil 2. SiO₂-nin FT-İQ spektrləri .

Silisium oksidinin FT-İR spektri təmiz silisium oksidinə uyğun gələn 1082-1076, 942, 798-781 və 434-428 sm-1-də tipik funksional qrupları göstərir (Şəkil 2).



Şəkil 3. Çöküntü şəraitindən asılı olaraq SiO₂-nin TGA (a) və DSC (b) ayrılırları

SiO₂ üçüntermoqravimetrikanalizin (TGA), diferensialtermoqravimetriya (DTG) və diferensialskanedənkəlorimetriya (DSC) analizlərinin nəticələri müvafiq olaraq Şəkil 3a, b-də təqdim olunur.

İstinadlar:

- [1] Tkachenko T, Yevdokymenko V, Kamenskyh D, Sheludko Y, Povazhny V, Kashkovsky V (2020) Kənd təsərrüfatı qalıqlarından alınan biogen SiO₂ nanohissəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələri. Tətbiq Nanosci 10(12):4617–4623. <https://doi.org/10.1007/s13204-020-01383-1>
- [2] Dmytro Kamenskyh, Tetiana Tkachenko, Lokman Hakan Tecer, Yevgenii Sheludko Maarif Jafarov, Vitalii Yevdokymenko, Silikon kompleksi və koaqulyant nisbətinin silikon dioksidin fizikokimyəvi xüsusiyyətlərinə təsiri, Tətbiqi Nanoelm. <https://doi.org/10.1007/s13204-023-02841-2>
- [3] M. A. Cəfərov, V. O. Yevdokymenko, D. S. Kamenskih , K. A. Rüstəmov və Z. A. Cəfərov Riyazi Model Desublimasiya Şərtləri, Asiya Kimya Elmləri Jurnalının cild 13, Sayı 2, Səhifə 1-6, 2023; AJOCS.97890 ISSN: 2456-7795

TECHNOLOGY FOR OBTAINING SiO₂ NANOPARTICLES

Firangiz Gurbanova

Abstract: *The process consists of separating silicon oxide with high purity (99.99) in the form of powder from numerous raw materials containing silicon and its various compounds and obtaining pure silicon powder from silicon oxide. Si single crystals are the main material for making solar cell modules. In order to obtain silicon oxide with a high degree of purity (99.99), which is different from the technologies available in the scientific literature and produced by world companies, a cycle process in a closed system is considered an environmentally friendly and very inexpensive technology.*

Keywords: *silicon oxide, silicon, high purity material, technology*

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ SiO₂

Фирингиз Гурбанова

Аннотация: *Процесс заключается в выделении оксида кремния высокой чистоты (99,99) в виде порошка из многочисленного сырья, содержащего кремний и различные его соединения, и получении чистого кремниевого порошка из оксида кремния. Монокристаллы Si являются основным материалом для изготовления модулей солнечных батарей. Для получения оксида кремния высокой степени чистоты (99,99), отличающегося от технологий, имеющихся в научной литературе и выпускаемых мировыми компаниями, циклический процесс в закрытой системе считается экологически чистой и очень недорогой технологией.*

Ключевые слова: *оксид кремния, кремний, особо чистый материал, технология.*

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT PEDAQOJİ UNİVERSİTETİ

FİZİKANIN AKTUAL PROBLEMLƏRİ

RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ

MATERİALLARI

Nəşriyyat direktoru: Elnarə Abbasova
Texniki redaktor: Asim Səfərov
Dizayner: İradə Əhmədova
Operatorlar: Leyla Məmmədli, Ömər Qasımlı

Çapa imzalanmışdır: 25.11.2024

Format: 60×84 1/8

Şərti çap vərəqi – 34,5

Sifariş № 1100

Tiraj – 50 nüsxə

“Füyuzat” nəşriyyatında çap edilmişdir.

Ünvan: Bakı şəh., Z.Xəlilov küç., 26

Tel.: 055 850 98 69

e-mail: fuyuzat2020@gmail.com