

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ  
**BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ**



**Ümummilli Lider HEYDƏR ƏLİYEVİN**  
**anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş**  
**“FİZİKA VƏ ASTRONOMİYANIN PROBLEMLƏRİ”**

*mövzusunda*

**MAGİSTRANTLARIN VƏ GƏNC TƏDQİQATÇILARIN**  
**XXIII RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ**  
**MATERİALLARI**

*Bakı, 25 may 2023-cü il*

**Bakı-2023**

Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş "Fizika və astronomiyanın problemləri" mövzusunda Magistrantların və gənc tədqiqatçıların XXIII Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 25 may 2023-cü il. Bakı: BDU, 2023. – 168 s.

İSBN: 978-9952-546-43-9

© Bakı Dövlət Universiteti, 2023

## KONFRANSIN TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ

### **Sədr:**

Bəxtiyar Paşayev BDU-nun Fizika fakültəsinin dekanı

### **Sədr müavini:**

Şəhla Hacıyeva BDU-nun Fizika fakültəsinin elmi işlər üzrə dekan müavini

### **Üzvlər:**

Mais Süleymanov BDU-nun Elmi fəaliyyətin təşkili və innovasiyalar mərkəzinin rəhbəri

İlyas Nəsimov BDU-nun Tələbə Elmi-Texniki yaradıcılıq Mərkəzinin direktoru

Namiq Dərvişov BDU-nun nəzdində Fizika Problemləri ETİ-nin direktor müavini

Məhəmməd Məhərrəmov Fizika fakültəsinin sosial məsələlər və tələbələrlə iş üzrə dekan müavini

Vüsal Məmmədov Fizika fakültəsinin tədris işləri üzrə dekan müavini

Mehdi Mahmudov Bərk cisimlər fizikası kafedrasının müdiri

Məcid Qocayev Nəzəri fizika kafedrasının dosenti

Leyla Ağayeva Maddə quruluşu kafedrasının müəllimi

Həbibə Şirinova Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının müəllimi

Sara Rəhimzadə Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının müəllimi

Elşən Nəsirov BDU-nun nəzdində Fizika Problemləri ETİ-nin Kondensə olunmuş hal fizikası şöbəsinin böyük elmi işçisi

## **KONFRANSIN PROQRAM KOMİTƏSİ**

### **Sədr:**

Sədiyar Rəhimov BDU-nun nəzdində Fizika Problemləri ETİ-nin direktoru

### **Üzvlər:**

Cavad Abdinov ARETN Fizika İnstitutu, Bərk cisim elektronikasısı laboratoriyasının rəhbəri

Nazim Məmmədov BDU-nun Tədqiqat, İnkişaf və İnnovasiyalar üzrə Mükəmməllik Mərkəzinin Nanoaraşdırmalar ETL-in baş elmi işçisi

Oktay Qasımov ARETN Biofizika İnstitutunun direktoru

Eldar Məsimov Maddə quruluşu kafedrasının müdiri

Əhməd Abdinov Fiziki elektronika kafedrasının müdiri

Vaqif Salmanov Yarımkeçiricilər fizikası kafedrasının müdiri

Arzu Daşdəmirov ADPU, Fizika fakültəsinin dekani

Mustafa Muradov BDU-nun Tədqiqat, İnkişaf və İnnovasiyalar üzrə Mükəmməllik Mərkəzinin proqram, əməkdaşlıq və təhsil üzrə direktor müavini

Rəna Qasıмова Optika və molekulyar fizika kafedrasının müdiri

Məmməd Rəcəbov Nəzəri fizika kafedrasının müdiri

Faiq Paşayev Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının müdiri

Kəmalə Alişeva Astrofizika kafedrasının müdiri

Maarif Cəfərov Yarımkeçiricilər fizikası kafedrasının professoru

Namiq Əhmədov Fizika Problemləri ETİ-nin Biofizika şöbəsinin müdiri

Fərhad Rüstəmov Fizika Problemləri ETİ-nin Kondensə olunmuş hal fizikası şöbəsinin müdiri

Eldar Rəsulov Fiziki elektronika kafedrasının dosenti

## ПЛЕНАР МƏРУЗƏЛƏР

### РОЖДЕНИЕ ПРЯМЫХ ФОТОНОВ В КВАНТ ХРОМОДИНАМИЧЕСКОМ И ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОМ КОМПТОНОВСКИХ РАССЕЙНИЯХ

**Ализаде М.Р.**

*Бакинский Государственный Университет*  
[mohsunalizade@gmail.com](mailto:mohsunalizade@gmail.com)

Основными механизмами рождение прямых фотонов при протон-протонном столкновении являются смешанное электродинамическое и квантово хромодинамическое комптоновское рассеяние и аннигиляция кварк-антикварковой пары  $q\bar{q} \rightarrow g\gamma$ .

В представленном работе были исследованы процессы электродинамическое  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  и квантово хромодинамическое  $qg \rightarrow q\gamma$  комптоновское рассеяние.

Распределение партонов и фотонов были учтены как CT14QED в [1]. Сравнения процессов  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  и  $qg \rightarrow q\gamma$  проводились путем изучения отношения дифференциальных сечений от суммы энергий сталкивающихся протонов  $\sqrt{s}$ , от поперечного импульса  $p_T$ , быстроты  $y$  фотонов и распределения поперечного импульса  $x_T$ . Сделаны сравнения дифференциальных сечений процессов с участием валентных и морских кварков для процессов  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  и  $qg \rightarrow q\gamma$  и определен доминантный процесс.

На рис.1(а,б) показаны зависимости дифференциальных сечений процессов  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  и  $qg \rightarrow q\gamma$  от энергии сталкивающихся протонов и поперечного импульса  $p_T$  фотонов. Как видно из рис 1(а) значение дифференциального сечения  $\frac{d\sigma}{dy}$  процесса  $qg \rightarrow q\gamma$  преобладает над значением дифференциального сечения процесса  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  в интервале изменения суммы энергии сталкивающихся протонов  $\sqrt{s} \in [3,7;10]$  ГэВ. При значении  $\sqrt{s}=3,7$  ГэВ значение дифференциальных сечений процессов  $qg \rightarrow q\gamma$  и  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  равны. Значение дифференциальных сечений для процессов  $qg \rightarrow q\gamma$  и  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  увеличиваются с увеличением значения  $\sqrt{s}$ .

Зависимость дифференциального сечения  $\frac{d\sigma}{dy}$  и  $\frac{d\sigma}{dp_T^2}$  процессов  $qg \rightarrow q\gamma$  и  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  от косинуса угла рассеяния рожденных фотонов. имеет максимальное значение при угле рассеяния  $\theta=180^\circ$ .

Соотношение дифференциальных сечений  $qg \rightarrow q\gamma$  и  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  увеличивается с увеличением значения поперечного импульса фотонов.



**Рис.1(а,б).** Зависимость дифференциального сечения  $\frac{d\sigma}{dy}$  процессов  $qg \rightarrow q\gamma$  (кривая 1) и  $q\gamma \rightarrow q\gamma$  (кривая 2) от суммы энергий сталкивающихся протонов  $\sqrt{s}$  при  $p_T=1$  ГэВ/с и  $y=0$  (а) и от поперечного импульса  $p_T$  рожденных прямых фотонов при  $\sqrt{s}=10$  ГэВ и  $y=0$  (б).

Взаимодействие кварка с квантом сильного взаимодействие глюоном при больших энергиях сталкивающихся протонов больше чем взаимодействие кварка с квантом электромагнитного поля фотоном, а при малых значениях энергии наоборот.

#### Литература:

1. Schmidt C., Pumplin J., Stump D.,C.-P. Yuan CT14QED PDFs from Isolated Proton Production in Deep Inelastic Scattering // arXiv:1509.02905 [hep-ph]

## QAMMA RADIASIYANIN GO VƏ GO/PVS NANOKOMPOZİTLƏRİNİN FİZİKİ XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

**Bağirov M.Ə., Muradov M.B.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[bmbaghir@gmail.com](mailto:bmbaghir@gmail.com)

Son dövrlərdə qrafen oksidi (GO) və GO əsaslı kompozitlərin hazırlanması və tətbiqi üzrə geniş tədqiqatlar aparılır. Bu tip materiallar supertutumların, günəş elementlərinin, sensorların hazırlanmasında və s. sahələrdə istifadə olunur. Tədqiqatlar göstərir ki, bu materialların fiziki xassələrini qamma radiasiya kimi müxtəlif üsullarla idarə etmək mümkündür. Tərkibindəki oksigenin reduksiya olunma dərəcəsi asılı olaraq, GO-nun qadağan olunmuş zonasını 1.00-2.20 eV aralığında idarə etmək mümkündür.

Baxılan işdə GO və GO/PVS nümunələri müxtəlif dozalarda (1, 50 və 150 Mrad) qamma şüalanmasına məruz qoyulmuşdur. XRD nəticələri göstərir ki, GO və GO/PVA-da kristal quruluş və hissəcik ölçüsü radiasiya dozasından asılı olaraq dəyişir. Belə ki, sintez edilmiş GO üçün difraksiya maksimumu  $2\theta = 11.98^\circ$  olduğu halda, 1, 50 və 150 Mrad dozalı qamma şüalanmaya məruz qalmış nümunələr üçün bu maksimumlar uyğun olaraq  $2\theta = 11.01^\circ, 11.14^\circ,$

11.27° qiymətlərini almışdır. Laylar arası məsafə Braggs qanunu ilə hesablanmış və uyğun olaraq nümunələr üçün  $d = 7.38 \text{ \AA}$ ,  $d = 8.03 \text{ \AA}$ ,  $d = 7.94 \text{ \AA}$  və  $d = 7.8449 \text{ \AA}$  qiymətləri müəyyən edilmişdir. GO/PVS nanokompozitlərində GO-nun matrisdə dispers paylanması nəticəsində onun xarakterik piki müşahidə edilmir. 1 və 5% konsentrasiyalı nanokompozitlərin XRD spektrində  $2\theta = 19.90^\circ$  əsas və  $2\theta = 14.00^\circ$ ,  $16.77^\circ$  əlavə piklər müşahidə edilir. Qamma radiasiyanın təsiri ilə piklərin intensivliyi artmışdır ki, bu da hidrogen rabitələrinin qırılması ilə polimerin təbəqələr arasını doldurması ilə bağlıdır.

Nümunələr üçün qadağan olunmuş zonanın eni Tauc metodu ilə müəyyən edilmişdir. Öldə edilən nəticələr cədvəl 1-də göstərilmişdir. Nanokompozitlərin qadağan olunmuş zonasının qiyməti GO-nun kütlə konsentrasiyasının artması ilə azalmışdır. Həmçinin nəticələr göstərir ki, bütün nümunələr üçün qadağan olunmuş zonanın eni radiasiyanın dozasının artması ilə azalır. Bu bir neçə faktorla əlaqələndirilə bilər. Belə ki, qamma radiasiyanın təsiri ilə GO-nun reduksiya olunması, rabitələrin qırılması və yeni rabitələrin əmələ gəlməsi, sərbəst radikalların əmələ gəlməsi və enerji zonaları arasında lokallaşmış vəziyyətlərin yaranmasıdır.

**Cədvəl 1**

Qamma radiasiyanın təsirindən asılı olaraq  
qadağan olunmuş zonanın eninin qiymətinin dəyişməsi

Material	Qamma şüalanmanın dozası			
	0	1 Mrad	50 Mrad	150 Mrad
GO	2.00 eV	1.60 eV	1.44 eV	1.33 eV
1%GO/PVS	2.69 eV	2.60 eV	2.57 eV	2.00 eV
5%GO/PVS	1.88 eV	1.63 eV	1.44 eV	1.20 eV

**Ədəbiyyat:**

1. Muradov, M., Baghirov, M. B., Eyvazova, G., Gahramanli, L., Mammadyarova, S., Aliyeva, G., ... & Abdullayev, M. (2023). Influence of gamma radiation on structure, morphology, and optical properties of GO and GO/PVA nanocomposite. *Radiation Physics and Chemistry*, 110926.
2. Hurayra-Lizu, KM Abu, et al. "GO based PVA nanocomposites: tailoring of optical and structural properties of PVA with low percentage of GO nanofillers." *Heliyon* 7.5 (2021): e06983.

## BÖLMƏ 1 NƏHƏNG FİZİKA VƏ ASTROFİZİKA

### NƏHƏNG PLANETLƏRİN DAXİLİ ENERJİSİNİN ONLARIN ATMOSFERLƏRİNİN TƏKAMÜLÜNƏ TƏSİRİ

**Əsgərova B.E., Ətəyi Ə.Ə.**  
Bakı Dövlət Universiteti  
[benovsha.asgarova@gmail.com](mailto:benovsha.asgarova@gmail.com)

Günəş sistemi planetlərinin hamısı daxili enerjiyə malikdir və hazırkı dövrdə onların daxili enerjilərinin qiymətləri bir-birindən fərqlənir. Nəhəng planetlər Yer qrupu planetlərindən daha çox daxili enerjiyə malikdir.

Nəhəng planetlərin atmosferində əlavə enerjinin şüalanmasını müəyyən etmək üçün zolağın profilinin dərinliyi ifadəsindən

$$R_v = 1 - \frac{I_v}{I_c} \quad (1)$$

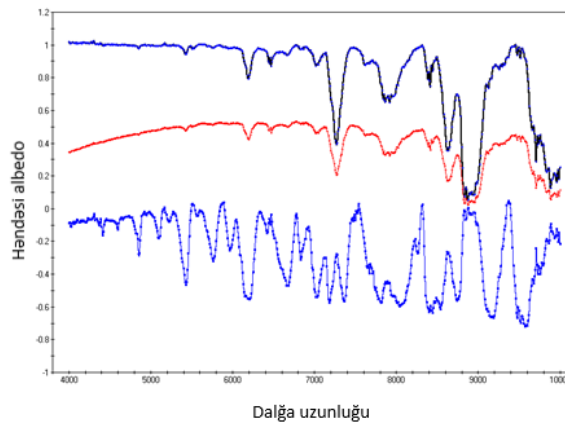
kəmiyyətinin dəyişməsinə araşdırmaq lazımdır. (1) ifadəsini müşahidə materiallarına əsaslanaraq nəhəng planetlər üçün daha dəqiq yazı bilirik

$$R_v = 1 - \frac{A_v}{A_c} \quad (2)$$

Belə ki, məsələn, Uran üçün  $\left(\frac{A_v}{A_c}\right)_U$  –ifadəsinin düstura daxil edilməsi Uran planetinin daxili enerjiyə malik olmaması (6-13% əlavə enerjiyə malik olması) kimi qiymətləndirilməlidir (Daxili enerji sıfırdır).

(1)-(2) düsturlarına əsasən Yupiter və Uran misalında yazı bilirik

$$\Delta = R_{vY} - R_{vU} = 1 - \left(\frac{A_v}{A_c}\right)_Y - 1 + \left(\frac{A_v}{A_c}\right)_U = \left(\frac{A_v}{A_c}\right)_U - \left(\frac{A_v}{A_c}\right)_Y \quad (3)$$



**Şəx. 1.** Yupiterin daxili enerjisinin varlığının göstərilməsi

Beləliklə,  $\lambda\lambda$  4000-10000Å oblastında hesablama aparmaqla müəyyən



etdik ki,

1. Qısa dalğa oblastına yaxınlaşdıqca planetin şüalandırdığı daxili enerji azalır.

2. Daxili enerjinin dəyişməsi spektrin hər bir oblastında eyni deyil, müxtəlif dəyişir. (Şəkil 1)

Yupiter misalında planetlərinin şüalanma xüsusiyyətlərinin fərqləri Şəkil 1 -də göstərilmişdir. Bu xüsusiyyətlər Saturn və Neptuna da aid edilir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Атаи А.А., 1980. Спектрофотометрия Урана, Нептуна ярких спутников планет-гигантов . Баку .С.138.
2. Pilcher С.В. 1977 Evidence for weather on Neptune. II//Astrophysics. J.V. 214, N 2. P. 663-666.
3. J. S. Neff and D.C. Humm. Absolute Spectrophotometry of Titan, Uranus, and Neptune: 3500-10,500, Icarus. 60, 221-235 (1984)
4. Erich Karkoschka, 1994. Spectrophotometry of the jovian planets and Titan at 300 to 1000 nm Wavelength: The Methane spectrum. Icarus V111, pp.174-192.

### **$H \rightarrow \gamma\gamma$ PARÇALANMASINDA $\gamma$ -KVANTIN DAİRƏVİ POLYARLAŞMASI**

**Ağacanova Y.X., Abdullayev S.Q.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[yaqutagacanova1@gmail.com](mailto:yaqutagacanova1@gmail.com)

Elektrozəif və güclü qarşılıqlı təsirlərin lokal kalibrəşmə  $SU_C(3) \times SU_L(2) \times U_Y(1)$  simmetriyasına əsaslanan Standart Modeli (SM) elementar zərrəciklər fizikasını uğurla izah edir. Nəzəriyyənin son zərrəciyi olan skalyar Higgs bozonun 2012-ci ildə Böyük Hadron Kollayderində ATLAS və CMS kollaborasiyaları tərəfindən təcrübi olaraq kəşfi ilə bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar sahəsində yeni dövr başladı; artıq SM-in Higgs zərrəciyi olmasının təsdiqindən sonra onun əsas xüsusiyyətlərinin, müxtəlif doğulma və parçalanma kanallarının nəzəri və təcrübi öyrənilməsi son dövr tədqiqatlarının aktual predmetinə çevrilmişdir [1, 2].

Higgs bozonun fermionlar və kalibrəmə bozonları ilə qarşılıqlı təsir sabitləri onların artıq dəqiq məlum olan kütlələri ilə mütənasib olması  $H$  bozonun bu zərrəciklərə parçalanması ehtimalını dəqiq hesablamağa imkan verir. Məlum digər tədqiqatlardan fərqli olaraq bu işdə skalyar  $H$ -bozonun iki fotonla parçalanması ( $H \rightarrow \gamma\gamma$ ) son zərrəciklərin polyarizasiya hallarının nəzərə alınması ilə tədqiq edilmişdir.  $H$ -bozonun kütləsiz fotonlara çevrilməsi prosesi fermionların (leptonlar, kvarklar) və ya  $W^\pm$ -bozonların ilgək diaqramları üzrə baş verən proseslər hesabına mümkündür (şəkil 1).

SM-də bütün mümkün diaqramların payı nəzərə alınmaqla  $H \rightarrow \gamma\gamma$  prosesinin amplitudu aşağıdakı şəkildə yazılır [3].

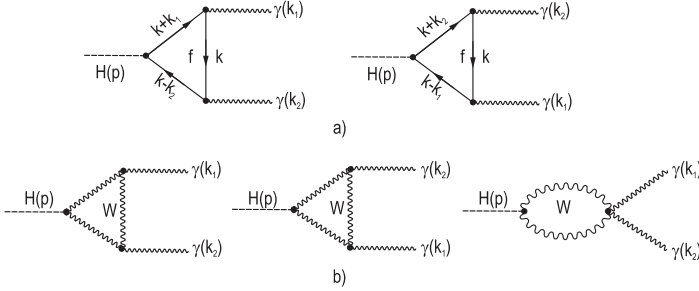
$$M(H \rightarrow \gamma\gamma) = -i \frac{g\alpha}{4\pi M_W} \left[ \sum_f N_c Q_f^2 I_f^\gamma(\tau_f) + I_W^\gamma(\tau_W) \right] \times \\ \times [(\varepsilon^{*(1)} \cdot k_2)(\varepsilon^{*(2)} \cdot k_1) - (k_1 \cdot k_2)(\varepsilon^{*(1)} \cdot \varepsilon^{*(2)})]. \quad (1)$$

Burada  $N_c$  – rəng vuruğu,  $Q_f$  – fermionun elektrik yükü,  $I_f^\gamma(\tau_f)$  və  $I_W^\gamma(\tau_W)$  parametrdən asılı olan müəyyən inteqrallar,  $\tau_f = M_H^2/4m_f^2$ ,  $\varepsilon_\mu^{*(1)}$  və  $\varepsilon_\nu^{*(2)}$  – fotonların 4-ölçülü polyarlaşma vektorlarıdır.

Fotonların dairəvi polyarlaşdığı xüsusi halda  $H \rightarrow \gamma\gamma$  prosesinin parsial eni üçün

$$\Gamma(H \rightarrow \gamma\gamma) = \frac{G_F \alpha^2 M_H^3}{128\sqrt{2}\pi^3} \frac{1}{4} \left| \sum_f N_c Q_f^2 I_f^\gamma(\tau_f) + I_W^\gamma(\tau_W) \right|^2 (1 + l_1 \cdot l_2). \quad (2)$$

ifadəsi alınmışdır. Burada  $l_1$  və  $l_2$  fotonların spirallıqlarıdır.



**Şəkl. 1.**  $H$ -bozonun fermion (a) və  $W^\pm$ -bozon (b) ilə əmək diaqramları hesabına iki fotona parçalanması prosesinin Feynman diaqramları

$\Gamma(H \rightarrow \gamma\gamma)$ -in ifadəsindən görüldüyü kimi, təcrübədə ölçülə bilən bu kəmiyyət Hiqqsbosonun kütləsinə çox həssasdır.

Tam momentin saxlanması qanununa uyğun olaraq (2) ifadəsindən aydın olur ki,  $H \rightarrow \gamma\gamma$  prosesinin mümkün olması ( $\Gamma(H \rightarrow \gamma\gamma)$  parsial eninin sıfırdan fərqli olması) üçün  $l_1 l_2 = 1$ , yəni ya  $l_1 = l_2 = +1$ , ya da  $l_1 = l_2 = -1$  olmalıdır.  $l_1 = -l_2 = \pm 1$  olan qarışıq polyarlaşma halları, yəni fotonun birinin sağ, digərinin isə sol polyarlaşma hallarında olmasına uyğun proseslərin parsial eni isə sıfıra bərabərdir. Bu hala uyğun proseslər qadağan olunmuş proseslərdir.

#### Ədəbiyyat:

1. ATLAS COLLABORATION // Phys. Lett., B716 (2012), P 1
2. CMS COLLABORATION // Phys. Lett., B716 (2012), P 30.
3. Abdullayev, S.Q., Qocayev, M.Ş. / *Monoqrafiya*. – Bakı: "Füyuzat" nəşr., 2022, 500s.

## DİRAK TƏNLIYİNİN ÜMUMİLƏŞMİŞ HİPERBOLİK TIP POTENSİAL - ÜSTƏGƏL KULON TENZOR POTENSİALI ÜÇÜN ANALİTİK HƏLLİ

**Dadaşov E.Ə.**

*Lənkəran Dövlət Universiteti*  
[elnurdadashov82@mail.ru](mailto:elnurdadashov82@mail.ru)

Spini  $\frac{1}{2}$  olan zərrəcikləri relyativistik kvant mexanikasında təsvir edən və nisbilik nəzəriyyəsinin tələblərini ödəyən, yəni Lorens çevrilmələrinə görə invariant qalan tənlik Dirak tənliyi adlanır. Nəzəri fizikada kvant mexanikasının əsas məqsədlərindən biri bəzi xüsusi potensiallar üçün Dirak tənliyinin dəqiq həllərinin əldə edilməsidir. Çünki Dirak tənliyinin analitik həlləri olan dalğa funksiyası relyativistik kvant mexanikasında mühüm əhəmiyyətə malikdir və kvant sisteminin tam təsviri üçün zəruri məlumatları özündə əks etdirir.

Bu işdə əsas məqsəd Nikiforov-Uvarov (NU) metodunu və Pekeris yaxınlaşmasını tətbiq etməklə ümumiləşmiş hiperbolik tip potensiallı sahədə Kulon tipli tenzor potensialını əlavə etməklə orbital kvant ədədinin  $l \neq 0$  qiymətində Dirak tənliyini analitik şəkildə həll edib enerji spektrini və dalğa funksiyasını tapmaqdır. Ümumiləşmiş hiperbolik tip potensial aşağıdakı şəkildə verilir:

$$V(r) = V_1 + V_2 \tanh(\alpha r) + V_3 \tanh^2(\alpha r)$$

Burada  $V_1$ ,  $V_2$  və  $V_3$  potensial çəpərin dərinliyidir. Ümumiləşmiş Dirak tənliyi aşağıdakı kimidir.

$$[\vec{\alpha} \cdot \vec{p} + \beta(M + S(r)) - i\beta\vec{\alpha} \cdot \hat{r}u(r)]\Psi(r, \theta, \phi) = [E - V(r)]\Psi(r, \theta, \phi) \quad (1)$$

Uyğun əvəzləmələrdən sonra (1) tənliyi aşağıdakı formada ümumiləşmiş hiperhəndəsi tip tənliyə çevrilə bilər.

$$\chi''(s) + \frac{\tilde{r}}{\sigma} \chi'(s) + \frac{\tilde{\sigma}}{\sigma^2} \chi(s) = 0 \quad (2)$$

(2) tənliyini həll etmək üçün  $\pi(s)$  polinomu aşağıdakı kimi seçilir.

$$\pi(s) = \frac{\sigma' - \tilde{r}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma' - \tilde{r}}{2}\right)^2 - \tilde{\sigma} + k\sigma} \quad (3)$$

NU metoduna əsasən  $\pi(s)$  polinomunun dörd mümkün formasından birini seçirik ki, bu polinom üçün  $\tau(s)$  funksiyasının törəməsi mənfidir və onun kökü  $(0, 1)$  intervalında yerləşir. (1) tənliyini orbital kvant ədədinin  $l \neq 0$  halında həll etdikdən sonra enerji spektri üçün aşağıdakı analitik ifadəni tapmış oluruq. Spin simmetriyası halında enerji spektri belə təyin olunur:

$$M^2 - E_{nk}^2 - C_{ES}(M - E_{nk}) = \alpha^2 \left( \sqrt{\gamma + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2} + \frac{\beta}{2\left(\sqrt{\gamma + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2}\right)} \right)^2 - \frac{1}{r_e^2} \eta_k(\eta_k + 1)(-A_0 + A_1 + A_2) + (M + E_{nk} - C_{ES})(-V_1 + V_2 + V_3)$$

Psevdospin simmetriyası halında isə

$$E_{nk}^2 + M^2 + C_{PS}(M + E_{nk}) = \alpha^2 \left( \sqrt{\gamma + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2} + \frac{\beta}{2 \left( \sqrt{\gamma + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2} \right)} \right)^2 - \frac{1}{r_e^2} \eta_k (\eta_k - 1) (A_0 + A_1 + A_2) + (M - E_{nk} + C_{PS})(V_1 + V_2 + V_3)$$

Ümumiləşmiş hiperbolik tip potensiallı sahədə hərəkət edən zərrəcik üçün Şredinger tənliyini adi kvant mexanikasında orbital kvant ədədinin ixtiyari qiymətlərində mərkəzəqaçma potensialına yeni yaxınlaşma tətbiq edərək analitik formada həll edərək enerjinin məxsusi qiymətinin və məxsusi funksiyasının analitik və kvantlanan ifadələri alınmışdır.

#### **Ədəbiyyat:**

1. W. Greiner, *Relativistic Quantum Mechanics. Wave Equations* (Springer, Berlin, 2001), <https://doi.org/10.1007/978-3-662-04275-5>
2. A.F. Nikiforov, V.B. Uvarov, *Special Functions of Mathematical Physics* (Birkhäuser Basel, 1988),
3. C. A. Onate, Akpan N. Ikot, Michael Onyeaju, Osarodion Ebomwonyi *.Sri Lankan Journal of Physics* 19(1):17 DOI:10.4038/sljp.v19i1.8043
4. S. Bakkeshizadeh, V. Vahidi *Adv. Studies Theor. Phys.*, Vol. 6, 2012, no. 15, 733 – 742

## **LAGER OSSİLYATORU ÜÇÜN VİQNER KVANT PAYLANMA FUNKSİYASI**

**Əzizli N.A., Nağıyev Ş.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

Nazizli9@mail.ru

Faza fəzası anlayışı kvant mexaniki sistemin dinamikasını təsvir edə bilən ən yaxşı vasitə hesab olunur [1 -3]. İstənilən klassik mexaniki sistemin faza fəzası onun koordinat və impulsunun bütün mümkün qiymətlərini, habelə müəyyən bir faza məkan trayektoriyası vasitəsilə zaman təkamülünü ehtiva edir. Oxşar dinamik sistemlərin kvant aləmi kəskin şəkildə fərqli və mürəkkəbdir. Kvant yanaşması çərçivəsində submikron ölçülü fiziki sistemləri kommutasiya etməyən koordinat və impuls operatorları vasitəsilə ehtimal təsvirinə baxırıq. Bu ehtimal təsvirinin riyazi aləti kvant paylanma funksiyalarıdır. Bunlardan ən məşhuru Viqner paylanma funksiyasıdır. Bu funksiya 1932-ci ildə Viqner tərəfindən sistemin termodinamik parametrlərinə kvant düzəlişlərini hesablamaq üçün daxil edilmişdir [2]. Viqner funksiyası məlum olduqda kvant sisteminə aid istənilən məlumatı əldə etmək mümkündür. Viqner paylanma funksiyası x koordinatından və p impulsundan asılıdır və  $W(p,x)$  kimi işarə olunur.

$W(p,x)$  funksiyası ilə  $\psi(x)$  dalğa funksiyası arasında əlaqə mövcuddur:

$$W_n(p, x) = \frac{1}{2\pi\hbar} \int \psi_n^* \left(x - \frac{x'}{2}\right) \psi_n \left(x + \frac{x'}{2}\right) e^{-\frac{ipx'}{\hbar}} dx' \quad (1)$$

Sistemin dalğa funksiyasını bilərək Viqner funksiyasını hesablamaq olar.

Burada biz Lager ossilyatorunun əsas halı üçün Viqner funksiyasının aşkar şəklini tapacağıq.

Lager ossilyatorunun əsas halının dalğa funksiyasını yazaq:

$$\psi_0(x) = c_0(x+a)\lambda_0^2 e^{-\lambda_0^2 a(x+a)}, \lambda_0 = \sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}. \quad (2)$$

$\psi_0(x)$  funksiyası aşağıdakı ortonormallıq şərtini ödəyir:

$$\int_{-a}^{\infty} |\psi_0(x)|^2 dx = 1, c_0 = (2\lambda_0^2 a)^{(\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2})} \sqrt{\frac{1}{\Gamma(\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2})}}.$$

(2)-ni (1)-də nəzərə alıb, hesablamaları yerinə yetirsək, əsas halın Viqner funksiyasını tapmış olarıq. Nəticə aşağıdakı kimidir:

$$W_0^0(p, x) = \frac{2\hbar^{\lambda_0^2 a^2 - \frac{1}{2}} (\lambda_0^2 a)^{2\lambda_0^2 a^2 + 1}}{\Gamma(\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2})} e^{-2\lambda_0^2 a(x+a)} \left(\frac{x+a}{p}\right)^{\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2}} J_{\lambda_0^2 a^2 + \frac{1}{2}} \left(2\frac{p}{\hbar}(x+a)\right). \quad (3)$$

Burada  $\Gamma(z)$ - qamma funksiya,  $J_\nu(z)$  – Bessel funksiyasıdır [5].

#### Ədəbiyyat:

1. L.D.Landau, E.M.Lifshitz, Quantum Mechanics, (1989)
2. E.P. Wigner, On the quantum correction to thermodynamic equilibrium, Phys. Rev., 40 749 (1932).
3. V.I.Tatarskii, The Wigner representation of quantum mechanics, Sov. Phys. Usp., 26 311 (1983).
4. Sh.M. Nagiyev, A.M. Jafarova, E.I. Jafarov, The Wigner function of a semiconfined harmonic oscillator model with a position dependent effective mass, arXiv: 2302.12673v3 [quantum-ph] 24 Apr2023/
5. A.P. Prudnikov, Yu.A. Brychkov and O.I. Marichev, Integrals and Series: vol.1 – Elementary Functions, Taylor & Francis, London (2002).

## C/2020 F3 (NEOWISE) KOMETİNİN SPEKTRAL TƏDQIQI

**Fərzi N.U., Quliyev Ə.S., Mikayılov X.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[farzinurgul.5@gmail.com](mailto:farzinurgul.5@gmail.com)

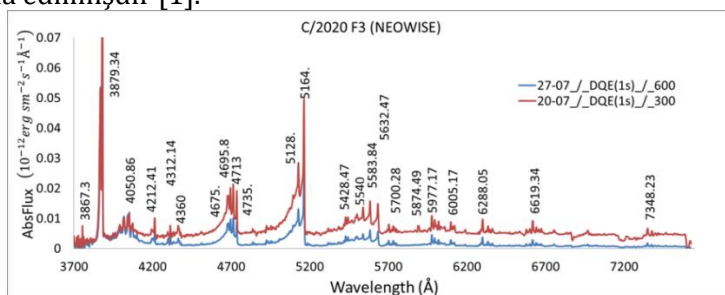
Bu işdə C/2020 F3 (NEOWISE) kometinin spektral tədqiqi aparılmış, komet spektrindəki xətlər eyniləşdirilmişdir.

Kometin spektri 2020-ci ildə 20 və 27 iyul tarixlərində Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2 metrlik teleskopunda alınmışdır. Spektrlər Universal Dəyişən Difraksiya Qəfəslə spektroqraf vasitəsilə alınmışdır. Spektroqrafın ayırdetmə qabiliyyəti  $R=1400$ , dispersiyası  $D = 145 \text{ Å/sm}$ -dir. Hə xəttinin yaxınlı-

ğında kontinumda signal-küy nisbəti  $S/N= 200$ . Spektrin dalğa uzunluğu oblası  $\lambda$  3600-8000 Å [2].

Işıq qəbuledicisi kimi "Andor" firmasının (ikonL-936-BEX2-DD) CCD kamerasından istifadə olunmuşdur. Ölçüsü – 2048x2048 piksel, 1 piksel = 13.5 mikron. CCD matris –80°C temperatürə qədər elektron soyudula bilər. Işıq qəbuledicisinin həssaslığı 4000-8000 Å dalğa uzunluğu oblasında 90 % ətrafındadır.

Kometin hər gecə üçün 2 ədəd spektri alınmışdır. O cümlədən, müasir rəqəmsal spektrlərin işlənməsi prinsiplərinə uyğun olaraq komet spektrləri ilə yanaşı kalibrləmə spektrlər (standart ulduzun, Th-Ar lampasının spektri və dark) dəsti alınmışdır. Spektrlər DECH 30 proqramı vasitəsilə emal standart metodlarla edilmişdir [1].



**Şək. 1.** C/2020 F3 kometinin spektri.

Kometin spektrləri mütləq enerji vahidləri ilə verilmişdir. Onun üçün standart ulduzun spektrinə görə cihazın Responze əyriləri (reksiya – cavab əyriləri) qurulmuşdur. Komet spektrlərdə spektral xətlərin eyniləşdirilməsi aparılmışdır. Hansı elementə və molekula aid olduğu aydınlaşdırılmışdır. Kometin spektrində CN, CH, C<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub> xətləri müşahidə olunur. Kometin spektrində müşahidə olunan güclü xətlərin 3867.37, 3879.3, 4212.41, 4695.84, 5128.19, 5164.99, 5583.84 [Å] dalğa uzunluğuna uyğun sel isə  $5,3 \cdot 10^{-13}$ ,  $9 \cdot 10^{-13}$ ,  $0,9 \cdot 10^{-13}$ ,  $2 \cdot 10^{-13}$ ,  $2,8 \cdot 10^{-13}$ ,  $4,9 \cdot 10^{-13}$ ,  $1,5 \cdot 10^{-13}$  [erg sm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>Å<sup>-1</sup>]-dir.

**Cədvəl 1**

C/2020 F3 kometinin emissiya xətlərinin kataloqu

$\lambda_{\text{kat}}$	Mol	$\lambda_{\text{kat}}$	Mol	$\lambda_{\text{kat}}$	Mol	$\lambda_{\text{kat}}$	Mol
3865.38	CN	4735.99	C <sub>2</sub>	5707.04	NH <sub>2</sub>	6274.27	NH <sub>2</sub>
3867.38	CN	5095.96	C <sub>2</sub>	5752.75	NH <sub>2</sub>	6288.05	NH <sub>2</sub>
3871.37	CN	5128.19	C <sub>2</sub>	5874.49	C <sub>2</sub>	6320.76	NH <sub>2</sub>
3873.36	CN	5164.99	C <sub>2</sub>	5963.68	C <sub>2</sub>	6334.53	NH <sub>2</sub>
3879.34	CN	5334.13	C <sub>2</sub>	5977.17	NH <sub>2</sub>	6345.27	NH <sub>2</sub>
4038.43	C <sub>3</sub>	5383.56	NH <sub>2</sub>	5995.02	NH <sub>2</sub>	6534.03	NH <sub>2</sub>
4040.89	C <sub>3</sub>	5398.65	NH <sub>2</sub>	6005.17	NH <sub>2</sub>	6600.16	NH <sub>2</sub>

4046.4	C <sub>3</sub>	5417.02	NH <sub>2</sub>	6019.95	NH <sub>2</sub>	6619.34	NH <sub>2</sub>
4050.87	C <sub>3</sub>	5428.47	NH <sub>2</sub>	6020.36	NH <sub>2</sub>	6640.71	NH <sub>2</sub>
4195.92	CN	5443.78	NH <sub>2</sub>	6034	C <sub>2</sub>	6659.18	NH <sub>2</sub>
4212.42	CN	5502.92	C <sub>2</sub>	6059.74	C <sub>2</sub>	6671.76	NH <sub>2</sub>
4312.14	CH	5540.42	C <sub>2</sub>	6098.23	NH <sub>2</sub>	6750.58	NH <sub>2</sub>
4360.01	C <sub>2</sub>	5583.84	C <sub>2</sub>	6108.19	NH <sub>2</sub>	6754.61	NH <sub>2</sub>
4675.13	C <sub>2</sub>	5585.49	C <sub>2</sub>	6121.13	NH <sub>2</sub>	6970.88	NH <sub>2</sub>
4695.84	C <sub>2</sub>	5700.28	NH <sub>2</sub>	6122.15	C <sub>2</sub>	7348.23	NH <sub>2</sub>
4713.16	C <sub>2</sub>	5703.05	NH <sub>2</sub>	6190.77	C <sub>2</sub>	7376.49	NH <sub>2</sub>

### **Ədəbiyyat:**

1. <http://www.gazinur.com/Download.html>
2. V.L.Oknyansky, Kh.M.Mikailov, & N.A.Huseynov. (2020). CHANGING LOOKS OF THE NUCLEUS OF SEYFERT GALAXY NGC 3516 DURING 2016-2020. Astronomy Reports, 2-3.
3. Mikailov, Kh. M. et al, Catalogue of emission lines in the spectrum of the comet C/2004 Q2 (Machholz), Astronomical School's Report, 2013, Vol. 9, Iss. 2, P. 119-124

## **AdS/KXD-NİN SƏRT DİVAR MODELİNDƏ TENZOR MEZON-PİON QARŞILIQLI TƏSİR SABİTİ**

**<sup>1</sup>Həşimli Z.İ., <sup>2</sup>Məmmədov Ş.Ə.**

<sup>1</sup> *Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Fizika İnstitutu*

<sup>2</sup> *Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri Elmi-Tədqiqat İnstitutu*  
[zeynebshimli@gmail.com](mailto:zeynebshimli@gmail.com)

AdS/KXD holoqrafik duallığı iki növ fiziki nəzəriyyə arasında əlaqədir. Bir tərəfdə dörd ölçülü Kvant Xromodinamik nəzəriyyəsi, digər tərəfdə isə beş ölçülü Anti de-Sitter fəzasında təyin olunan Qravitasiya nəzəriyyəsi uzlaşdırılır. Belə ki, dörd ölçülü fəzanın hər bir operatoruna, beş ölçülü AdS metrikalı fəza-zamanın daxilindən bir sahənin uyğun gəldiyi fərz olunur. Güclü qarşılıqlı təsirdə baş verən prosesləri bu nəzəriyyə ilə öyrənmək mümkün olur.  $\rho$  mezonların pionlarla qarşılıqlı təsiri AdS/KXD-nin sərt divar modelində geniş öyrənilmiş və təcrübi nəticələrlə uyğunluq əldə edilmişdir [1].  $f_2(1270)$  tenzor mezonun ən böyük parçalanma eni  $\Gamma(f_2(1270) \rightarrow \pi\pi) = 157 \text{ MeV}$  [2] olduğundan, bu prosesin nəzəri tədqiqi xüsusi maraq kəsb edir.

Verilən proses üçün qarşılıqlı təsir Laqranjianının forması

$$L_{f\pi\pi} = \frac{1}{2} g_{f\pi\pi} h_{\mu\nu} (\eta^{\mu\nu} \partial^\alpha \pi \partial_\alpha \pi - (\partial^\mu \pi)(\partial^\nu \pi)),$$

və qarşılıqlı təsir sabiti  $g_{f\pi\pi}$  isə aşağıdakı şəkildə təyin edilir

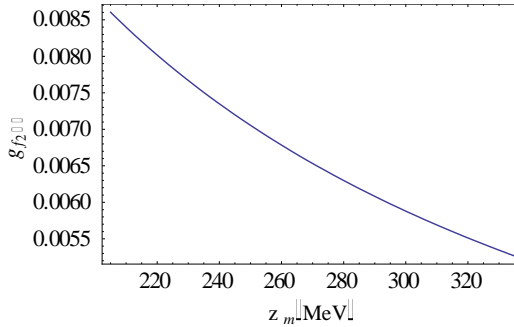
$$g_{f\pi\pi} = g_f \int_0^{z_m} dz h(z) \left[ \frac{1}{z} \pi(z)^2 + \frac{z^3}{2v(z)^2} \left( \partial_z \frac{1}{z} \pi(z) \right)^2 \right].$$

Burada,  $v(z) = \frac{1}{2} amz + \frac{1}{2a} \xi z^3$  ( $a = \frac{\sqrt{N_c}}{2\pi}$ ,  $N_c = 3$ ) daxili skalyar X sahəsi üçün hərəkət tənliyinin həllidir,  $h(z)$  və  $\pi(z)$  uyğun olaraq tenzor mezonun və pionun profil funksiyaları olub aşağıdakı kimi ifadə olunur

$$h(z) = 3.51 \frac{z^3}{z_m} J_2 \left( 3.83 \frac{z}{z_m} \right),$$

$$\pi(z) = \frac{1}{2a} N \xi z^3 \left[ I_{2/3} \left( \frac{\sqrt{2}}{6a} \xi z^3 \right) - \frac{I_{2/3} \left( \frac{\sqrt{2}}{6a} \xi z_m^2 \right)}{K_{2/3} \left( \frac{\sqrt{2}}{6a} \xi z_m^2 \right)} K_{2/3} \left( \frac{\sqrt{2}}{6a} \xi z^3 \right) \right].$$

Profil funksiyaları qarşılıqlı təsir sabitinin ifadəsində nəzərə alıb, infraqırmızı sərhədin müxtəlif qiymətlərində qarşılıqlı təsir sabiti üçün qiymətlər almışıq.  $z_m^{-1} = 322 \text{ MeV}$  olduqda  $g_{f\pi\pi} = 5.5 * 10^{-3} \text{ MeV}^{-1}$  və parçalanma eni isə  $\Gamma(f_2 \rightarrow \pi^+ \pi^-, \pi^0 \pi^0) = 13.7 \text{ MeV}$  olur. Bu isə təcrübə nəticədən aşağı qiymətdir.



Şək. 1.

Nəzəriyyə  $\rho$  mezonlar üçün uğurlu nəticə versə də, tenzor mezonlarda təcrübə ilə uyğunluq təşkil etmir.

#### Ədəbiyyat:

1. J. Erlich, E. Katz, D. T. Son, and M. A. Stephanov, QCD and a holographic model of hadrons, Phys. Rev. Lett. 95, 261602 (2005), arXiv:hep-ph/0501128.
2. P. A. Zyla et al. (Particle Data Group). Review of particle physics // PTEP 2020, 083C01 (2020).
3. E. Katz, A. Lewandowski, and M. D. Schwartz, Tensor mesons in AdS/QCD, Phys. Rev. D 74, 086004 (2006), arXiv:hep-ph/0510388.



## ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN ESKART VƏ KULON POTENSİALLARININ XƏTTİ CƏMİ ÜÇÜN HƏLLİ

**Hüseynova S.N., Bədəlov V.H.**

*Bakı Dövlət Universitet*  
*sonahsynva23@gmail.com*

Sferik simmetrik Eskart potensialı [1]

$$V(r) = -\alpha \frac{e^{-r/a}}{1 - e^{-r/a}} + \beta \frac{e^{-r/a}}{(1 - e^{-r/a})^2}, \quad (1)$$

burada  $\alpha, \beta > 0$  – potensial çuxurun dərinliyini,  $a$  – isə potensialın dəyişmə diapazonunu ifadə edir. Eskart və Kulon potensiallarının xətti cəmi üçün radial Şredinger tənliyinin

$$\frac{d^2 u_{nl}(r)}{dr^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} [E_{nl} - V_{eff}(r)] u_{nl}(r) = 0 \quad (2)$$

analitik həlli nüvənin nuklonlarla qarşılıqlı təsirinin əlaqəli və səpilmə halları üçün çox əhəmiyyətlidir, burada

$$V_{eff}(r) = -\alpha \frac{e^{-r/a}}{1 - e^{-r/a}} + \beta \frac{e^{-r/a}}{(1 - e^{-r/a})^2} + \frac{V_C}{r} + \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2} \quad (3)$$

effektiv potensialdır. (2) radial Şredinger tənliyini orbital kvant ədədinin ixtiyari qiymətində (3) münasibətində üçüncü və dördüncü hədlərə görə analitik həll etmək mümkün olmur. Təkmilləşmiş Greene-Aldrich yaxınlaşmasından istifadə edərək Zommerfeld metodunun köməyiylə  $l \neq 0$  halı üçün (2) tənliyini analitik həll edib, enerji spektri

$$E_{nl} = \frac{V_C}{a} D_0 + \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu a^2} C_0 - \frac{\hbar^2}{8\mu a^2} \left[ \frac{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \left( \alpha - \frac{V_C}{a} \right)}{\sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \beta + \left( l + \frac{1}{2} \right)^2} + n + \frac{1}{2}} - \left( \sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \beta + \left( l + \frac{1}{2} \right)^2} + n + \frac{1}{2} \right) \right]^2 \quad (4)$$

və radial dalğa funksiyası tapılmışdır, burada  $C_0 = \frac{1}{12}$  və  $D_0 = \frac{1}{2}$  – sürüşmə parametrləri və  $n$  radial kvant ədədidir:

$$n = 0, 1, 2, \dots, \left\lfloor \sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \left( \alpha - \frac{V_C}{a} \right)} - \sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \beta + \left( l + \frac{1}{2} \right)^2} - \frac{1}{2} \right\rfloor.$$

(2) radial Şredinger tənliyinin Zommerfeld metodu ilə həlli

burada  $u_{nl}(z) = N_{nl} z^\varepsilon (1-z)^{\gamma+\frac{1}{2}} {}_2F_1(-n, 2\varepsilon+2\gamma+1+n, 2\varepsilon+1, z)$ , (5)  
burada  ${}_2F_1(-n, 2\varepsilon+2\gamma+1+n; 2\varepsilon+1; z)$  – Qausun hiperhəndəsi  
funksiyası,  $z = e^{-r/a}$ ,  $\varepsilon = \sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \left(-E_{nl} + \frac{V_C}{a} D_0\right) + l(l+1)C_0}$ ,  $\gamma =$   
 $\sqrt{\frac{2\mu a^2}{\hbar^2} \beta + \left(l + \frac{1}{2}\right)^2}$ ;  $0 \leq z \leq 1$  və  $N_{nl}$  isə normallaşma sabitidir.

(4) ifadəsindən görünür ki, baxılan sistem  $\alpha, \beta, V_C$  və  $a$  potensial parametrlərindən, radial  $n$  və orbital  $l$  kvant ədədlərindən asılı məhdud sayda  $E_{nl}$  enerji spektrinə malikdir.

Xüsusi halda,

- 1) (4) münasibətində  $V_C = 0$  olduqda [2] işində enerji spektrinin (28) ifadəsi alınır;
- 2) (4) münasibətində  $V_C = 0$  olması şərtində alınan ifadə  $C_0 = 0$ ,  $\hbar = \mu = 1$  ilə [3] işində enerji spektrinin (17) ifadəsinə keçir;
- 3) (4) münasibətində  $V_C = \beta = 0$  olması şərtində alınan ifadə [4] işində enerji spektrinin (32) ifadəsinə keçir.

#### Ədəbiyyat:

1. C. Eckart, The Penetration of a Potential Barrier by Electrons, Phys. Rev. **35**, 1303-1309, 1930.
2. Y.F. Diao, L.Z. Yi, T. Chen, C.S. Jia, Arbitrary  $l$  - wave bound state solutions of the Schrödinger equation with Eckart potential, Mod. Phys. Lett. **B 23**, 2269-2279, 2009.
3. S.H. Dong, W.C. Qiang, G.H. Sun, V.B. Bezerra, Analytical approximations to the  $l$  - wave solutions of the Schrödinger equation with the Eckart potential, J. Phys. A: Math. Theor., **40**, 10535-10540, 2007.
4. O. Bayrak, G. Kocak, I. Boztosun, Any  $l$  - state solutions of the Hulthen potential by the asymptotic iteration method, J. Phys. A: Math. Gen., **39**, 11521-11529, 2006.

## MÜON NEYTRİNOSUNUN $\nu_\mu e^- \rightarrow \nu_\mu e^-$ ELEKTRONDAN SƏPİLMƏSİ

**Hüseynova N.M., Əhmədov A.İ.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[hseynova1999@internet.ru](mailto:hseynova1999@internet.ru)

İşdə neytrino-elektron səpilməsi prosesi öyrənilmişdir.  $N_\mu e^- \rightarrow \nu_\mu e^-$  prosesinin tam effektiv kəsiyinin analitik ifadəsi hesablanmışdır. Bəzi xüsusi hallar araşdırılmışdır.

Neytrinonun iki növü vardır. Əgər neytrino öz antineytrinosu ilə eyni olarsa, onda neytrino Mayorana zərrəciyi adlanır. Əgər neytrino öz antineytrinosu ilə eyni olmazsa, onda neytrino Dirak zərrəciyi adlanır. Mayorana və Dirak neytrinoları arasındakı fərq yalnız nəzəri deyil. Kütləli Dirak neytrinosu sıfırdan fərqli maqnit momentinə və elektrik dipol momentinə malik olmalıdır.

Bu isə eksperimental olaraq müşahidə oluna bilər. Mayorana neytrinosu isə maqnit momentinə və elektrik dipol momentinə malik deyil. Mayorana neytrinosu anapol momentə malikdir.

Müon neytrinosunun elektrondan səpilməsi prosesinin  $\nu_\mu e^- \rightarrow \nu_\mu e^-$  qarşılıqlı təsir həddi aşağıdakı şəkildədir [1, 2]:

$$H_{int}(\nu_\mu e^- \rightarrow \nu_\mu e^-) = \frac{G}{\sqrt{2}} \int d^3 \left[ \bar{u}_{\nu_\mu} \gamma^\alpha (1 - \gamma_5) u_{\nu_\mu} \right] \left[ \bar{u}_e \gamma_\alpha (g_V - g_A \gamma_5) u_e \right] \quad (1)$$

$\nu_\mu e^- \rightarrow \nu_\mu e^-$  prosesinin matris elementini aşağıdakı şəkildə yazma bilərik:

$$M = \left[ \bar{u}_{\nu_\mu}(k) \gamma^\alpha (1 - \gamma_5) u_{\nu_\mu}(k) \right] \left[ \bar{u}_e(p', s) \gamma_\alpha (g_V - g_A \gamma_5) u_e(p, s) \right] \quad (2)$$

Onda  $\nu_\mu e^- \rightarrow \nu_\mu e^-$  prosesinin tam effektiv kəsiyini aşağıdakı formada yazma bilərik:

$$\sigma = \frac{G^2}{8\pi^2} \frac{1}{16(k \cdot p)} \int \frac{d^3 k'}{k'_0} \int \frac{d^3 p'}{p'_0} \delta^4(p' + k' - p - k) \frac{1}{2} \sum_{s, s'} |M|^2 \quad (3)$$

Matrisin izini hesablanması qaydalarını tətbiq etsək onda  $|M|^2$  - i üçün alırıq:

$$\frac{1}{2} \sum_{s, s'} |M|^2 = 32(g_V + g_A)^2 (p \cdot k) (p' \cdot k') + 32(g_V - g_A)^2 \cdot (p' \cdot k)^2 (p \cdot k) - 32(g_V^2 - g_A^2) m_e^2 (k \cdot k') \quad (4)$$

(4) ifadəsini (3) - də yazıb və sonra son zərrəciklərin 3-ölçülü impulsları üzrə inteqrallamanı hesabladıqdan sonra tam effektiv kəsik üçün alırıq:

$$\bar{\sigma} = \frac{G^2}{4\pi^2} \left\{ (g_V + g_A)^2 \pi s \left(1 - \frac{m_e^2}{s}\right)^2 + (g_V - g_A)^2 \frac{\pi}{6} \left(1 - \frac{m_e^2}{s}\right)^2 \cdot \left[ (s - m_e^2) + \frac{2[(k+p) \cdot p][(k+p) \cdot k] \left(1 + \frac{2m_e^2}{s}\right)}{(k \cdot p)} \right] - (g_V^2 - g_A^2) \frac{\pi(s - m_e^2)^2}{s^2} m_e^2 \right\} = \frac{G^2}{4\pi} s \left(1 - \frac{m_e^2}{s}\right)^2 \left[ (g_V + g_A)^2 + \frac{1}{3} (g_V - g_A)^2 \left(1 + \frac{m_e^2}{s} + \frac{m_e^4}{s^2}\right) - (g_V^2 - g_A^2) \frac{m_e^2}{s} \right] \quad (5)$$

Əgər burada nəzərə alsaq  $k^2 = 0$  və  $p^2 = m_e^2$  onda alırıq:

$$\bar{\sigma} = \frac{G^2}{3\pi} s \left(1 - \frac{m_e^2}{s}\right)^2 \left\{ (g_V^2 + g_A g_V + g_A^2) - (g_V^2 + 4g_A g_V - 5g_A^2) \frac{m_e^2}{8s} + \frac{1}{2} (g_V - g_A)^2 \frac{m_e^2}{s^2} \right\} \quad (6)$$

Əgər səpilmə prosesi enerjinin böyük qiymətlərində baş versə onda biz elektronun kütləsini nəzərə almaya bilərik, yəni  $m_e = 0$ . Onda (6) ifadəsi aşağıdakı formada olar:

$$\bar{\sigma}(\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_\mu + e^-) \simeq \frac{G^2 s}{3\pi} (g_V^2 + g_V g_A + g_A^2) \quad (7)$$

$\nu_\mu e^- \rightarrow \nu_\mu e^-$  prosesinin tam effektiv kəsiyinin eksperimental qiyməti aşağıdakı tərtibdədir:

$$\frac{1}{E_{\nu_\mu}} \sigma(\nu_\mu e^- \rightarrow \nu_\mu e^-) = (1,45 \pm 0,26) \cdot 10^{-42} \text{ sm}^2 / \text{QeV} \quad (8)$$

### Ədəbiyyat:

1. Ф. Хелзен, А. Мартин. Кварки и Лептоны. Издательство Мир, 1987.
2. Ю.Комминс, Ф. Буксбаум. Слабые взаимодействия лептонов и кварков. Москва Энергоатомиздат, 1987.

## δ Lib - KLASSİK ƏLQUL TIPLİ QOŞA ULDUZUN SPEKTRAL TƏDQIQI

**İbrahimova N.N., Rüstəmov B.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[nurane.ibrahimova.99@mail.ru](mailto:nurane.ibrahimova.99@mail.ru)

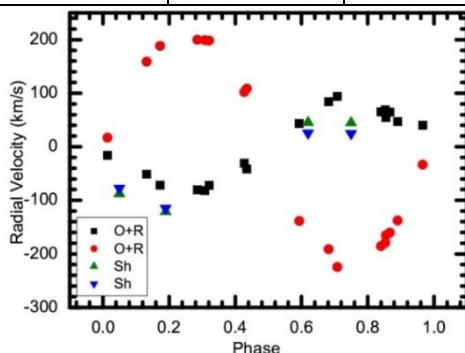
δ Lib (delta Tərəzi) ulduzu, Əlqul tipli tipik qoşa ulduz sistemidir. Sistemə baş ulduzu isti massiv Baş Ardıcılıq (A0V) ulduzu, peyk ulduzu isə, kiçik kütləli, öz Roş sərhəddini doldurmuş, soyuq K0 tipli subnəhəng (K0IV) ulduzudur. Sistemin görünən ulduz ölçüsü  $V \sim 4.^m9$  və dolanma periodu  $2.33^d$  - sutka ətrafında olub Yerə yaxındır ( $\sim 95$  ps). peyk ulduzdan baş ulduza maddə axını baş verir.

Əlqul tipli **delta Lib (δ Tərəzi)** ulduzunun, N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-m teleskopunun kasseqren fokusunda quraşdırılmış optik lifli eşele spektroqrafda (ShaFES) [1] aparılmış spektral müşahidələrinin nəticələri təqdim olunur. Spektrlər,  $\lambda\lambda 3900-7500$  Å dalğa uzunluğu oblasında,  $R \sim 56000$  spektral ayırtma ilə alınıb. 2020-ci ilin iyun ayında 4 gecə ərzində, hər gecədə tədqiq olunan ulduzun 2 spektri, kalibrəmə təsvirlərinin tam dəsti və eləcə də 109 Vir (sp.AO) standart ulduzun 2 spektri alınmışdır. Cədvəl 1-də δ Lib ulduzunun spektrləri haqqında məlumat və  $H\alpha$  və  $H\beta$  xətlərinin ölçülmüş şüa sürətləri verilib. Bu cədvəldə verilmiş faza aşağıdakı ifadədən hesablanıb: **HJDminI = 244 2960.705 + 2.327 354 16E**

**Cədvəl 1**

δ Lib ulduzunun spektrləri haqqında məlumat

Zaman	JD 2450000+	Faza	Vr( $H\alpha$ ) (km/s)	Vr( $H\beta$ ) (km/s)
07 06 2020	9008.2625	0.19	-121.5	-114.7
08 06 2020	9009.2630	0.62	+45.2	+25.6
09 06 2020	9010.2551	0.05	-88	-77.3
13 06 2020	9014.2194	0.75	+44.5	+24.7



**Şək. 1.** δ Lib ulduzunun komponentlərinin şüa sürəti əyriləri (O+R Ondrejeva+ Rojen; Sh -Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası)

Bu spektrlər əsasında  $\delta$  Lib qoşa ulduzun orbital periodunun müxtəlif fazalarında hidrogenin H $\alpha$  və H $\beta$  xətlərinin profilləri [2]-də təsvir və şərh olunur.

Ədəbiyyatda 1996,1997-ci illərdə (Çexiyanın Ondrejeva) və 2003 -cü ildə Bolqariyanın Rojen) rəsədxanalarında 2-m teleskopda alınmış spektrlərdə ölçmə nəticələrinə əsasən [3]  $\delta$  Lib ulduzunun komponentlərinin şüa sürətləri ayrıləri qurulub. Bizim spektrlərdən H $\alpha$  və H $\beta$  xətlərinin ölçülmüş şüa sürətlərinin qiyməti, qurulmuş şüa sürəti ayrısında yerləşməsi qənaətbəxşdir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Mikailov Kh. et al. Kinem. and Physics of Celes.Bodiesm, v.36, pp. 22-36, 2020
2. İbrahimova N.N., Rüstəmov B.N. Klassik Algol tipli HD 132742 qoşa ulduzunun spektrində H $\alpha$  xətti. "Fizika və Astronomiya problemləri" mövzusunda XXII respublika elmi konfransının materialları Bakı, 20 may 2022-ci il. Bakı: BDU, 2022.
3. Analysis of  $\delta$  Librae including Hipparcos astrometry V. Bakış, E.Budding, A. Erdem, H. Bakış O. Demircan and P. Hadrava Mon. Not. R. Astron. Soc. 370, 1935–1945 (2006)

## **ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN VUDS-SAKSON VƏ KULON POTENSİALLARININ XƏTTİ CƏMI ÜÇÜN HƏLLİ**

**İsmayilova Z.S., Bədəlov V.H.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[zismayilova209@gmail.com](mailto:zismayilova209@gmail.com)

Sferik simmetrik standart Vuds-Sakson potensialı [1]

$$V(r) = -\frac{V_0}{1 + e^{\frac{r-R_0}{a}}}, a \ll R_0 \quad (1)$$

şəklindədir, burada  $V_0$  - potensial çuxurun dərinliyi,  $R_0$  -potensialın eni və ya nüvənin radiusu,  $a$  - isə nüvənin səth təbəqəsinin qalınlığıdır və o, ionlaşma enerjisinin təcrübi qiyməti ilə müəyyən olunur.

Vuds-Sakson və Kulon potensiallarının xətti cəmi üçün radial Şredinger tənliyinin

$$\frac{d^2 u_{nl}(r)}{dr^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} [E_{nl} - V_{eff}(r)] u_{nl}(r) = 0 \quad (2)$$

analitik həlli nüvənin nuklonlarla qarşılıqlı təsirinin əlaqəli və səpilmə halları üçün çox əhəmiyyətlidir, burada

$$V_{eff}(r) = -\frac{V_0}{1 + e^{\frac{r-R_0}{a}}} + \frac{V_C}{r} + \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2} \quad (3)$$

effektiv potensialdır. (2) radial Şredinger tənliyini orbital kvant ədədinin ixtiyari qiymətində analitik həll etmək mümkün olmur və buna səbəb (3) münasibətində ikinci və üçüncü hədlərdir. Zommerfeld metodundan istifadə

edərək ixtiyari  $l$  – halı üçün (2) tənliyini Pekeris yaxınlaşmasının köməyi ilə analitik həll edib, enerji spektri

$$E_{nl} = C_0 - \frac{\hbar^2}{8\mu a^2} \times \left( \sqrt{\frac{2\mu a^2 C_2}{\hbar^2} + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2} + \frac{\frac{2\mu a^2 (V_0 - C_1 - C_2)}{\hbar^2}}{\sqrt{\frac{2\mu a^2 C_2}{\hbar^2} + \frac{1}{4}} - n - \frac{1}{2}} \right)^2 \quad (4)$$

və radial dalğa funksiyası tapılmışdır:

$$u_{nl}(z) = N_{nl} z^\varepsilon (1-z)^\eta {}_2F_1(-n, 2\varepsilon + 2\eta + 1 + n, 2\varepsilon + 1, z),$$

burada  ${}_2F_1(-n, 2\varepsilon + 2\eta + 1 + n; 2\varepsilon + 1; z)$  - Qausun hiperhəndəsi funksiyası,  $N_{nl}$  – normallaşma sabiti,  $C_0, C_1, C_2$  – kəmiyyətləri spesifik  $R_0, a$  potensial parametrlərindən və  $l$  orbital kvant ədədindən asılı Pekeris yaxınlaşmasının parametrləri,  $\eta = \sqrt{\varepsilon^2 - \beta^2 + \gamma^2}$  və  $n$  – isə radial kvant ədədidir:

$$n = 0, 1, 2, \dots, \left\lfloor \sqrt{\frac{2\mu a^2 C_2}{\hbar^2} + \frac{1}{4}} - \frac{1}{2} \right\rfloor. \quad (5)$$

(4) fəadəsindən görünür ki, baxılan sistem  $V_0, V_C, a, R_0$  potensial parametrlərindən, radial  $n$  və orbital  $l$  kvant ədədlərindən asılı məhdud sayda  $E_{nl}$  enerji spektrinə malikdir.

Xüsusi halda,

**a)** (4) münasibətində  $V_C = 0$  və  $x_e = 0$  olmasını nəzərə alsaq, [3] işindəki enerji spektrinin ifadəsi alınır.

**b)** (4) münasibətində  $x_e = 0$  olması şərtində alınan ifadə  $W = 0$  ilə [4] işindəki enerji spektrinin ifadəsinə keçir.

#### Ədəbiyyat:

1. R.D. Woods, D.S. Saxon, Diffuse Surface Optical Model for Nucleon-Nuclei Scattering, Phys. Rev. **95**, 577-578, 1954.
2. C.L. Pekeris, The rotation-vibration coupling in diatomic molecules, Phys. Rev. **45**, 98-103, 1934.
3. V.H. Badalov, H.I. Ahmadov, A.I. Ahmadov, Analytical solutions of the Schrödinger equation with the Woods-Saxon potentials for arbitrary  $l$ -state, Int. J. Mod. Phys. **E 18**, 631-641, 2009.
4. E. Yazdankish, Bound state solution of the Schrodinger equation for the Woods-Saxon potential plus coulomb interaction by Nikiforov-Uvarov and supersymmetric quantum mechanics methods, Int. J. Mod. Phys. E **30**, 2150023, 2021.

## **KORROZİYANIN REAKTOR MATERİALLARININ MEXANİKİ MÖHKƏMLİYİNƏ TƏSİRİ**

**<sup>1</sup>Nəzirova L.A., <sup>2</sup>Hüseynov E.M.**

*<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti*

*<sup>2</sup>Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyi, Radiasiya Problemləri İnstitutu*

**nezirovalale872@gmail.com**

Yüksək temperatur komponentlərinin dizaynı xüsusi materiallar qaydalarına riayət etməklə həyata keçirilir. Maye metal sürətli reaktorlara gəldikdə, onlar adətən yüngül su reaktorlarından yüksək temperaturda və daha aşağı təzyiqlərdə işləyirlər (buxar generatoru istisna olmaqla). Üstəlik maye metalların yaxşı istilik ötürmə xassələrinə görə, reaktor sistemi keçici proseslərə məruz qaldıqda metal konstruksiyalarda sürətli temperatur dəyişiklikləri baş verir. Əksər reaktor komponentlərində nəticə olaraq, ilkin gərginliklər ikinci gərginliklərə nisbətən daha az olur və yüksək temperaturda dayanıqlı və struktur dayanıqlılığı olan müvafiq materiallar tələb olunur.

Maye metalların istinad struktur materiallarının mexaniki xassələrinə göstərə biləcəyi təsir diqqətlə qiymətləndirilməlidir, çünki bu, dizayn qaydalarına və yaxud xüsusi komponentin istifadə müddətinin qiymətləndirilməsinə təsir göstərə bilər. Yüksək temperatur quruluşu üçün nəzarət edilməli olan əsas xüsusiyyətlər dartılma, aşınma və aşınma gücü, həmçinin qırılma möhkəmliyidir.

Maye metallar struktur materialların mexaniki xüsusiyyətlərini pisləşdirə bilər. Maye metalın kövrəkləşməsi (LME), maye metalın köməyi ilə zədələnməsi (LMAD) və ətraf mühitin köməyi ilə çatlama (EAC) kimi təsvir edilən müxtəlif deqradasiya mexanizmləri təklif edilmişdir. Bu mexanizmlər səthin islanmasının mühüm rol oynadığı fiziki, kimyəvi və mexaniki qarşılıqlı təsirlərin nəticəsidir. Bununla belə, mexaniki xassələrin deqradasiyası əsasında nəmlənmənin əsasları və əlaqəli proseslər tam başa düşülməmişdir. Bu da yuxarıda qeyd olunan üç mexanizmin dəqiq fərqləndirilməsini daha az aydın edir. Ümumiyyətlə, deqradasiya mexanizmi, gərginliyə məruz qaldıqda və maye metal ilə təmasda olduqda, mexaniki davranışını dəyişdirən çevik materiala aiddir. Bu dəyişikliklər LME vəziyyətində çevikliyin itirilməsi və qəfil kövrək uğursuzluq kimi təsvir edilə bilər və ya LMAD vəziyyətində qırılma rejimini dəyişdirmədən sürətlənmiş sınıq kimi və nəhayət, EAC vəziyyətində vaxtından əvvəl və uğursuzluq kimi təsvir edilə bilər.

### **Ədəbiyyat:**

1. F. Balbaud Celerier, L. Martinelli, J. Eng. Gas Turbines Power 132 (2010) 291-299.
2. K. Aoto, Prog. Nucl. Energy 77 (2014) 247-265.
3. K. Natesan, M. Li, S. Majumdar, J. Nucl. Mater. 392 (2009) 243-248.
4. K. Natesan, M. Li, S. Majumdar, Code Qualification of Structural Materials for AFCI Advanced Recycling Reactors, Technical Report ANL-AFCI-244, September 2008.

## **HD 6288 ULDUZUNUN EFFEKTİV TEMPERATURU**

**Rəhimov E.B., Əliyeva Z.F.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

elvin\_rehimov\_2016@mail.ru

Ulduzun fundamental parametrləri olan effektiv temperatur və səthlərində ağırlıq qüvvəsinin təcilinin təyini astrofizikanın mühüm məsələlərindən biridir. Effektiv temperatur və ağırlıq qüvvəsinin təcili atmosfer modelləri üçün bazis parametrləridir. Bu parametrləri bilməklə ulduzların təkamül parametrləri olan kütlə, radius, işıqlıq və yaşları təyin edilir.

Bu işdə HD 6288 ulduzunun effektiv temperaturları  $T_{\text{eff}}$  və ağırlıq qüvvəsinin təcili  $g$  təyin olunmuşdur. Ulduzların effektiv temperatur  $T_{\text{eff}}$  və ağırlıq qüvvəsinin təcili  $g$  model üsulu [1,2] və parallaksın tədbiqi üsulu ilə təyin edilmişdir. Bu məqsədlə HD 6288 ulduzu üçün Fransada yerləşən Haute-Provence rəsədxanasının 1.93 m-lik teleskopunun kasseqren fokusunda alınmış spektral materiallardan istifadə olunmuşdur. Bu rəqəmsal spectral material spektrin  $\lambda\lambda$  3872-6943Å bölgəsini əhatə edir. SOFIYA eşelle spektroqrafında alınmış bu spektrdə ayırdetmə 75000-dir. İstifadə etdiyimiz spektr 2012-cı ilin dekabrın 28-də alınmışdır [3]. HD 6288 ulduzunun spektri DECH 30 proqram paketində emal olunmuş və hidrogenin Balmer seriyasının spektral xətlərinin ekvivalent enləri təyin edilmişdir.

uvby fotometrik sistemində  $[c_1]$ , UVB sistemində  $Q$  və  $\beta$  kəmiyyətləri müşahidə verilənlərinə əsasən [4] kataloqundan istifadə edilərək təyin edilmişdir. Burada

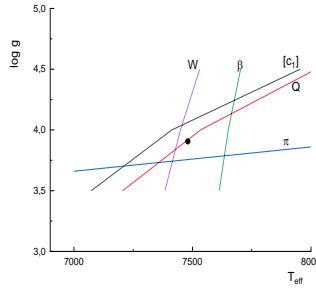
$$[c_1]=c_1-0.2(b-y), \quad (1)$$

$$Q=(U-B)-0.72(B-V) \quad (2)$$

$$A_v=3,2E_{B-V} \quad (3)$$

kimi təyin olunur.  $[c_1]$ ,  $Q$  və  $\beta$  indekslərin istifadəsinin üstünlüyü ondadır ki, onlar ulduzlararası fəzada udulma təsirindən azaddırlar. Balmer seriyasının ekvivalent enlərinin nəzəri hesablanmış qiymətləri [5],[ $c_1$ ],  $Q$  kəmiyyətinin nəzəri hesablanmış qiymətləri [6],  $\beta$  kəmiyyətinin nəzəri hesablanmış qiymətləri [7]-də verilir. Ulduzların parallaksı [8]-də ölçülmüşdür. Hidrogenin Balmer seriyasının spektral xətlərinin ekvivalent enləri,  $[c_1]$ ,  $Q$ ,  $\beta$  fotometrik kəmiyyətlərinin müşahidədən ölçülmüş və nəzəri hesablanmış qiymətlərinin müqayisəsi əsasında və parallaksın tədbiqi üsulu ilə  $T_{\text{eff}}$  və  $\log g$  cütü təyin olunur. Parallaksın tədbiqi üsulunun üstünlüyü isə onun modellərdən asılı olmamasıdır.





Şək. 1.

Beləliklə alınmışdır ki, HD 6288 ulduzunun effektiv temperaturu 7500 K, ağırlıq qüvvəsinin təcili isə 3.9-dir. Bu ulduzun effektiv temperaturu üçün digər müəlliflər tərəfindən alınmış qiymətlər: [9]-a görə 7534K, [10]-a görə 7359K-dir.

#### Ədəbiyyat:

1. L.S. Lyubimkov, T.M. Rachkovskaya, D.B. Poklad, Astrophysics 52, 237 (2009).
2. Leonid S. Lyubimkov, David L. Lambert, Sergey I. Rostopchin, Tamara M. Rachkovskaya1, and Dmitry B. Poklad, Accurate fundamental parameters for A-, F- and G-type Supergiants in the solar neighborhood /Mon. Not. R. Astron. Soc. 402, 1369–1379 (2010)
3. <http://atlas.obs-hp.fr/sophie>
4. B. Hauck, M. Mermilliod, Astron. Astrophys. Suppl.Ser. 129, 431 (1998)
5. R.L. Kurucz, CD-ROM 13, ATLAS 9 Stellar Atmosphere Programs and 2km/s grid./ Cambridge, Mass., Smithsonian Astrophys.Obs., 1993.
6. Castelli F., Kurucz R. L., 2003, in Piskunov N. E., Weiss W. W., Gray D.F., eds, Proc. IAU Symp. 210, Modelling of Stellar Atmospheres. Poster A20. Astron. Soc. Pac., San Francisco, p. A20
7. Castelli F., Kurucz R. L., 2006, A&A, 454, 333
8. 2018yCat.1345....0G - CDS/ADC Collection of Electronic Catalogues, 1345, 0 (2018)
9. 2012A&A...537A.120Z - Astronomy and Astrophysics, volume 537A, 120-120 (2012/1-1)
10. 2006A&A...458..293P - Astronomy and Astrophysics, volume 458, 293-296 (2006/10-4).

## AG DRA SİMBİOTİK ULDUZUN RƏQƏMSAL SPEKTRLƏRİNDƏ H $\beta$ , HeI və HeII XƏTLƏRİNİN TƏDQIQI

**Rüstənova G.İ., Mikayılov X.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[rustemovagunel27@gmail.com](mailto:rustemovagunel27@gmail.com)

Simbiotik ulduzların ən klassik nümayəndələrindən biri olan AG Dra soyuq sakit nəhəng və isti kompakt ulduzdan ibarət qarşılıqlı təsirdə olan qoşa

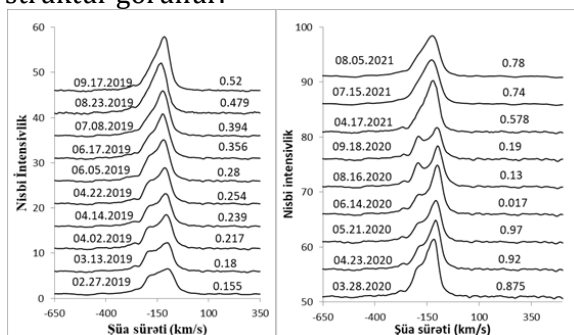
sistemdir. Sistem kiçik sıxlıqlı dumanlıqla örtülmüşdür. Dumanlığın kimyəvi tərkibi onu göstərir ki, həqiqətən dumanlığın material mənbəyi soyuq nəhəngdir.

Biz ARAS spektral verilər bazasından istifadə edərək AG Dra ulduzunun 19 spektrinə görə 2019-2021-ci illər üçün  $H_\alpha$  xəttinin profilinin qoşa sistemin orbital hərəkətindən asılı olaraq dəyişməsinə baxmışdıq [1]. Bu işdə isə  $H_\beta$ ,  $HeI(\lambda=5876\text{\AA})$  və birqat ionlaşmış  $HeII(\lambda=4685,68\text{\AA})$  xətlərinin profilinin qoşa sistemin orbital hərəkətindən asılı olaraq dəyişməsinə baxılmışdır. Spektrlərin standart metodlar əsasında emalı DECH30 [2] proqramı vasitəsilə həyata keçirilmişdir. Spektrlərin ayırd etmə gücü  $R=\lambda/\Delta\lambda=11000\div 14000$ . Fazadan asılı olaraq profilin dəyişməsinə izləmək üçün udulma xətlərinin şüa sürətlərinə görə Fekelin [3] məlumatları əsasında orbital hərəkətin faza diaqramı qurulmuşdur.

Bütün spektrlərə görə  $H_\beta$ ,  $HeI$  və  $HeII$  şüalanma xətlərinin profilləri qurulmuş və spektrlərin alındığı tarixlər üçün fazalar hesablanmışdır (Şəkil 1).

Şəkildən  $H_\beta$  xəttinin profillərinin fazadan asılı olaraq dəyişməsi çox aydın görünür. Fazanın  $0\div 0.36$  və  $0.88\div 1.0$  qiymətləri aralığında  $H_\beta$  profilləri iki komponentli quruluş göstərir. Digər fazalarda bənövşəyi komponent yoxa çıxır və qırmızı komponentdən ibarət tək emissiyalı quruluş göstərilir.

Eyni zamanda  $HeI$  xəttinin profillərində də fazanın müəyyən qiymətlərində iki komponentli struktur görünür.



Şəkil 1. AG Dra spektrində  $H_\beta$  şüalanma xəttinin profilləri.

Tədqiqatlar göstərdi ki,  $H_\beta$  və  $HeI$  xətlərinin profilləri  $H_\alpha$  xəttinin profilləri kimi orbital fazadan asılı olaraq tamamilə oxşar quruluş göstərilir.  $HeII$  xətti isə yalnız bir komponentli quruluş göstərir və fazadan asılılıq görünmür.  $HeII$  daha isti qatlarda yarandığına görə komponentlər yaxın olur və bu səbəbdən ola bilsin ki, spektrlərin ayırd etməsi həmin komponentin ayırd olunmasına imkan vermir.  $HeII$  emissiya xəttinin profilinin quruluşu haqqında fikir söyləmək üçün daha yüksək ayırd etməli spektrlər lazımdır.

**Ədəbiyyat:**

1. Rüstəмова G.İ., Mikayılov X.M., AG DRA simbiotik ulduzun rəqəmsal spektrlərində H $\alpha$  xəttinin tədqiqi, Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi, Magistrantların və gənc tədqiqatçıların "Şuşa ili" nəhər olunmuş "Fizika və astronomiya problemləri" mövzusunda XXII Respublika Elmi Konfransı, Bakı 20 may 2022-ci il
2. <http://www.gazinur.com/DECH-software.html>
3. Fekel, Francis C. et al. Infrared spectroscopy of symbiotic stars. II. Orbits for Five S-Type Systems with Two-Year Periods, The Astron. Journal, 2000, V. 120, I.6, pp. 3255-64

**CH Cyg SİMBİOTİK ULDUZUN SPEKTRİNDƏ UDULMA XƏTLƏRİNİN  
TƏDQIQI. I.2019-2020-ci il.**

**<sup>1</sup>Mikayılov X.M., <sup>2</sup>Rüstəмова A.B.**

<sup>1</sup>*Bakı Dövlət Universiteti*

<sup>2</sup>*N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası*

[aysel.rustemova@yahoo.com](mailto:aysel.rustemova@yahoo.com)

Müasir astrofiziki təsəvvürlərə görə simbiotik ulduzlar qarşılıqlı təsirdə olan soyuq nəhəngdən və isti kompakt ulduzdan təşkil olunmuş qoşa sistemdir. İsti kompakt ulduzun ağ cırtıdan olduğu qəbul olunur.

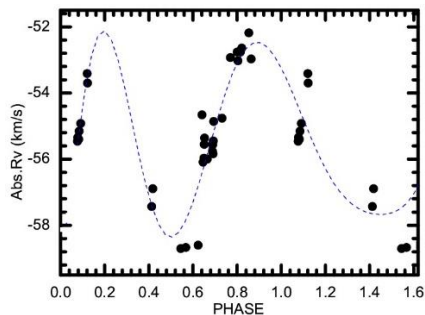
Simbiotik ulduzların spektrləri, sistemin komponentlərinin pasportlarıdır və onlar haqqında daha dolğun informasiya verir.

Simbiotik ulduzların spektrlərinin formalaşması haqqında müasir təsəvvürlərə görə, yüksək həyəcanlaşma potensialına uyğun emissiya xətləri, isti komponentin şüalanması ilə qızdırılan, dümanlıqda yaranır. Aşağı həyəcanlanmış emissiya xətləri (FeII, Ca II, Ti II və s.) isə soyuq ulduzun atmosferinin isti komponentə tərəf yönəlmiş hissəsində yaranır. Absorbsiya xətləri (CaI, FeI, CrI, Ti I, və s.) soyuq qırmızı nəhəngin atmosferində yaranır.

Simbiotik ulduzların, o cümlədən də CH Cyg ulduzunun görünən parlaqlığı nisbətən zəif olduğundan onun emissiya spektri daha müfəssəl öyrənilib. Udulma spektrinin ciddi tədqiqi isə, son on illiklərdə, müasir işıqqəbuledicilərinin, xüsusən də CCD matrislərin astropektroskopiyaya tətbiqindən sonra başlanıb.

Metalların udulma xətləri simbiotik sistemin əsas komponenti – soyuq nəhəng ulduzun atmosferində formalaşır. Udulma xətlərinin şüa sürətlərinin tədqiqi sistemin orbital hərəkətinin parametrlərini təyin etməyə imkan verir.

CH Cyg ulduzunun udulma xətlərinin şüa sürətlərinin dəyişməsində təqribən 5650 sutkalıq uzun və 750 sutkalıq qısa period aşkar edilmişdir [məs. bax, 1].



**Şək. 1.** CH Cyg ulduzunun spektrində udulma xətlərinin şüa sürəti əyrisi

CH Cyg ulduzunun spektral müşahidələri, 2019-cu ildə (24 spektr), və 2020-ci ildə (7 spektr) olmaqla, N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-m. teleskopunun Kasseqren fokusunda, optik lifli eşəle spektroqrafda (ShAFES) [2]  $\lambda\lambda 3900-7500 \text{ \AA}$  dalğa uzunluğu oblastında,  $R = 28000$  spektral ayırdetmə ilə aparılmışdır. Spekrlərin işlənməsi DECH proqramının yeni versiyası vasitəsi ilə həyata keçirilmişdir [3].

Seçilmiş təmiz (blendəsiz) udulma xətlərinin şüa sürətlərinin orta qiymətləri əsasında 751 sutkalıq period üçün şüa sürəti əyrisi qurulmuşdur. Faza aşağıdakı ifadə ilə hesablanmışdır.

$$HJD = 2446076.655 + 751d * E$$

Şəkildən görüldüyü kimi bizim ölçmələrin nəticələri 751 sutkalıq period üçün qurulmuş şüa sürəti əyrisi ilə yaxşı uzlaşır.

**Nəticə:** CH Cyg simbiotik ulduzunun spektrində udulma xətlərinin şüa sürətlərində təqribən 751 sutkalıq periodik dəyişkənlik aşkar edilmişdir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Mikayılov X.M. Eşəle spektrometrlərin işlənilib hazırlanması, simbiotik ulduzların spektral tədqiqi f.ü.f.d. dissert. işi, Bakı 2010
2. Mikayılov, Kh. M. et al. Kinematics and Physics of Celestial Bodies, 2020, vol. 36, issue 1, pp. 22-36
3. <http://www.gazinur.com/DECH-software.html>

## **$H \rightarrow q\bar{q}g$ PARÇALANMASINDA QLÜONUN ŞÜALANMASI**

**Babayeva S.Ç., Qocayev M.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[macidqojayev@gmail.com](mailto:macidqojayev@gmail.com)

Elementar zərrəciklərin lokal kalibrəşmə  $SU_C(3) \times SU_L(2) \times U_Y(1)$  simmetriyasına malik Standart Modelinin (SM) son zərrəciyi olan Higgs bozonun kəşfindən keçən 10 il müddətində aparılan nəzəri və təcrübi tədqiqatlar bu zərrəciyin SM-dən kənara çıxan heç bir xüsusiyyətini aşkar etməmişdir [1].  $H$ -bozon

125 GeV kütləyə malik, elektrik və rəng yükü, spini sıfıra bərabər, CP-cütlüyü isə müsbət olan skalyar zərrəcikdir, qeyri-stabil olduğundan, yarandıqdan  $\sim 1.6 \cdot 10^{-22}$  san sonra müxtəlif kanallar üzrə parçalanır. Təcrübədə Hiqq s bozon  $H \rightarrow \gamma\gamma$  və  $H \rightarrow 4l$  parçalanma proseslərində aşkar olunmuşdur. 2017-ci ildə CMS və ATLAS Kollaborasiyaları tərəfindən  $H \rightarrow b\bar{b}$  parçalanma kanalına dair siqnalların qeydə alınmasından sonra  $H \rightarrow q\bar{q}g$  proseslərinin tədqiqinə də maraq xeyli artmışdır.

Bu işdə Hiqq s bozonun kvark-antikvark cütünə parçalanmasında qlüonun süalanması prosesi SM çərçivəsində tədqiq olunur [2]:

$$H(p) \rightarrow q(p_q) + \bar{q}(p_{\bar{q}}) + g(p_g) \quad (1)$$

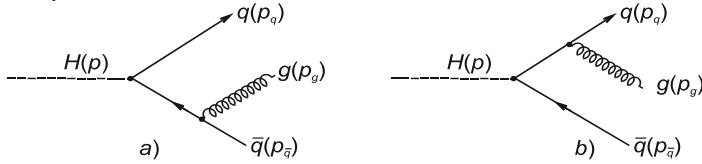
(1) prosesinin amplitudu Feynman diaqramları (şəkil 1) əsasında aşağıdakı şəkildə yazılır (kvarkların kütlələri nəzərə alınmır):

$$M(H \rightarrow q\bar{q}g) = i g_{Hq\bar{q}} g_s (\lambda_m/2)_{\alpha\beta} e_\rho^{*m} [\bar{u}_\alpha(p_q) \Gamma_\rho v_\beta(p_{\bar{q}})], \quad (2)$$

burada

$$\Gamma_\rho = \frac{\hat{p}_{\bar{q}} + \hat{p}_g}{2(p_{\bar{q}} \cdot p_g)} \gamma_\rho - \gamma_\rho \frac{\hat{p}_q + \hat{p}_g}{2(p_q \cdot p_g)},$$

$g_{Hq\bar{q}} = m_q (\sqrt{2} G_F)^{1/2}$  –  $H$ -bozonun kvark cütü ilə qarşılıqlı təsir sabiti,  $g_s$  – kvark-qlüon qarşılıqlı təsir sabiti,  $\lambda_m$  – Gell-Man matrisləri,  $e_\rho^{*m}$  – qlüonun 4-ölçülü polyarlaşma vektorudur.



**Şəkil 1.**  $H \rightarrow q\bar{q}g$  prosesini təsvir edən Feynman diaqramları

Yeni  $x_q = 2E_q/M_H$ ,  $x_{\bar{q}} = 2E_{\bar{q}}/M_H$  dəyişənlərində (2) amplitudunun kvadratı bərabərdir ( $g_s^2 = 4\pi\alpha_s$ ,  $\alpha_s$  – güclü qarşılıqlı təsir sabiti):

$$\overline{|M(H \rightarrow q\bar{q}g)|^2} = 8\sqrt{2}\pi\alpha_s G_F m_q^2 \left[ \frac{1-x_q}{1-x_{\bar{q}}} + \frac{1-x_{\bar{q}}}{1-x_q} + \frac{2x_q x_{\bar{q}}}{(1-x_q)(1-x_{\bar{q}})} \right],$$

burada  $x_q$  və  $x_{\bar{q}}$  – kvarkın və antikvarkın skeylinq enerjiləridir.

(1) prosesinin parçalanma ehtimalı matrisə elementinin kvadratı ilə təyin olunur:

$$d\Gamma(H \rightarrow q\bar{q}g) = \frac{1}{2M_H} \overline{|M(H \rightarrow q\bar{q}g)|^2} d\Phi,$$

$$\frac{1}{d\Gamma(H \rightarrow q\bar{q})} \cdot \frac{d\Gamma(H \rightarrow q\bar{q}g)}{dx_q dx_{\bar{q}}} = f(x_q, x_{\bar{q}}) =$$

$$= \frac{2\alpha_s}{3\pi} \cdot \left[ \frac{1-x_q}{1-x_{\bar{q}}} + \frac{1-x_{\bar{q}}}{1-x_q} + \frac{2x_q x_{\bar{q}}}{(1-x_q)(1-x_{\bar{q}})} \right] \quad (3)$$

$f(x_q, x_{\bar{q}})$  parçalanma eninin  $x_{\bar{q}}$  enerjisindən asılılığı göstərir ki, kvarkın və antikvarkın enerjisinin artması ilə (1) prosesinin parçalanma eni də artır. (3) ifadəsinin  $x_q$  və  $x_{\bar{q}}$  enerjiləri üzrə integralını 0 və  $(x_q)_{max} = (x_{\bar{q}})_{max} = \varepsilon$  sərhədləri daxilində aparmaqla kütləyə görə sinqulyarlığı aradan qaldırmaq və  $H \rightarrow q\bar{q}g$  prosesinin tam enini tapmaq olar:

$$d\Gamma(H \rightarrow q\bar{q}g) = d\Gamma(H \rightarrow q\bar{q}) \times \frac{2\alpha_s}{3\pi} \cdot \{2\varepsilon^2 + [\varepsilon(2 + \varepsilon) + 2 \ln(1 - \varepsilon)] \ln(1 - \varepsilon)\}. \quad (4)$$

(4) ifadəsində göründüyü kimi, (1) prosesinin tam parçalanma eni kvarkın (antikvarkın) maksimal enerjisindən asılı olaraq artır.

$H \rightarrow b\bar{b}g$  prosesi üçün ədədi hesablamalar aparılmış ( $\alpha_s = 0.118$ ) və nəticələr grafik təsvir olunmuşdur.

#### Ədəbiyyat:

1. Salam, G.P., Wang, L.-T., Zanderighi, G. The Higgs boson turns ten // Nature, – 2022. Jul.; Vol. 607, –p. 41-47.
2. Gojayev, M.Sh. // Russian Physics Journal. 2021, V. 64, №6, pp. 970-977 [Годжаев, М.Ш. // Изв. ВУЗов. Физика, 2021, Т. 64, №6, с. 10-15].

## G SPEKTRAL SİNİFLİ HD 3794 (G8 III) VƏ HD 2942 (G8 III) ULDUZLARININ EFFEKTİV TEMPERATURLARI VƏ SƏTHLƏRİNDƏ AĞIRLIQ QÜVVƏSİ TƏCİLLƏRİNİN TƏYİNİ

**Şahmarlı Z.Ə., Səmədov Z.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
shahmarlizahra@gmail.com

Ulduzların effektiv temperaturları və səthlərində ağırlıq qüvvəsi təcilləri model üsulu ilə təyin edilmişdir [1,2]. Bu üsul [ $c_1$ ], Q indekslərinin müşahidədən ölçülmüş və nəzəri hesablanmış qiymətlərinin müqayisəsinə əsaslanır.

Dörd rəngli, dar zolaqlı uvby fotometrik sistemində [ $c_1$ ] indeksi [ $c_1$ ]= $c_1 - 0.2(b - y)$  düsturu ilə təyin edilir. Q indeksi UBV fotometrik sistemində aşağıdakı kimi təyin olunur:  $Q = (U - B) - 0.72(B - V)$

Ulduzların effektiv temperaturları və səthlərində ağırlıq qüvvəsi təcillərinin təyində həmçinin parallaksın təbiiqi üsülündən istifadə olunmuşdur. Bu üsulun təbiiqi aşağıdakı bərabərliyin istifadəsinə əsaslanır:

$$\log g - \frac{\log M}{M_{\odot}} - 0.4BC - 4 \log T_{eff} = -10.50 + 2 \log \pi'' + 0.4mv - 0.4Av \quad (1)$$

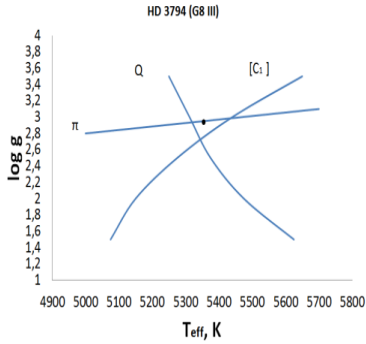
Bərabərliyin sol tərəfini

$$\log g - \frac{\log M}{M_{\odot}} - 0.4BC - 4 \log T_{eff} = Y$$

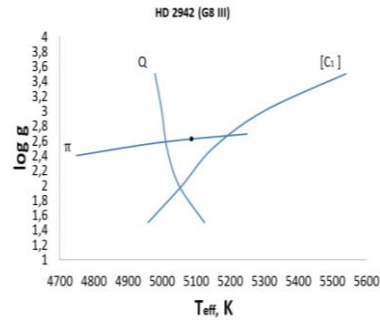
sağ tərəfini

$$- 10.50 + 2 \log \pi'' + 0.4m_v - 0.4A_v = C$$

ilə işarə edək. (1) bərabərliyində  $\pi''$ ,  $m_v$ ,  $A_v$  kəmiyyətlərinin qiymətləri kataloqlardan götürülür, bərabərliyin sağ tərəfi hesablanır, sol tərəfi dəyişən kəmiyyətdir, bura  $T_{eff}$  və  $\log g$  və bu kəmiyyətlərlə bağlı  $M/M_{\odot}$  və  $BC$  kəmiyyətləri daxildir. Müxtəlif  $T_{eff}$  və  $\log g$  cütləri üçün təkamül əyrilərindən  $M/M_{\odot}$ , ulduz atmosferi modellərindən isə  $BC$  hesablanır və (1) tənliyi həll edilir:  $T_{eff}$  və  $\log g$  cütləri təyin edilir. Bu cütlər  $\log g - T_{eff}$  diaqramında qeyd olunur. Model və parallaksın tətbiqi üsulları ilə təyin olunmuş  $T_{eff}$ ,  $\log g$  cütləri əsasında  $\log g - T_{eff}$  müstəvisində onların müxtəlif kombinasiyalarına uyğun qrafiklər qurulur. Bu qrafiklərin kəsişmə nöqtələrinə uyğun  $T_{eff}$ ,  $\log g$ -lərin ədədi ortası ulduzun effektiv temperaturunu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcilini təyin edir. Şəkil 1 və Şəkil 2-dən göründüyü kimi HD 3794 ulduzu üçün  $T_{eff} = 5350$  K,  $\log g = 3$ ; HD 2942 ulduzu üçün  $T_{eff} = 5100$  K,  $\log g = 2.6$  kimidir.



Şək. 1. HD 3794 ulduzu üçün  $T_{eff}$  və  $\log g$ -nin təyini



Şək. 2. HD 2942 ulduzu üçün  $T_{eff}$  və  $\log g$ -nin təyini

#### Ədəbiyyat:

1. L.S. Lyubimkov, T.M. Rachkovskaya, D.B. Poklad, Astrophysics 52, 237 (2009).
2. L.S. Lyubimkov, D. L. Lambert, S.I. Rostopchin, T. M. Rachkovskaya1 and D.B. Poklad, Mon. Not. R. Astron. Soc. 402, 1369–1379 (2010)

## HİQQS BOZONUN ÜÇ ZƏRRƏCİKLİ PARÇALANMASI

**Tanrıverdi S.T., Abdullayev S.Q.**

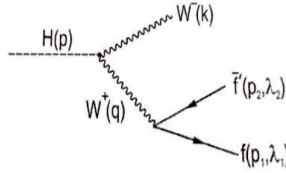
*Bakı Dövlət Universiteti*

sevda2000tanriverdi@gmail.com

Hiqqz bozonun parçalanma kanallarından biri də, onun yüklü W bozona, fermion və antifermion cütünə parçalanmasıdır.

$$H \rightarrow W^- + W^{+*} \rightarrow W^- + f + \bar{f}' \quad (1)$$

Həmin parçalanma kanalında yaranan fermionlar  $f = \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau, u, c$  və antifermionlar  $\bar{f}' = e^+, \mu^+, \tau^+, \bar{d}, \bar{s}, \bar{b}$  zərrəciklər ola bilər. Həmin prosesin Feynman diaqramı aşağıdakı şəkildə verilmişdir:



**Şək. 1.**  $H \rightarrow W f \bar{f}'$  çevrilməsinin Feynman diaqramı

Feynman diaqramına uyğun olaraq matris elementini müəyyən edək:

$$M(H \rightarrow W^- f \bar{f}') = \frac{2 M_W^2}{\eta} \frac{U_\mu^*(k)}{q^2 - M_W^2 + i\Gamma_W M_W} \frac{e}{2\sqrt{2} \sin\theta_W} U_{ff'} \times \\ \times [\bar{u}(p_1, \lambda_1) \gamma_\mu (1 + \gamma_5) v(p_2, \lambda_2)] \quad (2)$$

Lepton cütü yarananda  $U_{ff'} = 1$  bərabərdir. Kvarq cütü yarıdıqda isə  $U_{ff'} = U_{qq'}$  Kobayaşi- Maskava matrisinin elementləridir

$H \rightarrow W + W^*$  ifadəsi üzrə çevrilmə kanallarının ümumi ehtimalı aşağıdakı kimi müəyyən ediləcəkdir:

$$\Gamma(H \rightarrow WW^*) = \frac{e^2}{2x_W M_H} \left(\frac{M_W^2}{\eta}\right)^2 \left[3 + N_C \sum |U_{qq'}|^2\right] \\ \times \int d\Phi \frac{G_{\mu\nu} T_{\mu\nu}}{(s_1 - M_W^2)^2} = \frac{3\alpha}{32\pi^2} \frac{M_H}{x_W} \left(\frac{M_W}{\eta}\right)^2 \cdot R(x) \quad (3)$$

**Ədəbiyyat:**

1. ATLAS COLLABORATION.//Phys.Lett.B716 (2012), P 1
2. CMS COLLABORATION.//Phys.Lett.B716 (2012), P 30

**BÖYÜK HADRON KOLLAYDERİNDƏ ÇARCİNO CÜTÜNÜN**



## YARANMASI

**Qocayeva A.Y., Əhmədov A.i.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
[aqocayeva3@gmail.com](mailto:aqocayeva3@gmail.com)

İşdə Minimal Supersimmetrik Standart Modeldə proton-proton toqquşmasında  $pp \rightarrow \tilde{\chi}_i^+ \tilde{\chi}_j^-$  ( $i, j = 1, 2$ ) çarçino cütünün yaranması prosesi öyrənilmişdir. Prosesin effektiv kəsiyini hesablamaq üçün alt proses olaraq  $q\bar{q} \rightarrow \tilde{\chi}_i^+ \tilde{\chi}_j^-$  prosesi götürülmüşdür.  $pp \rightarrow \tilde{\chi}_i^+ \tilde{\chi}_j^-$  prosesinin diferensial və tam effektiv kəsikləri üçün analitik ifadələr tapılmışdır. Tam effektiv kəsiyin enerjidən, kalibrionun kütləsindən asılılıqları ətraflı öyrənilmişdir.

Çarçionun kütlə matrisi ( $\tilde{W}^-, \tilde{H}^-$ ) bazisində aşağıdakı şəkildədir.

$$M_C = \begin{pmatrix} M_r & \sqrt{2}m_w \cos \beta \\ \sqrt{2}m_w \sin \beta & \mu \end{pmatrix} \quad (1)$$

$q\bar{q} \rightarrow \tilde{\chi}_i^+ \tilde{\chi}_j^-$  alt prosesinin matris elementi aşağıdakı şəkildədir.

$$M_t = \bar{u}(P_1) \left[ -V_{d\tilde{u}_i\tilde{\chi}_i^+}^{R*} P_L - V_{d\tilde{u}_i\tilde{\chi}_i^+}^{L*} P_R \right] u(k_1) \frac{1}{(t-m_{d_k}^2)} \bar{v}(k_2) \left[ V_{d\tilde{u}_i\tilde{\chi}_i^+}^L P_L - V_{d\tilde{u}_i\tilde{\chi}_i^+}^R P_R \right] v(P_2) \quad (2)$$

$$M_u = \bar{u}(P_1) \left[ V_{d\tilde{u}_i\tilde{\chi}_i^+}^{R*} P_L + V_{d\tilde{u}_i\tilde{\chi}_i^+}^{L*} P_R \right] Cu(k_1) \frac{1}{(\bar{u}-m_{u_k}^2)} \bar{v}(k_2) c^{-1} \left[ V_{d\tilde{u}_i\tilde{\chi}_j^+}^L P_L + V_{d\tilde{u}_i\tilde{\chi}_j^+}^R P_R \right] v(P_2) \quad (3)$$

$$M_s = \bar{u}(P_1) \gamma_\nu \left[ -V_{z\tilde{\chi}_i^+\tilde{\chi}_j^-}^L P_L - V_{z\tilde{\chi}_i^+\tilde{\chi}_j^-}^R P_R \right] v(P_2) \frac{-ig_{\mu\nu}}{q^2} u(k_1) \gamma_\mu \left[ V_{\gamma uu}^L P_L - V_{\gamma uu}^R P_R \right] v(k_2) \quad (4)$$

Onda  $q\bar{q} \rightarrow \tilde{\chi}_i^+ \tilde{\chi}_j^-$  prosesinin diferensial effektiv kəsiyini aşağıdakı formada yazıla bilər

$$\frac{d\hat{\sigma}}{d\Omega} = \frac{N_C}{9} \frac{\lambda_{ij}}{128\pi^2 \hat{s}^2} |M|^2 \quad (5)$$

Burada

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{2} \sqrt{\left[ \hat{s} - (m_{\tilde{\chi}_i^+} + m_{\tilde{\chi}_j^-})^2 \right] \left[ \hat{s} - (m_{\tilde{\chi}_i^+} - m_{\tilde{\chi}_j^-})^2 \right]} \quad (6)$$

Faktorizasiya teoremini tətbiq edərək  $pp \rightarrow \tilde{\chi}_i^+ \tilde{\chi}_j^-$  prosesinin tam effektiv kəsiyi hesablanmış, onun enerjidən və kalibrionun kütləsindən asılılıqları ətraflı tədqiq olunmuşdur.

### Ədəbiyyat:

1. M.Demirci and A.İ.Ahmadov. Search Neutralino pair production at CERN LHC. Phys. Rev.D 89, 075015 (2014).
2. S.Y.Choi, A.Djouadi, H.S.Song, P.M.Zerwas. Determining SUSY parameters in chargino pair production in  $e^+e^-$  collisions Eur.Phys.J.C8: 669-677, (1999)

## İSTİLİK NEYTRONLARLA İŞLƏYƏN NÜVƏ REAKTORLARININ YAVAŞIDICILARIN XARAKTERİK PARAMETRLƏRİ

**Rəhimli M.A., Qəribov A.İ.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[meryem.rehimli2001@mail.ru](mailto:meryem.rehimli2001@mail.ru)

U-235- zəncirvari mexanizmlə parçalanma proseslərini aparmaq üçün parçalanma neytronlarını istilik qiymətinə kimi yavaşdırılması lazımdır. Bunun üçün reaktorlarda yavaşıcı materiallardan istifadə olunur. Yavaşıcı materialların seçilməsində əsas tələbat onların radiasion tutma və parçalanma proseslərinin ən kəsildərinin qiymətlərinin kiçik olması yavaşıcı parametrləri isə yüksək olmalıdır [3-6]. Təqdim olunmuş bu işdə müasir energetik nüvə reaktorlarında tətbiq olunan yavaşıcı materialların adi su – H<sub>2</sub>O , ağır su – D<sub>2</sub>O və qrafitin parçalarına neytronların energetik spektri E=0,7÷5 MeV oblastında parametrləri təyin edilib, onların neytronları radiasion tutma proseslərinin δ<sub>ng</sub> kəsiklərinin qiymətləri ilə müqayisəli xarakteristikaları verilib [7].

Müxtəlif enerjili neytronlarla maddələr elastik səpilməsi zamanı maddələrə verilən təpmə enerjisinin maksimal qiyməti aşağıdakı formula ilə təyin edilib.

$$E_{\text{təp}} = 4A \cos \varphi / (1+A)^2 \quad (1)$$

Harada E<sub>n</sub> – düşən neytronun enerjisi A-maddəni təşkil edən atomun kütləsi , γ -atomların təpmə bucaqlar (maksimal qiymət φ=0, cos φ=1, kiçik qiyməti φ=90°, cos φ=0 olur). Nisbi enerji itkisi – α aşağıdakı formula ilə təyin edilib.

$$\alpha = \left( \frac{A-1}{A+1} \right)^2 : \quad (2)$$

Elastik toqquşma zamanı enerjini orta loqarifmik dekremenet

$$\xi = 1 + \frac{\alpha \ln \alpha}{1 - \alpha} \quad (3)$$

Formulası ilə təyin edilib. Neytronlar verilmiş enerjiddən istiki səviyyəsinə kimi soyudulması üçün lazım olan toqquşmaların sayı aşağıdakı formula ilə təyin edilib.

$$N_{\psi\phi} = \frac{\ln E_n}{\xi} \quad (4)$$

Alınmış nəticələr aşağıdakı cədvəllərdə yazılıb. H<sub>2</sub>O , D<sub>2</sub>O, 4- qrafikin U-235 nüvə parçalanma neytronlarını istilik səviyyəsinə kimi soyudulması proseslərin parametrləri.

**Cədvəl1**

Maddə	E <sub>eV</sub>	E <sub>eV</sub>	α	ξ	N <sub>toqquş</sub>	Yavaşdırılan qabiliyyəti. M=εΣ <sub>s</sub>	Yavaşdırılan əmsalı YΘ= ξ*Σ <sub>s</sub> /Σ <sub>a</sub>
Adi su H <sub>2</sub> O	2 · 10 <sup>6</sup>	0,025	0,1920	0,920	19,8	1,35	71
Ağır su D <sub>2</sub> O	2 · 10 <sup>6</sup>	0,025	0,8186	0,509	36	0,176	5670
Qrafit C	2 · 10 <sup>6</sup>	0,025	0,716	0,158	115	0,06	192

Алынmış nəticələr göstərir ki, U-235-in parçalanma neytronlarını bütün spektr üzrə yavaşıcı xassələrinə görə adi su daha effektiv soyuducu kimi götürülə bilər. Lakin radiasion tutma en kəsik qiymətinə  $\delta_{ng}$  görə isə ağır su daha effektivdir [7]

**Ədəbiyyat:**

1. Сторков В.А. , Краснов Ю.А., Малков А.П., Обчинников А.Б. Основы ядерной физики ГИЦ НИИАР , 1997.
2. Paul Reuss , Neutron Physics. EDP Scieuces , 2008 , 1ISBN. 978 – 2759800414.
3. J.R.Lamarsh, A.J.Baratte. Introduction to Nuclear Engineering, 3d ed. Prentice-Hall, 2001, 1ISBN : 0-201-82498-1.
4. Glasstone A. and A.Sesonske Nuclear Reactor Engineering, 4-th.ed., Vol3, land 2, Chapman and Hall New York 1994.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ ЗВЕЗДНОЙ ВЕЛИЧИНЫ И РАССТОЯНИЯ ДО НОВОЙ NOVA PER 2020**

**Мустафин А.С., Алышева К.И.**

*Бакинский Государственный Университет*  
[alex.must@mail.ru](mailto:alex.must@mail.ru)

Исследование кривых блеска для Новых звезд открывает большие возможности для изучения процессов, происходящих во время вспышек Новых, а также дает возможность проследить за эволюцией звезд. Была исследована новая звезда Nova Per2020. Используя фотометрические данные из базы данных AAVSO, была построена кривая блеска и установлено, что звезда относится к классу D (dust dip – пылевой провал) [1]. Учитывая формулу, предложенную Özdönmez, A. et al. [2] для типа D кривых блеска была вычислена абсолютная звездная величина в момент вспышки:

$$M_V = -11.3(\pm 0.7) + 2.4(\pm 0.4) \log t_2$$
$$M_V = -13.1(\pm 1.2) + 3.3(\pm 0.7) \log t_3 \quad (1)$$

По  $t_2$  было получено  $M_V = -8,19$ , по  $t_3$  было получено  $M_V = -8,06$ .

Абсолютную звездную величину Новых можно найти не только по кривой блеска, а также по их спектру. Классическая медленная Nova Per 2020 принадлежит к Fe типу Новых. Из [2], для Fe типа Новых получаем:

$$M_V = -10.7(\pm 0.3) + 2.1(\pm 0.2) \log t_2$$
$$M_V = -11.7(\pm 0.5) + 2.4(\pm 0.3) \log t_3 \quad (2)$$

Откуда было найдено  $M_V = -7,98$  по  $t_2$  и  $M_V = -8,03$  для  $t_3$ .

Расстояние до Новой было рассчитано по формуле:

$$d = 10^{0.2(m - M_V + 5 - A_V)} \quad (3)$$

С учетом найденного из кривой блеска  $m = 8.205$  и вычисленного

$A_v = 2.9915$ , были получены следующие усредненные значения для расстояния:

Для типа D (по фотометрии)

При  $M_v = -8.19$ ;  $d = 4.79$  кпк;

При  $M_v = -8.06$ ;  $d = 4.52$  кпк.

Для типа Fe (по спектру)

При  $M_v = -7.98$ ;  $d = 4.35$  кпк;

При  $M_v = -8.03$ ;  $d = 4.45$  кпк.

Таким образом, полученные расстояния дают хорошее совпадение.

### Литература:

1. Strope. R.J., Schaefer. B.E., Henden. A.A. CATALOG OF 93 NOVA LIGHT CURVES: CLASSIFICATION AND PROPERTIES // AJ. 2010. 140. 34
2. Özdonmez, A.; Ege, E.; Güver, T., Ak, T. A new catalogue of Galactic novae: investigation of the MMRD relation and spatial distribution // MNRAS. 2018, 476.41620.

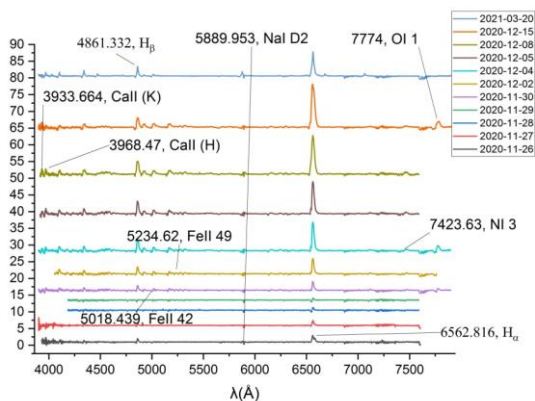
## СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ NOVA PER 2020

**Мустафин А.С., Алышева К.И.**

*Бакинский Государственный Университет*

[alex\\_must@mail.ru](mailto:alex_must@mail.ru)

Nova Per 2020 впервые была обнаружена Seiji Ueda 25 ноября 2020 [1] по изображениям, полученным с помощью цифровой камеры Canon EOS 6D. Данный объект был классифицирован как новая. [2] Нами были взяты спектры из международной базы данных ARAS, полученные разными наблюдателями и фотометрические данные из международной базы данных AAVSO.



**Рис 1.** Отождествленные линии в спектре звезды Nova Per 2020

Из фотометрических данных были определены временные интервалы  $t_2$  и  $t_3$ , которые соответствуют падению звездной величины на 2 и 3 величины от максимума блеска, соответственно. В нашем случае мы для  $t_2$  определили 19.84 дней, а для  $t_3$  33.7 дней. Согласно этим значениям, данную новую можно отнести к медленным Эддингтоновским новым [3].

Спектры Nova Per 2020 были обработаны при помощи пакета программ Dech 30 с использованием стандартных шагов и методов обработки. Были построены профили для линий  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ , и  $HeI$ ,  $NaII$  и проанализирована их эволюция в моменты предмаксимума и постмаксимума. Также было проведено отождествление следующих линий:  $CaII$  (K),  $CaII$  (H),  $H_\delta$ ,  $H_\gamma$   $Ti II$  (21),  $FeII$  (27),  $FeII$  (42),  $FeII$  (49),  $SiII$  (2),  $FeII$  (74),  $OI$  (21),  $NI$  (3),  $OI$ (1).

#### **Литература:**

1. Waagen, Elizabeth O. Nova in Perseus: N Per 2020 = TCP J04291884+4354232 = TCP J04291888+4354233 // AAVSO 2020 Alert Notice 726.
2. Munari, U., et al. Rapid evolution of Nova Per 2020 on the rise toward optical maximum // The Astronomer's Telegram, 2020 No. 14229.
3. Williams, Robert E. The Formation of Novae Spectra // Astronomical Journal, 1992 v. 104. p. 725.

## **$\rho$ MEZON ÜÇÜN PARTON PAYLANMA FUNKSİYASI**

**<sup>1</sup>Məmmədov Ş.Ə., <sup>2</sup>Allahverdiyeva M.N.**

<sup>1</sup>Fizika Problemləri İnstitutu

<sup>2</sup>AMEA, Fizika İnstitutu

[minaallahverdiyeva@ymail.com](mailto:minaallahverdiyeva@ymail.com)

5-ölçülü AdS fəzasında təsir aşağıdakı şəkildədir:

$$S_{5D} = \int d^5x \sqrt{g} \left\{ R + 12 - \text{Tr} \left[ \frac{1}{4g_5^2} (F_L^2 + F_R^2) \right] \right\}. \quad (1)$$

Burada  $F_{mn} = \partial_m A_n - \partial_n A_m - i[A_m, A_n]$ ,  $A_{L,R} = A_{L,R}^a t^a$  və  $D^m X = \partial^m X - iA_L^m X + iXA_R^m$ .

(1) təsirindən tapılan qraviton üçün daxilədən sərhədə propaqator:

$$\mathcal{H}(Q, z) = \frac{1}{2} Q^2 z^2 \left( \frac{K_1(Qz_0)}{I_1(Qz_0)} I_2(Qz) + K_2(Qz) \right)$$

$\rho$ -mezon üçün profil funksiyası aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$\psi_n = \frac{\sqrt{2}}{z_0 J_1(m_n z_0)} z J_1(m_n z),$$

Enerji-impuls tenzorunun orta qiyməti qravitasiya form faktorları ilə ifadə olunur. İnvariant funksiyalar ilə qravitasiya form faktorları fəzaya bənzər impuls ötürülməsi üçün bu şəkildə olur:

$$A(q^2) = Z_2, \hat{C}(q^2) = \frac{1}{q^2} \left( \frac{4}{3} Z_1 + \left( q^2 - \frac{8m_n^2}{3} \right) Z_2 \right),$$

$$D(q^2) = \frac{2}{q^2} Z_1 + \left( 1 - \frac{2m_n^2}{q^2} \right) Z_2, \hat{F}(q^2) = \frac{4m_n^2}{3q^4} (Z_1 - m_n^2 Z_2).$$

$Z_1$  və  $Z_2$  bu oblastda aşağıdakı inteqral ifadələrə malikdir:

$$Z_1 = \int \frac{dz}{z} \mathcal{H}(Q, z) \partial_z \psi_n \partial_z \psi_n,$$

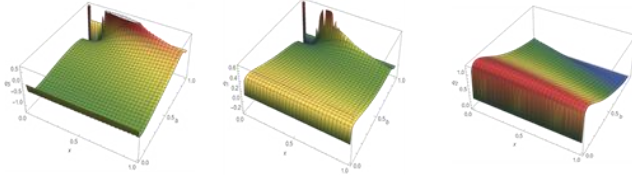
$$Z_2 = \int \frac{dz}{z} \mathcal{H}(Q, z) \psi_n \psi_n.$$

Spini bir olan zərrəcik üçün ümumiləşdirilmiş parton paylanması

$$\int_{-1}^1 x dx H_1(x, 0, t) = A(t) + \frac{t}{6m_p^2} D(t), \int_{-1}^1 x dx H_2(x, 0, t) = 2A(t),$$

$$\int_{-1}^1 x dx H_5(x, 0, t) = \frac{t}{6m_p^2} D(t)$$

şəklində təyin olunur.



**Şək. 1.** Parton paylanma funksiyasının impakt parametrlər fəzasında 3 ölçülü təsviri.

İmpakt parametrlər fəzasında parton paylanma funksiyası aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$q(x, \mathbf{b}_\perp) = \int \frac{d^2 \mathbf{q}_\perp}{(2\pi)^2} H_i^y(x, 0, \mathbf{q}_\perp^2) e^{-i\mathbf{b}_\perp \cdot \mathbf{q}_\perp}.$$

Şəkil 1-də  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_5$  ümumiləşmiş parton paylanmalarından istifadə edərək parton paylanma funksiyalarının impakt parametrdən və impuls nisbətindən 3 ölçülü asılılıq qrafiki qurulmuşdur.

**Ədəbiyyat:**

1. M. Diehl, "Generalized parton distributions", Phys. Rept. 388, 41-277 (2003).
2. M. Burkardt, "Impact parameter space interpretation for generalized parton distributions", Int.J.Mod.Phys.A18, 173-208 (2003).

## TEMPERATURDAN ASILI KORNELL POTENSİALI ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLİYİNİN ANALİTİK HƏLLİ

**Ağamalıyeva L.A., Əkbərova Ə.T.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[asmarakbarova7@gmail.ru](mailto:asmarakbarova7@gmail.ru)

Bu işdə modifikasiya olunmuş temperaturdan asılı Kornell potensialı üçün Şredinger tənliyi Nikiforov - Uvarov metodu ilə analitik şəkildə həll edilmişdir. Enerji spektri və məxsusi funksiya üçün analitik ifadələr tapılmışdır. Göstərilmişdir ki, sistemin enerjisi və məxsusi funksiyası temperaturun dəyişməsinə

həssasdırlar.

Kornell potensialı hadron fizikasında kvark-antikvark sisteminin enerjisinin və kütlə spektrinin mütləq sıfırda hesablanmasında geniş istifadə olunur. Amma real proseslərdə temperatur sıfırdan fərqlidir. Bu baxımdan bu işdə tədqiq olunan məsələ aktualdır.

Sferik koordinat sistemində Şredinger tənliyi aşağıdakı formada [1]:

$$\nabla^2\psi + \frac{2\mu}{\hbar^2}[E - V(r)]\psi(r, \theta, \varphi) = 0 \quad (1)$$

Ümumi dalğa funksiyasını aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\psi(r, \theta, \varphi) = R(r)Y_{lm}(\theta, \varphi) \quad (2)$$

Temperaturdan asılı Kornell potensialını aşağıdakı şəkildə yaza bilərik [2,3]:

$$V_T(r) = A(T, r) \cdot r - \frac{B(T, r)}{r} \quad (3)$$

Burada

$$A(T, r) = \frac{A}{\mu_D(T) \cdot r} (1 - \exp(-\mu_D(T)r)), B(T, r) = B \exp(-\mu_D(T)r) \quad (4)$$

$\mu_D(T)$  - Debye ekranlaşdırma kütləsidir, hansı ki,  $T \rightarrow 0$  olduqda yox olur. Beləliklə, Cornell potensialı üçün Şredinger tənliyi aşağıdakı şəkildə yaza bilərik:

$$R''(r) + \frac{2}{r}R'(r) + \frac{2\mu}{\hbar^2} \left[ E - \frac{l(l+1)\hbar^2}{2\mu r^2} + A(T, r) - \frac{B(T, r)}{r} \right] R(r) = 0 \quad (5)$$

Nikiforov-Uvarov metodunu tətbiq edərək temperaturdan asılı enerji spektri üçün aşağıdakı analitik ifadəni alırıq:

$$E = \frac{3A}{\delta} - \frac{\hbar^2}{2\mu} \left[ \frac{\frac{2\mu}{\hbar^2} \left[ \frac{3A}{\delta^2} + B \right]}{(1+2n) + \sqrt{1 + 4/(l+1) + \frac{8\mu A}{\hbar^2 \delta^3}}} \right]^2 \quad (6)$$

Nikiforov-Uvarov metodunu tətbiq edərək temperaturdan asılı məxsusi funksiya üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$R(r) = C_{n,l} r^{-1 - \frac{N}{2\sqrt{M}}} e^{+\sqrt{M}r} \left( -r^2 \frac{d}{dr} \right)^n \left[ r^{-2n + \frac{N}{2\sqrt{M}}} e^{-2\sqrt{M}r} \right] \quad (7)$$

(6) və (7) analitik ifadələrinin təhlili göstərir ki, enerji spektri və məxsusi funksiya potensial parametrlərin və temperaturun dəyişməsinə həssasdırlar. Alınan nəticələr real kvant mexaniki sistemlərin tədqiqində və yeni modellərin qurulmasında ciddi əhəmiyyətə malikdir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. L.D.Landau and E.M.Lifshitz, Quantum Mechanics, Non-Relativistic Theory, 1977.
2. J. Fingberg, "Heavy quarkonia at high temperature," Physics Letters B, vol. 424, no. 3-4, pp. 343-354, 1998.
3. X.-Y. Wu, B.-J. Zhang, X.-J. Liu, Y.-H. Wu, Q.-C. Wang, and Y. Wang, "Finite temperature Schrödinger equation," International Journal of Theoretical Physics, vol.50, no.8, 2546 (2011).

## AdS/KSN NƏZƏRİYYƏSİNƏ GİRİŞ

**Hacıyeva H.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[hajar.hajiyeva.haji@gmail.com](mailto:hajar.hajiyeva.haji@gmail.com)

AdS/KSN dualizmi supersim nəzəriyyəsindən yaranıb. Supersim nəzəriyyəsi təbiətdə var olan 4 növ fundamental qarşılıqlı təsirlərin (qravitasiya, elektromagnetik, elektrozəif və nüvə qarşılıqlı təsirlərinin) vahid bir nəzəriyyədə birləşdirilməsi üçün yazılmış əsas nəzəri namizəddir.

Güclü əlaqəli 4 ölçülü kalibrləmə nəzəriyyəsi =  
5 ölçülü AdS fəza-zamanında Qravitasiya Nəzəriyyəsi

AdS/KSN nəzəriyyəsi 4 ölçülü fəza-zamanın 5 ölçülü fəza-zamana istinad etdiyini bildirir. Bu baxımdan AdS/KSN çox zaman holoqrafik nəzəriyyə də adlandırılır. Oxşar şəkildə holoqrafik nəzəriyyə 4 ölçülü nəzəriyyə hesabına 5 ölçülü nəzəriyyəni kodlaşdırmış olur.

Yuxarıdakı çərçivədə ilk sətrdə kalibrləmə nəzəriyyəsi dediyimiz nəzəriyyə bir tək qravitasiya xaric qalan bütün qarşılıqlı təsirləri əhatə edir. Hər üç qarşılıqlı təsirin nəzəri əsasında kalibrləmə nəzəriyyəsi durur ki, güclü qarşılıqlı təsir kifayət qədər güclü olduğu üçün AdS/KSN dualizmində əyri fəza-zaman (Eylər fəzasından fərqli olaraq) yəni AdS fəza-zamanı vasitəsilə güclü əlaqəli kalibrləmə nəzəriyyəsi qurulur. AdS fəza-zamanında güclü əlaqəli kalibrləmə nəzəriyyəsi ilə  $SU(3)$  kalibrləmə nəzəriyyələri arasındakı fərqlər budur: 1. AdS/KSN-də  $SU(N_c)$  kalibrləmə nəzəriyyəsinə baxılır ki,  $N_c$  güclü qarşılıqlı təsir parametri kimi nəzəriyyəyə daxil edilir və böyük –  $N_c$  limiti adlandırılır; 2. AdS/KSN supersimmetrik kalibrləmə nəzəriyyəsinə əhatə edir. Xüsusi halda  $N = 4$  Yang-Mills nəzəriyyəsi AdS/KSN-nin ən sadə nümunəsini təsvir edir. Buradakı  $N = 4$  supersimmetriyanın sayını bildirir; 3. AdS nəzəriyyəsinin ölçü parametrləri olmadığı üçün miqyas invariant daxil edilmişdir. AdS nəzəriyyəsinin Puankare invarinatını əhatə edən konformal invariant adlanan böyük simmetriyası da vardır ki, bu səbəbdən dualizm AdS/KSN adlandırılır. AdS fəza-zamanı (ikinci sətrdə) anti-de-Sitter fəza-zamanını bildirir ki, bu da sabit qiymətli mənfi əyrilik radiusuna malik fəza-zaman deməkdir. AdS fəza-zamanın fəza sərhədi vardır ki, bu da AdS sərhəddi adlanır. Daxil etdiyimiz kalibrləmə nəzəriyyəsinin də həmin 4 ölçülü sərhəddə mövcud olduğu ehtimal edilir.

Dualizmi dedik də ilk baxışda tamamilə fərqli görünən iki nəzəriyyə arasında hər hansı bir ekvivalentlik deməkdir. AdS/KSN dualizmində kalibrləmə və qravitasiya nəzəriyyələri fərqlidir, hətta onların hər biri ayrı fəza-zamanda öyrənilir. AdS/KSN dualizmində nəzəriyyələrdən biri güclü əlaqəli olduğu halda, digəri zəif əlaqəlidir. Belə iki fərqli nəzəriyyənin vahid bir konseptdə birləşdirilməsindən iki fakt yaranır:

- Güclü/zəif qarşılıqlı təsir əlaqəsi iki fərqli nəzəriyyənin dualizm konsepsi-



yasında ekvivalent olduğuna dəlalət edir. Deməli, əgər bir nəzəriyyə güclü əlaqəlidsə, artıq onun zəif əlaqəli qarşılıqlı təsiri ifadə edən dəyişənlərini istifadə etməyə lüzum qalmır. Dualizm nəzəriyyəsi qravitasiya nəzəriyyəsinin, yəni qravitasiya sahəsinin zəif əlaqəli qarşılıqlı təsir dəyişənləri ilə ifadə olunduğunu bildirir.

- Dualizm iki ayrı nəzəriyyəni əhatə etmiş olduğu üçün baxdığımız ixtiyari məsələdə kalibrləmə nəzəriyyəsi güclü qarşılıqlı təsiri ifadə etdiyi halda zəif əlaqəli qravitasiya nəzəriyyəsi də məsələnin həlli yolunda daha uğurlu addım atmaq üçün daxil edilə bilər.

**Ədəbiyyat:**

1. M. Natsuume, AdS/CFT duality user guide, vol. 903, Springer, 2015.
2. H. Nastase, ~ Introduction to the ADS/CFT Correspondence, Cambridge University Press, 2015.

## BÖLMƏ 2 BİOFİZİKA VƏ MOLEKULAR FİZİKA

### NATRIUM NİTRİT HEMOQLOBİNİN AUTOOKSIDLƏŞMƏSİNİN İNHİBİTORU KİMİ

<sup>1</sup>Həsənli S.Q., <sup>2</sup>Rəhmanova S.M.

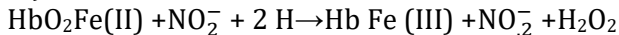
<sup>1</sup>AR Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu

<sup>2</sup>AR Elm və Təhsil Nazirliyi Biofizika İnstitutu

[samirehesenli@icloud.com](mailto:samirehesenli@icloud.com); [sevil.maharramova@mail.ru](mailto:sevil.maharramova@mail.ru)

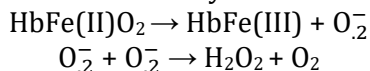
Həddindən artıq nitritlərin miqdarı orqanizmin zəhərlənməsinə, ölümə qədər gətirib çıxarır. Onun əsas hədəflərindən biri hemoqlobindir, hansı ki, bir hemoproteid kimi nitritlə reaksiyaya girəndə oksigenin və azotun fəal formalarını istehsal edir, bunlar da öz növbəsində hemoqlobinin və ümumiyyətlə eritrositlərin oksidləşdirici zədələnməni müəyyən edirlər.

Nitritin təsiri ilə hemoqlobinin oksidləşmə zamanı oksigeni daşıya bilməyən methemoqlobin (MetHb) əmələ gəlir, bu zaman da orqanizmi hipoksik vəziyyətə gətirib çıxarır.



Bu reaksiyada MetHb və azot dioksid radikalından əlavə hidrogen peroksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) də əmələ gəlir ki, bu da yalnız inisiator rolunu oynayır,  $\text{NO}_2^-$  isə oksidləşmənin yayılmasına gətirir.

Oksihemoqlobin nitrit oksidləşməsinə bənzər autooksidləşmə rejimində də oksidləşə bilər, burada oksidləşmə sürəti nə qədər yüksək olarsa, oksigenlə bir o qədər az doymuş olur. Bu vəziyyətdə superoksid  $\text{O}_2^-$  əmələ gəlir, superoksid-dismutaza (SOD) tərəfindən dismutasiya edilir və  $\text{H}_2\text{O}_2$ -də çevrilir:



Bütün bunlar, oksidləşmə prosesinin inkişafında ümumi xüsusiyyətlərin olmasına baxmayaraq, azot oksidlərinin oksigenlə müqayisədə hemoqlobinə əhəmiyyətli dərəcədə yüksək meyilliliyə malik olmasına əsaslanan əhəmiyyətli fərqlərin olduğunu göstərir. Bu, son nəticədə ona gətirib çıxarır ki, autooksidləşmə reaksiyası xeyli sürətləndirilə bilər və hemoqlobinin, daha doğrusu, onun qeyri-zülal komponenti - hemin oksidləşdirici deqradasiyasına səbəb ola bilər. Bu zaman iki müxtəlif spektrdə xarakterik flüoressensiyaya malik olan hem hissənin parçalanması məhsulları əmələ gəlir.

Bu baxımdan, nitritlərin mövcudluğu və ya olmaması ilə autooksidləşməyə məruz qalan eritrositlərdə flüoressensiyanın inkişafının konsentrasiyadan asılılıqlarını tapmaq maraqlı görünür.

Donor qanını sentrifuqa (800g x 10 dəqiqə) üsulu ilə 0,05 M kalium-fosfat buferi (0,9% NaCl-la) ilə 3 dəfə yuyularaq eritrosit kütləsi alındı. Eritrositlərin bir hissəsi 2-3 saat ərzində 37°C pH=7,0-da autooksidləşməyə məruz qaldı. Eritrositlərin digər hissəsi isə 0,01 M-dən 10,0 mM-ə qədər natrium nitrit (NaNO<sub>2</sub>) olan mühitdə öncədən (10 dəqiqə ərzində) inkubasiyaya məruz qaldı.

Göstərmək mümkün oldu ki, 0,5 mM-dən başlayaraq hər iki flüoressent bölgəsində  $\lambda_{\text{emissiya}}=465$  nm  $\lambda_{\text{həyəcənlanma}}=321$  nm-də və  $\lambda_{\text{emissiya}}=525$  nm  $\lambda_{\text{həyəcənlanma}}=465$  nm-də flüoressensiyanın intensivliyinin artımında azalma müşahidə olunur ki, bu da nitritin konsentrasiyası 0,5 mM olanda autooksidləşmə zamanı hemoqlobinin oksidləşdirici deqradasiyasında ciddi azalma olduğunu göstərir. İnhibirləşmənin maksimal təsiri 5 mM NaNO<sub>2</sub>-də əldə edilir, bu da sonra konsentrasiyasının 10 mM-ə qədər artsa da yüksəlmir. Beləliklə, inhibe edilmiş flüoressensiya hemoqlobinin nitrit zəhərlənməsini öyrənmək üçün əlverişli bir vasitə ola bilər.

## **PEQ-DEKSTRAN İKİFAZALI SİSTEMİNİN HAL DİAQRAMINA NaCl DUZUNUN TƏSİRİ**

**<sup>1</sup>Əhmədova A.İ.** **<sup>2</sup>Həsənova X.T.**

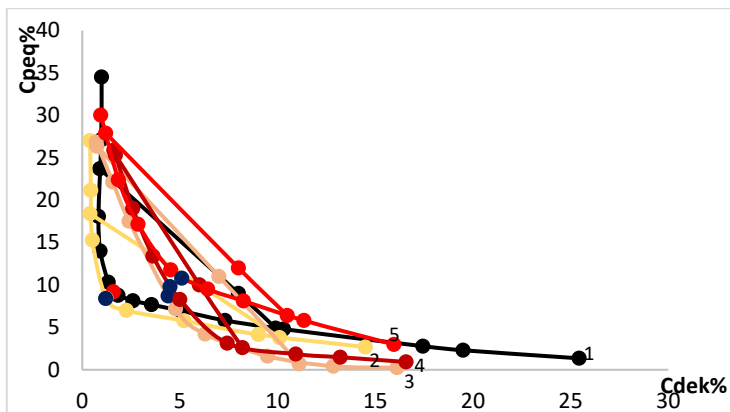
*<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

*<sup>2</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri ETİ  
[aysuehmedova502@gmail.com](mailto:aysuehmedova502@gmail.com)*

Təqdim olunan tezisdə PEQ-Dekstran ikifazlı sisteminin əsas xarakteristikası olan hal diaqramına müxtəlif konsentrasiyalı (0.05 mol/l, 0.15 mol/l, 0.25 mol/l və 0.35 mol/l) NaCl duzunun təsiri öyrənilmişdir.

İlk dəfə XIX əsrin ortalarında P.O.Albertson tərəfindən tədqiq olunan ikifazlı sistemlər o sistemlərə deyilir ki, suda həll olan müxtəlif polimerlərin və ya polimer və bəzi duzların sulu qarışığında verilmiş komponentlərin konsentrasiyalarının müəyyən qiymətindən sonra onların bir-birində həllolmaları çətinləşir və nəticədə termodinamik baxımdan bir-birindən kəskin sərhədlə ayrılan sistem yaranır [1]. Orqanizmdə daşınması qanla həyata keçirilən maddələr mübadiləsinin, həmçinin bir çox biokimyəvi proseslərin öyrənilməsi, bioloji hissəciklərin öz təbii xüsusiyyətlərini saxlamaqla əldə edilməsi, eyni zamanda dərmanların hüceyrə daxilində düzgün çatdırılması üçün biotexnoloji tətbiqi [1] və s. ikifazlı PEQ-Dekstran sistemlərinin tətbiq sahələridir.

Təqdim olunan işin məqsədi PEQ-Dekstran-su ikifazlı sisteminin hal diaqramının və birləşdirici xəttin qurulması, sistemin kritik nöqtəsinin təyin olunması və baxılan sistemin faza diaqramına müxtəlif konsentrasiyalı NaCl duzunun təsirinin öyrənilməsindən ibarətdir. Baxılan işdə polimerlərin PEQ (6000) və Dekstran (40000) fraksiyalı məhlulları vasitəsilə alınmış PEQ-Dekstran ikifazlı sulu polimer sistemləri tədqiq edilmişdir.



**Şəkl.** PEQ-Dekstran-su ikifazalı sistemi duz əlavə olunmamış halda (1), 0.05 mol/l (2), 0.15 mol/l (3), 0.25 mol/l (4) və 0.35 mol/l NaCl duzu əlavə olunmuş hal (5) ( $t=16^{\circ}\text{C}$ ).

$$y_1 = -2.08x + 25.60 \text{ (1)}, y_2 = -1.53x + 19.17 \text{ (2)}, y_3 = -2.12x + 22.72 \text{ (3)},$$

$$y_4 = -3.50x + 31.19 \text{ (4)} \text{ və } y_5 = -2.31x + 30.65 \text{ (5)}$$

İstifadə olunan polimerlərin yüksək konsentrasiyalı ( $C_{\text{PEQ}}=38.84\%$  və  $C_{\text{DEK}}=20.86\%$ ) sulu məhlulları hazırlanmış və ikifazalı sistemlərin binodal ayrılırları, birləşdirici xətti qurulmuş, kritik nöqtəsi təyin olunmuşdur. Daha sonra isə NaCl-un konsentrasiyası artırılaraq duz əlavə olunan hala uyğun binodallar, birləşdirici xətlər və kritik nöqtələr müəyyən edilmişdir. Fazalara ayrılma prosesini sürətləndirmək üçün sentrifuqadan istifadə olunub.

Nəticə olaraq, 0.05 mol/l NaCl duzunun təsiri ilə ikifazalı sistemin binodal ayrısı koordinat başlanğıcına doğru sürüşüb, meyl bucağı böyüyən birləşdirici xəttə uyğun kritik nöqtə isə sola doğru sürüşüb. 0.05 mol/l NaCl duzu ikifazalı sistemin tərkibindəki suyu stukturlaşdırır və fazaəmələgəlmə asanlaşır. Duzun konsentrasiyasını artırıqda isə binodal ayrısı koordinat başlanğıcından uzaqlaşır, meyl bucaqları böyüyən birləşdirici xətlərə uyğun kritik nöqtələr isə sağa tərəf sürüşürlər. Yüksək konsentrasiyalı duz ikifazalı sistemin tərkibindəki suyun strukturunu dağdır və fazaəmələgəlmə çətinləşir.

#### Ədəbiyyat:

1. Zaslavsky B.Y., Dekker M. Aqueous Two-Phase Partitioning: Physical Chemistry and Bioanalytical Applications. New York, 1994, 696 p.

## MOLEKULLARIN BİRELEKTRONLU XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQINDƏ ÖRTMƏ İNTEQRALLARININ ROLU

**Demirtaş E.T., Paşayev F.H., Həsənov A.Q.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
[ecemnurdemirtash@gmail.com](mailto:ecemnurdemirtash@gmail.com)

Molekulların müxtəlif xassələrini nəzəri tədqiq etmək üçün molekulun tam dalğa funksiyası məlum olmalıdır. Asılı olmayan elektronlar modelinə əsasən çoxelektronlu sistemlərin, o cümlədən, molekulların tam dalğa funksiyası determinant şəklindədir. Bu funksiya həm antisimetriya şərtini, həm də Pauli prinsipini ödəyir. Determinant dalğa funksiyasının hər bir elementi birelektronlu dalğa funksiyalarıdır və molekulyar spin orbitalları adlanır. Spin-orbital qarşılıqlı təsiri zəif olduqda molekulyar spin orbitallar  $U_i$  molekulyar orbitallar ilə elektronun  $U_{m_s}(\sigma)$  spin funksiyalarının hasili şəklində axtarılır.

İşdə molekulların birelektronlu xassələrinin – elektronların nüvələr ilə qarşılıqlı təsir enerjisinin və elektronların kinetik enejiyinin hesablanmasında örtmə inteqrallarının rolu öyrənilmişdir. Determinant dalğa funksiyaları ilə simmetrik skalyar operatorun matris elementlərinin hesablanması teoremindən istifadə etdikdə molekullarda elektronların nüvələr ilə qarşılıqlı təsir enerjisi və elektronların kinetik enerjiləri  $U_i$  molekulyar orbitallar daxil olan inteqrallar ilə ifadə olunur.  $U_i$  molekulyar orbitallar molekullar üçün Xatri-Fok-Rutan tənliklərinin həllindən tapılır. Onlar molekuldakı atomların məlum atom orbitallarının xətti kombinasiyası şəklində ifadə olunur. İşdə atom orbitalları kimi eksponensial xarakterli  $\chi_{nlm}(\xi, r)$  [1] Sleyter funksiyaları götürülmüşdür. Bu funksiyalar ikiatomlu molekullar halında yaxşı nəticələr verir. Birelektronlu xassələr hesablanarkən inteqralaltı ifadələrdə  $\frac{1}{r}$  və  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \nabla_{\theta, \varphi}^2$  operatorlarının  $\chi_{nlm}(\xi, r)$  funksiyalarına təsirləri yaranır.  $\frac{1}{r}$  və  $\nabla^2$  operatorlarının Sleyter funksiyalarına təsirləri aşağıdakı kimidir: [1]

$$\frac{1}{r} \chi_{nlm}(\xi, r) = \frac{(2\xi)^{n+\frac{1}{2}}}{\sqrt{(2n)!}} r^{n-2} e^{-\xi r} S_{lm}(\theta, \varphi) = \frac{2\xi}{\sqrt{2n(2n-1)}} (n-1, l, m) \quad (1)$$

$$-\frac{1}{2} \nabla^2 \chi_{nlm}(\xi, r) = -\frac{1}{2} \xi^2 \left[ \frac{4(n+l)(n-l-1)}{[2n(2n-1)(2n-2)(2n-3)]^{1/2}} (n-2, l, m) - 2 \left( \frac{2n}{2n-1} \right)^{1/2} (n-1, l, m) + (nlm) \right] \quad (2)$$

(1) və (2) ifadələrindən istifadə etdikdə molekullarda elektronların nüvələr ilə qarşılıqlı təsir enerjisi və elektronların kinetik enerjisi Sleyter atom orbitalları daxil olan örtmə inteqralları ilə ifadə olunurlar. Bu da qeyd olunan kəmiyyətlərin hesablanmasını sadələşdirir. Örtmə inteqrallarını hesablamaq üçün ədəbiyyatda mövcud olan analitik ifadələrdən istifadə etmək olar [2,3]. Bu ifadələr əsasında örtmə inteqrallarını hesablamaq üçün atom orbitallarının baş, orbital və maqnit kvant ədədlərinin qiymətlərini, Sleyter funksiyalarının

eksponensial parametrlərinin qiymətlərini, molekuldakı atom nüvələrinin molekulyar koordinat sistemində Dekart koordinatlarını, atom orbitallarının hansı atoma aid olduğunu bildirən mərkəzin növü parametrinin qiymətlərini bil-mək tələb olunur.

**Ədəbiyyat:**

1. Paşayev F.H., Həsənov A.Q. (2013). Atom və molekulyar fizikasında riyazi metodlar, Bakı, 123 s.
2. Pashaev F.G., (2009). Use of Filter-Steinborn B and Guseinov auxiliary functions in evaluation of two-center overlap integrals over Slater type orbitals. J. Math. Chem., 45, 884-890.
3. Gasanov A.G., Pashaev F.G. (2016). The computer program for the study of nanoparticles in basis of Slater atomic orbitals. Romanian J. Inform. Sci. Technol., 19 (4), 331-337.

**DƏMİR İONLARININ GÖBƏLƏK MƏNŞƏLİ MELANİNLƏRLƏ  
KOMPLEKS BİRLƏŞMƏ ƏMƏLƏ GƏTİRMƏSİ**

**Quluzadə L.C., Bağırov R.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[quluzadaa06@gmail.com](mailto:quluzadaa06@gmail.com)

Son zamanlar canlı orqanizm, bitki aləmi və torpaqda gedən həyati vacib proseslərdə mühüm rol oynayan mikro elementlərin (onları bəzən həyat elementləri, yaxud biometallar da adlandırırlar) bioloji aktiv liqandlı kompleks birləşmələrinin sintezi, struktur xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi və onların tətbiq imkanlarının araşdırılması geniş tədqiqatçı kütləsinin artan maraq dairəsinə aiddir. Bu ilk növbədə onunla əlaqədardır ki, mikroelementlər (o cümlədən dəmir ionları) canlı orqanizmlərdə, mikro orqanizmlərdə, bitkilərdə və torpaqda bir qayda olaraq üzvi birləşmələrlə kompleks birləşmə halında olur, digər tərəfdən bu tip birləşmələr artıq özlərinə biotexnologiyada, təbabətdə, kənd təsərrüfatında, elm və texnikanın digər sahələrində inamlı tətbiq sahələri tapmışlar. Təqdim olunan iş meşə fıstığı (*faqus sylvatica*) və qovaq ağaclarında (*betula*) əmələ gələn göbələklərdən (çaqa) göbələk mənşəli melanin piqmentinin ayrılması və bu piqmentlərin dəmir ionları ilə kompleks birləşmə əmələ gətirməsinin spektroskopik üsulla tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Bioloji aktiv liqand kimi melanin piqmentinin seçilməsi heç də təsadüfi deyil. Belə ki, melaninlər təbiətdə geniş yayılmış qara rəngli, polimer təbiətli, amorf quruluşlu piqmentlərdir. Əvvəllər belə güman edilirdi ki, bu piqmentlər toxumaları günəş radiasiyasından mühafizə edən passiv ekran funksiyasını yerinə yetirir. Başqa sözlə, onlar günəş radiasiyasını udaraq istilik enerjisini çevirir və bununla da toxumaları radiasiyanın dağıdıcı təsirindən mühafizə edir. Lakin bu halda melaninlərin bilavasitə günəş radiasiyasının təsirinə məruz qalmayan orqanlarda da toplanmasının səbəbi qeyri-müəyyən qalırdı. Son zamanlar melaninlərin bir sıra fiziki-kimyəvi xassələri aşkar olunmuşdur ki, (misal üçün elektret, üzvi yarımpkeçirici, oksidləşdirici-reduksiyaedici, antiok-

sidant, bir qrup elektrofil və nükleofil birləşmələrdə yükdaşıma kompleksləri əmələ gətirməsi, katalitik və s.) bu da geniş tədqiqatçı kütləsinin onlara artan marağına səbəb olmuşdur.

Melaninlər meşə fıstığı (GM1) və qovaq ağacının (GM2) gövdəsində əmələ gələn göbələklərdən (çaqa) qələvi mühitdə ekstraksiya və turş mühitdə çökdürmə yolu ilə ayrılmışdır. Ayrılmış pigmentlərin təsnifatı məqsədi ilə onların EPR- və İQ- spektrləri qeyd olunmuşdur. Spektrlərin parametrlərinin analizi göstərmişdir ki, onlar elmi ədəbiyyatlarda melaninlər üçün müşahidə olunmuş analoji spektrlərinin parametrlərinin qiymətinə çox yaxındır. Bu da bizə ayrılmış pigmentlərin göbələk mənşəli melaninlər olduğunu güman etməyə imkan vermişdir.

Dəmir ionları göbələk mənşəli melaninlərin kompleks birləşmələri melaninlərin "kimyəvi təmiz" təmizlik dərəcəsinə malik olan  $FeSO_4$  duzunun 1 M məhlulunda, otaq temperaturunda, müntəzəm qarışdırılma şəraitində inkubasiya yolu ilə alınmışdır. İnkubasiyanın sonunda alınmış kompleks birləşmə suspenziyadan sentrifüqanın köməyi ilə (3000g ; 25 dəq.) ayrılmış, sonra 2 dəfə analoji pH-da distillə olunmuş su ilə yuyulmuş və yenidən çökdürülmüşdür. Sonda çöküntü eksikatorada  $CaCl$  üzərində qurulmuşdur.

İlkin məhlul ( $FeSO_4$ ), çökdürülmədən sonra çöküntü üzərində qalan məhlul (supernatant) və çöküntünün maye azot temperaturunda qamma-rezonans (QR) spektrləri qeyd olunmuşdur. Alınmış spektrlərin təhlili göstərmişdir ki, tədqiq edilmiş nümunələr melaninlərlə dəmir duzunun mexaniki qarışığı olmayıb, dəmir ionlarının melaninlərlə kompleks birləşməsinə aiddir. Beləliklə, göbələk mənşəli melaninlər dəmir ionları ilə effektiv sürətdə kompleks birləşmə əmələ gətirir.  $Fe^{2+}$  ionları ilə qarşılıqlı təsir zamanı onları qismən  $Fe^{3+}$  ionlarınadək oksidləşdirir və həm  $Fe^{2+}$ , həm də  $Fe^{3+}$  ionları ilə oktaedrik liqand əhatəli kompleks birləşmə əmələ gətirir. Dəmir ionları ilə koordinasiya polimerin karboksil, karbonil, amin və imin qrupları, həmçinin, fenil qrupları iştirak edir. Dəmir ionları polimerin daxilində çoxmərkəzli ( $n \geq 2$ ) klasterlər əmələ gətirir. Araşdırmalara əsasən, melaninlər dəmir ionları ilə kompleks birləşmə əmələ gətirdikdə zəif sahəli liqand kimi iştirak edir.

## **ŞİSTOSTATİN-3 MOLEKULUNUN ÖN UCLU ALA1-THR2-GLY3-ALA4-ALA5 FRAQMENTİNİN FƏZA QURULUŞUNUN ƏSAS ELEMENTLƏRİ**

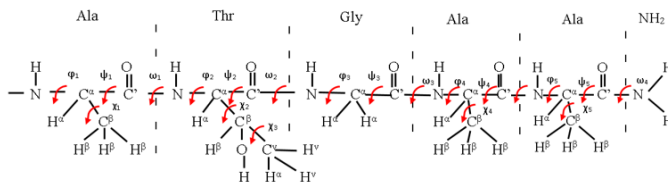
**Amanova N.M., Vəliyeva L.İ.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[amanovanermin00@gmail.com](mailto:amanovanermin00@gmail.com)

Şistostatin-3 molekulunun ön uclu Ala1-Thr2-Gly3-Ala4-Ala5 fraqmentinin (şəkil 1) fəza quruluşunun əsas elementlərini – həndəsi və enerji parametrlərini müəyyən etmək üçün nəzəri konformasiya analizi üsulundan istifadə edilmişdir. Nəzəri konformasiya analizi üsuluna görə ixtiyari molekulun fəza quruluşunu tədqiq etmək üçün mərhələli yanaşmadan istifadə olunur. Bu

cür yanaşma həm həddindən artıq çoxlu sayda konformasiyaların hesablanması qarşısını alır, həm də minimizasiya prosesinin sürətlə getməsinə kömək edir [1-3].



**Şəkl. 1.** Şistostatin-3 molekulunun ön uclu Ala1-Thr2-Gly3-Ala4-Ala5 fraqmentinin amin turşu ardıcılığı

Hesaba 48 variant buraxılmışdır. Enerjinin minimizasiya prosesindən sonra 0-5 kkal/mol nisbi enerji intervalına 26 kiçik enerjili konformasiyanın düşdüyü məlum olmuşdur. Alınmış nəticələrdən aydın olur ki, minimizasiya edilmiş 72 konformasiyadan yalnız 14-ü 0-3 kkal/mol nisbi enerji intervalına düşür. Cədvəl 1-də Şistostatin-3 molekulunun ön uclu Ala1-Thr2-Gly3-Ala4-Ala5 fraqmentinin bəzi konformasiyalarının enerji parametrləri, cədvəl 2-də isə kiçik enerjili konformasiyalarının şeyplərə görə paylanması öz əksini tapmışdır.

**Cədvəl 1**

Ala1-Thr2-Gly3-Ala4-Ala5 fraqmentinin bəzi konformasiyalarının enerji parametrləri

forma	şeyp	$E_{q.v}$	$E_{el.st}$	$E_{tor}$	$E_{tam}$	$E_{nisbi}$
BL <sub>3</sub> RRR	feff	-16.84	4.94	1.13	-10.77	0.0
BL <sub>3</sub> RRB		-16.79	4.15	2.08	-10.55	0.22
RB <sub>3</sub> RBR	fefe	-15.16	4.15	0.73	-10.27	0.5
RR <sub>1</sub> PRR	ffff	-16.85	5.70	1.69	-9.46	1.31
BB <sub>2</sub> PLR	efee	-15.17	5.33	1.87	-9.97	0.8
RB <sub>2</sub> LBR	feee	-16.38	4.96	1.35	-10.07	0.7

**Cədvəl 2**

Ala1-Thr2-Gly3-Ala4-Ala5 fraqmentinin  
kiçik enerjili konformasiyalarının şeyplərə görə paylanması

şeyp	0-1	1-2	2-3
fefe	1	1	-
efee	-	2	-
ffff	1	-	-
ffff	-	1	1
efee	1	-	1
eeef	-	-	1
eefe	1	-	-
eeff	-	1	1
feef	-	-	1
feff	2	1	-
ffef	-	-	1
feee	1	-	-
efef	1	1	-



Pentapeptid fraqmenti üçün alınmış bütün nəticələr bütöv molekulun fəza quruluşunun müəyyən edilməsində istifadə olunacaqdır.

**Ədəbiyyat:**

1. Якубке Х.Д., Ежкэйт Х. Аминокислота, пептида, белки, М., "Мир", 1985, 456 с.
2. Попов Е.М. Структурная организация белков, М., "Наука", 1989, 352 с.
3. Максумов И.С., Исмаилова Л. И., Годжаев Н. М. "Программа полуэмпирического расчёта конформаций молекулярных комплексов на ЭВМ" //Журнал структурной химии, 1983, т.24, №4, с.147-148

**КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА  
С ГРИБНЫМИ МЕЛАНИНАМИ**

**Багирова О.Ш., Багиров Р.М., Кулузадэ Л.Дж.**  
*Бакинский Государственный Университет*  
[rafiqbagirov@list.ru](mailto:rafiqbagirov@list.ru)

Меланины – пигменты черного цвета, широко распространены в животном, растительном, микробном мире и в почве. Нами ранее было изучено связывание прооксидантных ионов  $Fe^{2+}$  с синтетическим L-ДОФА-меланином, а также с меланином животного и растительного происхождения [1].

В данной работе мы приводим и обсуждаем результаты экспериментальных исследований связывания ионов железа с меланинами, выделенными из чаги бука лесного (*Fagus sylvatica*), которые обладают высокой устойчивостью к экстремальным внешним условиям [2]. Меланины были выделены методом щелочной экстракции из чаги и осаждением в кислой среде при помощи центрифугирования (5000g и 20 минут). Для идентификации экстрактов были получены их ИК- и ЭПР-спектры. Анализ параметров ИК- и ЭПР-спектров подтвердил их соответствие с имеющимися в литературе данными, что позволяет сделать вывод о том, что выделенные пигменты являются меланинами. Комплексные соединения ионов железа с грибными меланинами были получены путем инкубирования свежеизвлеченного меланина в растворе  $^{57}FeSO_4$  при комнатной температуре.

Для изученных комплексов обнаружено, сложный ГР-спектры, состоящий, по видимому, из четырех парциальных спектров: двух дублетов и двух секстетов с уширенными линиями релаксационной природы. Центральный более интенсивный широкий дублет ( $\delta I=1.31$  мм/с,  $\Delta EQ=3.08$  мм/с) характерен для высокоспиновых (ВС) комплексов ионов  $Fe^{2+}$ . Менее интенсивный центральный узкий дублет ( $\delta I=0.50$  мм/с,  $\Delta EQ=0.87$  мм/с) характерен для парамагнитных ВС комплексов ионов  $Fe^{3+}$ . Параметры секстетных парциальных спектров ( $\delta I=0.65$  мм/с,

$\Delta E_Q=0.23$  мм/с,  $B_{ef}=50.2$  Тл и  $\delta I=0.51$  мм/с,  $\Delta E_Q=0.34$  мм/с,  $B_{ef}=55$  Тл) также характерны для ВС комплексов ионов  $Fe^{3+}$ .

Одновременное наличие магнитного и дублетного парциальных ГРС-спектров, по-видимому, связано с неоднородным распределением железосвязывающих центров в полимере меланина. При наличии двух или более близко расположенных ионов  $Fe^{3+}$  (например, в полядерных ( $n \geq 2$ ) кластерах) наблюдаются дублетные парциальные ГРС-спектры благодаря быстрой релаксации, обусловленной эффективным спиновым взаимодействием. В случае достаточно разделенных в пространстве ионов  $Fe^{3+}$  спин-спиновое взаимодействие сильно ослабевает, и для таких структур наблюдаются релаксационные ГРС-спектры с размытой сверхтонкой структурой. Секстет  $B_{ef}=55$  Тл, вероятно, соответствует ионам  $Fe^{3+}$ , связанным с карбоксильными группами. Секстет  $B_{ef}=50$  Тл соответствует структурам, в которых в координации с  $Fe^{3+}$ , помимо групп  $COO-$ , участвуют амино- и имино- группы меланина.

Таким образом, полученные результаты указывают, что грибные меланины эффективно связывают ионы  $Fe^{2+}$ , так и в  $Fe^{3+}$ . Данное исследование имеет важное значение для понимания взаимодействия грибных меланинов с ионами железа и их роли в биологических системах.

#### **Литература:**

1. Рамазанов М.А., Багиров Р. М., Багирова О. Ш., Турабова Г.А. Изучение методом гамма – резонансной спектроскопии (ГРС) связывания ионов железа с растительными меланинами//Journal of radiation research, 2018, Т.6, № 2, р. 45 – 50
2. Кузнецов О. Ю., Шаехов М.Ф., Зиятдинова Г.К., Будников Г.К. Экстракты и меланины из чаги, полученные после плазменной обработки сырья//Ученые записки Казанского Университета. Серия естественные науки. 2019, Т.161, №2, с.211 -221

## **МЕХАНИЗМЫ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЯХ InSb, ВЫРАЩЕННЫХ МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИИ**

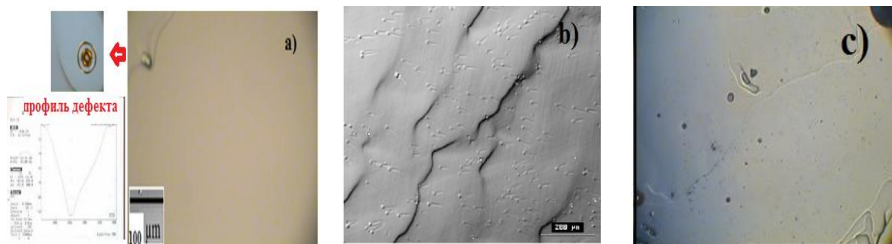
**Ибрагимова Э.А., Джалилова Х.Д., Мамедов Ф.Э., Эминов Ш.О.**

*Институт Физики Министерства Науки и Высшего Образования*

*Азербайджанской Республики*

[shikhamir@gmail.com](mailto:shikhamir@gmail.com)

Узкозонный полупроводник InSb ( $E_g=0.17$  eV при 300 К и 0.23 eV при 80К) с уникальными электрическими и фотоэлектрическими свойствами [1,2] охватывает по фоточувствительности инфракрасный (ИК) спектральный диапазон 3-5 мкм, эксплуатируемый в ИК- фотоэлектронике.



**Рис. 1.** Поверхность эпитаксиального слоя InSb с вкраплениями дефектных микроворонки, террас и остатков капель расплава

Разработка эффективных ИК фотоприемников на их основе является одной из актуальных задач современной фотоэлектроники. Основными промышленными эпитаксиальными технологиями получения тонких пленок в настоящее время являются жидкофазная эпитаксия (ЖФЭ) и различные варианты паровой эпитаксии. ЖФЭ выгодно отличается от других методов низкой себестоимостью и высокой производительностью, высокой чистотой эпитаксиальных слоев. Разработки, направленные на дальнейшее усовершенствование этой технологии, имеют большое практическое значение для создания высокоэффективных фотоприемных устройств.

Физическое совершенство поверхности имеет исключительно важное значение для фоточувствительной эпитаксиальной структуры. Поэтому установление механизмов образования дефектов в эпитаксиальных слоях и структурах InSb при жидкофазной эпитаксии, изыскание способов его подавления является актуальной проблемой.

В настоящей работе представлены результаты выращивания тонких монокристаллических слоев InSb методом жидкофазной эпитаксии. Описаны особенности формирования микрорельефа и дефектообразования на поверхности этих слоев. Показано, что в таких структурах возможно формирование более 10 разных типов дефектов роста, обусловленных кинетикой кристаллизации из жидкого раствора, кристаллографическими особенностями подложек, условиями проведения эпитаксиального процесса, а также конструкциями устройств и оснасток, использующихся для проведения эпитаксии. К этим дефектам относятся террасы, остатки капель раствора-расплава на поверхности, островки и долины между островками, воронкообразные углубления и пустоты, т.н. "менисковые линии", пирамиды роста, вызванные ориентацией поверхности подложки относительно номинально ориентированных кристаллографических плоскостей из-за смещения угла нарезки в процессе распиливания монокристалла, эрозия поверхности подложек из-за испарения летучих компонент подложки, а также термоконверсия, т.е. протяженные области с измененным типом

проводимости в приповерхностном слое и внутри объема подложки. Проведена подробная классификация этих дефектов, установлены и описаны механизмы их формирования. Некоторые из этих дефектов показаны на рисунке.

**Литература:**

1. Эминов Ш.О., Гусейнов Э.К., Раджабли А.А., Мамедова Э.А. Электрические свойства эпитаксиальных слоев и p-n-переходов из InSb, выращенных методом ЖФЭ, Fizika, 2008, т. XIV, №3, с. 101-106
2. Эминов Ш.О., Джалилова Х.Д., Мамедова Э. А. Жидкостное химическое травление плоскостей (111)In и (111)Sb подложек из InSb , Неорган. Мат., 2011, том 47, № 4, с. 394-398

## **HİDROGEN PEROKSİD İLƏ İNDUKSIYA EDİLMİŞ OKSİDLƏŞMƏ ZAMANI HEM HİSSƏSİNİN FLÜORESENSIYA GÖSTƏRİCİLƏRİNƏ NATRIUM SELENİTİN TƏSİRİ**

**Məmmədli M.İ., Mehrəliyeva F.R.**

*AR Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu*  
[mamlakatmammadli@gmail.com](mailto:mamlakatmammadli@gmail.com)

Hemoqlobinin oksidləşməsində hidrogen peroksidin ( $H_2O_2$ ) mühüm rolu var. Eritrositlərin özlərində, təkamül zamanı  $H_2O_2$ -nin həddindən artıq yığılmasını məhv edən katalaza (CAT), qlutation peroksidaza (GPX) və peroksiredoksin-2 kimi antioksidləşdirici (AO) enzimləri də daxil olan təbii antioksidləşdirici amillərinin effektiv sistemi yarandı. Üstəlik  $H_2O_2$ -nin artıq miqdarı əsasən CAT və GPX hesabına suya qədər reduksiya olunur.  $H_2O_2$ -nin yığılması hemoqlobinin ferrilhemoqlobinə ( $HbFe(IV)=O$ ) oksidləşdirici deqradasiyasına gətirib çıxarır və nəticədə onun hem komponentini deqradasiya edir. Bu zaman iki növ flüoressent məhsul əmələ gəlir: "1-ci birləşmə" üçün  $\lambda_{emissiya}=465$  nm  $\lambda_{həyəcanlanma}=321$  nm-də və "2-ci birləşmə"  $\lambda_{emissiya}=525$  nm  $\lambda_{həyəcanlanma}=465$  nm-də olan. Ümumiyyətlə, qəbul edilir ki,  $H_2O_2$ -nin subtoksik konsentrasiyalarında AO mühafizəsinin əsas payı selenenzim GPX-ə düşür. Bu arada, qeyri-spesifik olaraq hemoqlobinə daxil olan seleniumun GPX mexanizmindən kənar hemoqlobinə antioksidləşdirici dayanıqlığı da verdiyi ortaya çıxdı. Bu arada, qeyri-spesifik olaraq hemoqlobinə daxil olan seleniumun GPX mexanizmindən kənar hemoqlobinə antioksidləşdirici dayanıqlığı da verə biləcəyi ortaya çıxdı. Hemoqlobinin özü, hem tərkibli zülal olmaqla yanaşı, qlutationun iştirakı ilə kvazi-GPX aktivliyi də daxil olmaqla, peroksidaza fəaliyyəti göstərə bilər. İnsanlarda eritrositdaxili seleniumun yalnız 10-20%-nin GPX tərəfindən, qalan 80-90%-nin isə hemoqlobinin payına düşdüyünü nəzərə alsaq, flüoressensiyanın inkişafından hemin deqradasiyasının marker

olaraq istifadə edərək GPX-in iştirakı olmadan seleniumun hemoqlobində AO rolunu nəzərdən keçirmək maraqlı görünür.

**Məqsəd:** İşin məqsədi eritrositlərdə aktiv oksidləşdirici metabolizmə malik olan natrium selenitin  $H_2O_2$ -nin oksidləşdirici təsiri altında hem flüoresensiya göstəricilərinə qoruyucu rolunu nəzərdən keçirməkdir.

**Materiallar və üsullar:** Donor qanını sentrifüqa ( $800\text{ g} \times 10$  dəqiqə) üsulu ilə steril fizioloji məhlulla 3 dəfə yuyularaq ( $0,9\%$  NaCl) eritrosit kütləsi alındı. Eritrosit suspenziyası hazırlandı (hematokrit  $10\%$ ,  $0,05\text{ M}$  kalium-fosfat buferi (PBS)  $0,14\text{ M}$  NaCl-da, pH 7.4;  $+0,1\text{ mM}$  EDTA,  $t=37^\circ\text{C}$ ). Təcrübələrə 3 seriya daxildir.

**Seriya 1 (nəzarət):** eritrosit suspenziyası Hb-nin  $50\text{ }\mu\text{M}$  konsentrasiyasına qədər durulaşdırıldı,  $H_2O_2$ -nin ( $2\text{ mM}$ ) subtoksik dozasının təsiri altında  $37^\circ\text{C}$  temperaturda 60 dəqiqə inkubasiya edildi.

**Seriya 2:** əsas antiperoksid enzimlərinin inhibitorları –  $1,0\text{ mM}$  natrium azid (NA) (CAT üçün) və  $5,0\text{ mM}$  yodasetamid (YA) (GPX üçün) inkubasiya mühitinə daxil edildi, bu da GPX-in əsas substratı kimi qlutationun (GSH) səviyyəsini endirir. İnhibitorlar sınaq nümunələrinə  $H_2O_2$  ilə inkubasiyadan 5 dəqiqə əvvəl əlavə edildi ( $37^\circ\text{C}$  temperaturda, nəzarətdə olduğu kimi).

**Seriya 3:** CAT və GPX-in inhibirləşməsi ilə eyni vaxtda inkubasiya mühitinə  $10\text{ }\mu\text{M}$  yekun konsentrasiyada natrium selenit ( $Na_2SeO_3$ ) əlavə edildi (bütün şərtlər 2-ci seriya ilə eynidir).

Bu nümunələrdə  $\lambda_{emissiya}=465\text{ nm}$   $\lambda_{həyəcanlanma}=321\text{ nm}$ -də və  $\lambda_{emissiya}=525\text{ nm}$   $\lambda_{həyəcanlanma}=465\text{ nm}$ -də olan hemoqlobinin oksidləşdirici degradasiyasının iki flüoresent məhsulunun inkişafı tədqiq edilmişdir. Alikvotların son həcmi  $3\text{ ml}$  təşkil edirdi. Nəticələr  $p<0.05$  əhəmiyyət səviyyəsində  $n\geq 3$  statistik işlənmişdir.

**Nəticələr:** Təcrübələrin birinci seriyasının nəticələrinə əsasən, hemin parçalanmasını əks etdirən 1-ci və 2-ci birləşmələr üçün flüoresensiyanın intensivliyinin nəzərəcarpacaq inkişafı müşahidə edilməmişdir. Təcrübələrin ikinci seriyasına görə, NA və YA-nın birgə istifadəsi ilə artıq 10-cu dəqiqədə flüoresensiyanın intensivliyinin artması baş verir ki, bu da müvafiq olaraq, 1-ci və 2-ci birləşmələr üçün 60-cı dəqiqədə ilkin səviyyədən 6 və 4 dəfə artıq olur. İnhibitorlar olmadığı halda flüoresensiyanın nəzərəcarpacaq dərəcədə artması müşahidə edilmir.  $Na_2SeO_3$  ( $10\text{ }\mu\text{M}$ ) istifadə edildikdə, induksiya edilmiş flüoresensiyanın bütün göstəriciləri orta hesabla  $10\text{-}15\%$  azalır ki, bu da seleniumun hemoqlobinə olan antioksidant təsirinin GPX mexanizmlərini cəlb etmədən həyata keçirilə biləcəyini göstərir.

## PVX VƏ PVX+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> KOMPOZİTLƏRİNİN DİELEKTRİK NÜFUZLUĞUNA VƏ DİELEKTRİK İTKİLƏRİNƏ TEMPERATURUN TƏSİRİ

**Mirzəyeva Ş.E., Ələkbərov Ş.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

sadygova-1999@mail.ru

Bu gün yüksək keyfiyyətli tələb olunan elektrofiziki parametrlərə malik yüksək keyfiyyətli dielektrik kompozit materialların yaradılması və tətbiqi böyük elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir [1-2]. İşdə polivinil xlorid (PVX) və müxtəlif konsentrasiyalı PVX+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkilərinin temperaturdan asılılığı da öyrənilmişdir.

PVX-nın kimyəvi formulu: [-CH<sub>2</sub>-CHCl-]<sub>n</sub>, beynəlxalq işarəsi PVC (polyvinyl chloride), sıxlığı 1,35 – 1,43 q/sm<sup>3</sup>, şüşələşmə temperaturu 75 – 80 °C, ərimə temperaturu 150 – 220 °C, istilikkeçirməsi 0,159 Vt/(m·K), dielektrik itkiləri (tgδ) 0,01 – 0,05 intervalında olur [3].

Alüminium oksidi (α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – sıxlığı 3,99 q/sm<sup>3</sup>, ərimə temperaturu 2045 °C, istilikkeçirməsi 28÷35 Vt/(m·K), xüsusi həcmi elektrik müqaviməti 10<sup>14</sup> Om·m, elektrik möhkəmliyi 17 kV/mm, dielektrik nüfuzluğu – 10; dielektrik itkiləri (tgδ) 0,02 ÷ 0,05 intervalında olur [4]. Cədvəldə PVX və yeni üsulla benzolun qatı məhlulundan alınmış PVX+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit materialların dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkilərinin məlum:

$$\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S} \quad (1)$$

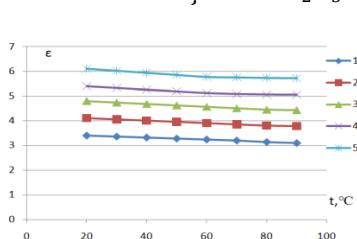
düsturla hesablanmış nəticələri verilmişdir. Burada ε sınaq nümunəsinin dielektrik nüfuzluğu, C–köynəkləri arasında sınaq nümunəsi, yəni PVX və ya PVX+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit materialı olan kondensatorun elektrik tutumu, d – köynəklər arasındakı məsafə və ya nümunənin qalınlığı, S – kondensatorun köynəklərinin (birinin) səthinin sahəsi, ε<sub>0</sub>=8,85·10<sup>-12</sup> F/m – elektrik sabitidir.

**Cədvəl**

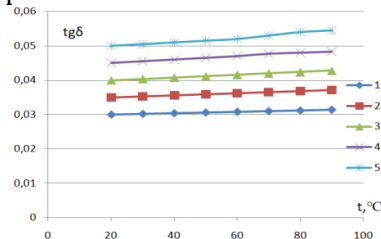
Doldurucuların miqdarı, %	ρ <sub>e</sub> · (10 <sup>12</sup> Om · m)	Tezlik, Hs							
		10 <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup>		5·10 <sup>8</sup>		10 <sup>10</sup>	
		ε	tgδ	ε	tgδ	ε	tgδ	ε	tgδ
0	5,2	3,4	0,03	2,8	0,026	2,2	0,024	2,1	0,022
10	5,1	4,1	0,035	3,4	0,033	2,8	0,031	2,6	0,03
20	4,9	4,8	0,04	3,8	0,038	3,4	0,035	3,1	0,032
30	4,8	5,4	0,045	4,2	0,042	3,8	0,04	3,5	0,035
40	4,7	6,1	0,05	4,8	0,045	4,2	0,043	3,8	0,038

Bizim işdə məhluldan ayrılma üsulu ilə alınmış yüksək bircinsliyə malik PVX və 0÷40% intervalında çəki nisbətində polibutadien əsasında PVX+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin 0÷90 °C temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkilərinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Şək.1 və Şək.2-də PVX

və PVX+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin uyğun olaraq dielektrik nüfuzluğunun ( $\epsilon$ ) və dielektrik itkilərinin ( $\text{tg}\delta$ ) temperatur asılılığı verilmişdir. Asılılıqlarda: 1-təmiz PVX, 2-10%, 3-20%, 4-30%, 5-40% ~ 50 nm ölçülü Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano hissəciklər əlavə edilmiş PVX+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit.



Şəkil 1



Şəkil 2

Alınmış nəticələr polimer əsasında tələb olunan parametrlərə malik kompozitlərin alınmasında və tədqiqində istifadə edilə bilər.

#### Ədəbiyyat:

1. X.C. Алиева, М.М. Кулиев, Р.С. Исмаилова, А.О. Оруджева. Электропроводность и диэлектрическая дисперсия композитов ПВЧ – графит. Электронная обработка материалов, 2017, 53(4), с. 39–46.
2. Кудряшов М.А., Машин А.И., Логунов А.А. и др. Диэлектрические свойства нанокompозитов Ag/ПАН.ЖТФ, 2014, т.84, в.7, с.67-71.
3. Справочник химика, Сырье и продукты промышленности органических веществ, том VI, Л., Химия, 1967, 1012с.
4. Справочник химика, Основные свойства неорганических и органических соединений, том II, Л., Химия, 1971, 1169 с.

## A STUDY OF THE PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE PHASES OF THE PEG-SODIUM CITRATE-WATER TWO-PHASE SYSTEM

**Mirzəzadə A.V., Şahbazova G.M., Məsimov E.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
[amirzade99@gmail.com](mailto:amirzade99@gmail.com)

Albertson developed a simple, cheap and effective method of separation and purification of biological materials — a method based on the uneven distribution of substances in two-phase water-polymer systems [1]. It is known that a mixture of two polymers with different chemical properties or a mixture of aqueous solutions of the polymer and some electrolytes separates into two phases when the concentration of the components is greater than a certain value. One of the phases of such a two-phase system is rich in one polymer, and the other is rich in the second polymer. The solvent in the phases is water and forms the basis of both phases (~70÷95%). According to modern concepts, two water-polymer structures are formed, differing in phase composition and thermodynamic state of the system [1]. These two phases differ from each other in their physicochemical properties and affinity for

various distributed particles.

Viscous flow activation parameters mean changes in Gibbs free energy ( $\Delta G_{\eta}$ ), enthalpy ( $\Delta H_{\eta}$ ) and entropy ( $\Delta S_{\eta}$ ) caused by the viscous flow of the considered system [2]. Viscous flow activation parameters ( $\Delta G_{\eta}$ ,  $\Delta H_{\eta}$ ,  $\Delta S_{\eta}$ ), dependence analysis on various external factors (temperature, concentration, etc.) play a very important role in the study of structural changes occurring in liquids, including solutions [2]. The Gibbs energy of activation of viscous flow ( $\Delta G_{\eta}$ ) is the energy required to flow 1 mole of liquid molecules at a given pressure and temperature. The Activation enthalpy of viscous flow ( $\Delta H_{\eta}$ ) characterizes the changes occurring in the solution in terms of energy. Thus, the large value of  $\Delta H_{\eta}$  indicates that the considered system has a stronger structure. The activation entropy of the viscous flow ( $\Delta S_{\eta}$ ) provides valuable information about the structural changes occurring in the liquid.

In the presented work, the physical and chemical properties of the phases of the biphasic system of PEG- sodium citrate were studied. For this purpose, a solution corresponding to the point taken from both the heterogeneous region and the homogeneous region was prepared, the two-phase system we considered was divided into phases, and the viscosities, densities of the solutions in the lower and upper phases were measured. Using the temperature dependence of the viscosity, the activation parameters of the viscous flow ( $\Delta G_{\eta}$ ,  $\Delta H_{\eta}$ ,  $\Delta S_{\eta}$ ), and the structure temperature ( $T_{str}$ ) were determined. The experimental values of density, dynamic and kinematic viscosity of the considered systems at different temperatures at normal atmospheric pressure have shown us that as the temperature increases, the activation enthalpy and entropy of the viscous flow decrease.

The structure temperature is a parameter directly related to the structuring interactions in the fluid. For this reason, the change in the structure of the liquid (solution) due to the influence of any factors will change the value of the structure temperature. Thus, if the structural temperature of an aqueous solution is greater than the structural temperature of pure water, the substance added to the water structures the water. If the structural temperature of the aqueous solution is lower than the structural temperature of pure water, the substance added to the water disrupts the structure of the water. Since the structure temperature of pure water is  $T_{str}=146K$ , we can say that the sodium citrate has a neutral effect on water, but this system structures water under the influence of PEG. It is known that PEG structures water. Therefore, since there is more PEG in the upper phase of the two-phase system, the structure temperature is also higher in that phase.

#### **References:**

1. Zaslavsky B.Y, Masimov E.A, Methods of Analysis of the relative hydrophobity of biological solutes// Topics current chemistry. 1988-146.-p.171-202
2. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G., Həsənov N.H. Özlü axının aktivləşmə parametrlərinin təyini üsulları. Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika--riyaziyyat elmləri seriyası, 2005, № 2, s.138-150



## HELİCOSTATİN 4 NEYROPEPTİDİNİN SON UCLU PRO3-TYR4-SER5-PHE6-GLY7-LEU8-NH<sub>2</sub> HEKSAPEPTİD FRAQMENTİNİN FƏZA QURULUŞUNUN TƏŞKİLİ

**Qasımzadə G.T., Vəliyeva L.İ.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

gunel.qasimzadeh.2000@mail.ru

Pro3-Tyr4-Ser5-Phe6-Gly7-Leu8-NH<sub>2</sub> heksapeptid fraqmentinin fəza quruluşunun həndəsi və enerji parametrlərini hesablamaq üçün Pro3-Tyr4-Ser5-Phe6 və Phe6-Gly7-Leu8-NH<sub>2</sub> fraqmentləri üçün nəzəri konformasiya analizi üsulu ilə alınmış nəticələrdən istifadə edilmişdir[1].

Bildiyimiz kimi nəzəri konformasiya analizi üsulunun əsasını tarazlıq vəziyyətində olan konformasiyaların hesablanması və onlarla molekulun xassələri arasında bağlılığın müəyyən edilməsi təşkil edir[2]. Hesablama aparmaq üçün Phe6 amin turşusunun ümumi olan formalarından istifadə edilmişdir. Bunun üçün 510 variant yığılmışdır [3-4]. Minimizasiya olunmuş konformasiyaların təhlili nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, 0-5 kkal/mol nisbi enerji intervalına yalnız 11 şeypə mənsub konformasiyalar düşür (cəđ.1-2).

**Cədvəl 1**

Pro3-Tyr4-Ser5-Phe6-Gly7-Leu8 fraqmentinin kiçik enerjili optimal konformasiyalarının enerjiyə görə paylanması

Şeyp	Nisbi enerji intervalı, kkal/mol						Konformasiyaların ümumi sayı
	0÷1	1÷2	2÷3	3÷4	4÷5	5÷10	
<i>ffffe</i>	2	6	5	3	10	4	30
<i>fffff</i>	4	3	1	4	3	2	17
<i>fffef</i>	1	4	2	2	2	3	14
<i>fffee</i>	-	3	1	1	3	5	13
<i>fefef</i>	-	-	-	1	4	3	8
<i>fefee</i>	-	-	-	1	1	3	5
<i>feefe</i>	-	-	-	1	1	3	5
<i>eefee</i>	-	-	-	-	2	2	4
<i>ffefe</i>	-	-	-	-	3	1	4
<i>ffeee</i>	-	-	-	-	2	1	3
<i>feeff</i>	-	-	-	1	-	2	3

**Cədvəl 2**

Pro3-Tyr4-Ser5-Phe6-Gly7-Leu8 fraqmentinin kiçik enerjili konformasiya halları

Şeyp	konformasiya	Enerji payları, kkal/mol				
		E <sub>q.val</sub>	E <sub>el.st.</sub>	E <sub>tor</sub>	E <sub>tam</sub>	E <sub>nisbi</sub>
<i>fffff</i>	RR <sub>2</sub> R <sub>1</sub> B <sub>1</sub> PR <sub>3</sub>	-29.38	1.18	2.82	-25.38	0.00
	RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> PR <sub>3</sub>	-28.85	1.17	2.49	-25.19	0.19
	RR <sub>2</sub> R <sub>1</sub> B <sub>2</sub> PR <sub>3</sub>	-28.88	0.98	3.07	-24.84	0.54

ffffe	RR <sub>2</sub> R <sub>1</sub> B <sub>1</sub> LB <sub>3</sub>	-29.40	1.96	2.82	-24.63	0.75
	RR <sub>2</sub> R <sub>3</sub> B <sub>3</sub> PL <sub>3</sub>	-27.64	1.02	2.58	-24.04	1.34
fffef	RR <sub>2</sub> R <sub>3</sub> R <sub>1</sub> PR <sub>3</sub>	-29.08	1.27	2.97	-24.84	0.54
	RR <sub>2</sub> R <sub>1</sub> R <sub>2</sub> PB <sub>3</sub>	-27.64	1.49	2.76	-23.40	1.98

Cədvəllərdən aydın olur ki, bu konformasiyalardan ən minimal enerjili konformasiya fffff şəypinə aid R<sub>2</sub>R<sub>1</sub>B<sub>1</sub>PR<sub>3</sub> formalı konformasiyadır ki, onun tam enerjisi - 25.38 kkal/mol-a bərabərdir. Fraqment üçün hesablanmış çoxlu sayda kiçik enerjili konformasiyaların əksəriyyətinin məhz peptid zəncirinin bükük formalı quruluş tiplərinə aid olması, bütöv molekulda da bu quruluşun üstünlük təşkil edəcəyini öncədən söyləməyə imkan verir. (fffff şəypindən 17-si, fffff-dən 30-u, fffef-dən 14-ü, fffee-dən 13-ü, fefef-dən 8-i, ffefe-dən 4-ü). Bu fraqment üçün alınan bütün nəticələrdən bütöv Helicostatin 4 molekulunun fəza quruluşunun təhlilində istifadə olunacaqdır.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Davey, M.H.Duve, et al. (1999). "Characterisation of the helicostatin peptide precursor gene from *Helicoverpa argimera*". *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 29(12): 1119-1127
2. Шерман С.А., Андрианов А.М., Ахрем А.А. Конформационный анализ и установление пространственной структуры белковых молекул, Мн., "Наука и техника", 1989, с.62-63
3. IUPAC-IUB Joint Commission on Biochemical Nomenclature. *J. Biol. Chem.*, 1983, v.260, p.14-42
4. Максумов И.С., Исмаилова Л. И., Годжаев Н. М. "Программа полуэмпирического расчёта конформаций молекулярных комплексов на ЭВМ" //Журнал структурной химии, 1983, т.24, №4, с.147-148

## **SAXAROZANIN SULU MƏHLULUNUN STRUKTUR VƏ MOLEKULYAR XARAKTERİSTİKALARI**

**Azadov M.R., Paşayev B.G.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[m.azadov1@gmail.com](mailto:m.azadov1@gmail.com)

Sulu məhlullarda baş verən struktur və molekulyar xarakteristikaların öyrənilməsi müasir biofizikanın, molekulyar biologiyanın qarşısında duran ən aktual problemlərdən biridir [1-4]. Saxarozanın sulu məhlulu unikal fiziki-kimyəvi xassələrə və geniş tətbiq imkanlarına malik olduğu üçün həm elmi, həm də praktik cəhətdən böyük maraq kəsb edir. Saxarozanın sulu məhlullarının fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi suda həllolan karbohidratların fundamental nəzəriyyələrinin verilməsi üçün də əhəmiyyətlidir. Saxarozada suda gedən müxtəlif proseslərə öz təsirini göstərir. Bu təsirin molekulyar mexanizminin araşdırılması saxarozanın sulu məhlullarının daha geniş tədqiq olunmasına zərurət yaradır. Qeyd edək ki, saxarozanın bir çox funksional fəaliyyəti

bilavasitə su mühiti ilə bağlıdır. Odur ki, saxarozanın sulu məhlullarının struktur və molekulyar xarakteristikalarının müxtəlif metodlarla öyrənilməsi çox mühümdür.

İşdə saxarozanın sulu məhlulunun 20-50°C temperatur və saxarozanın 0-60% konsentrasiya intervalında dinamik özlülüyü və sıxlığı ölçülmüşdür, həmçinin məhlulların İQ oblastda (6000-7500sm<sup>-1</sup>) udma spektrləri çəkilməmişdir. Baxılan sistemin özlü axın xassələrinin və İQ oblastda udma spektrlərinin təhlili əsasında struktur və molekulyar xarakteristikaları araşdırılmışdır. Təcrübə nəticələr əsasında saxarozanın sulu məhlulunun özlü axınının aktivləşmə Gibbs enerjisi ( $\Delta G_{\eta}$ ), özlü axınının aktivləşmə entalpiyası ( $\Delta H_{\eta}$ ), özlü axınının aktivləşmə entropiyası ( $\Delta S_{\eta}$ ), struktur temperaturu ( $T_0$ ), məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi ( $E_H$ ) və uzunluğu ( $R_H$ ) təyin edilmişdir (cədvəl).

Cədvəldən göründüyü kimi, saxarozanın sulu məhlulu üçün verilmiş temperaturda konsentrasiyanın artması ilə  $\Delta G_{\eta}$ ,  $\Delta H_{\eta}$ ,  $\Delta S_{\eta}$ ,  $T_0$ ,  $E_H$  kəmiyyətlərinin qiymətləri artır,  $\nu$  və  $R_H$  kəmiyyətlərinin qiymətləri isə azalır. Güman edirik ki, alınan nəticələr saxarozanın suya strukturlaşdırıcı təsirlə və bu təsirin konsentrasiyadan asılı olaraq daha da güclənməsi ilə əlaqədardır.

**Cədvəl.** Saxarozanın sulu məhlulunun müxtəlif konsentrasiyalarda özlü axınının aktivləşmə Gibbs enerjisi ( $\Delta G_{\eta}$ ), özlü axınının aktivləşmə entalpiyası ( $\Delta H_{\eta}$ ), özlü axınının aktivləşmə entropiyası ( $\Delta S_{\eta}$ ), struktur temperaturu ( $T_0$ ), su molekullarının OH qruplarının valent rəqslərinin tezliyi ( $\nu$ ), məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi ( $E_H$ ) və uzunluğu ( $R_H$ ) ( $t=20^{\circ}\text{C}$ ).

C, %	$\Delta G_{\eta}$ , C/mol	$\Delta H_{\eta}$ , C/mol	$\Delta S_{\eta}$ , C/(K·mol)	$T_0$ , K	$\nu$ , sm <sup>-1</sup>	$-E_H$ , kC/mol	$R_H$ , Å
0	9292	17397	27.65	146	6862.00	16.3	1.86
10	10112	19265	31.22	148			
20	11230	21090	33.64	151	6857.08	16.7	1.85
30	12640	23027	35.43	154			
40	14484	26398	40.64	159	6847.07	17.1	1.84
50	17010	33526	56.34	165			
60	20630	43036	76.43	170	6833.77	18.0	1.82

#### Ədəbiyyat:

- Masimov E.A., Hasanov H.Sh., Pashayev B.G. Russian Journal of Physical Chemistry, 2013, vol. 87, №6, p. 948.
- Masimov E.A., Pashayev B.G., Hasanov H.Sh., Hasanov N.H. Russian Journal of Physical Chemistry, 2015, vol. 89, № 7, p. 1244.
- Pashayev B.G. Conference Proceedings, Modern Trends In Physics Baku, 01-03 May, 2019, p. 170.
- Masimov E.A., Pashayev B.G., Rajabov M.R. Russian Journal of Physical Chemistry, 2020, vol. 94, № 12, p. 2574.

## PENTAPEPTİD MOLEKULUN VAL-VAL-ASN TRIPEPTİD FRAQMENTİNİN ƏLVERİŞLİ KONFORMASIYALARININ HİDROGEN RABİTƏLƏRİ

**Şıxaliev E.E., Abbasova G.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

Hidrogen rabitəsinin təbiəti nəzəri olaraq elektrostatik və donör-akseptor təbiətinə əsaslanır. Sokolov nəzəriyyəsinə görə hidrogen rabitəsi hər hansı donör atomu hidrogen akseptor atomunun elektron cütlərinin qarışması nəticəsində yaranır. Hidrogen rabitəsi sistemin enerjisini azaldır. Molekulda sərbəst elektronların sayı çox olduqca mənfi yüklərin qiyməti çox olar. Digər tərəfdən hidrogen rabitəsinin akseptor xüsusiyyəti ondan müsbət yükün üstün olmasıdır.[1]

Nəzəri konformasiya analizi üsuluna əsasən Val-Val-Asn-Asp-Leu pentapeptid molekulunun Val-Val-Asn tripeptid fraqmentinin fəza quruluşu öyrənilmişdir. Fəza quruluşunun yaranmasında hidrogen rabitələrinin rolu böyükdür. Hidrogen rabitələrinin əmələ gəlməsi ilə A-H rabitələrinin valent rəqsləri intensivliyi qiymətcə arta bilər. Maqnit rezonansı nəzəriyyəsinə görə (bu həmçinin təcrübədə də öz təsdiqini tapıb) protonların kimyəvi sürüşməsi hidrogen rabitələrinin quruluşuna hiss olunacaq dərəcədə təsir edir.

Aparılan tədqiqat nəticəsində Val-Val-Asn tripeptid molekulundakı hidrogen rabitələri cədvəldə göstərilmişdir.

**Cədvəl 1**

Şeyp	Forma	Atomlar	Rabitə uzunluğu	E <sub>h,r</sub>
ee	B <sub>1</sub> BB	Val1 (NH).....Val1 (CO)	2.57	-0.19
		Val1 (NH)..... Val2 (CO)	2.87	-0.18
		Val2 (CO).....Val2 (NH)	2.42	-0.27
	B <sub>2</sub> BB	Val1 (NH).....Asn3(CO)	2.23	-0.14
		Val1(CO).....Asn3(NH)	2.71	-0.15
		Val1(OH).....Val2(CO)	2.75	-0.12
ff	R <sub>1</sub> RB	Val2 (CO).....Asn3 (NH)	2.48	-0.49
		Val2 (NH).....Asn3 (CO)	2.64	-0.10
		Val1 (CO).....Val1(NH)	2.59	-0.38
	R <sub>2</sub> RB	Val2 (CO).....Val2 (NH)	2.87	-0.69
		Val1 (NH).....Val1(CO)	2.92	-0.73
ef	B <sub>1</sub> RR	Val1(NH).....Val2(CO)	2.80	-0.25
		Val2 (CO).....Val2 (NH)	2.25	-0.96
		Val1 (CO).....Val2 (NH)	2.68	-0.71

	B <sub>2</sub> RR	Val1 (NH).....Asn3(CO)	2.22	-0.75
		Val2 (CO).....Asn3(NH)	2.64	-0.43
		Val1 (CO).....Val2(NH)	2.52	-0.73
	B <sub>2</sub> BL	Val1 (NH).....Val12(CO)	2.57	-0.96
		Val1 (OH).....Asn3(CO)	2.81	-0.69
		Val2 (HH).....Asn2 (CO)	2.59	-0.39

**Ədəbiyyat:**

1. Аббасова Г.Д. Теоретический конформационный анализ фрагмента Val-Val-Asn-Asp-Leu// Bakı Dövlət Universiteti aspirantlarının və gənc tədqiqatçıların elmi konfransının materialları. Bakı – 1998, səh.25.

## **HEPTAPEPTİD MOLEKULUN TRİPEPTİD FRAQMENTİNİN STABİL QURULUŞLARININ TƏDQIQI**

**Qasımova H.H., Abbasova G.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

henifeqasimova20@gmail.com

Peptidlər amin turşu qalıqları ardıcılığından ibarətdir. Onlar canlı orqanizmlərin toxuma və hüceyrələrində gedən bir çox proseslərin tənzimlənməsində mühüm rol oynayır. Bu mürəkkəb molekullar hüceyrələri bir çox zərərli amillərdən qoruyur. Amin turşularından ibarət olan peptidlər canlı orqanizmlərin immun sistemini zərərli xarici amillərdən qoruyur. İnsan orqanizminin toxuma və hüceyrələrinin sağlam olması üçün bir çox peptidlərin olması əhəmiyyət kəsb edir. Verilmiş isdə tədqiq edilmiş peptid dərman peptidi kimi tanınmışdır.

Dərman peptidi yeddi amin turşu ardıcılığından ibarətdir. Molekulun fəza quruluşunun oyrənilməsi ilk növbədə fraqmentlərlə tədqiq edilmişdir. Heptapeptid molekulun dayanıqlı konformasiyalarını tədqiq etmək üçün əvvəlcə dipeptid, daha sonra isə tripeptid His-Ala-İle molekulunun fəza quruluşu oyrənilmişdir.

Tripeptid His-Ala-İle molekulunun fəza quruluşunu oyrənərkən 159 konformasiya təyin edilmişdir. Hesablamalar göstərmişdir ki, bir çox konformasiyalar sterik cəhətdən əlverişli olmamışdır. Təyin edilmiş formalara uyğun dörd şeyp tədqiq edilmişdir. Heptapeptid molekulun bu üç amin turşu qalıqları ardıcılığı üçün əsas zəncirin iki əsas R və B formaları və həmçinin fe, ee, ef, ff şeyplərinə uyğun konformasiyaları daha əlverişli olmuşdur. [1]

Tripeptid fraqmentin əsas və yan zəncirinin İkiüzlü bucaqları müəyyən ardıcılıqla təyin edilmişdir. Əsas zəncirin və yan zəncirin ikiüzlü bucaqları R, B, L və P formaları ilə xarakterizə olunur. R, B, L, P formaları peptid molekulunun əsas zəncirinin həndəsi parametrlərini xarakterizə edir. Eyni zamanda

təyin edilmiş formalar molekulu təşkil edən atomlar arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvələrini xarakterizə edir. Tripeptid fraqmentin dayanıqlı quruluşlarının tədqiqi şeyplərə uyğun aparılır. Müəyyən olunmuşdur ki, əsas zəncirin eyni bir şeypinə uyğun formaları arasında onların yan zəncirlərinin P və L formalarının qarşılıqlı təsir enerjisi, eyni zamanda R və B formalarının enerjisindən çoxdur.

Heptapeptid molekulun tripeptid fraqmentinin fəza quruluşunu tədqiq edərkən əsas zəncirin yalnız R və B formaları nəzərə alınmışdır. Beləliklə, His-Ala-İle tripeptid molekulunun əsas zəncirinin 159 konformasiyası müəyyən edilmişdir.

Tripeptid fraqment üçün hesablanmış konformasiyalardan 0-3 kal/mol enerji intervalına yalnız 15 konformasiya düşmüşdür.

**Cədvəl 1**

Nº	Formalar	Şeyplər	Ümumi enerji	Nisbi enerji ( kal/mol)
1	R <sub>1</sub> BB <sub>1</sub>	fe	-4.79	2.42
2	R <sub>2</sub> BB <sub>1</sub>	fe	-4.88	2.33
3	B <sub>2</sub> BB <sub>2</sub>	ee	-6.02	1.19
4	R <sub>2</sub> RB <sub>2</sub>	ff	-5.97	1.24
5	R <sub>3</sub> RB <sub>3</sub>	ff	-6.00	1.21
6	B <sub>1</sub> RB <sub>1</sub>	ef	-7.21	0.0
7	R <sub>3</sub> BB <sub>2</sub>	fe	-4.49	2.72
8	R <sub>3</sub> BB <sub>1</sub>	fe	-4.53	2.68
9	B <sub>3</sub> BB <sub>3</sub>	ee	-6.67	0.54
10	R <sub>2</sub> RB <sub>1</sub>	ff	-6.06	1.15
11	R <sub>1</sub> RB <sub>2</sub>	ff	-6.09	1.12
12	B <sub>3</sub> RB <sub>2</sub>	ef	-6.81	1.52
13	B <sub>1</sub> BB <sub>3</sub>	ee	-5.85	1.36
14	R <sub>2</sub> RB <sub>3</sub>	ff	-5.96	1.25
15	R <sub>3</sub> RB <sub>1</sub>	ff	-6.10	1.11

**Ədəbiyyat:**

1. Аббасова Г.Д., Алиева И.Н., Омарова А.И., Моделирование пространственной структуры и конформационные свойства пептида T7 // "Fizikanın müasir problemləri" V Respublika Elmi Konfransı, 16-17 dekabr, 2011, s.175-177.

## **SU-KARBAMİD-ETANOL SİSTEMLƏRİNİN STRUKTUR TEMPERATURU**

**Məlikova F.X., Paşayev B.G.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[melikovafatime24@gmail.com](mailto:melikovafatime24@gmail.com)

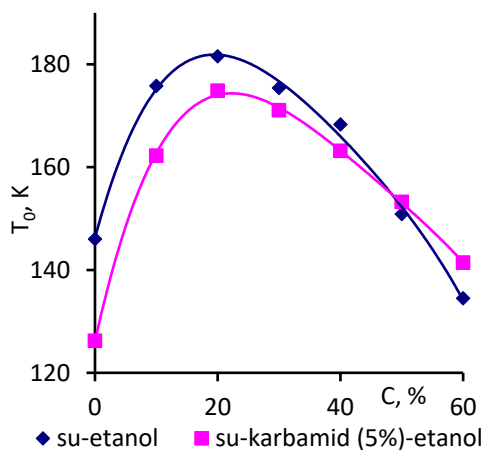
Su molekulları arasında yaranan hidrogen rabitələri hesabına suda molekulyarüstlü strukturlar - klasterlər əmələ gəlir. Belə klasterlərin orta yaşama müddəti  $10^{-11}$  -  $10^{-10}$  san tərtibində olur [1]. Suyun klasterlər modelinə görə klasterlərarası boşluqlarda digər su molekulları ilə hidrogen rabitəsində

olmayan sərbəst su molekulları da olur. Əsasən klasterlərdən təşkil olunmuş, o cümlədən daha böyük ölçülü klasterlərdən ibarət olan su, daha strukturlaşmış hesab edilir. Suyun klaster strukturu canlı orqanizmlərin yaranmasında və inkişafında əhəmiyyətli rola malikdir. Odur ki, müxtəlif maddələrin suyun strukturuna təsirinin öyrənilməsi çox mühümdür. Belə məsələləri öyrənmək üçün istifadə olunan üsullardan biri də məhlulun "struktur temperaturu"nun təyini [1-3].

İşdə su-etanol və su-karbamid(5%)-etanol sistemlərinin 20-50°C temperatur və etanolun 0-60% konsentrasiya intervalında dinamik özlülüü ölçülmüşdür və sulu məhlulların struktur temperaturu ( $T_0$ ) təyin edilmişdir. Struktur temperaturu məhlulun özlülüünün ( $\eta$ ) temperaturdan ( $T$ ) asılılığını xarakterizə edən

$$\eta = A \exp[B/(T - T_0)]$$

Vogel-Fulçer-Tamman empirik düsturundan riyazi optimallaşma üsulu ilə tapılır. Burada  $A$ ,  $B$  və  $T_0$  temperaturdan asılı olmayan kəmiyyətlərdir. Qeyd edək ki,  $T_0(\text{məhlul}) > T_0(\text{su})$  olarsa, həllolan maddə suyu strukturlaşdırıcı təsir göstərir və əksinə [1-3].



**Şək.** Su-etanol və su-karbamid (5%)-etanol sistemlərinin struktur temperaturunun etanolun konsentrasiyasından asılılığı.

Su-etanol və su-karbamid (5%)-etanol sistemlərinin struktur temperaturunun etanolun konsentrasiyasından asılılıq qrafiki şəkildə göstərilmişdir.

Şəkildən görüldüyü kimi həm su-etanol, həm də su-karbamid (5%)-etanol sistemlərinin struktur temperaturu etanolun konsentrasiyasının artması ilə əvvəlcə artır (30%-ə kimi), sonra isə azalır. Bu isə onu göstərir ki, etanol həm suya, həm də su-karbamid (5%) sisteminə 30% konsentrasiyaya kimi strukturlaşdırıcı, sonra isə dağıdıcı təsir göstərir. Güman edirik ki,  $T_0(\text{su-karbamid (5%)-etanol}) < T_0(\text{su-etanol})$  olması isə karbamidin suyun strukturuna gös-

tərđiyi dađıdıçı təsirlə əlaqədardır.

**Ədəbiyyat:**

1. Məsımov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G. Mayelərin özlülüyü. Dərs vəsaiti. Bakı: Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya, 2016, 285 s.
2. Ueberreiter K. Colloid & Polymer Science. 1982, v.260, №1, p.37-45.
3. Masimov E.A., Pashayev B.G., Hasanov H.Sh., Musayeva S.I. Russian J. of Phys. Chem. A, 2013, v. 87, № 12, p. 2105-2107.

**PVP-NİN DURULAŞDIRILMIŞ SULU MƏHLULLARININ  
STRUKTUR XÜSUSİYƏTLƏRİNƏ  
KONSENTRASİYANIN VƏ TEMPERATURUN TƏSİRİ**

**<sup>1</sup>Bađırova S.R., <sup>2</sup>Xanlarova F.E., <sup>2</sup>Əzizova A.R.**

<sup>1</sup>*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri ETİ*

<sup>2</sup>*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

[fidanxanlarova1@gmail.com](mailto:fidanxanlarova1@gmail.com)

Məlumdur ki, yüksəkmolekullu birləşmələrin (YMB) sulu məhlulları, kiçik-molekullu birləşmələrin sulu məhlullarından fərqli olaraq məhlulun konsentrasiyasından və temperaturundan kəskin şəkildə asılı olan böyük özlülüyə malikdir.

Müasir elmi təsəvvürlərə görə YMB-lərin durulaşdırılmış sulu məhlullarında onların mütəhərrik və böyük olan makromolekullarına həlledici molekulları müxtəlif cür nüfuz edir.

İşdə PVP-nin müxtəlif fraksiyalanının xarakteristik özlülüynün və bu məhlullar üçün makromolekulun suyun onun makromolekula nüfuzetməsinə müqavimətini xarakterizə edən Xaqqins parametrinin ( $k'$ ), temperaturdan asılılığı öyrənilmişdir. PVP-nin çox kiçik konsentrasiyalı məhlulları viskozimetrik üsulla tədqiq edilmişdir. Ölçmələr Ubelloid viskozimetridə aparılmışdır. İşdə almaniyanın Alfa Aesar firmasının istehsalı olan, PVP-nin (10000, 12000, 25000, 44000, 45000) fraksiyaları tədqiq edilmişdir.

Polivinilpirrolidonun PVP müxtəlif molekullu çəkili beş fraksiyasının xarakteristik özlülüynün PVP-nin konsentrasiyasından asılılığı ( $\eta_{mox}/C$ ) Xaqqinsin verdiyi aşağıdakı empirik düsturla təyin edilmişdir.

$$\frac{\eta_{mox}}{c} = [\eta] + k'[\eta]^2 c \quad (1)$$

Burada  $c$ - polimerin çəki konsentrasiyası və yaxud qr/mol-la konsentrasiyası,  $k'$ - Xaqqins sabitidir,  $[\eta]$  - xarakteristik özlülükdür və

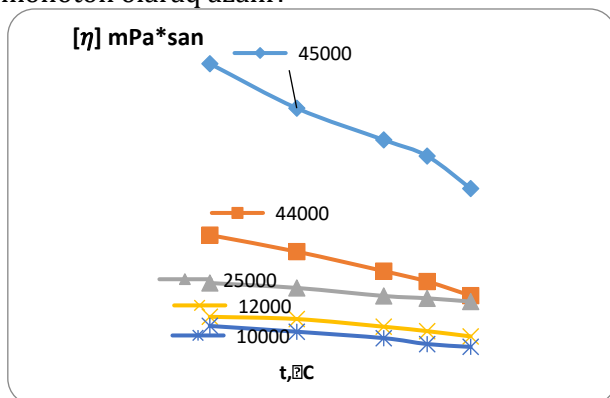
$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{mox}}{c} \quad (2)$$

(2) düsturu ilə Ubellode viskozimetri vasitəsilə təyin edilir.

Şəkil 1-də PVP-nin xarakteristik özlülüynün temperatur asılılığı verilmişdir.



Şəkildən görüldüyü kimi PVP-nin bütün fraksiyaları üçün temperaturun artması ilə  $[\eta]$  monoton olaraq azalır.



Şə. 1. PVP-nin müxtəlif fraksiyalarının sulu məhlullarının xarakteristik özlülüyünün temperaturdan asılılığı

Həqiqətən də temperaturun artması ilə PVP-nin suda həllolması çətinləşir, yumaq daha çox yığılır və uyğun olaraq onun hidrodinamik həcmi azalır.

#### Ədəbiyyat:

1. Тагер А.А., Вишнеков С.А., Андреев, В.М., секарева Т.В. II журнал ВМС, 1994, Т.16 А, №1, с 9.
2. Усков П.А., Уиллева А.М., Кленин В.П., Раевский В.С., II журнал ВМС, 1976, Т.18 А, №1, с 243.
3. Kriqbaum W.R., Z. polymer Scii, 1958, V.28, №116, p, 213-221.
- 4.

## SU-PVP-KBr SİSTEMLƏRİNİN REOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

**<sup>1</sup>Həsənova X.T., <sup>1</sup>Bağirova S.R., <sup>2</sup>Atayeva N.A.**

*<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri ETİ*

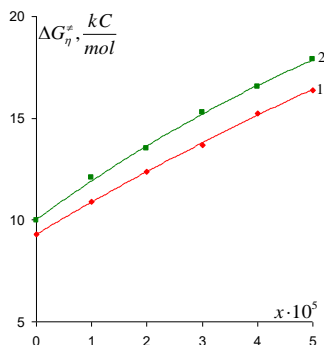
*<sup>2</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

[xaverhasanova2019@rambler.ru](mailto:xaverhasanova2019@rambler.ru)

İşdə Su - PVP və Su - PVP - KBr sistemlərinin 15 -60 C temperatur intervalında PVP-25000 fraksiyasının 1,2,3,4 və 5 %-li məhlulları üçün özlü axınının aktivləşmə Gibbs enerjisinin ( $\Delta G\eta$ ), özlü axınının aktivləşmə entalpiyasının ( $\Delta H\eta$ ), özlü axınının aktivləşmə entropiyasının ( $\Delta S\eta$ ) konsentrasiyadan və temperaturdan asılılıqları təhlil olunmuşdur.

Şəkil 1-ə əsasən sabit temperaturda məhlulda polimerinin konsentrasiyasının artması ilə Gibbs enerjisinin  $\Delta G\eta$  qiyməti artır. Frenkelin mayelər üçün verdiyi nəzəriyyədə deyilir ki, suda və sulu heterogen sistemlərdə müxtəlif ölçülü klasterlər yarana bilər. Temperaturun artması ilə, istilik hərəkəti nəticə-

sində belə aqreqatlar bir haldan digər hala keçmək üçün lazım olan enerjini əldə edərək, daha mütəhərrik olur və aktiv hala keçirlər. Bu zaman əlavə enerji hesabına klasterlər bir yerdən qopa və başqa bir yerə bağlana bilirlər. Polimerin mühitdəki konsentrasiyasının artması mayenin sıxlığının artmasına səbəb olur və bu səbəbdən böyük qarşılıqlı təsir qüvvələri meydana çıxır ki, nəticədə aktiv halda olan klasterlərin mühitdə yerdəyişməsi məhdud olur.



**Şəkil 1.** Su-PVP və Su-PVP -KBr sis.  $C_{PVP}\%$  1  $\Delta G_{\eta} \sim C_{PVP}$  asılılığı (PVP-25000,  $C_{PVP}\%$  1,2,3,4.5,, KBr-4%). 1- Su-PVP, 2- Su-PVP-KBr T=293°K

Verilmiş temperaturda mühitdə polivinilpirrolidonun konsentrasiyasının artması ilə Gibbs enerjisinin ( $\Delta G_{\eta}$ ) artmasını aktiv klasterin böyüməsinə uyğun olaraq, aqreqatların kütləsinin də böyüməsi ilə izah etmək olar. Həqiqətən, aktiv klasterin kütləsinin böyüməsi onun hərəkətlərini yavaşladacaq, istilik hərəkətinin sürəti azalacaqdır, lakin klasterin kütləsinin artmasının verdiyi pay onun sürətinin azalmasının verdiyi paya nisbətən daha böyük olduğundan mühitin Gibbs sərbəst enerjisinin dəyişməsi ( $\Delta G_{\eta}$ ), polimerin konsentrasiyasının artması ilə artır.

Qeyd edək ki, istilik funksiyası olan entalpiyanın dəyişməsi  $\Delta H_{\eta}$  məhlulda olan dəyişiklikləri energetik baxımından, mühitdəki nizamsızlığı xarakterizə edən entalpiyanın dəyişməsi  $\Delta S_{\eta}$  isə mühitdəki struktur dəyişmələrinin xarakterizə edəcəkdir. Əldə edilmiş nəticələrə əsasən deyə bilərik ki, polivinilpirrolidonun sulu məhlullarında polimerin konsentrasiyasının artması ilə sistemin strukturu dağılacaqdır.

#### Ədəbiyyat:

1. Lange A., Plank J. Contribution of non-adsorbing polymers to cement dispersion. Cem. Concr. Res. 2016
2. Roussel N. Understanding the Rheology of Concrete. Woodhead Publishing; Cornwall, UK: 2012
3. Dobry A., Boyer-Kawencki F. Phase separation in polymer solution. Polymer Sci- 1947
4. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Həsənov H.Ş. Suyun özlü axınının aktivləşmə parametrlərinin temperaturdan və təzyiqdən asılılığı.//Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, 2010, № 3, s.109-116.

## **KAZOKSİN MOLEKULUNUN FƏZA QURULUŞU**

**<sup>1</sup>Ağayeva L.N., <sup>2</sup>İsmayılova L.İ., <sup>2</sup>Əhmədov N.A.**

*<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

*<sup>2</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri Elmi Tədqiqat İnstitutu  
[leylanamig@mail.ru](mailto:leylanamig@mail.ru)*

İnfeksiyanın qarşısının alınmasında südün faydalı olduğu min illər öncə məlum olmuşdur. Süd məməlilər üçün xarakterik qidadır və insanlar üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Göstərilmişdir ki, süd zülal fermentlərinin opioid reseptor liqandları kimi özlərini aparır. Kazoksinlər və laktoferroksinlər antaqonist xüsusiyyətlərə malikdir; digər peptidlər opioid reseptor aqonistləri kimi özlərini aparırlar. Bu molekulların yerinə yetirdikləri funksiyaları başa düşmək, onlara məqsədyönlü təsir etmək, müəyyən funksiyalarını yerinə yetirən analoqlarını sintez etmək üçün onların fəza quruluşlarını bilmək lazımdır. Bizim tədqiqat işlərimiz qida maddələrindən alınan molekulların fəza quruluşlarını öyrənməyə həsr olunmuşdur. Məlum olduğu kimi aşağıdakı kazoksin molekulları mövcuddur[1].

Tyr1-Pro2-Ser3-Tyr4-Gly5-Leu6-Asn7-NH<sub>2</sub> kazoksin A, Tyr1-Pro2-Tyr3-Tyr4-NH<sub>2</sub> kazoksin B, Tyr1-Val2-Pro3-Phe4-Pro5-Pro6-Tyr7-OH kazoksin D, Tyr1-Ile2-Pro3-Ile4-Gln5-Tyr6-Val7-Leu8-Ser9-Arg10-OH kazoksin C Kazoksini A, B, D molekullarının fəza quruluşları tədqiq olmuşdur. Bu tədqiqat işimiz kazoksin C molekulunun fəza quruluşunun öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Molekulun fəza quruluşunu öyrənmək üçün sistemin potensial enerjisi qeyri-valent, elektrostatik, torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin və hidrogen rabəsi enerjisinin cəmi şəklində seçilmişdir. Dekapeptid kazoksin C molekulunun fəza quruluşu onu fraqmentlərə ayırmaqla öyrənilmişdir. İlk mərhələdə üç tetrapeptid Tyr1-Ile2-Pro3-Ile4, Ile4-Gln5-Tyr6-Val7 və Val7-Leu8-Ser9-Arg10 fraqmentlərinin konformasiya imkanları uyğun aminturşu qalıqlarının aşağı-enerjili konformasiyaları əsasında hesablanmışdır. İkinci mərhələdə tetrapeptid Tyr1-Ile4 və Ile4-Val7 fraqmentlərinin aşağıenerjili quruluşları əsasında heptapeptid Tyr1-Ile2-Pro3-Ile4-Gln5-Tyr6-Val7 faqmentinin fəza quruluşu hesablanmışdır. Üçüncü mərhələdə N-tərəf heptapeptid Tyr1-Val7 faqmentinin və C-tərəf tetrapeptid Val7-Arg10 faqmentlərinin optimal konformasiyaları əsasında bütün decapeptid molekulun fəza quruluşu tədqiq edilmişdir. Kazoksin D molekulunun fəza quruluşunun hesablanması göstərdi ki, şeyplərin, əsas zəncirin formalarının və konformasiyaların enerjilərinə görə kəskin differensiasiya gedir. 0 – 20 kC/mol enerji intervalına dörd şeypə mənsub, əsas zəncirin dörd formasının konformasiyaları düşür. Əsas zəncirin hər bir formasının ən aşağıenerjili konformasiyası, onlara qeyri-valent, elektrostatik, torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin verdikləri pay, ümumi və nisbi enerjiləri cədvəl 1-də göstərilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi

molekulun N-tərəf pentapeptid fraqmenti cəmi iki quruluşla təmsil olunmuş, C-tərəf pentapeptid fraqmentinin isə dörd fəza quruluşu stabil olmuşdur.

### Cədvəl 1

Kazoksın C molekulunun aşağıenerjili konformasiyaları

№	Şeyp	K o n f o r m a s i y a	Enerji			U <sub>nis</sub>
			U <sub>qv</sub>	U <sub>el</sub>	U <sub>tor</sub>	
1	eefeffe	B <sub>211</sub> B <sub>1222</sub> RR <sub>2222</sub> R <sub>213</sub> B <sub>311</sub> B <sub>322</sub> R <sub>213</sub> B <sub>22</sub> B <sub>3122</sub>	-201.6	24. 4	34. 0	0
2	eefeffe	B <sub>211</sub> B <sub>1222</sub> RR <sub>2222</sub> B <sub>213</sub> B <sub>311</sub> B <sub>322</sub> R <sub>2122</sub> B <sub>22</sub> B <sub>3122</sub>	-196.1	24. 8	30. 7	2.1
3	eeeeeee	B <sub>211</sub> B <sub>1222</sub> BB <sub>3222</sub> B <sub>213</sub> B <sub>311</sub> B <sub>322</sub> B <sub>1222</sub> B <sub>32</sub> B <sub>1222</sub>	-176.0	18. 9	30. 7	16. 4
4	eeeffff	B <sub>211</sub> B <sub>2222</sub> BB <sub>1222</sub> R <sub>213</sub> R <sub>211</sub> R <sub>322</sub> B <sub>2122</sub> R <sub>22</sub> R <sub>3222</sub>	-198.2	25. 2	31. 1	1.3

Kazoksın C molekulunun fəza quruluşunun öyrənilməsi göstərir ki, molekul elə fəza quruluşları yığına malik olur ki, o müxtəlif bioloji funksiyaları yerinə yetirə bilər və müxtəlif reseptor molekulaları ilə əlaqəyə girə bilər. Kazoksın C molekulunun fəza quruluşunun öyrənilməsindən alınan nəticələr digər kazoksın molekulalarının fəza quruluşlarının tədqiqində, təbii molekulun yalnız müəyyən funksiyalarını yerinə yetirə bilən süni analoqlarını sintez etmək üçün istifadə oluna bilər.

#### Ədəbiyyat:

1. Чеснокова Е.А., Сарычева Н.Ю., Дубынин В.А., Каменский А.А. Опиоидные пептиды, получаемые с пищей и их влияние на нервную систему. Успехи физиологических наук, 2015, т. 46, №1, с. 22-46.

## İZOAMILPROPİONATIN TERMİK XASSƏLƏRİ

**Orucova N.F.<sup>1</sup>, İmanova N.Ş.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Azərbaycan Texnologiya Universiteti, <sup>2</sup>Bakı Dövlət Universiteti  
[orucovan432@gmail.com](mailto:orucovan432@gmail.com)

İzoamilpropionat propion turşusunun mürəkkəb efiridir, adi halda şəffafdır, kimya texnologiyasının bir çox sahələrində tətbiq olunur və fərdi mayelər qrupuna aiddir. Bu mayenin sıxlığı geniş temperatur və təzyiq intervalında ətraflı şəkildə tədqiq edilmişdir. İşdə təcrübənin xətası 0.05-0.07% olmuşdur.

Qarşıya qoyulan məqsəd geniş təzyiq və temperatur intervalında izoamilpropionatın (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>COOC<sub>5</sub>H<sub>11</sub>) istidən həcmnin genişlənmə əmsalını (α<sub>p</sub>) və izotermik sıxılma əmsalını (β<sub>T</sub>) təyin etmək, bu parametrlərin təzyiq və temperatur asılılıqlarında müşahidə olunan qanunauyğunluqları müəyyənləşdirmək olmuşdur. Bu məqsədlə 5-50 MPa təzyiq və 300-500 K temperatur intervalında izoamilpropionatın sıxlığının təcrübə qiymələrindən istifadə edərək, baxılan təzyiq və temperaturlarda istidən həcmnin genişlənmə və

izotermik sıxılma əmsalları təyin edilmişdir.

Termodinamikadan məlumdur ki, istidən həcmnin genişlənmə və izotermik sıxılma əmsalları

$$\alpha_p = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = -\frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p \quad (1)$$

$$\beta_T = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T = \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial P} \right)_T \quad (2)$$

(1) və (2) düsturları ilə hesablanır [1]. Bu düsturlarla  $\alpha_p$  və  $\beta_T$ -ni hesablamaq üçün, uyğun olaraq, hər bir izobar üçün  $\rho(T) = a_0 + a_1 T + a_2 T^2$  və hər bir izoterm üçün isə  $\rho(P) = b_0 + b_1 P + b_2 P^2$  asılılığı qurulmuşdur. Yazılmış polinom tənliklərə daxil olan  $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$  sabitləri riyazi optimallaşma metodu ilə təyin edilmişdir. Bu polinomları yuxarıdakı tənliklərdə nəzərə alsaq,  $\alpha_p$  və  $\beta_T$ -ni hesablamaq üçün aşağıdakı ifadələri alarıq:

$$\alpha_p = -\frac{1}{\rho} (a_1 + 2a_2 T) \quad (3)$$

$$\beta_p = \frac{1}{\rho} (b_1 + 2b_2 P) \quad (4)$$

İzoamilpropionatin istidən həcmnin genişlənmə və izotermik sıxılma əmsallarının müxtəlif izobarlarının temperaturdan asılılıqlarının təhlili göstərir ki,  $\alpha_p = f(T)_p$  və  $\beta_T = f(T)_p$  asılılığında temperaturun elə qiyməti var ki, həm  $\left( \frac{\partial \alpha_p}{\partial P} \right)_T = 0$  və həm də  $\left( \frac{\partial \beta_T}{\partial P} \right)_T = 0$  olur. Tədqiqatlarımız nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, temperaturun bu qiyməti  $T_{k.}^{\Delta S_{\eta}^{\#}} \approx T_{k.}^{\alpha_p} \approx T_{k.}^{\beta_T} \approx 300K$ -dir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G. Mayelərin özlülüyü. Dərs vəsaiti. Bakı: Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya, 2016, 285 s.

## **MOLECULAR MODELING OF ALA-TYR DIPEPTIDE**

**<sup>1,2</sup>Rahimzade S.G., <sup>2</sup>Akverdieva G.A.**

<sup>1</sup>*Baku State University, Physics faculty*

<sup>2</sup>*Baku State University, Institute for Physical Problems*

[sara.rehimzade@gmail.com](mailto:sara.rehimzade@gmail.com)

In this work, Ala-Tyr dipeptide has been investigated using computer modeling techniques. The conformational behavior of the molecule was studied by molecular mechanics using the ECEPP (Empirical Conformational Energy Program for Peptides) version [1]. The electronic structure of the favorable conformations of this dipeptide was investigated using the HyperChem 8.03 software package by the PM3 semi-empirical quantum chemical method, which is designed for the calculation of biomolecule structures.

Studies about antioxidant peptides from food protein sources are very extensive in recent years because of their safety and wide distribution

properties. The physiological activities of different peptide fragments from a particular food protein may vary, including antioxidation, antihypertensive, immunomodulatory, and cholesterol-lowering effects [2]. The investigations of the conformational and electronic properties of such molecules can appear an important basis for the study of the structural and functional relationships that play an important role in the ligand-receptor interactions and may be useful in the design of new synthetic peptides with selective activities.

It was found 67% of the calculated conformations for Ala-Tyr dipeptide occur in the relative energy range of 0-3 kcal/mol. The study revealed the energetically preferable conformations with both folded and extended forms of the peptide backbone. The noncovalent intramolecular interactions stabilizing these structures were analyzed. The influence of hydrogen bonding on the molecular geometry was observed. So, the hydrogen bonds between the hydrogen atom of the amide group of Tyr backbone and the oxygen atoms of the C-terminal carboxyl group are formed in the extended structure; the folded structure is stabilized by hydrogen bonds between the H atoms of the  $\alpha$ -amino group and the oxygen atoms of the C-terminal carboxyl group of this dipeptide. Various physical parameters characterizing the electronic structure of this peptide compound were computed (Table 1).

**Table 1**

The electronic parameters of the optimal folded and extended conformations of Ala-Tyr dipeptide

<b>Electronic parameters of the molecule</b>	<b>Folded structure</b>	<b>Extended structure</b>
Total energy, kcal/mol	-72985.21	-72992.67
Binding energy, kcal/mol	-3421.15	-3428.61
Isolated atomic energy, kcal/mol	-69564.06	-69564.06
Electronic energy, kcal/mol	-491074.29	-488555.6
Core-Core interaction energy, kcal/mol	418089.08	415562.92
Heat of formation, kcal/mol	-72.6	-80.06
Dipole moment, debyes (D)	21.49	23.92
HOMO (eV)	-7.56	-7.34
LUMO (eV)	-2.28	-2.01
Energy gap (eV)	5.28	5.33

It was found folding of the peptide chain leads to redistribution of the atomic charges and decrease in the electronic energy and dipole moment of the title molecule.

#### **References:**

1. Maksumov I.S., Ismailova L.I., and Godjayevev N.M., Program of semiempirical calculations of conformations of molecular complexes. *J. Struct. Chem.*, 24(4), 647-648 (1983).
2. Tanzadehpanah H., Asoodeh A., Saidijam M., Chamani J., and Mahaki H. Improving efficiency of an angiotensin converting enzyme inhibitory peptide as multifunctional peptides. *J. Biomol. Struct. Dyn.*, 36, 3803-3818 (2018).

## **BÖLMƏ 3 BƏRK CİSİMLƏR VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI**

### **ELECTRICAL PROPERTIES OF $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}(Se_{1-y})(Te_y)$ HETEROSTRUCTURES**

**Baxtiyarli E.R., Mamedov H.M.**

*Baku State University*

elvinb18104@sabah.edu.az

In our research, the electrical, photoelectric, and optical properties of thin layers of Mo/p-CuInSe<sub>2</sub> structures with n-type  $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}(Se_{1-y})(Te_y)$  solid solution were probed, and it was investigated whether these properties can be controlled by the parameters available in the electrochemical deposition process. It turned out that the quantitative values of these properties are strongly dependent on some parameters of the existing production technology, the hardness and diversity of the iron composition, and the surface structure. It was observed that the functional dependence  $F(h\nu) = (\alpha \cdot h\nu)^2$  for the layers obeys the linear law at the absorption edge. This shows that the different chemical compositions of the investigated thin layers have a straight band and reductions were not observed for Te/Se-based thin films. The concentration of scattering defects was lower in this type of thin films. Thus, the activation energies of Te/Se-based thin films were quantitatively closer. It appeared that these cases were eliminated by external influences. Surface states are definitely present in S-Te and Se-Te based thin films investigated after electrodeposition. Nevertheless, surface states can be destroyed more easily in Te-based thin films. Because of this, we thought that the activation energy and density of those states in these films is low. For this reason, these conditions could be eliminated by external influences and thermal treatment. In the studied p- CuInSe<sub>2</sub>/n-A<sup>III</sup>B<sup>VI</sup> heterojunctions, it was observed that the rectification coefficient was small. The large series resistance of these layers was not the main reason for this. Based on our research, we can say that a solid solution with a certain composition was formed in the junction region during electrochemical deposition. This factor is the reason for the decrease of the rectification coefficient.

The solid solution formed in the transition region had a certain thickness, and this thickness was significantly comparable to the thickness of the transition region. As a result, this thickness had a high resistance property. This in turn increased the recombinations in the transition. Thus, the current generated in the transition was limited to a certain value. Thermal processing, which we applied directly after electrochemical deposition, outcome this challenge. At this time, the properties of the intermediate region in the tran-

sition were modified at different temperatures, and the efficiency increased by 5/6 percent. Increasing the photoconversion by increasing the optical path of the incident light was one of the main issues. To solve this problem, as a window layer ZnO/Al layers were a very convenient way. So the surface morphology of these layers showed us that they have thin elongated nanopores. The light falling on these windows suffered less loss when reflected on this nanotextured surface. In the most general case, all the cases mentioned above were investigated. This type our studies will continue for further modification of thin layers.

#### References:

1. Abdinov Ə.Ş., Məmmədov H.M., Məmmədov V.U. Elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış  $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}(Se_{1-y})(Te_y)$  nazik təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik xassələri //Azerbaijan. Journal of Physics, 2012
2. Echendu O.K. Graded-Bandgap Solar Cells Using All-Electrodeposited ZnS, CdS and CdTe Thin-Films, Energies 2015

## METAL-GaAs ŞOTTKİ DİODUNUN İKİ ÇƏPƏRLİ ENERJİ QURULUŞU

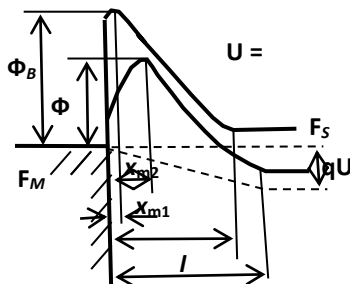
**Hüseynzadə Z.O., Məmmədov R.Q.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[zahrahuseynzada@mail.ru](mailto:zahrahuseynzada@mail.ru)

Elektron texnikasının praktiki olaraq bütün qurğularında geniş istifadə olunan Şottki kontaktlarında baş verən elektron prosesləri mürəkkəb xarakter daşıyır və hazırda intensiv tədqiq olunur. Təqdim olunan məruzədə metal-GaAs Şottki diodların (ŞD) enerji quruluşunun xüsusiyyətlərinin tədqiqindən alınan nəticələrdən bəhs olunur. Aşkar olunmuşdur ki, real, yəni məhdud qeyri-bircins kontakt səthinə malik ŞD-lərdə əlavə elektrik sahəsi (ƏES) yaranır və onlar ikiçəpərli enerji strukturu ilə təsvir olunur [1].

Kontaktın mərkəzi hissəsində  $\Phi_{B1}$  və periferiyası boyunca  $\Phi_{B2}$  potensial çəpərlərinin hündürlükləri fərqli olan ŞD-lərin enerji quruluşunun ƏES gərginliyinin  $U_C$  təsiri ilə formalaşmış təsviri şəkil 1-də əks olunub.



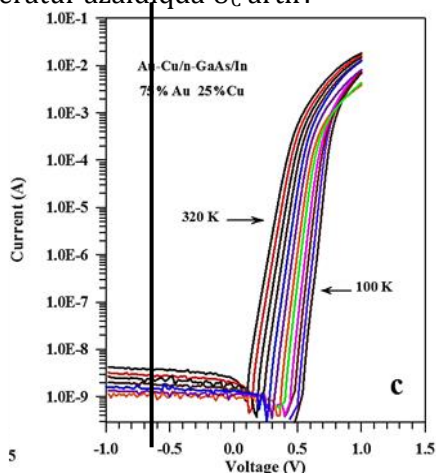
Şəkl. 1. Şottki diodların iki çəpərli enerji quruluşunun təsviri



Metal-GaAs ŞD-də ikiçəpərli energetik quruluşuna əsasən düz və əks istiqamətlərdə VAX aşağıdakı düstur kimi ifadə olunur:

$$I = I_1 + I_2 = S_1 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B1} + q\beta_1 U}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1\right] + S_2 A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B2} + q\beta_2 U}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{-qU_c + qU}{kT}\right) - 1\right] \quad (1)$$

Təcrübi olaraq Au-GaAs ŞD-nun tədqiqi göstərir ki, onların şəkil 2-də göstərilən 100 – 320 K temperatur intervalında VAX-ları (2) düsturu ilə yaxşı təsvir olunur və temperatur azaldıqda  $U_c$  artır.



Şəkl. 2. Au-nGaAs ŞD-nin VAX-nın temperatur asılılıqları.

#### Ədəbiyyat:

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

## XARİCİ MAQNİT SAHƏSİNDƏ PARABOLİK KVANT ÇUXURUNDA ZONALARARASI OPTİK KEÇİDLƏR

**Abbasova X.N., Qədirova İ.R.**

*Bakı Dövlət Universitet*

[xeyale200600@icloud.com](mailto:xeyale200600@icloud.com)

Kvant çuxuru müstəvisinə paralel sabit maqnit sahəsində  $\mathbf{H}=\mathbf{H}(H,0,0)$  yerləşən parabolik potensiallı

$$U = \frac{1}{2} m \omega_0^2 z^2 \quad (1)$$

kvant çuxuruna malik yarımkeçirici strukturlarda elektronun dalğa funksiyasını

$$\Psi_{n_i, \mathbf{k}}(\mathbf{r}) = u_i(\mathbf{r}) \psi_{n_i, \mathbf{k}}(\mathbf{r}) \quad (2)$$

səkində yazmaq olar. Burada  $u_i(\mathbf{r})$  - Blox vuruğu,

$$\psi_{n_i, k}(\mathbf{r}) = \frac{1}{\sqrt{S}} e^{ik\varrho} \varphi_{n_i}(z) \quad (3)$$

qurşayan funksiya,  $i$  - keçiricilik ( $i=c$ ) və valent ( $i=v$ ) zonasına aid olan halları,  $n_i$  isə altzonaları işarə edən indekslər,  $\mathbf{r}(\varrho, z)$  - elektronun radius-vektoru,  $\varrho(x, y)$  və  $\mathbf{k}(k_x, k_y)$  - elektronun sahəsi  $S$  olan kvant çuxuru müstəvisindəki ikiölçülü radius-vektoru və dalğa vektoru,

$$\varphi_{n_i}(z) = \frac{1}{\sqrt{2^n n!} \sqrt[4]{\pi a_i^2}} \exp\left(-\frac{(z-z_{0i})^2}{2a_i^2}\right) H_{n_i}\left(\frac{z-z_{0i}}{a_i}\right), \quad (4)$$

burada  $a_i = \sqrt{\frac{\hbar}{m_i \Omega_i}}$ ,  $\Omega_i^2 = \omega_{0i}^2 + \omega_{ci}^2$ ,  $\omega_{ci} = \frac{eH}{m_i c}$ ,  $z_{0i} = -\frac{\omega_{ci} \hbar k_y}{m_i \Omega_i^2}$ ,  $m_i$  - elektronun effektiv kütləsi,  $n=0, 1, 2, \dots$ ,  $H_n$  - Ermit polinomudur.

Elektronun keçiricilik və valent zonasında tam enerjisi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$E_{n_c}(k) = \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m_c} + \frac{\hbar^2 \omega_{0c}^2 k_y^2}{2m_c \Omega_c^2} + \hbar \Omega_c \left(n_c + \frac{1}{2}\right), \quad (5)$$

$$E_{n_v}(k) = -E_g - \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m_v} - \frac{\hbar^2 \omega_{0v}^2 k_y^2}{2m_v \Omega_v^2} - \hbar \Omega_v \left(n_v + \frac{1}{2}\right), \quad (6)$$

burada  $E_g$  - yarımkeçiricinin qadağan olunmuş zolağının enidir.

Kvant keçidləri nəzəriyyəsinə görə optik keçidlərin ehtimalını

$$W(\omega) = \frac{2\pi}{\hbar} \sum_{if} |H_{fi}|^2 \delta(E_f - E_i - \hbar\omega), \quad (7)$$

kimi yazmaq olar. Burada  $H_{fi} = \frac{eA_0}{mc} (\xi P_{if}) - \hat{H} = \frac{eA}{mc} \hat{p}$  həyəcanlanma operatorunun (2) dalğa funksiyaları ilə hesablanan matris elementi,  $m$  - sərbəst elektronun kütləsi,  $A = A_0 \xi$  - elektromaqnit dalğasının vektor-potensialı,  $\xi$  - vahid polyarlaşma vektoru,  $A_0 = \frac{\sqrt{2\pi N \hbar \omega}}{\omega}$ ,  $v = \frac{c}{n}$  - faza sürəti,  $n$  - işığın sınma əmsalı,  $\hat{p}$  - impuls operatoru,  $N$  - vahid həcmdə fotonların sayıdır. Elektronların  $i(n_v, k)$  başlanğıc haldan  $f(n_c, k')$  son hala zonalararası optik keçidlərində impuls operatorunun matris elementləri üçün  $(\xi P_{if}) = (\xi P_{cv}) \delta_{kk'} I_{n_c n_v}$  olduğunu nəzərə alsaq sadə ikizonalı model üçün (8) keçid ehtimalını aşağıdakı kimi yazmaqla bilərik:

$$W(\omega) = \frac{4\pi e^2 N}{n^2 \omega m^2} \sum_{n_c n_v} \sum_{kk'} (\xi P_{cv})^2 \delta_{kk'} I_{n_c n_v} \delta(E_{n_c}(k') - E_{n_v}(k) - \hbar\omega), \quad (8)$$

burada  $P_{cv} = \frac{1}{\Omega} \int u_c^*(r) \hat{p} u_v(r) dr$  və  $I_{n_c n_v} = \int \varphi_{n_c}^*(z) \varphi_{n_v}(z) dz$ . (8)-ci ifadədə  $\delta_{kk'}$  vasitəsilə dalğa vektoruna görə cəmləsək, sonra isə  $\delta$  - funksiya vasitəsilə inteqrallasaq, alarıq:

$$W(\omega) = \frac{4\pi e^2 N \sqrt{m^* M}}{\hbar^2 n^2 \omega m^2} (\xi P_{cv})^2 \sum_{n_c n_v} |I_{n_c n_v}|^2 \cdot \Theta\left(\hbar\omega - \hbar\Omega_c \left(n_c + \frac{1}{2}\right) - \hbar\Omega_v \left(n_v + \frac{1}{2}\right) - E_g\right). \quad (9)$$

Burada  $m^* = \frac{m_c m_v}{m_c + m_v}$ ,  $\frac{1}{M} = \frac{\omega_{0c}^2}{m_c \Omega_c^2} + \frac{\omega_{0v}^2}{m_v \Omega_v^2}$ ,  $\Theta(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$  - pilləvari funksiyadır.

İşığın udulma əmsalının  $\alpha(\omega) = nW(\omega)/Nc$  ifadəsində (9)-u yerinə yazsaq alarıq:

$$\alpha(\omega) = \frac{4\pi e^2 S \sqrt{m^* M}}{\hbar^2 c n \omega m^2} (\xi P_{cv})^2 \sum_{n_c n_v} |I_{n_c n_v}|^2 \cdot \Theta \left( \begin{array}{c} \hbar\omega - \hbar\Omega_c \left( n_c + \frac{1}{2} \right) - \\ - \hbar\Omega_v \left( n_v + \frac{1}{2} \right) - E_g \end{array} \right). \quad (10)$$

(9) və (10) ifadələrindən görünür ki, kvant çuxuru müstəvisinə paralel maqnit sahəsində yerləşən parabolik kvant çuxurunda zonalararası optik keçidlərin ehtimalı və işığın udulma əmsalı tezliyin pilləvari funksiyasıdır. Maqnit sahəsinin intensivliyinin artması ilə ixtiyari iki altzona arasındakı keçidlər üçün keçid ehtimalının və udulma əmsalının qiyməti artır, zonalararası udulma astanası isə yüksək tezliklər oblastına sürüşür.

## **DEGENERATE FOUR-WAVE MIXING IN OPTICAL FIBER**

**Abbaszade J.M., Kasumova R.J.**

*Baku State University*

[jamilya.abbaszade@mail.ru](mailto:jamilya.abbaszade@mail.ru)

The propagation of an intense light wave in a nonlinear medium lead (due to the nonlinearity of the medium) to an interaction between the pump wave and the harmonic, arising because the effective refractive index of the pump wave depends not only on the intensity of that wave itself (self-interaction effect) but also on the intensity of a second wave (harmonic) which propagates simultaneously with it in the nonlinear medium (cross-interaction). These effects are related to the cubic nonlinearity of the medium. Self-phase modulation is the changing the properties of an optical pulse that result from the nonlinearity of material medium. Cross-phase modulation is always accompanied by self-phase modulation. The effects of self-phase modulation and cross- phase modulation lead to a change in the phase relation between the waves, non-fulfilment of the optimum phase condition. Spatial distribution of the laser beam changes due to different values of laser radiation intensity on the beam axis and on the beam edges. As a result, the radiation spectrum is broadened [1].

It is known that in fiber-optic communication systems the information is transferred by means of a light wave. At laser radiation intensities exceeding a threshold value, non-linear optical effects appear. Due to the spatial confinement of the light beam in the fiber, nonlinear effects occur already at a laser threshold power of 10 mW.

Manufacturers and designers of optical fiber communication systems have to take into account the nonlinear optical effects that occur when the laser signal travels along the fiber. This is particularly acute in DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) systems nowadays for transmission of

high-speed digital information. In this type of transmission method, a nonlinear optical effect such as four-wave mixing is the most harmful effect [2].

In this paper, an analysis is carried out in the depleted pump approximation (i. e. the constant intensity approximation (CIA) [3-5]) which takes into account the phase change of the interacting waves and allows the simultaneous study of the self-action and cross-action effects in a nonlinear medium.

We carry out the theoretical analysis for the partially degenerate four-wave mixing model in the fiber considered in the experimental work [1]. In CIA, the solution of the shortened equations for the four-wave mixing with consideration of the boundary conditions of the problem allowed us to obtain an analytical expression for the complex amplitude of the four-wave mixing signal at the fiber outlet.

#### **References:**

1. Agrawal G.P. Nonlinear fiber optics. 5th Edition 2012, 648p. Academic Press. New York.
2. Osamu Aso, Masateru Tadakuma, Shu Namiki. Four-wave mixing in optical fibers and its applications. Furukawa Review, No.19, 63-68 (2000).
3. Tagiev Z.H., Kasumova R.J., Salmanova R.A., Kerimova N. V. Constant-intensity approximation in a nonlinear wave theory. J. Opt. B, 3, 84 (2001).
4. Tagiev Z.H., Kasumova R.J., Salmanova R.A. Theory of degenerate four-wave mixing in the prescribed intensity approximation. Optics and spectroscopy. (1999) 87(1) 86 - 89.
5. Kasumova R.J. Effects of self- and cross-phase modulations at four wave mixing in optical fiber. Journal of Russian Laser Research, 2022, 43(2), 186-192.

## **ZnHo<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> BİRLƏŞMƏSİNİN SİNTEZİ VƏ BƏZİ FİZİKİ-KİMYƏVİ XASSƏLƏRİ**

**Əliyev K.Ə., Rəhimova A.R., Cəfərov Y.İ.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
[kazim.aliyev.1959@mail.ru](mailto:kazim.aliyev.1959@mail.ru)

Yeni yarımkeçirici birləşmənin sintezi və onların fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi, hal-hazırda müasir fizika və kimyanın bərk cisimlər sahəsində ən aktual məsələlərindən biridir. Ədəbiyyat materiallarının analizindən bizə məlumdur ki, sink-tellurid (ZnTe) asanlıqla aşqarlana bilər və bu səbəbdən optoelektronikada istifadə edilən daha çox yayılmış yarımkeçirici materiallardan biridir. Nadir torpaq elementi olan holmium əsasında alınan Ho<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> birləşməsində yarımkeçirici xassə göstərir. İşin əsas məqsədi sink-tellurid və holmium-3-tellurid (Ho<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>) arasında gedən qarşılıqlı təsirin xarakterini öyrənmək, bu qarşılıqlı təsir zamanı alınan ZnHo<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsinin optimal sintez rejimini müəyyən etmək və bu birləşmənin xassələrini tədqiq etməkdən ibarətdir. ZnHo<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsi ilk dəfə olaraq sintez edilmişdir. Bu birləşmə

birbaşa ampula metodu ilə alınmışdır.  $ZnHo_2Te_4$  birləşməsi elementlərdən ( $Zn + 2Ho + 4Te = ZnHo_2Te_4$ ) birbaşa sintezi  $900^{\circ}C - 1000^{\circ}C$  temperaturda aparılmışdır. Bunun üçün  $ZnHo_2Te_4$  birləşməsi təmizlik dərəcəsi yüksək olan elementlərdən stexiometrik tərkibdə çəkilərək uzunluğu  $l = 15-18$  sm, diametri  $d = 12-15$  mm olan kvars ampulaya doldurulur, sonra kvars ampulanın havası  $0,133$  Pa təzyiqə qədər sorulub oksigen-qaz lampası alovunda ağzı lehimlənir.  $ZnHo_2Te_4$  birləşməsinin sintezi  $180^{\circ}$  bucaq altında fırlanan birtemperaturlu sobada aparılmışdır.  $ZnHo_2Te_4$  birləşməsinin fərdiliyi fiziki-kimyəvi analizin kompleks metodları vasitəsilə təyin edilmişdir.  $ZnHo_2Te_4$  açıq qonur rəngli toz halında kristallik maddədir. Bu birləşmənin ərimə temperaturu yüksək temperaturlu termo analizatorun (JTA-987) cihazı ilə termiki analiz metodu ilə müəyyən edilmişdir.  $ZnHo_2Te_4$  birləşməsinin ərimə temperaturu  $1350^{\circ}C$ -dir. Alınan birləşmənin piknometrik üsulla sıxlığı təyin edilmişdir.  $ZnHo_2Te_4$ -ün sıxlığı  $\rho = 4,68$  q/sm<sup>3</sup> – dur. Bu birləşmənin mikrobərkliyi PMT-3 markalı mikrobərkliyi ölçən cihazla təyin edilmişdir.  $ZnHo_2Te_4$  üçün mikrobərklik  $H_M = 2050$  MPa – dır. Alınan birləşmə hava və suya qarşı davamlıdır, yalnız mineral turşular onu parçalayır.  $ZnHo_2Te_4$  birləşməsinin rentgen faza analizi difraktometr D2 Avance firma Brukerdə çəkilmişdir.  $ZnHo_2Te_4$  birləşməsi yuxarı simmetriyalı kubik sinqoniyada kristallaşır. Hesablanmış qəfəs sabitləri aşağıdakı kimidir.  $ZnHo_2Te_4$   $a = 7,98$  Å  $ZnHo_2Te_4$  birləşməsinin elektrik keçiriciliyinin və termo e.h.q.-nin temperaturdan asılılığı öyrənilmişdir. Holl yürürlüklüyü və termo e.h.q.-nin işarəsinə görə müəyyən edilmişdir ki, bu birləşmə "n"-tip yarımkəçiricidir. Qadağan olunmuş zolağının eni  $1,48$  eV-dur.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов . Часть 2 Под.ред Кауля А.Р Москва 2008 . 211с
2. Роман В.Р., Бодак Е.О – В ведение в физикополупроводников Москва 2015, стр 130-150.
3. Алиев К.А-Закономерности взаимодействия в системах  $ZnTe-Ln_2Te_3$  тез. докл// всес.науки.тех.конф.Материаловедения халькогенидных полипроводников.Черновцы 2010 г. С.251-252.
- 4.Грушкин В.Н., Андраев М.А., Рентгеновский фазовый анализ поликристаллический материалов. Нижний Новгород 2012 .с.260.

### ***CuIn<sub>5</sub>S<sub>8</sub>* KRİSTALININ ELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

**Balayeva L.A., Məhəmmədov Ə.Z.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[blamiye99@gmail.com](mailto:blamiye99@gmail.com)

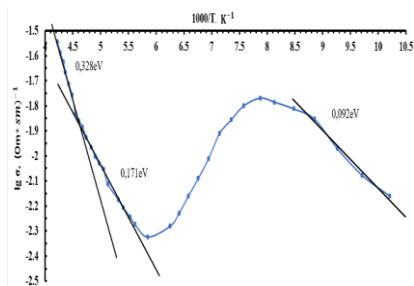
$A^1-B^3-C^6$  üçlü sistemində aşkar olunmuş üçqat yarımkəçirici birləşmələri bir sıra xüsusiyyətlərinə görə praktiki əhəmiyyət kəsb edirlər və elektronikanın bir neçə sahələrində praktiki tətbiq olunurlar. Həmin qrupa

daxil olan  $\text{CuIn}_5\text{S}_8$  birləşməsi şpinel tipli kristal quruluşuna malikdir və kristalın elementar qəfəsində anion alt qəfəsində 25% vakansiyalar ehtiva edir. Ona görə də  $\text{CuIn}_5\text{S}_8$  kristalları defektli kristallar qrupuna aid olunurlar. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olmuşdur ki, n- tip keçiriciliyə malik olan  $\text{CuIn}_5\text{S}_8$  kristalında qadağan olunmuş zona icazə verilən düz keçidlə formalaşır və  $E_g = 1.5$  eV təşkil edir [1-3]. Həmçinin kristalda icazə verilən çəp keçid də mövcuddur və bu zaman kristalın çəpinə qadağan olunmuş zolağının eni  $E_g=1.35$  eV- dur. Bu hal kristal daxilində müxtəlif sayda vakansiyaların olması ilə izah olunur. Kristal daxilindəki anion vakansiyaları donor səvviyyəsi yaradır. Eyni zamanda kristalın formalaşmasında yaranan bilən kation vakansiyaları da mövcuddur ki, bu da öz növbəsində kristalda akseptor səvviyyəsi yaradır. Çoxlu sayda donor və akseptor mərkəzlərinin olması kristalın elektrik, fotoelektrik və optik xassələrini formalaşdırır. Bu səbəbdən də kristalda yad atomların aşqarları neytral xassə göstərir. Vakansiyaların sayı çox olan  $\text{CuIn}_5\text{S}_8$  kristallarında vakansiyaların tutulma dərəcəsindən asılı olaraq onun xassələri də dəyişə bilər. Ona görə də bu vakansiyaların sayından onun xassələrini dəyişdirmək üçün yəni variasiya etdirmək üçün istifadə edilir. Bu da kristalın praktiki tətbiqi üçün maraqlıdır.

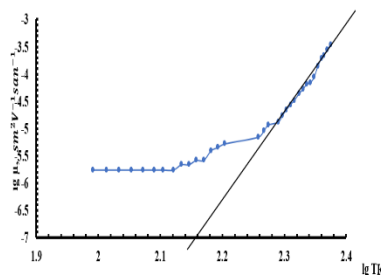
Tərəfimizdən  $\text{CuIn}_5\text{S}_8$  kristalı Bricmen üsulu ilə yetişdirilmişdir. Struktur analizi göstərmişdir ki, kristallar normal şpinel quruluşuna malikdir. Kristal külçədən hazırlanmış nümunədən holl effekti üsulu ilə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, elektrik keçiriciliyi və yürüklüyü geniş temperatur intervalında ölçülmüşdür.

Şəkil 1-də  $\text{CuIn}_5\text{S}_8$  monokristalının elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı təsvir olunmuşdur. Aparılan analiz nəticəsində asılılıqda üç xətti oblast müəyyən edilmişdir. Həmin oblastlara uyğun yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjiləri 220 K-dən yüksəkdə 0.328 eV, 170-220 K - də 0.171 eV və 77-113 K temperaturda 0.092 eV təşkil edirlər. Şəkildə asılılığın ara oblastında isə temperaturun artması ilə elektrik keçiriciliyinin azalması müşahidə olunur.

$\text{CuIn}_5\text{S}_8$  monokristalının yürüklüyünü təyin etmək üçün Holl üsulundan istifadə edilmişdir. Kristalın yürüklüyünün temperatur asılılığı şəkil 2-də



**Şəkil 1.**  $\text{CuIn}_5\text{S}_8$  monokristalının elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı



**Şəkil 2.**  $\text{CuIn}_5\text{S}_8$  monokristalın yürüklüyünün temperatur asılılığı

təsvir olunduğu kimidir. Təsvirdən görüldüyü kimi, yürüklük temperaturun artması ilə artır və yürüklüyün temperatur asılılığı yükdaşıyıcıların kristaldan akustik və optik fononlar vasitəsilə səpildiyini göstərir.

**Ədəbiyyat:**

1. Ryōki Nomura, Yasuharu Seki, Haruo Matsuda, Thin Solid Films 209 (1992) 145–147.
2. A.Usujima, S. Takeuchi, S. Endo, T. Irie, Jpn. J. Appl. Phys. 20 (1981) L505.
3. R.S. Becker, T. Zheng, J. Elton, J. Electrochem. Soc. 132 (1985) 1824

**METALLİK BƏRK CİSİMLƏRDƏ TAM CİRLAŞMIŞ ELEKTRON QAZININ TERMODİNAMİK XASSƏLƏRİ**

**Cabbarova L.S., Mahmudov M.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[lala.cabbarova99@gmail.com](mailto:lala.cabbarova99@gmail.com)

Tədqiqat işində metallarda tam cırılmış elektron qazının termodinamik xassələri nəzəri öyrənilmişdir. Bu məqsədlə açıq sistemlər üçün Gibbsin kanonik paylanması və oradan alınan böyük termodinamik potensial metoddan istifadə olunaraq metallarda elektron qazının termodinamik xassələrinin kvant nəzəriyyəsi qurulmuşdur.

Məlum olduğu kimi metallik bərk cisimlərdəki sərbəst elektron qazı adi qaz olmayıb, kvant qazıdır. Yəni, elektronun metallarda sərbəst hala keçməsi temperaturla əlaqədar deyil, metalları təşkil edən atomların kənar valent elektronlarının dalğa funksiyalarının bir-birini örtməsinin nəticəsidir. Ona görə də sərbəst elektron sistemi metallarda mütləq sıfır temperaturunda məhz belə qaz şəklində olur. Mütləq sıfır temperaturu halında, yəni tam cırılmış elektron qazının termodinamik xarakteristikalarını öyrənmək üçün sərbəst elektronların yerləşdiyi keçirici zonanın quruluşu üçün parabolik modeldən istifadə edək. Bu halda təzyiği, enerjini və zərrəciklərin sayını təyin edən tənlikləri aşağıdakı kimi yazma bilərik [1]:

$$P = \frac{2}{15} \frac{(2m)^{3/2}}{\pi^2 \hbar^3} \int_0^\infty \left(-\frac{\partial f}{\partial \varepsilon}\right) \varepsilon^{5/2} d\varepsilon, \quad (1)$$

$$E = \frac{1}{5} \frac{V(2m)^{3/2}}{\pi^2 \hbar^3} \int_0^\infty \left(-\frac{\partial f}{\partial \varepsilon}\right) \varepsilon^{5/2} d\varepsilon, \quad (2)$$

$$N = \frac{V(2m)^{3/2}}{3\pi^2 \hbar^3} \int_0^\infty \left(-\frac{\partial f}{\partial \varepsilon}\right) \varepsilon^{3/2} d\varepsilon, \quad (3)$$

burada  $f(\varepsilon)$  - Fermi paylanma funksiyası,  $m$  - elektronun effektiv kütləsi,  $V$  - qazın həcmidir. Qeyd etmək lazımdır ki, mütləq sıfır temperaturunda (tam cırılmış hal) paylanma funksiyasının  $\varepsilon$  -na görə törəməsi özünü  $\delta$  - funksiya kimi aparır [1]:

$$\lim_{T \rightarrow 0} (-\partial f / \partial \varepsilon) = \partial(\varepsilon - \zeta_0). \quad (4)$$

Mütləq sıfır temperaturunda paylanma funksiyasının (4) xassəsini nəzərə alsaq, (1)-(3) ifadələrindəki inteqralları asanca hesablaya və tam çırılmış elektron qazının termik və klorik hal tənliklərini tapa bilərik:

$$P_0 = \frac{2}{15} \frac{(2m)^{3/2}}{\pi^2 \hbar^3} \zeta_0^{5/2}, \quad (5)$$

$$E_0 = \frac{2}{15} \frac{(2m)^{3/2}}{\pi^2 \hbar^3} \zeta_0^{5/2}, \quad (6)$$

$$N = \frac{2}{3} \frac{V(2m)^{3/2}}{\pi^2 \hbar^3} \zeta_0^{3/2}, \quad (7)$$

burada

$$\zeta_0 = \frac{\hbar}{2m} \left( \frac{3\pi^2 N}{V} \right)^{2/3}. \quad (8)$$

- elektron qazının  $T=0K$  halında Fermi sərhəd enerjisidir. Tapılmış nəticələrdən istifadə edərək tam çırılmış elektron qazının bəzi xüsusiyyətlərini qeyd etmək olar:

- adi qazlardan fərqli olaraq metallardakı elektron qazı mütləq temperaturda sonlu  $E_0$  enerjisinə,  $P_0$  təzyiqinə və hər bir elektron sonlu  $p_0$  impulsuna malik olur ki, bu da sırf kvant effektidir. Bu effekt mübadilə qarşılıqlı təsirin olması ilə əlaqədardır;

- kvant effektinin nəticəsində  $T=0K$  halında elektron qazının təzyiqi konsentrasiyadan xətti deyil, daha güclü asılıdır:  $P_0 \sim (N/V)^{5/3}$ ;

- klassik nəzəriyyəyə görə qazın ideal qaz olması üçün onun konsentrasiyası az, yəni, qaz kifayət qədər seyrək olmalıdır. Metallik bərk cisimlərdəki elektron qazında isə, əksinə, konsentrasiya artdıqca qaz ideal qaza daha da yaxınlaşır.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Askerov B.M., Figarova S.R. Thermodynamics, Gibbs Method and Statistical Physics of Electron Gases. Springer-Verlag, Berlin, 2010. 374 p.

## **MAQNETRON PÜSKÜRTMƏ ÜSULU İLƏ ALINAN İNDİUM QALAY OKSİDİNİN (ITO) NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ**

**Cəfərli P.F., Eyvazlı R.V., Eminov Ş.O.**

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu  
Pakiza.djafar.3129@gmail.com*

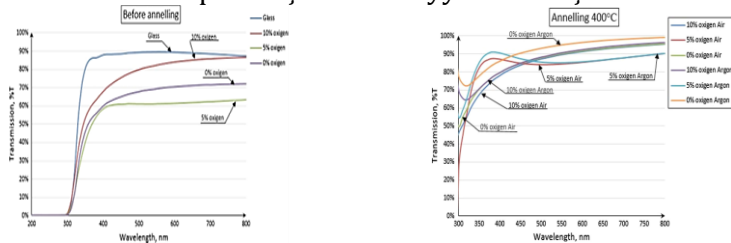
Indium qalay oksidi (InSnO, ITO)  $In_2O_3$ -nin və  $Sn_2O_3$ -nin bərk məhluludur. Onun tərkibinə 74% In, 18%Sn və 8%O daxildir və  $In_{2-x}Sn_xO_3$  formulu ilə də ifadə olunur. ITO-nun nazik təbəqəsinin optik keçiriciliyi 80%-dən çox ola



bilər. Onun tərkibindəki indium atomları donor təbiətinə malikdir. Qalay atomları indium oksidinin strukturunda indium atomlarını əvəz edir.

ITO- elektronika, optoelektronika və günəş cevici qurğuları da daxil olmaqla müxtəlif sənaye sahələrində geniş tətbiqi olan şəffaf keçirici oksid (TCO) materialıdır. InSnO-nun ən əhəmiyyətli üstünlüklərindən biri onun yüksək elektrik keçiriciliyidir ki, bu da indium qalay oksidi (ITO) və flüor qatqılı qalay oksidi (FTO) kimi adi TCO materialları ilə müqayisə edilə bilər. InSnO həmçinin elektromaqnit spektrinin görünən diapazonunda yüksək optik keçiriciliyə malik olan şəffaflığa malikdir. ITO-nun yüksək elektrik keçiriciliyi, optik şəffaflığı və kimyəvi dayanıqlığı onun geniş temperatur diapazonunda və ağır iqlim şəraitində işləyə bilən müxtəlif cihazlarda şəffaf keçirici elektrodlar üçün məkəmməl material olmasını təmin edir.

Bu məruzədə, "Leybold Hereaus Z550" markalı vakuum tozlandırılması qurğusunda, radio-tezlikli maqnetron tozlandırması üsulu ilə şüşə altlıqları üzərində  $\text{In}_2\text{O}_3$  nazik təbəqə alınması metodikasının işlənilməsi nəticələri təqdim edilir. Məlumdur ki, ITO -nun Günəş elementlərində (GE) istifadə edilərkən GE-nin maksimum effektivliyini təmin edilməsi üçün ITO təbəqəsində günəş enerjisinin udulması minimal həddə olmalı, yaranan fotocərəyanın itkilərinin azaltmaq üçün isə GE daxili müqaviməti minimal dərəcədə olmalıdır. Buna görə ITO həm yüksək optik şəffaflığa, həm də yüksək elektrik keçiriciliyə malik olmalıdır. Bu səbəbdən ITO təbəqələrinin vakuum kamerasında sintezi sırasında Oksigenlə aşqarlanması zamanı elektrik keçiriciliyi ilə optik buraxılma arasındakı tarazlığa riayət edilməsi vacibdir. Bu məqsədlə ITO təbəqələrinin elektrik keçiriciliyinin ( $\sigma$ ) 200- 800 nm optik diapazonunda optik buraxma (T%) spektrlərinin ( Şəkil 1) və rentgen difraksiyasının spektrlərinin vakuum tozlanma kamerasındakı  $\text{O}_2$  və Ar-nun parsial təzyiqlərindən, altlığın temperaturundan, tozlandırmadan sonra hava, argon, azot kimi müxtəlif qaz mühütlərində 200°C, 400 °C və 500 °C temperaturlarında termiki işlənmə şəraitindən asılılığı tədqiq edilmiş,  $\sigma$  -nın və buraxmanın maksimum qiymətlərini (80%) təmin edə bilən optimal şərtlər müəyyən edilmişdir.



**Şəkil 1.** ITO təbəqələrinin optik buraxılmasının (T %) termiki işlənmədən əvvəlki və 400°C də termiki işlənmənin təsiri.

Alınan təbəqələrdə Arqonun və oksigenin qaz qarışığında oksigen payının artması ilə keçiriciliyin azalması müşahidə olunmuşdur və onun səbəbi izah edilir. Belə ki, bu azalmanın  $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ -da akseptor tipli Sn vakansiyalarının for-

malaşması nəticəsində yük daşıyıcılarının konsentrasiyasının və yürüklüyün azalması ilə əlaqədar olduğu göstərilmişdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Eminov Sh.O. et al Photo and electrical peculiarities of the nanostructured glass /ITO/AAO and glass/ITO/CdS systems. Journ.Materials Science:Materials in Electronics,2016: 27(9)
2. Эминов Ш.О., Джалилова Х.Д., Алиев А.Ш. Структурные, электрические и оптические свойства тонких пленок ИТО,. АМЕА Хəbərləri, 2016, cild XXXVI, № 5, s. 19-27.

## **Sn-Tb-Se SİSTEM ƏRİNTİLƏRİNDƏ ELEKTRON HADİSƏLƏRİ**

**Cəfərova C.T, Rəhimov R.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[ennetceferova102@gmail.com](mailto:ennetceferova102@gmail.com)

$A^{IV}B^{VI}$  tipli yarımkeçirici birləşmələr və onlar əsasında alınmış ərintilər elektronikanın infraqırmızı-şüalanma mənbəyi və detektoru, termoelektrik elementlər, günəş batareyaları, yaddaş elementləri və s. müxtəlif oblastlarında tətbiq üçün perspektivli materiallar hesab olunur və ya artıq tətbiq olunurlar. Bu birləşmələrin dar qadağan olunmuş zonaya, böyük dielektrik nüfuzluğuna, nisbətən yüksək radiasiya dayanıqlılığına malik olmaları, ion rabitəsinin üstünlük təşkil etməsi kimi fundamental xarakteristikaları onların tətbiq olunma imkanlarını daha da genişləndirir [1]. Bu baxımdan  $A^{IV}B^{VI}$  tipli binar birləşmələrindən olan  $SnSe$ -nin nadir torpaq elementlərilə aşqarlanması və yaxud zəif konsentrasiyalı bərk məhlullarının alınması, onların fiziki xassələrinin kompleks tədqiqi və fiziki xassələrə müxtəlif xarici amillərin təsirinin öyrənilməsi elmi və praktik maraq doğurur. Nadir torpaq metal (NTM) elementlərinin iştirakı ilə alınan maddələr bəzi enerji çevricilərinin, radiasiyaya, xarici təzyiqlərə, rütubətə qarşı davamlı müxtəlif növ termorezistorların hazırlanmasında geniş istifadə olunur. NTM-nin elektron quruluşunda  $4f$  səviyyəsinin tam dolmaması asanlıqla  $4f-5d-6s$  keçidinin baş verməsi və atomların  $4f$  səviyyəsində mütəhərrik elektronların hesabına dəyişkən valentlik yaranması onların iştirakı ilə alınan materialları maraqlı tədqiqat obyektinə çevirir. Təqdim olunan işdə  $A^{IV}B^{VI}$  tipli binar birləşmələridən olan  $SnSe$ -nin nadir torpaq elementlərindən Tb -la aşqarladıqda alınan bərk məhlulların elektrofiziki xassələrinin formalaşmasında elektron proseslərin rolu ədəbiyyat materialları əsasında araşdırılmış və ümumiləşmə aparılmışdır.

Tb atomu təcrid olunmuş halda iki cür elektron spektrinə malik olur:  $4f^8 5d^1 6s^2$  və  $4f^9 5d^0 6s^2$ . Atom kondensə olunmuş hala keçərkən dəyişkən (4 və 3) valentliyə malik olur. Məlumdur ki, NTM atomunda  $4f$  orbitalı statistik olaraq  $4f^0$ ,  $4f^7$ ,  $4f^{14}$  davamlı elektron konfigurasiyalarını əmələ gətirirlər. Həm

də  $4f$  orbitalı bilavasitə kimyəvi rəbitədə iştirak etmir. Onların kimyəvi rəbitədə iştirak etməsi  $4f^n \rightarrow 4f^{n-1}5d^1$  formasında  $f \rightarrow d$  keçidi nəticəsində baş verir və nəticədə  $(d+s)$  elektronları valentlikdə iştirak edir [1].

$\text{SnSe}$  birləşməsində  $\text{Sn}$  ikivalentli kimi iştirak edir. Lakin  $\text{Sn}$  atomlarını qismən  $\text{Tb}$  atomları ilə əvəz etdikdə  $\text{Tb}$  atomunun hesabına statistik olaraq üç və yaxud 4 valentliyin artması ehtimal olunur. Bu hal materialın yarımkeçirici xassəsinə malik olmasına nəinki mane olur, hətta  $\text{Sn}$  atomunun  $p$ -orbitalına daxil olaraq qismən hibridləşməni gücləndirir ( $sp$ -elementləri üçün hibridləşmə xassəsi xarakterikdir).  $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$  ( $x=0,01; 0,05$ ) ərintilərində yarımkeçiricilik xassəsi saxlanılır. Mövcud olan ion-kovalent rəbitəsi kovalent rəbitənin hesabına güclənir və elektronlar lokal səviyyəyə keçir. Bu isə keçiriciliyin həm tipinin dəyişməsinə ( $p \rightarrow n$ ), həm də konsentrasiyanın azalmasına səbəb olur. Bizim tədqiqatda  $\text{SnSe}$  birləşməsindən onun  $\text{Tb}$ -la olan  $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$  ( $x=0,01; 0,05$ ) bərk məhlullarına keçdikdə keçiriciliyin tipinin dəyişməsi və yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının azalması müşahidə olunur [2].  $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$  ( $x=0,01; 0,05$ ) kristallarını  $\gamma$ -şüalarla 6,5 Mrad dozada şüalandırıldıqda eyni zamanda iki proses baş verir. Kristalda nöqtəvi Frenkel defektlərin konsentrasiyası artır, digər tərəfdən  $\gamma$ -şüaların təsiri ilə  $f \rightarrow d$  keçidi asanlaşır. Başqa sözlə üç və dördvalentlik olma ehtimalı artır və tərkiblərdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası azalır. Yəni  $sp^3$  əsasında lokallaşma artır. Digər tərəfdən  $f \rightarrow d$  keçidi nəticəsində  $4f^7$  konfigurasiyasının statistik çəkisi artır.

#### Ədəbiyyat:

1. Н.Х. Абрикосов, Л.Е.Шелимова, "Полупроводниковые материалы на основе соединений  $A^{IV}B^{VI}$ ". М. изд. «Наука», (1975) 185.
2. Сəfərov Т.А., Qəribov А.А., Hüseynov С.İ., İsmayılov Ş.С.  $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$  sistem ərintilərinin elektrik və istilikkeçiriciliyinə  $\gamma$ -şüalarının təsiri, АМЕА-nın xəbərləri, (Fizika-riyaziyyat və texniki elmlər seiyası, Fizika və astronomiya) cild XXXII, Bakı - Elm 2012, № 2, s. 66-71.

## **$\text{TlInS}_2$ KRİSTALININ LOKALLAŞMIŞ HALLAR ÜZRƏ KEÇİRİCİLİYİ**

**Cabbarlı C.H., Cumayeva Ç.İ.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[chichak.jumayeva@gmail.com](mailto:chichak.jumayeva@gmail.com)

$\text{TlInS}_2$  birləşməsinin 100-300K temperatur intervalında elektrikkeçiriciliyinin temperaturdan asılılığı tədqiq olunmuşdur.  $\text{TlInS}_2$  birləşməsində 175-240K temperatur intervallarında yükdaşınması sıçrayışlı keçiricilik vasitəsilə həyata keçirilir.

$\text{TlInS}_2$  birləşməsi  $\text{A}^3\text{B}^3\text{C}^6_2$  tip yarımkeçiricilər sinifinə daxildir.  $\text{A}^3\text{B}^3\text{C}^6_2$  tip birləşmələr son dərəcə anizotrop kristal quruluşuna və kristal qəfəsin xarici təsirlərə qarşı yüksək həssaslığa malik olduğuna görə tədqiqatçıların diqqətini

daim cəlb edir. Bu birləşmələrin əsasında fotoelektrik çeviricilər, rentgen və neytron şüalanma detektorları hazırlanmışdır [1, 2, 3, 4].

Təqdim olunmuş işdə  $\text{TlInS}_2$  kristalının 100-300K temperatur intervalında keçiriciliyinin xüsusiyyətinin öyrənilmiş və Mott yaxınlaşması çərçivəsində [5] keçiricilik mexanizminin təhlili aparılmışdır.

Elektrik keçiricilik ölçüləri dörd zond üsul ilə azot kriostatında, kristalın  $\approx 0,1$  K/dəq sürətlə kvazistasionar kəsilməz qızdırılması (soyudulması) rejimində aparılmışdır. Elektrik keçiricilik ölçüləri rəqəmsal immittans E7-25 ölçü cihazında aparılmışdır.

$\text{TlInS}_2$  kristalının 100-300K temperatur intervalında  $\sigma(T)$  asılılıqları qurulmuş və təhlil edilmişdir. Tədqiq olunan  $\text{TlInS}_2$  kristalında  $\sigma(T)$  asılılığında iki hissənin mövcud olduğu və bu asılılığın 175÷240 K intervalında keçiriciliyin eksponensial xarakter daşdığı müşahidə edilmişdir. Bu da onu deməyə imkan verir ki, qeyd olunan temperatur oblastında istiliklə həyəcanlaşdırılmış yükdaşıyıcıların icazəli zonada keçiriciliyi üstünlük təşkil edir.  $\text{A}^3\text{B}^3\text{C}_6$  tip kristallar sinifinə daxil olan birləşmələrin tədqiqi zamanı  $\lg\sigma$ -nın  $(T^{-1/4})$ -dən asılılığının xəttiliyə təbə olması sıçrayışlı keçiricilik üçün xarakterikdir [5]. Tədqiq etdiyimiz  $\text{TlInS}_2$  birləşməsində  $\lg\sigma$ -nın  $(T^{-1/4})$ -dən asılılığın xətti qanunauyğunluğa təbə olur. Qeyd olunanlara əsasən deyə bilərik ki, göstərilən temperatur oblastında  $\text{TlInS}_2$  kristalında yükün daşınması sıçrayışlı keçiriciliyi vasitəsilə həyata keçirilir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Hahn H. Röntgenographische beitrage zu den systemen Thallium- Selen and Thallium - Tellur. / H. Hahn, W. Kleingler // Zeitsch. Anorg chem., -1949. -260, -p.110-119.
2. Kəhsida S. Ferroelectric phase transition in monoclinic  $\text{TlS}$ . / S.Kəhsida, K.Nakamura, S.Katayama // SolidSt. Commun., -1992. -82, -p.127-130.
3. Mott N.F. Electronic Processes in Noncrystalline Matter / N.F. Mott, E.A. Davis. Moscow: Mir, -1982. -p.368
4. Мустафаева С.Н. Влияние состава Кристаллов  $\text{TlGa}_{1-x}\text{Er}_x\text{Se}_2$  на их диэлектрические характеристики и парамет / С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, Э.М. Керимова // ФТТ, -2013. (55), 23, -p.46.
5. Мотт Н.Ф., Девис Э.А.. Электронные процессы в некристаллических веществах. Мир, М. 1974, с. 472.

## **$\text{Si/CdS}_{1-x}\text{Se}_x$ HETEROKEÇİDİNİN VOLT-AMPER XARAKTERİSTİKASININ TƏDQIQI**

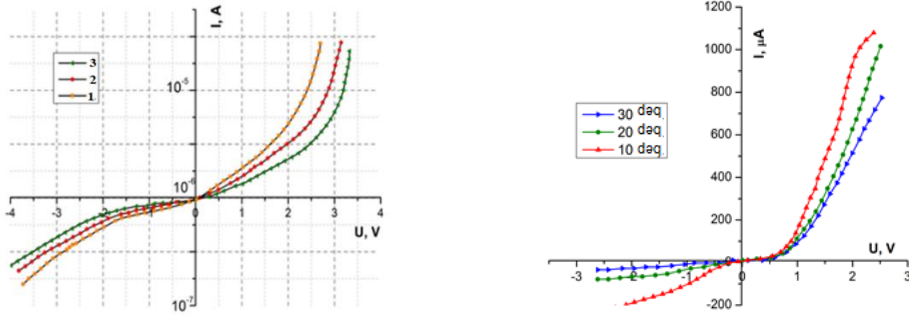
**Əfəndiyeva G.H., Cahangirova S.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[gul.efend@mail.ru](mailto:gul.efend@mail.ru)

Heterokeçidlərin elektrik və fotoelektrik xassələrinin tədqiqi fototranzistorlarda və günəş elementlərində praktiki tətbiqi baxımından çox aktualdır. Lakin heterokeçidlərin fizikası və texnologiyasının digər vacib aspekti də qeyri-ideal heterokeçidlərin tədqiqi və praktiki tətbiqi ilə bağlıdır. [1,2].

Müxtəlif tərkibli  $\text{CdS}_{1-x}\text{Se}_x$  nazik təbəqələri Si altlıqlar üzərində məhluldan kimyəvi çökdürmə metodu ilə alınmışdır.  $\frac{\text{Si}}{\text{CdS}_{1-x}\text{Se}_x}$  strukturlarına havada  $300^\circ\text{C}$  temperaturda termik emalın təsiri öyrənilmişdir. Tədqiq olunan heteroqecidin fotohəssaslığının spektral paylanması, qaranlıq və işıqda volt-ampere xarakteristikaları, volt-farad xarakteristikaları tədqiq olunmuşdur.  $\frac{\text{Si}}{\text{CdS}_{1-x}\text{Se}_x}$  heteroqecidinin termik emaldan əvvəl və sonra Volt-Ampere xarakteristikaları şəkil 1 -də göstərilmişdir.



Şəkil 1.  $\frac{\text{Si}}{\text{CdS}_{1-x}\text{Se}_x}$  heteroqecidinin stasionar Volt-Ampere xarakteristikaları.

$X =: 1 - 0.0, 2 - 0.2, 3 - 0.5.$

$\frac{\text{Si}}{\text{CdS}_{1-x}\text{Se}_x(x=0,2)}$  heteroqecidinin termik emaldan əvvəl volt-ampere xarakteristikalarının əksinə qolu  $I \sim U^n$  üstlü qanunu ilə təsvir etmək olur. Əksinə VAX- dan üst göstəricisinin qiymətindən asılı olaraq iki hissə, daha doğrusu  $n = 2 \div 2.6$ , qiymətinə malik olan deşilmə ətrafı və  $n \geq 3.2$  olan yumşaq tunel deşilmə oblastı müşahidə edilir.

Termik emaldan sonra heteroqecidlərin əksinə VAX -ında  $U = 3V$ -a qədərki hissədə  $x = 0.2$  tərkibli heteroqecidlər üçün,  $n < 2$  olur və gərginliyin  $U = 1,5V$  qiymətinə qədər olan hissədə əsasən  $n = 1$  olan generasiya cərəyanları üstünlük təşkil edir.  $U = 2V$  gərginliyinə qədər  $m \approx 1$  üst göstəricisi ilə  $I \propto U^m$  qanununa tabe olur ki, bu da fəza yükləri ilə məhdudlanan cərəyanlar üçün yükdaşıyıcıların doyma sürətində yükdaşıyıcıların tunel keçidi üçün tipikdir. Termik emaldan sonra  $\frac{\text{Si}}{\text{CdS}_{1-x}\text{Se}_x}$  heteroqecidlərinin VAX-ı:  $I = I_0 \exp(\beta U)$  ifadəsi ilə təsvir oluna bilər. Buradakı  $\beta$  kəmiyyəti istilik proseslərinin üstünlük təşkil etdiyi hal üçün nəzərdə tutulur və tunel-rekombinasiya cərəyanlarının üstünlük təşkil etdiyi heteroqecidlərdəki kimidir.

Tədqiq olunan heteroqecidlərin əksinə VAX-da termik emaldan sonra aralıq təbəqələrinin iştirakı nəticəsində tunel proseslərinin ehtimalının azaldığı görünür.

Qeyd etmək lazımdır ki, açıq havada  $t = 300^\circ\text{C}$  temperaturda  $\tau = 20$  dəqiqə ərzində termik emaldan sonra tunel cərəyanları daha da azalır. Cərəyanın keçid oblastından cərəyankeçmə mexanizmini daha dəqiq aydın-

laşdırmaq məqsədi ilə otaq temperaturunda VAX-1 da tədqiq olunmuşdur.

**Ədəbiyyat:**

1. Schrier J., Demchenko D.O., Wang L.-W. Optical Properties of ZnO/ZnS and ZnO/ZnTe Heterostructures for Photovoltaic Applications // Nano Lett., 2007, Vol.7(8), P.2377-2382.
2. C. Kumar, N. Hoa, S. Yoon and E. Kim, Highly Photoconductive CdS Thin Films Synthesized by Using Chemical Bath Deposition, Journal of Korean Physical Society, 55 1 (2009) 284-287.

## **CdS:Fe NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK BURAXMA SPEKTRİ**

**Həsənova N.S., Cəfərov M.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

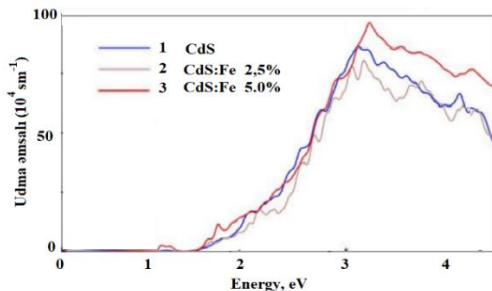
[nurane.hesenova999@gmail.com](mailto:nurane.hesenova999@gmail.com)

Kadmium sulfid otaq temperaturunda qadağan olunmuş zolağın eni 2,42 eV-a malik, geniş praktiki əhəmiyyətə malik yarımkeçiricidir. Kadmium sulfidi (CdS) normal təzyiqdə və temperaturda altıbucaqlı qəfəs quruluşuna malikdir. Məlumdur ki, dəmir (Fe) yüksək Küri temperaturu və aşağı temperaturu ilə yaxşı ferromaqnit material (FM) xüsusiyyətlərinə malikdir. Maqnit yarımkeçiricilər Cr-la aşqarlanmış MgS, Fe qatqılı CdS və Co və V qatqılı CdS kimi materiallar maqnit qeydediciləri hazırlamaq üçün istifadə oluna bilər [1,2].

Təqdim etdiyimiz işdə biz aşağı konsentrasiyalı Fe qatqılı CdS-nazik təbəqələrinin elektron, optik və maqnit xüsusiyyətlərini araşdırmışıq.

CdS və Fe-la aşqarlanmış CdS nazik təbəqələri yaxşı təmizlənmiş mikroskop şüşə slayd altlıqları üzərində alınmışdır. Altlığın təmizlənməsi mərhələləri bir gecədə xrom turşusunda saxlandıqdan sonra distillə suda yaxalamaq və təxminən 20 dəqiqə bərabər həcmdə aseton və spirtə ultrasəs təmizləməsindən ibarətdir. Şüşə altlıqlar daha yaxşı yapışması üçün suya batırılmadan əvvəl yüngülcə sürtülür və kimyəvi məhlul olan qaba şaquli şəkildə yerləşdirilir. 80 ml 0,2 M sink asetat [ $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ] və 160 ml 0,2 M tiokarbamid [ $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ ] əlavə edildi və otaq temperaturunda düzgün şəkildə qarışdırıldı. Sonra kompleksləşdirici agent kimi 0,66 M tri-natrium sitrat məhlulə əlavə qarışdırılır. Bundan sonra, məhlulun pH -nı 11- etmək üçün ammoniyak məhlulu əlavə edildi. Altlıqlar 4 saat ərzində məhlulda saxlanılır və altlığın səthində zəif mavi kölgəsi olan ağ rəngli bir təbəqə görünür. Fe qatqılı CdS nazik təbəqəsi əldə etmək üçün məhlulla müvafiq nisbətdə 0,1 M dəmir xlorid ( $\text{FeCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) əlavə edilmişdir. Bu prosesdə CdS, 2,5% CdS :Fe və 5% CdS: Fe nazik təbəqələri hazırlanmışdır.

Şəkil 1-də CdS və Fe qatqılı CdS təbəqələri üçün optik udma spektri [udma (a) dalğa uzunluğunun ( $\lambda$ ) funksiyası] kimi göstərilir. Udma əmsalı bütün dalğa boyu diapazonu üçün Fe qatqısının artması ilə artır.



Şəkl. 1. CdS və Fe qatqılı CdS təbəqələri üçün optik udma spektri

Təmiz CdS və müxtəlif miqdarda dəmir atomları ilə aşqarlanmış CdS nazik təbəqələrinin T- buraxma əmsalının dalğa uzunluğundan asılılığı tədqiq olunmuşdur. Nəticələr göstərir ki, təbəqələrin şəffaflığı dalğa uzunluğu artdıqca artır, dəmir atomlarının 5% ə miqdarında azalır, 5-10 % miqdarında artır, sonradan yenidən azalır. Təbəqələrin şəffaflığının aşqarların miqdarından bu cür asılılığı buraxma əmsalının təbəqələrin strukturunun formalaşmasının və qadağan olunmuş zolaq daxilində yaratdığı lokal səviyyələrinin dolma dərəcəsinin dəyişməsi ilə bağlıdır.

#### Ədəbiyyat:

1. P.Radi, A.Brito-Madurro, J. Madurro and N. Dantas, "Characterization and Properties of CdO Nanocrystals Incorporated in Polyacrylamide", Brazilian Journal of Physics, V. 36, N. 2A (2006) pp. 412- 414.
2. Boukhachem, B. Ouni, A. Bouzidi, A. Amlouk, K. Boubaker, M. Bouhafs and M. Amlouk, "Quantum effects of indium ytterbium doping on ZnO-like nano-condensed matter in terms of urbachmartienssen and wemple-didomenico singleoscillator models parameters", ISRN Condensed Matter Phys., (2012) 1-10.

## SİLİSİUM ƏSASLI FOTODİODLAR

**Hüseynzadə X.E., Əsədova M.Y.**

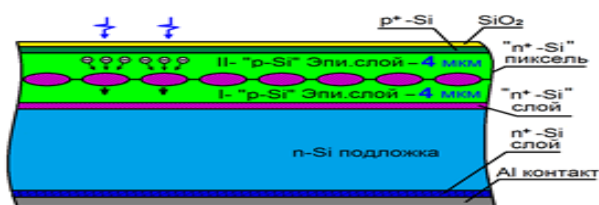
*Mingəçevir Dövlət Universiteti*

[Khayala.huseynzada@gmail.com](mailto:Khayala.huseynzada@gmail.com)

Fizika və texnologiyanın keçən əsrdə sürətli inkişafı yarımkeçiricilər fizikasında vakuum cihazlarının bərk cisimli analoqlarının, fotodiodların yaradılmasına gətirib çıxartdı. Baxmayaraq ki, ötən əsrin 50-ci illərinin əvvəllərində silisium və germanium əsaslı mikropikselli selvari fotodiodların və yarımkeçiricilərdə ionlaşmanın təsirinin əsas nəzəriyyəsi öyrənilməsi müəyyən perspektivlər yaradıb, lakin fotodiodların adekvat bərk cisimli analoqlarının yaradılması uzun illər tədqiqat tələb etmişdir. O zaman məşhur selvari fotodiodlar bəzi əsas parametrlərinə- iş sahəsinə, eşik həssaslığına görə fotodiodlardan əhəmiyyətli dərəcədə geri qalırdı. 90-cı illərin əvvəllərində silisium əsaslı

qeydedici detektorlar hazırlanmışdır və hal hazırda bu cihazdan otaq temperaturunda fotonları qeyd etmək üçün geniş istifadə olunur. Silisium əsaslı qeydedici detektorlar qəza gərginliyi (və ya Heyger rejimində) rejimində işləyir və fotonların xətti qanununa görə geniş xətti spektrə malikdir. İstehsalçıdan asılı olaraq Silisium qeydedicilər bəzən mikropikselli selvari fotodiod və Mikropiksel foton sayğacları da adlanır. Hal hazırda silisium əsaslı qeydedicilərin bəzi parametrlərinə - foton qeydetmə effektivliyinə, işçi sahəsinə, foto həssaslığın xətti spektrinə görə silisium əsaslı selvari fotodiodlardan əhəmiyyətli dərəcədə üstündür. Buna görə də silisium əsaslı qeydedicilər fotodiodların əsas anoloqu hesab olunur. Son illər ərzində silisium əsaslı foto qeydedicilərin kütəvi istehsalına nail olunmuşdur. Hal hazırda silisium əsaslı qeydedicilərin əsas istehlakçıları dünyanın aparıcı elmi mərkəzlərində reallaşdırılan yüksək enerjilər fizikası sahəsində irimiqyaslı layihələrdir. Silisium əsaslı qeydedici detektor layihələri yeni nəsil tibbi tomoqrafiyada və avtomobil sənayesində tətbiq olunur [1-3].

Hazırda, tətbiq sahəsindən asılı olaraq, silisium əsaslı fotoelektron gücləndiricilərin bir çox tipi mövcuddur [3-5]. Bu cihazların istehsal texnologiyası gündügdən təkmilləşir ki, bu da daha həssas, xətti və vahid fotodiodların inkişafı üçün əsas amildir. Yeni silisium əsaslı fotodiodların inkişafı üçün pikselləri dərinlikdə yerləşən mikropikselli selvari fotodiodlarının strukturu seçilmişdir (Şəkil 1a), piksel ölçüsü  $10\ \mu\text{m}$  və sıxlığı  $1000\ \text{piksel}/\text{mm}^2$ . Fotodiodun aktiv sahəsi  $3,7 \times 3,7\ \text{mm}^2$ -dir. Həm Çoxralski üsulu ilə, həm də zona əritmə üsulu ilə müxtəlif texnologiyalardan istifadə etməklə hazırlanmış 20 düymlük silisium altlıqlarında nümunələrin istehsalı üçün istehsal alqoritmi tərtib edilmişdir. İstehsal yeri olaraq, optik mikroelektronikanın istehsalında uzun illər təcrübəsi olan Malayziya Mikroelektron Sistemlər İnstitutu MİMOS seçilmişdir.



Şəkil 1. MSFD-nin sxematik görüntüsü

#### Ədəbiyyat:

1. Sadygov, Ziraddin Yegub-Ogly, and Azar Sadygov. "Multi-pixel avalanche transistor." U.S. Patent No. 9,252,317. 2 Feb. 2016.
2. Садыгов, Зираддин Ягуб оглы, and Азер Зираддин оглы Садыгов. "Полупроводниковый лавинный фотоприемник." (2018).
3. Sadıgov A. et al. A new detector concept for silicon photomultipliers //Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2016. – Т. 824. – С. 135-136.



## AŞQARLANMANIN GaSe MONOKRİSTALININ AŞQAR LÜMINESSESİYASINA TƏSİRİ

**İbrahimova N.A., Abasova A.Z.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

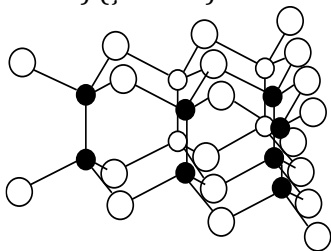
[ib.nezrin@gmail.com](mailto:ib.nezrin@gmail.com)

Aşqarlanmamış və aşqarlanmış GaSe nümunələrdə lüminessensiyanın spektral asılılıqları çıxarılmışdır, spektrin uzundalğalı sərhəddi müəyyən edilmiş, Sn aşqarının uzundalğalı sərhəddə təsiri müəyyənləşmişdir.

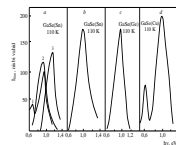
Məlum olduğu kimi  $A^{III}B^{VI}$  sinfinə daxil olan GaSe kristalı layvari quruluşda kristallaşır [1.2]. Hər bir lay Se-Ga-GaSe ardıcılıqları ilə yerləşmiş dörd atom müstəvisindən ibarət olur. Lay daxilində atomlar bir-biri ilə kiçik Kulon qüvvələri əlavə olmaqla zəif Van-Der-Vaals rabitəsi ilə birləşir. Hər bir lay daxilində atomların düzülüşü  $D3h1$  ( $6m2$ ) fəza quruluşuna uyğun gəlir. Bir lay daxilində Ga atomu digər Ga atomu və tetraedrik olaraq üç Se atomu ilə əhatə olunmuşdur. Layların bir-biri ilə birləşməsindən asılı olaraq müxtəlif modifikasiyalar yaranır. Şəkil 1-də bir lay daxilində atomların düzülüşü verilmişdir. [1]

GaSe kristalında hər bir alt layın kənarında olan Se atomu aşağıda yerləşən üç metal atomu ilə doymuş kovalent rabitə yaradır və bunun nəticəsində aşqarlanmamış monokristalların təbii səthində qırılmış əlaqələr və "boş qollar" olur. Bu səbəbdən kristalın səthi kənar atom və molekulların kimyəvi adsorbsiyasına qarşı aktiv olur. Bu isə öz növbəsində mürəkkəb tərkibli oksid təbəqələrinin və adsorbsiya olunmuş atomların yaranma imkanını aradan qaldırır.

GaSe kristalına aşqar vurulduqda onun xassələrində ciddi dəyişikliklər görünür. Baxılan işdə GaSe(Sn) GaSe(Ge) monokristalında infraqırmızı oblastda lüminissensiyaya baxılmışdır. Aşqarlanmamış GaSe kristalında aşqar lüminessensiya müşahidə olunur. Lüminessensiyanın spektral asılılığının maksimumuna uyğun enerji ( $h\nu_m$ ) texnologiyadan asılı olaraq dəyişir. (şəkil 2a), GaSe kristalına aşqar vurulduqda isə yalnız bir maksimum müşahidə olunur. ( $h\nu_m = 0.96$  eV) (şəkil 2b)



**Şəkil 1.** GaSe birləşməsinin dördlaylı paketinin strukturu



**Şəkil 2.** Aşqarlanmamış və aşqarlanmış GaSe monokristalının aşqar fotolüminessensiyası

Müxtəlif araşdırmalardan sonra müəyyən olunmuşdur ki, GaSe(Sn) kristalında  $h\nu_m = 0.96$  eV enerjide müşahidə olunan lüminessensiya sərbəst dəşiklərin yavaş mərkəz rolunu oynayan r- rekombinasiya mərkəzləri tərəfindən zəbt olunması nəticəsində müşahidə olunur. Məhz bu mərkəzlər tədqiq olunan maddənin fotohəssaslığını təmin edir [2]. Ge aşqarlanmış GaSe kristallarında lüminessensiyanın maksimumu (GaSe (Ge)) kristallarında 0.94 eV-də, GaSe (Cu) kristallarında  $h\nu_m = 0.65$  və  $h\nu_m = 1.10$  eV enerjilərində müşahidə olunur.

**Ədəbiyyat:**

1. Медведева З.С. Халькогениды элементов III Б подгруппы периодической системы М: Наука, 1968,
2. Ахукдов Т.А., Багиров А.Т. Экситонный механизм корошкволнового пикс электролюминесценции селенида галлия, ФТП., 1970, Т.4, в5, с 948-950

**YARIMKEÇİRİCİ ƏSASLI KVANT QUYULU LAZERLƏRDƏ  
YÜKDAŞIYICILARIN ENERJİ SPEKTRİ VƏ DALĞA FUNKSİYALARI**

**İsmayilova M.T., İsmayılov T.H.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[ismayilovagulya5@gmail.com](mailto:ismayilovagulya5@gmail.com)

Kvant quyulu lazerlər adi yarımkeçirici lazerlərlə müqayisədə bir çox üstünlüklərə malikdir. Bunlardan biri odur ki, onların tezliyini tənzimləmək olur. Belə ki, emissiya olunan işıq kvantlarının tezliyi kvant quyusunun ölçüsündən asılı olaraq dəyişir. Kvant quyusunda inversiya olunacaq halların sayı həcmi yarımkeçirici lazerlərdəkindən xeyli az olduğundan, kvant quyulu lazerdə astana cərəyan sıxlığı əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır. Hal sıxlığının fərqli asılılığına görə, belə lazerdə astana cərəyanının yalnız qiyməti deyil, həm də temperaturdan asılılığı dəyişir. O, daha zəif olur ki, bunun nəticəsində də kəsilməz şüalanma yalnız otaq temperaturunda deyil, həm də yüksək temperaturda alınır. Bundan əlavə, kvant quyusundakı ikiölçülü elektron qazında invers məskunlaşma yaratmaq daha asandır. Buna görə də, belə lazerlər çox qənaətlidir, daha kiçik cərəyanla işləyir və sərf olunan vahid enerjiyə müqabil daha çox işıq verir. Belə ki, sərf olunan elektrik enerjisinin 60-70%-ə qədəri işığa çevrilir.

Təqdim olunan işdə qeyri-relyativistik Şredinger tənliyinin həllindən yarımkeçirici əsaslı kvant quyusunda yükdaşıyıcıların (elektron və dəşiklərin) enerji spektri və dalğa funksiyaları tapılmış, eləcə də hal sıxlığı hesablanmışdır. Bir sıra müxtəlif yarımkeçirici əsaslı kvant quyusu üçün ədədi hesablamalar aparılmışdır.

## ПОДВИЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОНОВ В СВЕРХРЕШЕТКАХ ПРИ РАСSEЯНИИ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА НА ШЕРОХОВАТОСТЯХ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

**Мамедова Г.Д., Фигарова С.Р.**

*Бакинский Государственный Университет*

mamedovaa001gunel@gmail.com

При низких температурах в слоистых структурах и сверхрешетках эффективными рассеивающими центрами электронов являются шероховатости поверхности и ионизированные примеси. Подвижность в гетероструктурах в большей степени определяется концентрацией заряженных центров на границе и размерами шероховатостей (средней высоты и длины). Сильное магнитное поле квантует движение носителей тока и влияет на механизм рассеяния. Учет механизма рассеяния и влияние на него магнитного поля приводит к таким явлениям как отрицательное продольное магнитосопротивление и осцилляции в низкоразмерных системах.

Энергетический спектр сверхрешеток в магнитном поле будет:

$$\varepsilon(N, k_z) = (2N + 1)\mu B + \varepsilon_0(1 - \cos(ak_z)), \quad (1)$$

где  $N = 0, 1, 2, \dots$  - осцилляторное квантовое число Ландау,  $k_z$  - компонента волнового вектора параллельная оси сверхрешетки,  $\mu = \left(\frac{m_0}{m_\perp}\right)\mu_0$ ,  $m_0$ ,  $m_\perp$  - масса свободного электрона и его масса в плоскости слоя сверхрешетки,  $\mu_0 = \frac{e\hbar}{2m_0}$  - магнетон Бора,  $\frac{1}{m_z} = \frac{\varepsilon_0}{\hbar^2} \cos ak_z$ ,  $\varepsilon_0$  - полуширина минизоны сверхрешетки,  $a$  - период сверхрешетки. В следствии анизотропного характера закона дисперсии, время релаксации будет анизотропным и общее выражение для компонент тензора обратного времени релаксации  $\hat{\tau}^{-1}$ , вычисляется по формуле:

$$\tau^{-1} = \frac{2\pi}{\hbar} \sum_{k'}^{\cos \vartheta} k' k < k^{\vec{r}|\vec{U}|^2}, \quad (2)$$

где  $\vartheta$  - угол между векторами  $\vec{k}'$  и  $\vec{k}$ ,  $U$  - рассеивающий потенциал,  $< k^{\vec{r}|\vec{U}|^2}$  - матричный элемент перехода.

При рассеянии на шероховатостях поверхности для рассеивающего потенциала имеем [1]:

$$|U(q_\perp)|^2 = (\pi^5 \hbar^4 \Delta^2 \Lambda^2 / (m^*)^2 a^6) e(-q_\perp^2 \Lambda^2 / 4), \quad (3)$$

здесь  $\Delta$  - средняя высота неровностей (шероховатостей), а  $\Lambda$  - характерная длина шероховатостей. Подставляя (3) в (2) для времени релаксации при рассеивании носителей тока на шероховатостях получим

$$\tau^{-1} = AZ(a^2/R_B^2)g(\varepsilon_F)\varphi(\xi), \quad (4)$$

где [2]:

$$\varphi(\xi) = 2/\xi \int_0^\xi \sqrt{y\xi/\xi^2 - y^2} e(-y) dy, \xi = k_z^2 \Lambda^2. \quad (5)$$

В приближении  $\xi \gg y$  для времени релаксации из (5) и (4) имеем:

$$1/\tau = \left(\frac{7}{\pi^2} \hbar a / m \Lambda\right) (\Delta/\Lambda)^2 (a^2/R^2 (ak_z)^4). \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что с увеличением магнитного поля время релаксации уменьшается и рассеивание усиливается.

Учитывая (6) в выражение для подвижности получим:

$$u = \frac{e\tau}{m_z} = \frac{e \varepsilon_0 a^3 \pi^2}{\hbar^2} \frac{\hbar a}{m \Lambda} \left(\frac{\Delta}{\Lambda}\right)^2 a^2 R^2. \quad (7)$$

Как видно из (7) подвижность электрона в сверхрешетках обратно пропорциональна длине шероховатостей и прямо пропорциональна высоте шероховатостей. Следует отметить, что подвижность обратно пропорциональна магнитному полю,  $u \sim B^{-1}$ .

#### Литература:

1. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. Москва: Логос, 2006. 496 с.
2. Figarova S.R., Mahmudov M.M. Relaxation processes in superlattices in strong magnetic fields during scattering by roughness of heterointerfaces // Journal of Baku Engineering University, PHYSICS 2021, v.5, No.1, p.10-18.

## **$\gamma$ -KVANTLARIN TlInTe<sub>2</sub>, TlInTe<sub>2,04</sub> KRİSTALLARININ MÜXTƏLİF KRİSTALLOQRAFİK İSTİQAMƏTLƏRDƏ XÜSUSİ ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNƏ TƏSİRİ**

**<sup>1</sup>Mədətov R.S., <sup>2</sup>Xəlilova K.H., <sup>1</sup>İsgəndərova G.M.**

<sup>1</sup>Elm və Təhsil Nazirliyi, Radiasiya problemləri İnstitutu

<sup>2</sup>Elm və Təhsil Nazirliyi, Fizika İnstitutu

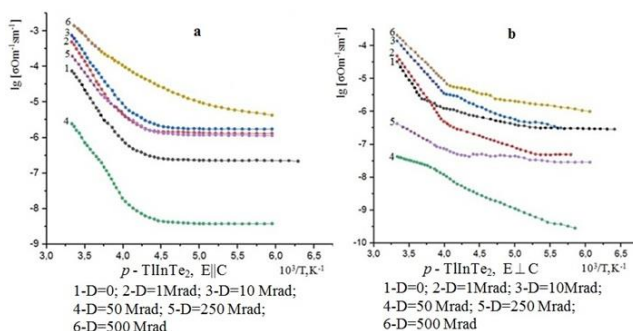
[xelilova\\_kemal79@mail.ru](mailto:xelilova_kemal79@mail.ru)

TlInTe<sub>2</sub> kristalları TlSe quruluş tipində (*I4/mcm*) kristallaşır və aşağıda göstərilən parametrlərə malikdir:  $a=8,494\text{Å}$ ;  $c=7,181\text{Å}$ ;  $c/a=0,845$ ;  $Z=4$ ;  $d=7,36q/sm^3$ . Bu kristallar  $A^3B^3C_2^6$  tip birləşmələr (harada ki, A-Te, B-Ga,In, C-S,Se,Te) sinfinə məxsusdur. TlInTe<sub>2</sub> kristalında kimyəvi əlaqə ion- kovalent xarakterlidir [1].

Şəkil 1. (a,b)-də  $\gamma$ -kvantlarla şüalandırılmış TlInTe<sub>2</sub> kristallarında xüsusi elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı verilmişdir.

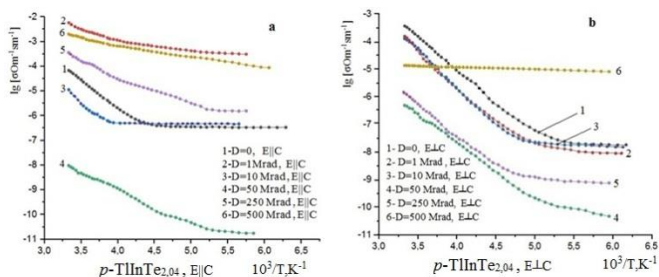
$\gamma$ -kvantlarla şüalandırılmış TlInTe<sub>2</sub> və TlInTe<sub>2,04</sub> (4at.%) kristallarının xüsusi elektrikkeçiriciliyi 100–300 K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, aşqarsız TlInTe<sub>2</sub> kristalında  $D<50$  Mrad dozalarında yaranan defektlər donor təbiətli olub və zəncir müstəvisinə paralel istiqamətdə (E||C) paylanma üstünlük təşkil edir.  $D>50$  Mrad dozalarda isə yaranan defektlər akseptor təbiətlidir və zəncir müstəvisinə perpendikulyar istiqamətə

mətdə ( $E \perp C$ ) üstünlük təşkil edir.  $p$ -TlInTe<sub>2</sub> kristalının  $E \parallel C$  istiqamətdə radiasiyaya davamlılığı yüksək və Te atomunun stexiometrik artıqlıqlı kristalda  $E \perp C$  istiqamətində isə radiasiyaya davamlılıq aşağıdır.  $\gamma$ -kvantlarla şüalandırılmış  $p$ -TlInTe<sub>2,04</sub> kristalların xassələrini defekt-aşqar assosiasiyasının qarşılıqlı təsirini idarə etməklə kristalın radiasiyaya davamlılığını və anizotropik xassələrini idarə etmək mümkündür.



**Şəkl. 1.** TlInTe<sub>2</sub> (a,b) kristallarında müxtəlif kristalloqrafik istiqamətlərdə çəkilmiş xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılıqları: a–zəncir müstəvisinə paralel; b–zəncir müstəvisinə perpendikulyar.

Şəkil 2. (a,b)-də  $\gamma$ -kvantlarla şüalandırılmış TlInTe<sub>2,04</sub> kristallarında xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı verilmişdir.



**Şəkl. 2.** TlInTe<sub>2,04</sub> (a,b) kristallarında müxtəlif kristalloqrafik istiqamətlərdə çəkilmiş xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılıqları: a–zəncir müstəvisinə paralel; b–zəncir müstəvisinə perpendikulyar.

### Ədəbiyyat:

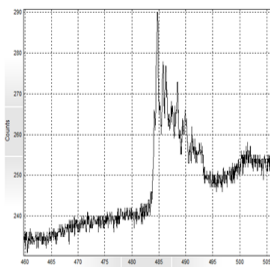
1. D.Muller, G.Eulenberger, H.Hahn. Über ternäre Thalliumchalkogenide mit Thallium selenidstruktur, Z. anorg. Allg. Chem., 398 (1973) 207-220.
2. Р.М. Сардарлы, О.А. Самедов, А.И. Наджафов, А.П. Абдуллаев, Э.А. Зейналов, Д.Г.Джаббаров. Анизотропия прыжковой проводимости в монокристалле TlGaTe<sub>2</sub>. Изв. НАН Азербайджана. Сер. физ-мат. И техн. Наук 5 (2005) 45-50

## GaS – Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub> KRİSTALININ LÜMİNİSENSİYA XASSƏLƏRİ

**Məmmədov N.F.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
niyam6416746@inbox.ru

Gallium sulfid (*GaS*) birləşməsi laylı quruluşlu  $A^{III}B^{VI}$  tipli yarımkeçirici birləşmələr sinfinə aiddir. *GaS* birləşməsi heksaqonal sinqoniyalı qəfəs tipinə malik olub, qəfəs sabitləri uyğun olaraq  $a = 0.358 \text{ nm}$  və  $c = 1.5492 \text{ nm}$  bərabərdir [1,2]. *GaS*-in çox vacib geniş düzünə keçidli ( $3.05 \text{ eV}$ ) və çəpinə keçidli qadağan olunmuş zolağa malikdir ( $E_g = 2.55 \text{ eV}$ ) [3]. *GaS* -in kristalı əlverişli optik və zona quruluşu üçün, təqribən-mavi-ışq emissiya edən cihazlar yaratmaq üçün ümidverici birləşmədir [4]. *GaS* yaşıl-mavi ışq emissiya spektri, fotolüminissensiya və elektrolüminissensiya hadisələrində müşahidə edilmiş və optoelektronik cihazların tərkib hissəsi kimi mühüm rol oynayır. Fotolüminissensiyanın spektral xarakteristikası yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə malik olan  $M - 833$  tipli monoxromatordan və yüksək həssaslıqlı fotodetektordan istifadə olunan qurğuda tədqiq edilmişdir. Kristalı optik həyəcanlaşdırıcı qismində *Nd:YAQ* impuls lazerinin ikinci harmonikasının şüalanmasından istifadə olunmuşdur. Lüminessensiya spektrində iki şüalanma zolağı müşahidə edilmişdir. Birinci zolağa uyğun olan pikin maksimumu  $2,56 \text{ ev}$  enerjiddə yerləşir. Bu enerji *GaS* kristalının çəpinə qadağan olunmuş zonasının eninə uyğun gəlir. Lüminessensiya intensivliyinin zəif olması da şüalanmanın çəp keçidli olduğunu göstərir. İkinci şüalanma zolağına uyğun pikin maksimumu  $2,47 \text{ eV}$  enerjiddə müşahidə olunmuşdur. Məlumdur ki, *GaS* kristalında kükürd vakansiyaları dərin akseptor səviyyəsi yaradırlar. Ona görə də belə hesab edirik ki, ikinci şüalanma zolağı qeyri-tarazlıqlı elektronların keçirici zonadan akseptor səviyyələrinə şüalanmalı rekombinasiyaları hesabına formalaşır. *Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub>* kristalının şüalanma spektri maksimumu  $1,984 \text{ eV}$  enerjiddə yerləşən geniş pıkdən ibarətdir. Məlumdur ki, bu kristal defektli quruluşa malikdir. Şüalanma zolağının enli olması defektlərin yaratdığı səviyyələrlə bağlı olduğu güman edilir.



**Şək. 1.**

**Ədəbiyyat:**

1. Isik, M., Yüksel, M., Topaksu, M., & Gasanly, N. M. Journal of Luminescence, 225, 117362.
2. T. Aono, K. Kase, A. Kinoshita, J. Appl. Phys. 74 (1993) 2818–2820
3. X. Zhong, W. Zhou, Y. Zhou, F. Zhou, C. Liu, Y. Yin, Y. Peng, D. Tang, RSC Adv. 6,(2016) 60862.
4. Shen, G., Chen, D., Chen, P.-C., & Zhou, C. (2009). ACS Nano, 3(5), 1115–1120. B. Chirata, A. Ya'akovitz, Part. Part. Syst. Char. 36 (2019) 1800460..

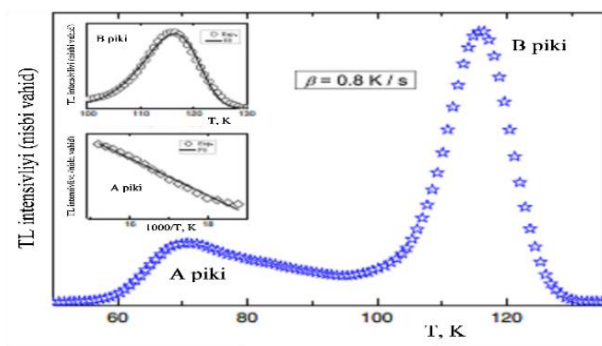
**GaS KRİSTALINDA ŞÜALANMALI REKOMBİNASIYA**

**Məmmədov N.F.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[niyam6416746@gmail.com](mailto:niyam6416746@gmail.com)

Təmiz GaS kristalının fotolüminessensiyası [1] işində tədqiq olunmuş və aktivləşmə enerjiləri 13,17 və 151 meV olan üç akseptor səviyyələri müəyyən edilmişdir. Kristalın termolüminessensiyası (TL) tədqiq etmək üçün səthinin ölçüləri  $9 \times 8 \text{ mm}^2$ , qalınlığı 1mm olan GaS – Nd kristalının nümunəsi hazırlanmışdır. Nümunənin elektrik keçiriciliyi p-tip olmuşdur. Nümunə kreostata yerləşdirildikdən sonra 10K temperatura qədər soyudulmuşdur və temperaturu stabil saxlamaqla kristal 5 dəqiqə müddətində maksimal pik enerjisi 2.6eV olan işıqla işıqlandırılmışdır. Işıq mənbəyinin maksimal pik enerjisi kristalın qadağan olunmuş enerjisindən çox olduğundan elektronlar aşqar səviyyələrdən və valent zonadan keçirici zonaya keçə bilirlər. Işıqlanmadan sonra nümunə 2 dəqiqə müddətində qaranlıqda inkulasiya olunur, sonra isə sabit sürətlə qızdırılırlar. Bu zaman həyacanlaşmış elektronlar şüalanmalı rekombinasiya edərək fotonlar şüalandırırlar. Şəkil 1-də nümunənin sabit qızdırılma  $\beta = 0.8 \frac{\text{K}}{\text{s}}$  sürətində TL parlaqlıq ayrısı təsvir olunmuşdur.



**Şəkl. 1.** GaS:Nd kristalında TL parlaqlığının temperaturdan asılılığı

1 – B pikinin approksimasiyası, 2 – A pikinə ilkin qalxma üsulunun tətbiqi. Göründüyü kimi TL parlaqlıq spektri 50-135 K temperatur intervalında müşahidə edilmişdir. Tl parıltısı əyrisində 70.9 K və 116 k temperaturlarda iki pik müşahidə olunmuşdur. Bu əyriyə analiz etməyin müxtəlif üsulları vardır. Tutma mərkəzinin aktivləşmə enerjisini müəyyən etmək üçün əlavənin qalxması və əyrinin seçilməsi üsulundan istifadə olunmuşdur. Əyrinin seçilməsi üsulu Tl-in intensivliyinin temperaturdan asılılığını nəzəri ifadə edən düsturdan istifadə olunmaya əsaslanır. Tl əyriyə simmetrik və ya qeyri-simmetrik ola bilər. Bizim müşahidə etdiyimiz əyridə iki pik bir-birinə qovuşduğundan onları ayırmaq mümkün olmadı. Lakin, B pikinin çox az başlanğıc hissəsi A pikinin sonu ilə qovuşduğundan B pikinin başlanğıcını approksimasiya etməklə kifayətləndik. Bu zaman kinetikanın dərəcəsini müəyyən etmək vacibdir. Belə halda müxtəlif işıqlanma müddətində Tl parıltısı əyriyənin piklərinin maksimal temperaturunu və formasının dəyişməsinə tədqiq etmək tələb olunur. Təcrübəmizdən müəyyən olundu ki, TL parıltı əyriyələrində forma və pikin maksimumuna uyğun temperatur işıqlanma müddətindən asılı deyildir. Deməli, GaS:Nd kristalında kinetikanın birinci dərəcəsi qəbul ediləndir [2].

#### **Ədəbiyyat:**

1. A. Aydinli, N. M. Gasanly and K. Gökşen. (2000). Donor-acceptor pair recombination in gallium sulfide. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 7144-7149.
2. Xufan, Li. Controlled Vapor Phase Growth of Single Crystalline, Two-Dimensional GaSe Crystals with High Photoresponse / Li. Xufan, L. Ming-Wei, A. Alexander [et al.] // Scientific Reports vol. 4, Article number: - 2015, 54(97), - p.1-9.

## **Ag<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> KRİSTALINDA ŞÜALANMALI REKOMBİNASIYA KANALLARI**

**Quliyeva R.Ə., Hüseynov Ə.H.**

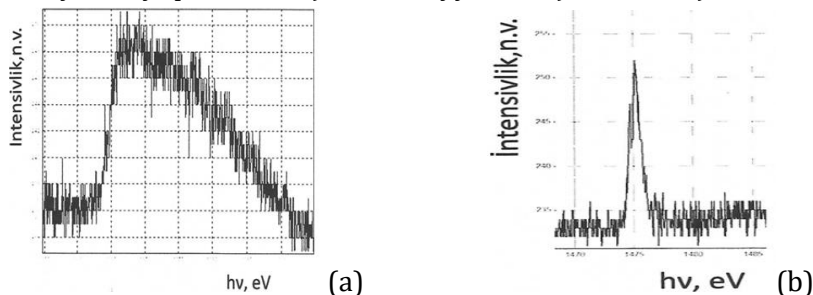
*Bakı Dövlət Universiteti*

[ruhanequliyeva95@gmail.com](mailto:ruhanequliyeva95@gmail.com)

Defektli quruluşlu Ag<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> kristalları I-III-VI üçlü sistemində ilk dəfə olaraq Platnik və əməkdaşları tərəfindən aşkar edilmişdir. Kristal otaq temperaturunda tetroqonal quruluşa malikdir və qəfəs parametrləri  $a=5.79524 \text{ \AA}^0$  və  $c=11.627038 \text{ \AA}^0$  təşkil edirlər. Ərimə temperaturuna qədər qızdırıldıqda 730 və 810C<sup>0</sup> temperaturlarında kristal polimorf fəza çevrilmələrinə məruz qalır. Müxtəlif elmi işlərdə kristalın otaq temperaturunda qadağan olunmuş zonasının eni 1.24...1.28 eV (çəpinə keçidli) və 1.46...1.48eV (düzünə keçidli) təyin olunmuşdur [1,2]. İlk tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, 4-500 K temperatur intervalında kristalın qadağan olunmuş zolağının eni 1.14eV-dan 1.24 eV -a qədər xətti olaraq azalmaqla  $dE_g/dt=-5.5 \times 10^{-4} \text{ eV/K}$  temperatur əmsalına malikdir. Sonrakı tədqiqatlarda kristalın xassələrində bir neçə praktiki əhəmiyyət kəsb edən xüsusiyyətlər aşkar edilmişdir. Xüsusən, Ag<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub>



kristalının yüksək effektivli termoelektrik materialı olduğu kristalda ifrat keçiriciliyin təzyiqlə stimullaşan xüsusiyyətləri aşkar edilmişdir.



Şəkil 1.  $Ag_3In_5Se_9$  (a) şüalanma zolağının spektri ; (b) şüalanma zolağının yarımənisi

$Ag_3In_5Se_9$  kristalı fotoelektrik materialı kimi də özünü doğrultmuşdur. Bu işdə tərəfimizdən alınmış kristalın səthində fotoluminensensiya xassəsi tədqiq edilmişdir. Kristalın optik həyəcanlaşması üçün impulsu Nd:YAG lazerinin ikinci harmonikasının 532 nm dalğa uzunluqlu şüalanmasından istifadə olunmuşdur. Lazer şüalanmasının davam etmə müddəti 12ns, impulsun maksimal enerjisi isə 125 MVt təşkil etmişdir.

Fotonların enerjisi kristalda elektronların valent zonanadan keçirici zonaya düzünə və çəpinə keçidlər etməsi üçün kifayət etmişdir. Şəkil 1(a)-da 1362...1395 nm dalğa uzunluğunda şüalanma zolağının spektri təsvir edilmişdir. Spektrin maksimumu 0.906 eV enerjində yerləşir. Maksimumu 1475 nm dalğa uzunluğunda yerləşən digər bir ensiz şüalanma zolağı müşahidə edilmişdir. Bu zolağın kristalda anion və kation vakansiyalarına aid olan donor səviyyəsindən akseptor səviyyəsinə elektronların şüalanmalı rekombinasiyasının nəticəsi kimi izah edilir. Şəkil 1(b)-dən görüldüyü kimi şüalanma zolağının yarımənisi çox az olmaqla 2 nm təşkil edir.

Həyəcanlaşdırıcı lazer şüalanmasının intensivliyini  $10^{22}$  kvant/ $sm^2 \cdot s$  qiymətindən  $10^{24}$  kvant/ $sm^2 \cdot s$  qiymətinə qədər artırırdıqda pikin amplitudu tədricən artır və intensivliyin sonrakı artımında lüminessensiyanın intensivliyi sabit qalır. Belə asılılıq şüalanma rekombinasiyasının iki aşqar, donor və akseptor səviyyələri arasında baş verdiyini göstərir. Bununla belə qanətə gəlmək olar ki,  $Ag_3In_5Se_8$  kristalları 1475 nm dalğa uzunluğunda İQ- şüalanma generasiya edə bilən lazer qurğusunda aktiv element kimi istifadə oluna bilər.

#### Ədəbiyyat:

1. J.L. Cui, Y.Y. Li, Y. Deng, end all. //Intermetallics,31,(2012),p.217-224
2. Ryo Matsumoto, Zhufeng Hou, Hiroshi Hara end all// Inorganic Chemistry, (2019), 9b-02295-022302)

## **(TlGaSe<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(TlInS<sub>2</sub>)<sub>x</sub> (x=0; 0,1) BƏRK MƏHLULLARININ İON KEÇİRİCİLİYİ**

**<sup>1,2</sup>Sərdarlı R.M., <sup>3</sup>Əliyev K.Ə.**

<sup>1</sup>*Elm və Təhsil Nazirliyinin Radiasiya Problemləri İnstitutu*

<sup>2</sup>*Milli Aviasiya Akademiyası*

<sup>3</sup>*Bakı Dövlət Universiteti*

[aliyevkamil962@gmail.com](mailto:aliyevkamil962@gmail.com)

TlGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>Se<sub>2(1-x)</sub>S<sub>2x</sub> (x=0; 0,1) bərk məhlullarının 100-450 K temperatur intervalında elektrikkeçiriciliyi tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, otaq temperaturundan yuxarı temperaturlarda elektrikkeçiriciliyinin qiymətinin sıçrayışşəkilli artması müşahidə olunur. Keçiriciliyinin qiymətində müşahidə olunan artım superion halına faza keçidi ilə əlaqələndirilir. Bu da tədqiq olunan bərk məhlullarının kristallik quruluşunda yüksək mobilliyə malik Tl ionlarının sayının kəskin artması ilə bağlıdır.

TlGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>Se<sub>2(1-x)</sub>S<sub>2x</sub> (x=0; 0,1) bərk məhlullarının əmələ gəldiyi TlInS<sub>2</sub> və TlGaSe<sub>2</sub> kristalları A<sup>3</sup>B<sup>3</sup>C<sup>6</sup><sub>2</sub> tip yarımkəçirici birləşmələr sinfinə daxildir. Bu tip yarımkəçirici birləşmələr kristal qəfəsin xarici təsirlərə qarşı qeyri-sabitliyinə görə tədqiqatçıların diqqətini cəlb edir. Bu sinif yarımkəçirici birləşmələrin elektrik, fotoelektrik, optik və s. xassələrinin tədqiqi nəticəsində maraqlı xüsusiyyətlər aşkar edilmişdir [1,2]. Bu birləşmələr arasında yaranan bərk məhlullar isə fiziki parametrləri dəyişmək imkanı yaratdığından onların tədqiqi xüsusi maraq kəsb edir.

Hazırkı işdə TlGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>Se<sub>2(1-x)</sub>S<sub>2x</sub> (x=0; 0,1) bərk məhlullarının 100-450 K temperaturlarda elektrikkeçiriciliyinin tədqiqi nəticələri verilmişdir.

Tədqiq olunan nümunələr vakuumda kvarts ampulada ilkin komponentləri əritməklə sintez olunmuş, monokristalları isə Biricman metodu ilə yetişdirilmişdir. Nümunələrin elektrikkeçiriciliyinin temperaturdan asılılığını tədqiq etmək üçün materialdan müstəvi kondensator hazırlanmış və səthinə gümüş kontaktlar çəkilmişdir. Elektrikkeçiriciliyinin ölçüləri rəqəmsal immitans E7-25 ölçü cihazında aparılmışdır.

TlGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>Se<sub>2(1-x)</sub>S<sub>2x</sub> (x=0; 0,1) sistemli bərk məhlulların elektrik keçiriciliyinin temperaturdan ( $\sigma(T)$ ) asılılığı öyrənilmişdir.  $\sigma(T)$  asılılığında otaq temperaturundan yuxarı temperaturlarda 360 K temperaturda keçiriciliyin qiymətinin bir neçə tərtib artdığı aşkar olunmuşdur. Müşahidə olunan bu artım kritik temperaturdan yuxarı temperaturlarda ion keçiriciliyinin üstünlük təşkil etməsi ilə əlaqələndirilir. Ədəbiyyat materiallarından məlum olduğu kimi,  $\ln(\sigma \cdot T)$ -nin  $1/T$  asılılığının xətti xarakter daşması ion keçiriciliyinin mövcudluğunu göstərən əsas şərtlərdən biridir [3]. Tədqiq olunan TlGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>Se<sub>2(1-x)</sub>S<sub>2x</sub> (x=0; 0,1) bərk məhlullarda ion keçiriciliyinin müşahidə olunduğu oblatda  $\ln(\sigma \cdot T)$ -nin  $(1/T)$  asılılığının xətti asılılığa tabe olduğu aşkar edilmişdir.

TlGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>Se<sub>2(1-x)</sub>S<sub>2x</sub> (x=0; 0,1) bərk məhlullarda elektrik keçiriciliyinin

sıçrayışlı dəyişməsi superior halına keçidi əlaqələndirilmişdir. Bu da  $TlGa_{1-x}In_xSe_{2(1-x)}S_{2x}$  ( $x=0; 0,1$ ) bərk məhlullarının quruluşunda Tl alt qəfəsinin nizamsızlaşması ilə müşayiyyət olunan faza keçidi nəticəsində baş verir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Л.А. Резниченко, О.Н. Разумовская, Л.А. Шилкина, Н.В. Дергунова. Неорган. материалы 32, 4, 474 (1996).
2. Е.Г. Фесенко, А.Т. Шуваев, В.Г. Смотряков, Г.А. Гегузина, В.Д. Комаров, В.Г. Гавриляченко, Е.С. Гагарина. Неорган. материалы 30, 8, 1057 (1994).
3. Р.М. Сардарлы, О.А. Самедов, А.П. Абдуллаев, Э.К. Гусейнов, Ф.Т. Салманов, Г.Р. Сафарова. Особенности проводимости  $\gamma$ -облученных кристаллов  $TlGaTe_2$  с наночечечной структурой. ФТП, 44, 610 (2010).
4. Р.М. Сардарлы, О.А. Самедов, А.П. Абдуллаев, Ф.Т. Салманов, О.З.Алекперов, Э.К.Гусейнов, Н.А.Алиева. Суперионная проводимость, эффекты переключения и памяти в кристаллах  $TlInSe_2$  и  $TlInTe_2$ . ФТП, 45, 1441 (2011).

## **KİMYƏVİ ÇÖKDÜRMƏ ÜSULU İLƏ ALINMIŞ ZnTe NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI**

**Sirəliyeva Ə.F., Cahangirova S.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[asmashiraliyeva@gmail.com](mailto:asmashiraliyeva@gmail.com)

Otaq temperaturunda [1] ZnTe 2,26 eV qadağan olunmuş zolağın eninə malikdir və qadağan olunmuş zolağın eni istifadə edilən sink mənbəyindən asılı olaraq dəyişir. Sink sulfatdan istifadə etdikdə qadağan olunmuş zolağın eni (2,26-2,75 eV), sink xloriddən istifadə etdikdə (2,70-2,87 eV) [2] arasında dəyişir.

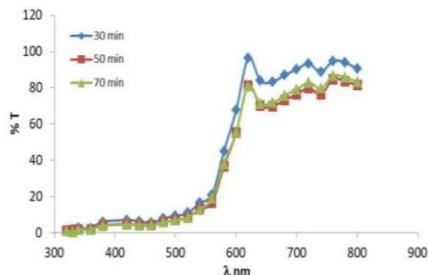
Sink Tellur nazik təbəqələri (ZnTe) kimyəvi metodla şüşə altlığa çökdürülmüşdür. Altlıqlar etanol və distillə edilmiş sudan istifadə edilərək təmizləndi.

Konsentrasiyası (0,4 q) olan tellur oksidi ( $TeO_2$ ) Te əldə etmək üçün 30 ml distillə edilmiş suda, konsentrasiyası (0,35 q) sink xlorid ( $ZnCl_2$ ) Zn mənbəyi kimi 30 ml-də həll edilmişdir. Məhlul şəffaf olana qədər tellur oksidə hidroxlor turşusu əlavə edildi, hər iki məhlul 2 saat qarışdırıldı, çökmə məhlulunun temperaturu 85°C-də sabitləndi.

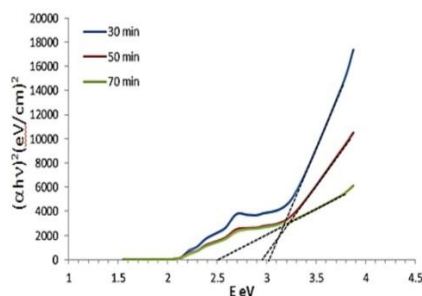
Müxtəlif çöküntü vaxtlarında ZnTe nazik təbəqələrinin buraxma və udma əmsalları ölçüldü.

Şəkil 1-də göstərilədiyi kimi təbəqələr 500-600 nm dalğa uzunluğunda böyük buraxma qabiliyyəti göstərir.

Şəkil 2-də udma əmsalının enerjiden asılılığı verilmişdir. Çöküntü müddəti artdıqca qadağan olunmuş zolağın eninin qiyməti azalır (30, 50 və 70 dəq), 30 dəqiqəlik çöküntü zamanı təxminən 3,2 eV, 50 dəqiqədə 2,95 eV və 70 dəqiqədə 2,5 eV-a çatır.



Şəkil 1. ZnTe nazik təbəqələrinin buraxma spektri.



Şəkil 2. ZnTe nazik təbəqələrinin udma spektri.

#### Ədəbiyyat:

1. K.Ersching, F. L. Faita, C. E. M. Campos, T. A. Grandi, P. S. Pizani, Journal of Alloys and Compounds 493, 294 (2010); <http://doi.org/10.1016/j.jallcom.2009.12.083>
2. Murilo F. Gromboni, W. S. Francisco Lucas, Lucia H. Mascaro, J. Braz. Chem. Soc., (2014)

## METAL - GaAs KEÇİDLƏRİN İKİ POTENSİAL ÇƏPƏRLİ ENERJİ QURULUŞU

**Sultanova G.R., Məmmədov R.Q.**

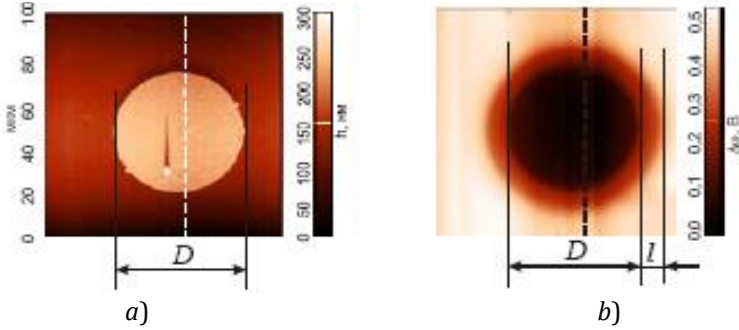
*Bakı Dövlət Universiteti*

[gunelayvaz@gmail.com](mailto:gunelayvaz@gmail.com)

Düzləndirici və omik xassələrinə malik olan metal - yarımqeçirici keçidlərində (MYK) təmas materiallarının müxtəlif çıxış işlərinə malik olan sərhəd səthlərinin məhdudluğu hesabına keçidin periferiya boyunca əlavə elektrik sahəsi (ƏES) yaranır [1]. Bu elektrik sahəsi həm keçidin səthaltı hissəsinə potensial çəpərin formalaşmasına təsir edir, həm də keçidi əhatə edən yarımqeçiricinin və metalın sərbəst səthlərinin potensialının (çıxış işlərinin) dəyişməsinə səbəb olur. Eyni zamanda, kontaktaltı hissədə potensial çəpərin

sərhəd boyunca qeyri-bərabər hündürlükdə paylanması baş verir və kontakt səthinin kənar hissəsinin potensial çəpərinin hündürlüyü daxili hissəsindəki hündürlükdən az olur. MYK-nın ümumi təmas səthi iki potensial çəpərli enerji quruluşu ilə ifadə olunur. Atom qüvvə mikroskopu (AQM) əlavə elektrik sahəsinin yaranma prosesini və onun enerji parametrlərini bilavasitə ölçməyə imkan verir.

GaAs yarımkeçirici lövhənin planar səthinin və onunla təmasa gətirilmiş diametri  $D = 50$  mkm olan qızıl metal nazik təbəqənin təmas və sərbəst səthlərinin AQM tədqiqi nəticəsində alınan relyef və potensial təsvirləri şəkil 1a və 1b-də göstərilmişdir.



**Şəkil 1.** Au-nGaAs keçidlərinin Atom qüvvə mikroskopu ilə alınmış relyef və potensial təsvirləri.

Yarımkeçirici lövhənin səthində diametri 50 mkm və qalınlığı 0,3 mkm olan dairəvi qızıl nazik təbəqənin şəkil 1a-da göstərilirdiyi kimi çevrə ilə hüdudlanan aydın relyef təsviri müşahidə olunur. Şəkil 1b-dəki yarımkeçirici lövhənin səthinin dairəvi qızıl nazik ilə birlikdə potensial təsvirindən görünür ki, açıq rəngli yarımkeçirici səthində tünd rəngli dairəvi qızıl təbəqə eni  $l = 20$  mkm olan dəyişən rəngli həlqə ilə əhatə olunur. Bu isə o deməkdir ki, həlqənin eni boyunca səth potensialı Au və GaAs-nin çıxış işlərinin fərqi qədər dəyişir. Bu potensial dəyişməsi təmas səthinin potensial çəpərinin  $\Phi_B$  hündürlüyü ilə yarımkeçirici və metalın sərbəst səthlərinin  $\Phi_Y$  və  $\Phi_M$  çıxış işlərinin fərqi hesabına yaranan ƏES-nin potensialına bərabər olur. Yarımkeçiricinin periferiya boyunca səthaltı hissədə ƏES-nin  $U_C$  potensial düşgüsü yaranır. Bu səbəbdən, AQM təsvirlərlə aşkar edildiyi kimi, metal-GaAs keçidləri təmas səthinin daxili və periferiya hissələrinin potensial çəpərlərinin hündürlükləri  $\Phi_{B1}$  və  $\Phi_{B2}$  olan ikiçəpərli energetik quruluşla təsvir olunur.

Metal – GaAs keçidlərində periferiya boyunca ƏES hesabına  $U_C$  gərginliyi yarandığından xarici gərginlik  $U=0$  olduqda, keçid qısa qapanarsa, xarici dövrədən  $I_o$  cərəyan axar [2]:

$$I_o = S_p A T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B0}}{kT}\right) \left[\exp\left(-\frac{qU_C}{kT}\right) - 1\right] \quad (1)$$

(1) düsturunda,  $S_p$ - keçidin sahəsi,  $A$  – Riçardson sabiti,  $T$  – mütləq temperatur,  $k$  – Bolsman sabiti,  $\Phi_{B0}$  – potensial çəpərin hündürlüyü,  $q$  –elektronun yüküdür.

**Ədəbiyyat:**

1. Мамедов Р.К. Контакты металл – полупроводник с электрическим полем пятен. Баку, БГУ, 2003, 231 с.
2. Mamedov R.K., Aslanova A.R. Features of current-voltage characteristic of non-equilibrium trench MOS barrier Schottky diode //Superlattices and Microstructures, 2018, v.118, p.131–142.

## **QEYRİ-PARABOLİK KEYN MODELİ SİSTEMLƏRDƏ ELEKTRON QAZININ TERMoeLEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ**

**Zalova S.Ə., Mahmudov M.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[saida.zalova@bsu.edu.az](mailto:saida.zalova@bsu.edu.az)

Tədqiqat işi qeyri-parabolik Keyn modeli sistemlərdə elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsinin nəzəri tədqiqinə həsr olunmuşdur. Termoelektrik hərəkət qüvvəsinin tapılmış ümumi ifadəsi konkret olaraq akustik fononlardan səpilmə halı üçün öyrənilmiş, onun gətirilmiş kimyəvi potensial və enerji zonasının qeyri-parabolikliyindən asılılığı nəzəri tədqiq edilmişdir.

İki zonalı Keyn yaxınlaşmasında qeyri-parabolik enerji spektri üçün məlum [1]

$$\varepsilon \left( 1 + \frac{\varepsilon}{\varepsilon_g} \right) = \frac{\hbar^2 k^2}{2m_n}, \quad (1)$$

ifadədən istifadə etsək qeyri-standart zonalı sistemlərdə elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsinin ümumi ifadəsi üçün alarıq:

$$\alpha = -\frac{k_0}{e} \left[ \frac{J_{r+1,2}^1(\eta, \beta)}{J_{r+1,2}^0(\eta, \beta)} - \eta \right], \quad (2)$$

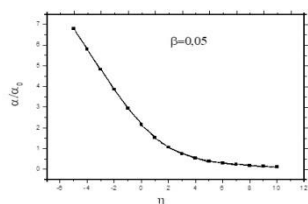
burada  $k$  -dalğa ədədi,  $m_n$  -yükdaşıyıcıların effektiv kütləsi,  $\varepsilon_g$  - qadağan olunmuş zonanın eni,  $r$  -səpilmə parametri,

$$J_{n,k}^m(\eta, \beta) = \int_0^\infty \left( -\frac{\partial f_0}{\partial x} \right) \frac{x^m (x + \beta x^2)^n}{(1 + 2\beta x)^k} dx \quad (3)$$

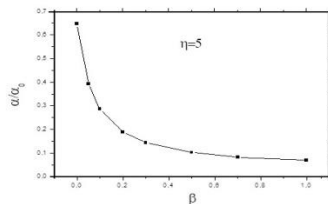
- ümumiləşmiş və yaxud ikiparametrlı Fermi inteqralı,  $x = \varepsilon/k_0T$ ,  $\beta = k_0T/\varepsilon_g$  - qeyri-parabolikliyi,  $\eta = \zeta/k_0T$ -gətirilmiş kimyəvi potensialı xarakterizə edən parametrlər,  $f_0(x, \eta) = [1 + \exp(x - \eta)]^{-1}$ - Fermi-Dirak paylanma funksiyasıdır [2]. Tapılmış (2) münasibətindən görüldüyü kimi termoelektrik hərəkət qüvvəsi enerji zonasının qeyri-parabolikliyini xarakterizə edən  $\beta$  - parametrindən və elektron qazının cırılma dərəcəsini göstərən  $\eta$  - parametrindən asılıdır.

Bu asılılıqları aydın görmək üçün konkret olaraq cırılmamış elektron qazının akustik fononlardan səpilməsi halında termoelektrik hərəkət qüvvə-

sinin gətirilmiş kimyəvi potensial və enerji zonasının qeyri-parabolikliyindən asılılığı öyrənilmişdir. Fermi inteqralları cədvəlindən istifadə etməklə ədədi hesablamalar aparılmış,  $\alpha$  -nın  $\eta$  və  $\beta$  -dan asılılıq qrafikləri qurulmuşdur (Şək.1 və Şək.2). Şəkil 1-də  $\eta$ -nın dəyişmə oblastı  $-5 \leq \eta \leq 10$  və  $\beta = 0,05$  götürülmüşdür. Qrafikdən göründüyü kimi  $\eta$  artdıqca termoelektrik hərəkət qüvvəsi azalır. Digər tərəfdən təyin olunmuşdur ki, zonanın qeyri-parabolikliyini xarakterizə edən  $\beta$  - parametri artdıqca termoelektrik hərəkət qüvvəsi üstlü qanunla dəyişir. Başqa sözlə baxılan cırlaşmamış elektron qazının akustik fononlardan səpilməsi zamanı termoelektrik hərəkət qüvvəsi standart zonalı haldakından daha kiçik olur və sistemin qeyri-parabolikliyi artdıqca elekttron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsi azalır (Şək.2).



**Şək. 1.** Qeyri-parabolik enerji spektrli elektron qazı üçün termoelektrik hərəkət qüvvəsinin gətirilmiş kimyəvi potensialdan (cırlaşma dərəcəsinə) asılılığı.



**Şək. 2.** Qeyri-parabolik enerji spektrli elektron qazı üçün termoelektrik hərəkət qüvvəsinin qeyri-parabolikliyi xarakterizə edən  $\beta$  - parametrindən asılılığı.

#### Ədəbiyyat:

1. Askerov B.M. Electron Transport Phenomena in Semiconductors. Singapore: World Scientific, 1994. 394 p.
2. Askerov B.M., Figarova S.R. Thermodynamics, Gibbs Method and Statistical Physics of Electron Gases. Springer-Verlag, Berlin, 2010. 374 p.

## ARDICIL KVAZİSİNHRON GENERASIYA

**Zeynalova A.Ə., Qasımova R.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[aydanzeynalli4@gmail.com](mailto:aydanzeynalli4@gmail.com)

Periodik-qeyri-bircins mühitlərin, yəni kvadratik qavrayıcılığın periodik modulyasiyalı mühitlərdən istifadəsi ideyası Blomberqinə məxsusdur [Blomberg]. Qarşılıqlı təsirdə olan dalğaların fazalar fərqi kompensasiyası bu mühitlərdə baş verir. Adi kristallarda bu mümkün deyildi.

Dalğaların iki üç tezlikli qarşılıqlı təsir nəticəsində üçüncü harmonikanın yaranmasına nəzər salaq

$$\omega + \omega = 2\omega, \quad \omega + 2\omega = 3\omega.$$

Sabit intensivlik yaxınlaşmasında, nizamlı domen quruluşunda (periodik qütüblü kristalda) əsas şüalanmanın tezliyinin ikiqat və üç dəfə artması prosesi

ilə qeyri-xətti kvazinxron əks qarşılıqlı əlaqənin fəza dinamikası təhlil edilib. Bu halda, kollinear faza sinxronizm şərti iki birləşdirilmiş qeyri-xətti optik proses üçün eyni vaxtda təmin edilir. İkinci və üçüncü harmonik generasiya prosesləri üçün kvadratik qavrayıcılığın modulyasiya dövrləri hesablanmışdır.

Alınan nəticələr mövcud təcrübələrlə müqayisə edilib. Sabit intensivlik yaxınlaşmasında ikinci harmoniyaya çevrilmə effektivliyi hesablanıb. Göstərilmişdir ki, artan itkilərlə, effektivlik azalır, koherent uzunluq isə artır. Beləliklə, bir nizamlı domen quruluş (NDQ) istehsalında kvadratik qavrayıcılığın modulyasiya periodundakı sabitləri hesablayaraq itkilərin və koherent uzunluğun təsirini nəzərə almaq vacibdir.

Beləliklə, ikinci və üçüncü harmonikaların generasiyası prosesinin effektivliyi, sındırma əmsallarının dispersiya səbəbindən faza uyğunsuzluğunu kompensasiya etmək üçün strukturun RDS parametrlərinin nə qədər dəqiq hesablanmasından asılı olacaqdır.

Optik dalğaların parametrik kvazifaza uzlaşdırılmış qarşılıqlı təsiri zamanı da işlənmiş yanaşma tətbiq oluna bilər.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Blombergen N., Benjamin W.A. Nonlinear Optics (New York, 1965).
2. M.M. Fejer, G.A. Magel, and others, IEEE J. QE 28 (1992) 2631
3. Z.H. Tağıyev, R.C. Qasımova Səfərova G.Ə. Qeyri -xətti optika, 2017, -240 səh.
4. R.W. Boyd. Nonlinear optics. Elsevier Store. 2008. -613p.
5. Kasumova R.J. ZH. Tagiev, N.V. Kerimova, G.A. Safarova. Consecutive three-wave mixing in optical superlattice at backward second harmonic wave. Journal of Russian Laser Research, 2020, 41(1), 21-27.
6. D.L. Mills. Nonlinear Optics, 1991, 184p.
7. H.P. Шен. Принципы нелинейной оптики. М.; Наука, 1989- 558с.

## **MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> MONOKRİSTALLARINDA RAMAN-AKTİF FONON TEZLİKLƏRİNİN TEMPERATUR ASILILIĞI**

**<sup>1</sup>Rzayeva A.X., <sup>1,2</sup>Abdullayev N.A., <sup>3</sup>Əliquliyeva X.B., <sup>1</sup>Bədəlova Z.İ.**

*<sup>1</sup>Elm və təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu*

*<sup>2</sup>Bakı Dövlət Universiteti*

*<sup>3</sup>Sumqayıt Dövlət Universiteti*

[amil.rzyv.14@gmail.com](mailto:amil.rzyv.14@gmail.com)

MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsi yeni (MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>)(Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>)<sub>n</sub> yarımkəçirici maqnit topoloji izolyatorların böyük ailəsinin bir üzvüdür. MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> monokristallarının elektron strukturu, maqnit və daşınma xassələri [1]-də göstərilmişdir.

MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> monokristallarında işığın kombinasiyalı səpilməsi 5-300K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsi üçün 6 aktiv raman modları xarakterikdir (Cədvəl 1): atomların lay müstəvisində yerdəyişməsi ilə bağlı olan 3 E<sub>g</sub> modları və atomların laylara perpendikulyar istiqamətdə yerdəyişmələri ilə bağlı olan 3 A<sub>1g</sub> modları. İlk dəfə [2]-də nəzəri olaraq



qabaqcadan proqnoz edildiyi kimi, ən kiçik  $26.6 \text{ sm}^{-1}$  tezlikli  $E_g^1$  raman-aktiv modu ilk dəfə təcrübi olaraq aşkar edilmişdir (şəkil 1-də dairəyə alınmışdır). Anharmonizmin ilk əlaməti fononların tezliyinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsidir. Raman-aktiv tezliklərin qiymətinin temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir,  $\Delta T=290\text{K}$  üçün  $|\Delta\omega|/\omega$  verilənləri cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 1**

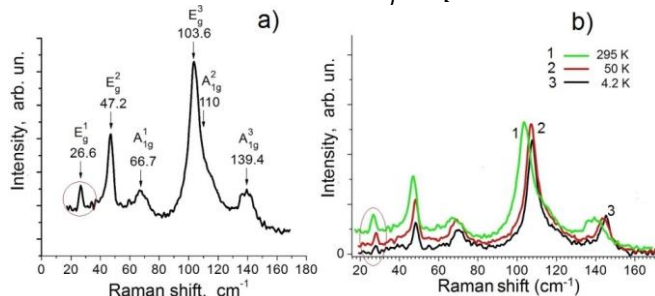
**MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>-də fononların anharmonizm parametrləri**

Modlar	$\omega, \text{sm}^{-1}, T=300\text{K}$	B, GPa	$d\omega/dp, \text{sm}^{-1}/\text{GPa}$	$\gamma_j$	$10^3 \cdot  \Delta\omega /\omega$ $\text{sm}^{-1}/\text{K}$
$E_g^1$	26.6	51	-	-	48
$E_g^2$	47.2	51	1.2	1.3	32
$E_g^3$	103.6	51	1.5	0.74	39
$A_{1g}^1$	66.7	51	3.6	2.75	37
$A_{1g}^2$	110	51	-	-	-
$A_{1g}^3$	139.4	51	2	0.73	42

Qrūnayzen parametrləri kristallarda fononların anharmonizm ölçüsüdür.  $\gamma_j = \left(\frac{B}{\omega_j}\right) \left(\frac{d\omega_j}{dp}\right)$  kimi hesablanmış  $\gamma_j$  Qrūnayzen moda parametrlərinin qiyməti cədvəl 1-də verilmişdir. Burada  $B$  - həcmi elastiklik modulu və  $d\omega_j/dp$  [3]-dəki verilənlərdən təyin edilmişdir. Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, atomların laylararası yerdəyişmələri ilə bağlı olan  $E_g^2$  və  $A_{1g}^1$  modlarının  $\gamma_j$  parametri böyük qiymət alır.

Qrūnayzen moda parametrləri rəqsi hərəkətin xarakterik tezliklərinin kristalın deformasiyaya reaksiyasını əks etdirir və  $j$  modası üçün (burada  $B$ -həcmi elastiklik modulu):

$$\gamma_j = -\frac{\partial \ln \omega_j}{\partial \ln V} = \frac{1}{\omega_j} \cdot \frac{\partial \omega_j}{\partial p} \cdot B$$



**Şəkl. 1.** MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> monokristallarının raman səpilmə spektrləri; a) T=295K-də; b) 295K, 50K, 4,2K

### Ədəbiyyat:

1. M.M. Otrokov, Z.S. Aliev, I.R. Amiraslanov, N.T. Mamedov, N.A. Abdullayev, V.N. Zverev, E.V. Chulkov et al., Nature **576**, 416 (2019). 2. Z.S. Aliev, I.R. Amiraslanov, N.A. Abdullayev, N.T. Mamedov, M.B. Babanly, et al., Journal of Alloys and Compounds, **789**, 443 (2019). 3. C. Pei, Y. Xia, J.Wu, Y. Zhao, L. Gao, T. Ying, B. Gao, N. Li, W. Yang, D. Zhang, H. Gou, G. Li, Y. Qi et al. Chin. Phys. Lett. **37**, 066401 (2020).

## **CdGa<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> KRİSTALININ FONON SPEKTRİNİN TƏMƏL PRİNSİPLƏRDƏN TƏDQIQI**

**Babazadə L.R., Cahangirli Z.A.**

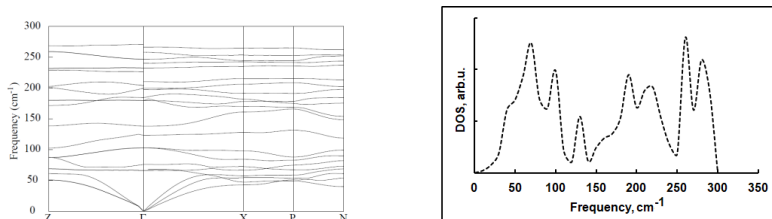
*AR Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu*

[babazadeleman2@gmail.com](mailto:babazadeleman2@gmail.com)

Sıxlıq Funksionalı Metodundan istifadə etməklə fonon energetik hallar sıxlığı və Brilluen zonasında fononların dispersiyası hesablanmışdır. Optik fononların hesablanmış tezlikləri infraqırmızı udma və Raman spektrlərindən eksperimental olaraq müəyyən edilmiş tezliklərə yaxşı uyğunluq təşkil edir.  $xy$  müstəvisində aşağı tezlikli optik fononların akustik fononlarla kəsişməsi müşahidə olunur.

$S_4^2 (I^4)$  fəza qrupunda kristallaşan  $A^{II}B_2^{III}C_4^{VI}$  ( $A$  - Zn, Cd;  $B$  - In, Ga;  $C$  - S, Se, Te) birləşmələri sfalerit və xalkopirit strukturunda kristallaşan birləşmələrin kristal kimyəvi analoglarıdır. Bu birləşmələr optik anizotropiya, ikiqat şüasınma, yüksək qeyri-xətti qavrayıcılıq əmsalları, yüksək fotonəssaslıq və parlaq lüminessensiya ilə xarakterizə olunur. Bu xassələr və böyük energetik qadağan zolağının olması bu birləşmələri yarımkeçirici cihazlarda istifadə üçün perspektivli materiallara çevirir [1, 2]. Bu məqalədə CdGa<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> kristalının Brillouin zonasının yüksək simmetrik nöqtələrində və xətlərində təməl prinsiplərdən hesablanmış fonon spektri və fonon hallarının sıxlığı təqdim olunur. Hesablamalar ABINIT proqram paketindən istifadə etməklə psevdopotensial metodu ilə xətti cavab yaxınlaşmasında Sıxlıq Funksionalı Metodu vasitəsilə aparılmışdır [3]. Şəkil 1-də uyğun olaraq Brilluen zonasında CdGa<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>-də fonon dispersiyası və fonon hallarının sıxlığı göstərilmişdir. Şəkil 1-dən görüldüyü kimi fonon spektri üç oblastdan ibarətdir: CdGa<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> kristalında 51–130 sm<sup>-1</sup>, 179–281 sm<sup>-1</sup> tezlik intervalında energetik halların yüksək sıxlığı, 120–180 sm<sup>-1</sup> tezlik intervalında isə energetik halların aşağı sıxlığı müşahidə olunur. Şəkil 1-dən həmçinin görünür ki, Brilluen zonasının  $\Gamma$ -Z istiqamətində (tetraqonal  $c$  oxu boyunca) optik fononlar zəif dispersiyaya malikdir, bu da tetraqonal ox boyunca fonon-fonon qarşılıqlı təsirinin zəif olduğunu göstərir. Bununla yanaşı, X-P-N istiqamətində fərqli bir mənzərə müşahidə olunur. Bu istiqamətdə akustik budaqlar aşağı tezlikli optik modlarla kəsişir. Sonuncu  $xy$  müstəvisində əhəmiyyətli fonon-fonon qarşılıqlı əlaqəsinin göstəricisidir. Beləliklə, yuxarıda deyilənlərdən belə nəticə çıxarmaq olar ki,  $xy$  müstəvisində fonon-fonon qarşılıqlı təsiri  $c$  tetraqonal oxu boyunca olan qarşılıqlı təsirdən daha böyükdür. Işığın infraqırmızı udma və Raman səpilmə spektrlərində eksperimental olaraq müşahidə edilən tezliklər və optik fononların hesablanmış tezlikləri yaxşı uyğunlaşır. Məlumdur ki, polyar kristallarda uzağa təsir edən elektrik sahəsi dipol optik rəqslərini eninə (TO) və uzununa (LO) optik modlara parçalanmasına səbəb olur. Hesablamalarımızda

LO–TO parçalanmasına səbəb olan uzağa təsir edən makroskopik sahələr dinamik matrisada Born effektiv yükü və yüksək tezlikli dielektrik sabitinin köməyi ilə nəzərə alınır. CdGa<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> kristalında  $\Gamma$  nöqtəsindəki bu parçalanmalar Şəkil 1–dən görüldüyü kimi fonon modlarında kəsilmələr və sıçrayışlar kimi özünü göstərir.



Şəkl. 1. CdGa<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> kristalında fonon spektri və hal sıxlığı.

### Ədəbiyyat:

1. A.N. Georgobiani, S.I. Radautsan, I.M. Tiginyanu. Semiconductors, 19, 193 (1985).
2. I.S. Yahia, M. Fadel, G.B. Sakr, F.Y. Hanoglu, S.S. Shenouda, W.A. Farooq. J. Alloys Compd., 509, 4414 (2011).
3. X. Gonze, J.M. Beuken, R. Caracas, F. Detraux, M. Fuchs, G.M. Rignanese, L. Sindic, M. Verstraete, G. Zerah, F. Jallet. Comput Mater. Sci., 25, 478 (2002).

## SOME PROPERTIES OF THE STRUCTURE BASED ON TLGASE<sub>2</sub> SINGLE CRYSTAL

**Aliyeva A.Y., Abasova A.Z.**

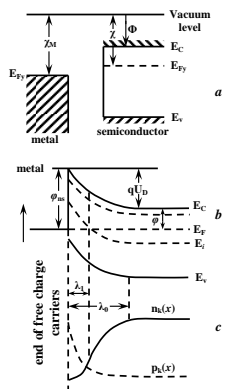
*Baku State University*  
[aytacle2001@gmail.com](mailto:aytacle2001@gmail.com)

Compensated p-type TlGaSe<sub>2</sub> single crystal was used in the work. First, a sensitive structure was obtained by adding Sn to it. Then its volt-ampere characteristics are determined. The work function of metals in a metal-semiconductor contact is denoted as  $A_m$  but the work function of semiconductors in a metal-semiconductor contact is denoted as  $A_s$ .  $A_m > A_s$ . [1]

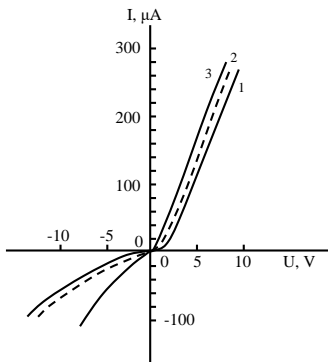
In figure 1,a the diagram is given without contact. In this case, thermodynamic equilibrium was not established. In a semiconductor, the energy required for an electron move from the bottom of conduction band to the vacuum is called electronegativity  $\chi$ . The quantity  $A_y$  between the energy corresponding to the Fermi level- $E_F$  in the semiconductor and the energy to the vacuum is called thermoelectronic work function. We can say that from figure 1,b when a metal and a semiconductor are connected to an external field, a certain number of electrons pass from the semiconductor to the metal. In this case the energy of the fermi level is same throughout the system. An excess of electrons is formed in the metal in the between metal and semicon-

ductor. In this space there is also a potential difference with uncompensated positive ions in the semiconductor:

$$U_{sp} = dE_{sp} \tag{1}$$



**Fig. 1.** Energetic band diagram of the semiconductor-metal transition



**Fig. 2.** Volt-ampere characteristics of diode structure based on TlGaSe<sub>2</sub> single crystal

Due to the formation of a depletion region on the surface of the semiconductor, the zone tilts upwards. If  $d \rightarrow 0$ , in this case we can say that  $E_{sp}$  and  $U_{sp} \rightarrow 0$  and an ideal metal semiconductor contact is formed. In this case, the height of the potential barrier of electrons passing from the semiconductor. It can be seen from figure 1,c the height of the potential barrier of electrons passing from the semiconductor to the metal is determined by the height of the QU band curvature. The formula of contact potential difference:

$$U_J = A_m - \frac{A_s}{q} \tag{2}$$

At a certain height, the concentration of electrons and holes becomes smaller than the concentration of  $N_D$  ions. This area is called volume load region. When the metal is connected to the pole of the external field, this region grows, and this is the connection in the opposite direction. In the opposite direction, this region become smaller and it is a straight connection. [2]

In Figure 2, the volt ampere characteristic of the structure created on the basis of TlGaSe<sub>2</sub> was analyzed at room temperature. After the initial crystals were investigated, they were irradiated with gamma quanta. Experiments have shown that there was no change in the dark current of the diode based on TlGaSe<sub>2</sub> when the dose of gamma quanta increased from 2.58 to  $2.58 \times 10^3$  Kl/kg.

**References:**

1. Бахышов, А.Э., Мусаева Л.Г., Лебедев А.А., Якобсон М.А. Оптические и фото-электрические свойства монокристаллов TlGaSe<sub>2</sub> // ФТП, – 1975, 9, – 1548.
2. Абдуллаев Г.Б., Искандер-заде З.А. Некоторые вопросы физики электронно-дырочных переходов.: «Элм», Баку, – 1971, – 246.

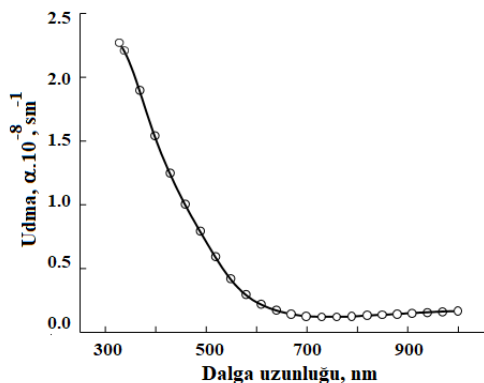
## **Cu<sub>2</sub>S-In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> TƏBƏQƏLƏRİNİN ALINMASI VƏ UDMA SPEKTRİ**

**Eyvazlı G.Q., Cahangirova S.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

geyvazli01@gmail.com

Hazırkı işdə mis və indium sulfidlərinin ayrı-ayrı fazalarının birgə çökmə sahələri "indium duzu - mis duzu - kompleksləşmə" sistemlərində qurulmuş tarazlığı xarakterizə edən  $p_{CH} = f(pH)$  asılılıqları qurmaqla müəyyən edilmişdir. Hidroksid və turşu sistemlərində indiumun müxtəlif mürəkkəb formalarının fraksiya konsentrasiyalarının tərkibi liqandların konsentrasiyası və mühitin pH-dan asılı olaraq hesablanmışdır. Tioasetamidin (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NS) istifadəsi geniş pH diapazonunda In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> əldə etməyə imkan verir. Nisbətən turş mühidə (pH 1,0-3,5). İndium duzunun natrium hidrok-sidlə 0,0001-0,100 mol/l konsentrasiya diapazonunda potensiometik titrasiyası, indium hidroksid fazalarının əmələ gəlməsini nəzərə alaraq, In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> sintezi üçün iki optimal pH diapazonunun 2,5-4,5 olduğunu aşkar etdi. Yuxarıda yazılan sərhəd şərtləri və In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> əmələ gəlməsinin kinetik tədqiqatları bu birləşmənin təbəqələrinin çökməsi üçün işçi məhlulu formalaşdırmağa imkan verdi. İndium sulfid təbəqələrinin alınması şəraitini optimallaşdırmaq üçün reaksiya qarışığının tərkibinin, çökmə vaxtının və prosesin temperaturunun onların böyümə sürətinə təsirini müəyyən etmək vacibdir. Alınan asılılıqları təhlil edərək deyə bilərik ki, 363 K sintez temperaturunda ilk 90 dəqiqə ərzində orta hesabla 0,42 nm/s sürətlə təbəqələrin intensiv böyüməsi müşahidə olunur. Bundan əlavə, təbəqənin böyümə sürəti tədricən azalır-0,02 nm/s. Təxminən 100 dəqiqəlik sintez müddətində təbəqə 2350-2450 nm maksimum qalınlığa çatır, sonra isə demək olar ki, sabit qalır. Proses 353 K-də aparıldıqda, təbəqə ilk 180 dəqiqə ərzində (orta artım sürəti 0,32 nm/s) 3400-3500 nm-ə qədər böyüyür, bundan sonra təbəqənin qalınlığı dəyişmir. 0,15 nm/s ən aşağı böyümə sürəti 343 K sintez temperaturunda müşahidə olunur. Alınmış In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> təbəqələrinin optik xassələrinin tədqiqi 300-1000 nm diapazonunda 140 nm qalınlıqdakı təbəqələrin udma spektrini foto şüşə üzərində qeyd etməklə həyata keçirilmişdir. Sintez edilmiş təbəqələr 330 nm-də  $2,26 \times 10^5 \text{ sm}^{-1}$  olan nisbətən yüksək udma əmsalına malikdir (şək.).  $(\alpha h\nu)^2$  kəmiy-yətinin düşən fotonun enerjisindən hu qrafik asılılığı quruldu. Təzə çök-dürülmüş nümunələr üçün onun dəyəri 2,8 eV idi ki, bu da 2,5 eV olan In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> üçün ədəbiyyatda əldə edilmiş Eg qiymətinə yaxındır. .



Şək. 1.

### Ədəbiyyat:

1. J. Lontchi, B. Khalfallah, M. Abaab, "Thermal Evaporated Undoped and Na-doped CuInS<sub>2</sub> with Copper Contact for Photovoltaic Applications", International Journal of renewable energy Research, Vol. 6 (2), pp.520-526, 2016.
2. A. Amara, W. Rezaiki, A. Ferdi, A. Hendaoui, A. Drici, M. Guerioune, J.C. Berne`de, M. Morsli, "Electrical and optical characterization of CuInS<sub>2</sub> crystals and polycrystalline co- evaporated thin films", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 91, pp.1916-1921, 2007.

## TlGaSe<sub>2</sub>-TlInS<sub>2</sub> BƏRK MƏHLULUNUN FOTOKEÇİRİCİLİYİ

**Məmmədhüseynova A.M., Həsənova L.H.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

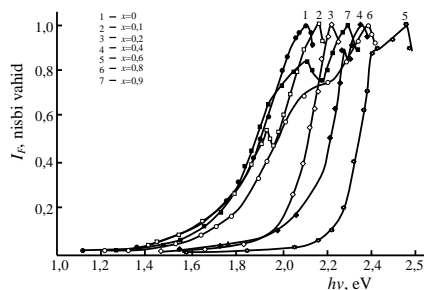
[memmedhuseynova.ayse99@gmail.com](mailto:memmedhuseynova.ayse99@gmail.com)

(TlGaSe<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(TlInS<sub>2</sub>)<sub>x</sub> bərk məhlulunun fotokeçiriciliyi tədqiq olunmuş müəyyən oblastda  $x=0\sim 0,4$  tərkiblərində fotokeçiriciliyin maksimumunun xətti dəyişdiyi,  $x=0,6\sim 1$  tərkibində isə xəttiliyin pozulduğu aşkar olunmuşdur.

Son illər dar zolaqlı bəsit maddələrə (Si, Ge və s.) yanaşı, geniş qadağan olunmuş zonaya malik A<sup>III</sup>B<sup>V</sup> və A<sup>II</sup>B<sup>VI</sup> tip birləşmələr əsasında yaranan müxtəlif strukturlar intensiv tədqiq edilsə də, müəyyən praktiki şəraitlərdə onların fiziki parametrlərinin dayanıqsızlığı, yeni materialların alınmasını tələb edir.

Hazırda tədqiqatçıların geniş tədqiqat obyektinə çevrilmiş materiallardan biri laylı və zəncirvari quruluşa malik A<sup>III</sup>B<sup>III</sup>C<sub>2</sub><sup>VI</sup> tipli yarımkeçirici birləşmələrdir. Bu materialların deffektli quruluşa malik olmasına baxmayaraq onların ultrabənövşəyi, görünən, infraqırmızı, rentgen və qamma şüalara qarşı yüksək həssaslığa malik olması onların öyrənilməsinin aktuallığını artırır.

Baxılan işdə (TlGaSe<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(TlInS<sub>2</sub>)<sub>x</sub> bərk məhlullarının fotokeçiriciliyi öyrənilmişdir. Fotokeçiriciliyin spektral xarakteristikası 300 K temperaturda çıxarılmışdır.



Şək. 1.

Şəkildən görüldüyü kimi bərk məhlulların fotohəssaslığı 1,2-dən 2,5 eV-a qədər geniş spektral oblastı əhatə edir və xarakteristika mürəkkəb xarakter daşıyır.  $X=0-0,4$  tərkiblərində fotokeçiriciliyin maksimal qiymətinin azalmasının yarısına uyğun enerji böyük enerjilərə doğru xətti yerini dəyişir,  $x=0,6-1$  tərkibləri üçün bu xəttlilik pozulur.  $X=0,9$  tərkibinə uyğun fotokeçiriciliyin spektral paylanma əyrisində 2,26 və 2,1 eV enerjilərdə iki maksimum müşahidə olunur,  $x=0,8$  tərkibli kristalda isə bu maksimumlar 2,35 və 1,95 eV-a təfəvüq edir.

#### Ədəbiyyat:

- 1.Guseinov G.D, Ramanzade A.M, Kerimova E.M, İsmailov M.Z. About a group of three component compounds being analogous to binary semiconductors of the  $A^{III}B^{VI}$  type. Phys. stat. sol. 1967, V.22, N1, P.k 117-122
- 2.Sardarly R.M, Salmanov F.T and Aliyeva N.A. Type of optical transitions at the fundamental absorption edge in  $TlGaSe_2$  and  $TlInS_2$  crystals subjected to  $\gamma$ -radiation ISSN 0030-400 X, optica and spectroscopy, 2019 vol 127, N3, PP 454-458

## КАРС.НЕСТАЦИОНАРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

**Меняева А.Р., Касумова Р.Д.**

*Бакинский Государственный Университет*  
[ranaqasimova@bsu.edu.az](mailto:ranaqasimova@bsu.edu.az)

Рамановская спектроскопия – мощный инструмент для дистанционного метода исследования спектра структуры различных объектов: газов, жидкостей и твердых тел. Современные методы передачи информации основываются на волоконных системах связи. В волоконно-оптических датчиках лазерный луч распространяется по волокну и фиксирует все изменения в волокне. Поднять уровень полезного сигнала в волокне можно при использовании метода когерентного антистоксового рассеяния света (КАРС). Уровень полезного сигнала в CARC-методе по сравнению с обычным спонтанным рамановским рассеянием на несколько порядков выше. Сравнение сигналов антистоксовой компоненты при спонтанном комбинационном рассеянии и при CARC показывает, что генерируемый антистоксовый сигнал в CARC-методе в сравнении с сигналом спонтанного комбинационного рассеяния отли-

чается малой расходимостью и отсутствием люминесценции исследуемых веществ в области антистоксовых частот [1].

При нестационарном режиме генерации антистоксовой компоненты КАРС эффективность процесса генерации компонент рассеяния зависит как от фазовой расстройки взаимодействующих волн, так и от эффектов групповой расстройки и дисперсионного расплывания. Дисперсионные свойства среды существенно влияют на процесс нелинейного взаимодействия [2].

До сих пор изучение КАРС проводилось в приближении заданного поля (ПЗП), который не учитывает изменения фаз волн. Наши исследования проводятся в приближении заданной интенсивности (ПЗИ).

В данном приближении были исследованы спонтанное рассеяние для двух вариантов размещения активной среды: внутри лазерного резонатора и во внешнем резонаторе и КАРС в стационарном случае [3-4]. Нестационарный случай генерации компонент рассеяния рассмотрен в [5].

В работе получено аналитическое выражение для комплексной амплитуды Фурье-спектра антистоксовой компоненты рассеяния.

#### **Литература:**

1. G. Agrawal. Nonlinear Fiber Optics. Academic, San-Diego, CA, 1995.
2. Y.R. Shen. Principles of Nonlinear Optics, Wiley, New York, 1984.
3. R.J. Kasumova. Raman scattering at the intracavity parametric interaction. Applied Optics, 2001, v.40, No.28, p.5517-5521.
4. Р.Дж. Касумова, Н.В. Керимова, Г.А. Сафарова. Фазовые эффекты при когерентном антистоксовом рассеянии света. Журнал прикладной спектроскопии, 2021, т. 88(1), 17-24
5. W.M. Tolles, J.W. Nibler, J.R. McDonald, A.B. Harvey. A review of the theory and application of coherent anti-Stokes Raman Spectroscopy (CARS). Applied Spectroscopy, 31(4) 1977 253-271.

## **TlGaS<sub>2x</sub>Se<sub>2(1-x)</sub> KRİSTALINDA AŞQAR FOTOKEÇİRİCİLİK**

**Məmmədova R.E., Məhəmmədov Ə.Z.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[sakomemmedov92@gmail.com](mailto:sakomemmedov92@gmail.com)

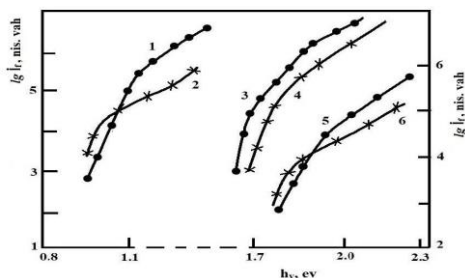
TlBX<sub>2</sub> (B-Ga, Jn, x-Te, S, Se) tip kristalların tədqiqi onların praktik cəhətdən perspektiv olduğunu göstərmişdir. Bu maddənin əsasında görünən və yaxın infraqırmızı oblastda qəbuledicilər, yüksək həssaslıqlı detektorlar hazırlamaq mümkün olduğu fikri söylənilmişdir. Baxılan kristallar layvari və zəncirvari quruluşa malikdir, anizotropdur və bir çox xüsusiyyətlərinə görə klassik yarımkeçiricilərdən fərqlənirlər. Onların içərisində qadağan olunmuş zolağının eni 2-3 ev intervalında olan TlGaX<sub>2</sub> ümumi formullu birləşmələr daha çox maraqlı kəsb edir. Göstərilən maddələrin əsasında alınan bərk məhlulların parametrləri geniş oblastda dəyişdiyindən TlGaS<sub>2</sub>-TeGaS<sub>2</sub> bərk məhlullarının elektron xassələrinin öyrənilməsi praktiki tətbiqinin mümkünlüyü



haqqında məlumat verir. (1,2)

Baxılan işdə  $TlGaS_{2x}Se_{2(1-x)}$  kristallarında lokal səviyyələri öyrənmək üçün aşqar fotokeçiricilik öyrənilmişdir. Aşqar səviyyələrin dərinliyi fotoeffektin uzundalğalı sərhəddindən təyin edilir. Aşqar fotokeçiriciliyin spektri qadağan olunmuş zonada Fermi səviyyəsinin dərinliyindən asılıdır və fotokeçiriciliyin uzundalğalı sərhəddi bəzən minimum aktivləşmə enerjisindən fərqlənir.  $h\nu > E_g/2$  halında valent zonası – aşqar səviyyəsi – keçirici zona kimi ikiqat keçidlər yer ala bilər. Bu halda spektral asılıqdan səviyyənin dərinliyini təyin etmək çətinləşir.

Yarımkeçiricini əlavə fon işıqla işıqlandırdıqda dərin səviyyələrin dolub-boşalması baş verir və aşqar fotokeçiriciliyin spektral asılılığında adi halda müşahidə olunmayan səviyyələr fotokeçiricilikdə iştirak edir.



Şək. 1.

Beləliklə bu mühakimələrdən görünür ki, aşqar fotokeçiriciliyin spektral asılığının tədqiqi qadağan olunmuş zolağın enerji spektrinitam təyin etməyə imkan verir.  $TlGaS_{2x}Se_{2(1-x)}$  sistemində  $x=0,5$  olan nümunələrin həssaslığı yüksək olmuşdur. Nümunələrin yüksək fotohəssaslığa malik olması bütün ölçmələrin sabit modulyasiya olunmamış işıqla aparılmasına imkan verir. Şəkildə  $TlGaS_2$ ,  $TlGaS_{1.4}Se_{0.6}$ ,  $TlGaSSe$ ,  $TlGaS_{0.4}Se_{1.6}$  və  $TlGaSe_2$  nümunələrində  $77 \div 300$  k temperaturlarda aşqar fotokeçiriciliyin spektral asılıqları verilmişdir.  $TlGaS_{2x}Se_{2(1-x)}$  kristallarının uzundalğalı sərhəddi tərkibindən asılı olaraq  $0,8 - 1,7$  eV oblastda yerləşmişdir. Şəkil  $TlGaS_{0.6}Se_{1.4}$ (1,2),  $TlGaS_2$ (3,4),  $TlGaS_{1.4}Se_{0.6}$ (5,6) nümunələrində müxtəlif temperaturlarda aşqar fotokeçiriciliyin spektral asılılığı T,k:300-1,3,5; 90K-2,4,6. 3,4,5,6 əyriləri üçün ordinant oxu sağdadır.

#### Ədəbiyyat:

1. Тоджаев Э.М., Джафарова С.Р., Гюльмфмедов К.Д., Мамедов Э.М., Синтез и выращивание монокристаллов  $TlInSe_2$  и  $TlGaSe_2$  Неорганические материалы, 2009, Т.45, №7, С.790-792;
2. Керимова З.М., Мустафаева С., Керимов Р.Н., Гаджиева Г.А., Фото и рентгенопроводимость твердых растворов  $(TlGaS_2)_{1-x} (TlInSe_2)_x$  неорганические материалы, 1999, Т.35, №11 С.313-314.

## TIİnS<sub>2</sub> MONOKRİSTALININ ELEKTRİKKEÇİRİCİLİYİNİN TEZLİKDƏN ASILILIĞI

**Cəfərova S.S., Həsənova L.H.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
[sitareceferova1@gmail.com](mailto:sitareceferova1@gmail.com)

Geniş yayılmış, ətraflı tədqiq olunmuş və yarımkeçirici optoelektronikada tətbiq olunan A<sup>III</sup>B<sup>VI</sup> birləşmələri əsasında çox perspektiv xassələrə malik, geniş optik diapozonda yüksək fətohəssaslığa malik A<sup>I</sup>B<sup>III</sup>C<sup>VI</sup> üçqat birləşmələri də diqqət mərkəzindədir. Baxılan işdə β-TIİnS<sub>2</sub> kristalının dəyişən elektrik sahəsində elektrikkeçiriciliyinə baxılmışdır.

[f] işində β-TIİnS<sub>2</sub> birləşməsinin optik, elektrofiziki və fotoelektrik xassələrini öyrənərək müəyyən etmişlər ki, onun qadağan olunmuş zolağının eni 2,2 eV, onun temperatur əmsalı  $vE_g/dT=6,0 \cdot 10^{-4}$  eV/dər, elektron və deşiklərin effektiv kütlələri uyğun olaraq  $m_n=0,34m_0$  və  $m_p=0,764m_0$ . Bu işdə həmçinin qeyd olunmuşdur ki, TIİnS<sub>2</sub> yarımkeçiricisinin iki modifikasiyası var: α-TIİnS<sub>2</sub> və β-TIİnS<sub>2</sub> modifikasiyaları bir-birindən vizual olaraq fərqlənir. α-TIİnS<sub>2</sub> qara, β-TIİnS<sub>2</sub> isə açıq narıncı rənglidir.

Baxılan kristal kompensə olunmuşdur ona görə onlarda aşqarlarla köçürmə mexanizmi rol oynaya bilər. Ölçü aparmaq üçün lazımi ölçüdə nümunələr TIİnS<sub>2</sub> layvarı kristalının mondit kristalından ülgüclə ayrılır, onların üst və alt laylarına gümüş pastasından kontaktlar qoyulur. Beləliklə nümunə arasında tədqiq olunan maddə yerləşən müstəvi kondensator şəklində olur. Elektrikkeçiriciliyin tezlikdən asılılığı müxtəlif temperaturalarda ( $4 \cdot 10^1 - 10^4$ ) Hs tezlik intervalında dəyişən cərəyan körpüsünün köməyi ilə aparılır. Bu vaxt tətbiq olunan gərginlik 5V-dan çox olmamışdır.

Tədqiq olunan kondensator dəyişən tutumlu kondensatora paralel yerləşmiş rəqs konturuna birləşdirilir. Kondensatorun müqaviməti və tutumu aşağıdakı düsturlarla təyin olunur.

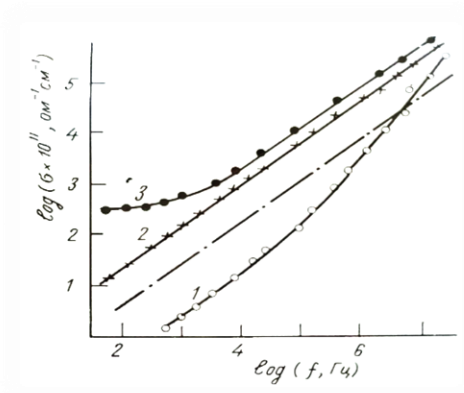
$$R = \frac{10^{12}}{2\pi\nu} \frac{Q_1 Q_2}{C_1(Q_1 - Q_2)} \quad (1)$$

$$C_{nüm} = C_1 - C_2 \quad (2)$$

Burada  $\nu$ - tezlik (Hs),  $C_1$  və  $C_2$  - nümunə qoşulduqda və qoşulmadıqda tutumdur,  $Q_1$  və  $Q_2$  isə nümunəli və nümunəsiz keyfiyyət əmsalıdır. Şəkil1-də nümunənin keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı verilmişdir. Tədqiq olunan bütün nümunələr üçün keçiriciliyin tezlikdən asılılığı aşağıdakı düstura tabedir.

$$\sigma(\nu) = \sigma_0 \nu^S \quad (3)$$

$\sigma_0$ - özü də temperaturdan asılıdır və temperatur oblastından asılı olaraq 0,2-dən 1,3-ə qədər dəyişir.



**Şəkl.1.**  $\beta$ -TlInS<sub>2</sub> nümunəsinin elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılılığı T, K: 1-77, 2-300K, 3-400K.

**Ədəbiyyat:**

1. Guseinov G.D., Ramazanzadə A. M., Kerimova E. M. and İsmailov M. Z. about a group of three component compounds being analogies to binary semiconductors of the A<sup>III</sup>B<sup>VI</sup>-type. Phys.stat.sol, 1967,V.22,N1,P.k 117-122.

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

**Qafarlı F.R., Dadaşova V.V.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[faridqafarli@gmail.com](mailto:faridqafarli@gmail.com)

Peşl-Teller potensialı [1,2] kvantlanmış nazik təbəqə üçün potensialı, enerji spektrı və dalğa funksiyasını yazaq. Onda

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

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

$$\psi_{n,k_x,k_y,\lambda}(x, y, z)$$

$$= e^{i(kx+ky)} \left( \frac{\alpha(\lambda - n) \Gamma(2\lambda - n + 1)}{\Gamma(n + 1)} \right)^{\frac{1}{2}} LegendreP(\lambda, n - \lambda, t \hbar \alpha z) \quad (3)$$

Burada  $n=0,1,2,\dots,n<\lambda$ ;  $\lambda>0$ ;  $k_x, k_y$  - dalğa vektorlarıdır.  $\Gamma(x)$ ,  $P(x)$ ,  $J(x)$  uyğun olaraq Qamma, Lejandr və Bessel xüsusi funksiyalarıdır[3]

Bilirik ki, elektron ion qarşılıqlı təsirinin potensialı[4]

$$U(x, y, z) = \frac{z_{ion} e^2}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Onda elektron ion qarşılıqlı təsirinin matris elementi[4] isə

$$M_{e_{ion}} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{L_y L_x}\right) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i((k_x - k_y)y + (k_x - k_y)x)} \Gamma[1, -1, \text{Tanh}(az)]^2 \times \frac{z_{ion} e^2}{x(x^2 + y^2 + z^2)} \quad (4)$$

İfadə olunur.

Buradan silindrik koordinatlara keçsək[5]

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

Bu integralları hesabladıqdan sonra növbəti nəticəni alırıq

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

İfadəsini alırıq.

#### Ədəbiyyat:

1. X.A.Гасанов, Дж.И.Гусейнов, В.В.Дадашова, А.Э.Набиев, А.М. Гурбанов Диэлектрическая функция квантово-размерной тонкой пленки с модифицированным потенциалом Пешля-Теллера.
2. X Международная конференция "Аморфные и микрокристаллические полупроводники" Санкт-Петербург, 4—7 июля 2016 года
3. Костробій П.П., Рижа І.А.. Вісник Національного Університету "Львівська Політехніка" "Фізико-математичні науки" Вип.№718,(2011) с.89-95.
4. Handbook of Mathematical Function, Ed. By M.Abramowitz and I.A.Stegun (Dover, New York, 1971; Nauka, Moscow,1979).
5. Гантмахер В.Ф., Левинсон И.Б. Рассеяние носителей тока в металлах и полупроводниках.М., Наука, 1984.
6. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. М., Наука, 1978

## HİPERBOLİK PEŞL-TELLER POTENSİALLI TƏBƏQƏLƏRDƏ ÇARPAZ ELEKTRİK VƏ MAQNİT SAHƏSİNDƏ ELEKTRONLARIN ENERJİ SPEKTRİ VƏ DALĞA FUNKSİYALARI

**Qafarlı F.R., Dadaşova V.V.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[faridqafarli@gmail.com](mailto:faridqafarli@gmail.com)

Şredinger tənliyini həll edərək enerji spektri və dalğa funksiyalarını təyin edək. Bunun üçün  $\widehat{H}\psi = E\psi$  formulunda aşağıdakı ifadəni qoyaq

$$H = \frac{1}{2m}p_x^2 + \frac{1}{2m}\left(p_y + \frac{e}{c}A_y\right)^2 + \frac{1}{2m}p_z^2 - \frac{\lambda(\lambda-1)\alpha^2}{ch[\alpha z]^2} + eEx \quad (1)$$

Bizdən əvvəl hiperbolik Peşl-Teller potensialını [3] işində istifadə etmişdilər. [3] işindəki potensial növbəti formada verilmişdir

$$u = \lambda(\lambda-1)\alpha^2\left(1 - \frac{1}{ch[\alpha z]^2}\right) \quad (2)$$

Ancaq bu potensialı vahidi atmaqla daha asan formada yazmaq olar

$$u = \lambda(\lambda-1)\alpha^2 th[\alpha z]^2 \quad (3)$$

Şredinger tənliyini həll etmək üçün  $\psi$  dalğa funksiyasını dəyişənlərə ayıraraq

$$\psi[x, y, z] = w[y]v[x]u[z] \quad (4)$$

Qeyd olunan düsturda  $w[y]$  bərabərdir

$$w[y] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} Exp[iky]$$

Enerji spektrini isə belə hesablaya bilərik

$$\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \frac{\hbar^2\alpha^2}{2m}\lambda(\lambda-1) \quad (5)$$

Dalğa funksiyasında  $v[x]$ -i tapmaq üçün biz aşağıdakı düsturdan istifadə edirik

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\partial_{x'} v[x] + \frac{1}{2m}\left(\hbar k + \frac{eB}{c}x\right)^2 v[x] + eExv[x] = \epsilon_1 v[x] \quad (6)$$

$u[z]$ -i hesabladıqda isə növbəti düsturdan istifadə edəcəyik

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\partial_{z'} u[z] - \frac{\lambda(\lambda-1)\alpha^2}{ch[\alpha z]^2} u[z] = \epsilon_2 u[z] \quad (7)$$

Həllin Harmonik osilyator üçün olduğunu nəzərə alaraq biz oisjoii istinadən alırıq ki

$$\begin{aligned} \epsilon_2 = -\frac{\hbar^2 k^2}{2m}; a = \frac{1}{2}\left(\lambda - \frac{k}{\alpha}\right); b = \frac{1}{2}\left(\lambda + \frac{k}{\alpha}\right); u_e[z] = \\ ch[\alpha z]^\lambda {}_2F_1\left[a, b, \frac{1}{2}, -sh[\alpha z]^2\right]; u_0[z] = ch[\alpha z]^\lambda sh[\alpha z] {}_2F_1\left[a + \frac{1}{2}, b + \right. \\ \left. \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, -sh[\alpha z]^2\right] \end{aligned} \quad (8)$$

Cüt  $\frac{k}{\alpha} = \lambda - 1 - 2n$  həllər üçün yuxarıda qeyd olunan formullar aşağıdakı hal alır

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= \frac{1}{2} \left( \lambda - \frac{k}{\alpha} \right); \mathbf{b} = \frac{1}{2} \left( \lambda + \frac{k}{\alpha} \right); \mathbf{u}_e[\mathbf{z}] = \mathbf{ch}[\alpha \mathbf{z}]^\lambda {}_2F_1 \left[ \mathbf{a}, \mathbf{b}, \frac{1}{2}, -\mathbf{sh}[\alpha \mathbf{z}]^2 \right]; \\ \mathbf{u}_0[\mathbf{z}] &= \mathbf{ch}[\alpha \mathbf{z}]^\lambda \mathbf{sh}[\alpha \mathbf{z}] {}_2F_1 \left[ \mathbf{a} + \frac{1}{2}, \mathbf{b} + \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, -\mathbf{sh}[\alpha \mathbf{z}]^2 \right] \end{aligned} \quad (9)$$

#### Ədəbiyyat:

1. Зигфрид Флюгге, задачи по квантовой механике
2. А. И. Ансельм, Введение в теорию полупроводников
3. P.P. Kostrobij, I.A. Rizha, A model for thin electron film.

## ZnEuS<sub>2</sub> BİRLƏŞMƏSİNİN SİNTEZİ VƏ BƏZİ FİZİKİ-KİMYƏVİ XASSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Əliyev K.Ə., Məmmədova S.O., Əhmədov Ə.İ.

*Bakı Dövlət Universiteti*

Kazim.aliyev.1959@mail.ru

Geniş dalğa intervalında işləyə bilən, xarici təsirlərə, yüksək radiasiyaya, böyük təzyiqə və temperatura davamlı yarımkeçirici maddələrin, hərtərəfli öyrənilməsi məsələsi qarşıya qoymuşdur. Yeni yarımkeçirici birləşmələrin sintezi və onların fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi, ən aktual məsələlərdən biridir. Ədəbiyyat materiallarının analizindən bizə məlumdur ki, sink-sulfid (ZnS) çox yaxşı fotohəssas maddədir. Nadir torpaq elementi olan evropium əsasında alınan EuS birləşməsi maqnit xassəli yarımkeçiricidir. İşin əsas məqsədi sink-sulfid və evropium-sulfid (EuS) arasında gedən qarşılıqlı təsirin xarakterini öyrənmək, bu qarşılıqlı təsir zamanı alınan ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsinin optimal sintez rejimini müəyyən etmək və bu birləşmələrin xassələrini tədqiq etməkdən ibarətdir. ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsi ilk dəfə olaraq sintez edilmişdir. ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsinin sintezi vizual kombinə edilmiş ampula üsullu ilə 900-1000<sup>o</sup> C temperaturda aparılmışdır. Alınmış ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsi açıq qonur rəngli toz halında kristallik, çətin əriyən maddədir. Bu birləşmənin ərimə temperaturu yüksək temperaturlu differensial-termiki analizlə köməyi ilə müəyyən edilmişdir. Ərimə temperaturu 1550<sup>o</sup>C-dir. Alınan birləşmənin piknometrik üsulla sıxlığı təyin edilmişdir. ZnEuS<sub>2</sub>-ün sıxlığı  $\rho = 5,89 \text{ q/sm}^3$  - dir. Bu birləşmənin mikrobərkliyi PMT-3 markalı mikrobərkliyi ölçən cihazla təyin edilmişdir. ZnEuS<sub>2</sub> üçün bərklik  $H\mu = 2260 \text{ MPa}$ -dir. ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsi hava və suya qarşı davamlıdır, yalnız mineral turşular onu parçalayır. ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsinin rentge-difraktoqramı difraktometr D2 Avance firma Brukerdə çəkilmişdir. Rentgen faza analiz vasitəsilə birləşmənin fərdiliyi sübut olunmuşdur. YTDTA və mikroquruluş analizləri bunu tam təsdiqləyir. ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsi yuxarı simmetriyalı kubik sinqoniyada kristallaşır. Hesablanmış qəfəs sabitləri aşağıdakı kimidir. ZnEuS<sub>2</sub> :  $a = 8.90 \text{ \AA}$  - dir. ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsinin bir sıra elektrofiziki xassələri öyrənilmişdir. ZnEuS<sub>2</sub> birləşməsinin elektrik keçiriciliyinin, termo.e.h. qüvvəsinin temperaturdan asılılığı və

maqnit sahəsində müqavimətin dəyişməsi (Qaus effekti) öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bu birləşmə n-tip maqnit xassəli yarımkeçiricidir. Onun qadağan olunmuş zolağının eni  $\Delta E = 1,48$  ev-dur.

**Ədəbiyyat:**

1. Трушкин В.Н., Андреев П.В., Фаддаев М.А. «Рентгеновский Фазовый анализ поликристаллический материалов.» Нижний Новгород 2012 стр. 251-260
2. Р. Драго «Физические методы в химии» Из-во Мир Москва 1981 г. стр.422-430
3. Роман В.Р., Бодак Е.О. «Ведение в физику полипровадников» Москва 2015 стр.125-130
4. Голубков А.С., Охотин Ю.А. «Методы измерения характеристик магнитических материалов и преобразователей» Москва 2015 стр. 140-160

**Si/ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> HETEROKEÇİDİNİN FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ  
TERMİK EMALIN TƏSİRİ**

**İsgəndərli A.S., Cəfərov M.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

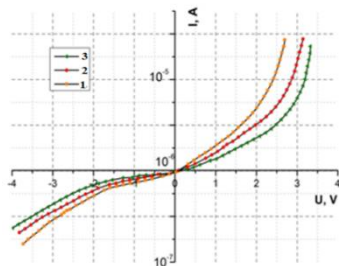
asyaa889@gmail.com

Heterokeçidlərin fotoelektrik xassələrinin tədqiqi fototranzistorlarda və günəş elementlərində praktiki tətbiqi baxımından çox aktualdır. Lakin heterokeçidlərin fizikası və texnologiyasının digər vacib aspekti də qeyri-ideal heterokeçidlərin tədqiqi və praktiki tətbiqi ilə bağlıdır. Qeyri-ideal heterokeçidlərdə yarımkeçiricilərin müxtəlif xassələri ilə bağlı bir sıra müxtəlif effektlər və hadisələr müşahidə olunur. Qeyri-ideal heterokeçidlərin öyrənilməsinin istiqamətlərindən biri də  $A^2B^6$  birləşmələrinin əsasında günəş elementlərinin tətbiqi imkanlarının araşdırılmasıdır [1-3].

Müxtəlif kimyəvi və faizcə tərkibli ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> nazik təbəqələri Si altlıqlar üzərində məhluldan kimyəvi çökdürmə metodu ilə alınmışdır. Tədqiq olunan heterokeçidin fotohəssaslığın spektral paylanması, qaranlıq və işıqda volt-ampere xarakteristikaları, volt-farad xarakteristikaları tədqiq olunmuşdur.

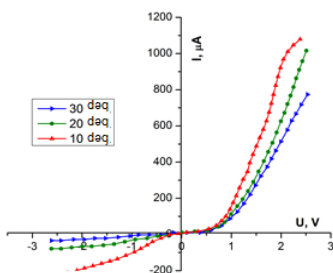
Si/ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> heterokeçidinin termik emaldan əvvəl qaranlıq volt-ampere xarakteristikaları müxtəlif tərkibli ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> təbəqələri üçün şəkl. 1 -də göstərilmişdir.

Müxtəlif müddətlərdə termik emal olunmuş Si/ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> (x=0,5) heterokeçidinin termik emaldan sonra volt-ampere xarakteristikaları şəkil 2 -də göstərilmişdir/Müxtəlif müddətdə termik emal olunmuş Si/ ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> (x=0,5) heterokeçidinin işıq volt-ampere xarakteristikalarının (b) təhlili göstərir ki, Havada 20 dəq. müddətində termik emal olunmuş heterokeçidlər üçün açıq dövrə gərginliyi 0,9 V, qısa qapanma cərəyanı 36-38 mA/sm<sup>2</sup>-a çatır.



**Şəkil 1.** Si/ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> heteroqəçidinin T = 300 K temperaturda stasionar volt-ampere xarakteristikaları. X= 1-0.2, 2-0.3, 3-0.5.

Si/ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> (x=0,5) heteroqəçidinin termik emaldan əvvəl volt-ampere xarakteristikalarının əksinə qolu  $I \sim U^n$  üstlü qanunu ilə təsvir etmək olur. (Şəkil 2).



**Şəkil 2.** Si/ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> (x=0,5) heteroqəçidinin termik emaldan sonra volt-ampere xarakteristikaları.

Termik emaldan sonra heteroqəçidlərin əksinə VAX-ında  $U = 3V$ -a qədərki hissədə  $X=0,5$  tərkibli heteroqəçidlər üçün,  $n < 2$  olur və gərginliyin  $U = 1,5 V$  qiymətinə qədər olan hissədə əsasən  $n = 1$  olan generasiya cərəyanları üstünlük təşkil edir.  $U = 2V$  gərginliyinə qədər  $m \approx 1$  üst göstəricisi ilə  $I \propto U^m$  qanununa tabe olur ki, bu da fəza yükləri ilə məhdudlanan cərəyanlar üçün yükdaşıyıcıların doyma sürətində yükdaşıyıcıların tunel keçidi üçün tipikdir. Tədqiq olunan Si/ZnSe<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub> heteroqəçidlərində gərginliyin artması ilə əks cərəyanın müşahidə olunan artımı həmçinin onların kənarında defektlərin olması ilə əlaqələndirilə bilər.

#### Ədəbiyyat:

1. M.M. Ivashchenko, I.P. Buryk, A.S. Opanasyuk, Influence of deposition conditions on morphological, structural, optical and electro-physical properties of ZnSe. Materials Science in Semiconductor Processing 36 (2015) 13-19.
2. X. Zhang, L. Wang, Y. Wu, Y. Wang, P. Gao, Y. Han, J. Jie, ZnSe nanowire/Si p-n heterostructure: device construction and optoelectronic applications, Nanotechnology 24 (2013) 395201-1-395201-7.



## Cu-QRAFİT/p-CdTe/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S/ZnO HETEROKEÇİDLƏRİ ƏSASINDA ELASTİKİ GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİNİN FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

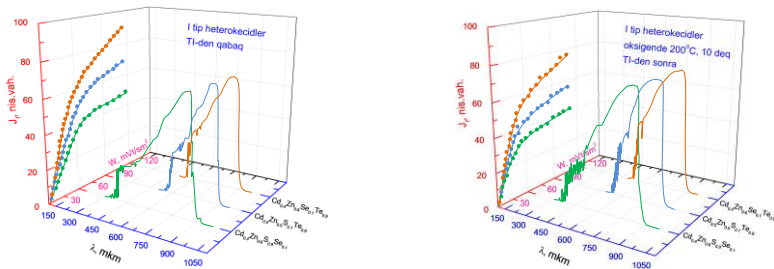
**Qənbərova S.V., Məmmədov H.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[sevinjanbarova@bsu.edu.az](mailto:sevinjanbarova@bsu.edu.az)

İşdə tədqiq edilən I tip heterokeçidlərin fotoçeviricilik xüsusiyyəti malik olduğu tədqiq edilmişdir. Ümumiyyətlə, heterokeçiricilərin bütün tipləri çökdürülmədən sonra fotovoltaiq effekt nümayiş etdirir. I tip heterokeçidlərin fotoelektrik parametrləri çox kiçik olur (0.07%). Bunun isə iki səbəbi var: birinci səbəb - Cu-nun elektrik kontaktlarından keçidə diffuziyası zamanı defektlərin konsentrasiyasının yüksək olması, ikinci səbəb isə nazik təbəqələrin polikristalliklik dərəcəsinin yüksək olmasıdır.

Qısa qapanma rejimində tədqiq olunan materialın fotohəssaslıq spektrini təyin etmək üçün bu heterokeçidlər şəffaf təbəqə olan SnO<sub>2</sub> ilə işıqlandırılmışdır. Şəkildə bu tip heterokeçidlər üçün qısa qapanma cərəyanı sıxlığının spektral paylanma əyrilərinin təsviri əks etdirilmişdir. Şəkilə baxdıqda şəffaf təbəqə qısa dalğa uzunluğuna malik işıq ilə işıqlandırıldıqda n-A<sub>11</sub>B<sub>V1</sub>, uzun dalğa uzunluğuna malik işıq ilə işıqlandırıldıqda isə p-CdTe-də maksimumları müşahidə etmək mümkündür.



**Şək. 1.** I tip heterokeçidlərdə qısa qapanma cərəyanı sıxlığının spektral paylanma əyriləri

I tip heterokeçidlərin fotoelektrik parametrləri çox kiçik olur (0.07%). Bunun isə iki səbəbi var: birinci səbəb - Cu-nun elektrik kontaktlarından keçidə diffuziyası zamanı defektlərin konsentrasiyasının yüksək olması, ikinci səbəb isə nazik təbəqələrin polikristalliklik dərəcəsinin yüksək olmasıdır.

Oksigen mühitində termik işlənmə zamanı I növ heterokeçidlərdə qısa dalğa uzunluğa malik oblastdakı ossilyasiyaların amplitudu ilkin temperaturalarda nisbi azalır. Lakin termik işlənmə temperaturu sonradan artdığı zaman yenidən böyüyür. Çökdürülmədən sonra kontakta gətirilmiş təbəqələrin rentgen diffraktometrik və elektron mikroskopu ilə əldə olunmuş nəticələrə əsasən bu materialların keçid kontaktında müxtəlif oriyentasiyalara və həndəsi

ölçülərə malik heteroqecidlərdən təşkil olunmuş polikristal olduğu təyin edilmişdir. Alınan materialın ümumi fotogərginliyini bu heteroqecidlərin ayrı-ayrı hissələrinin fotogərginliklərinin cəminə bərabər götürüləcək. Digər sözlə, işarələri fərqli olan nano-fotogərginliklər yekunda fotogərginliyin və fotocərəyanın relaksasiyası ilə nəticələnəcək. Termik işlənmə zamanı təbəqələrdə yenidən kristallaşma baş verdiyi üçün, digər tərəfdən də, nazik təbəqələrin səthi və həcmi tərəfindən udulmuş oksigen kristallitlərin arasından desorbsiya olunduğu üçün bu kristalliklər vahid xassəyə malik matris kimi formalaşır. Fotogərginliyin və fotocərəyanın termki işlənməsi zamanı ilk temperaturlarda I tip heteroqecidlərdə ossilyasiyalar azalacaqdır. Bunun səbəbi isə keçid oblastında müxtəlif təbiətli səth hallarının konsentrasiyasının azalmasıdır.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Abdinov A., Mamedov H., Amirova S. Properties of electrodeposited  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}_{0.9}\text{Se}_{0.1}/\text{CdTe}$  solar cells / EMRS-Spring Meeting, Strasbourg, France, 2006, p. OPI 03.
2. Meyers P., Phillips J. Effect of in situ CdCl treatment on spray deposited CdTe/CdS heterostructure / Proceedings of the 25th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, IEEE, New York, 1996, p. 789.
3. Rehana Z., Farhat S., ets. Study the efficiency of single crystal CdTe/ZnCdS solar cell at various temperatures and illumination levels // Energy Reports, 2015, v. 1, p. 58–61

## **Cu-QRAFİT/p-CdTe/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S/ZnO HETEROQEÇİDLƏRİ ƏSASINDA ELASTİKİ GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİNİN ELEKTRİK XASSƏLƏRİ**

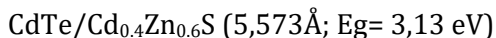
**Qənbərova S.V., Məmmədov H.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

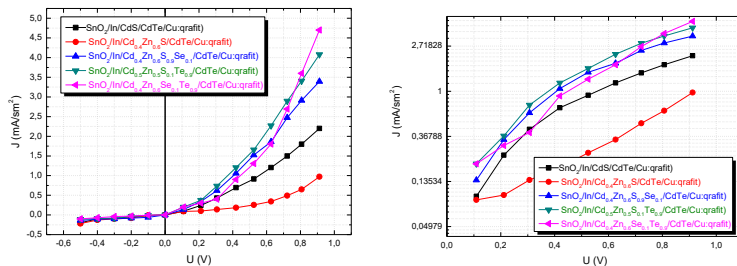
[sevinjanbarova@bsu.edu.az](mailto:sevinjanbarova@bsu.edu.az)

Cu-qrafit/p-CdTe/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S/ZnO heteroqecidli nazik təbəqəli günəş elementi sulu məhlulun elektrokimyəvi çökdürülməsi ilə əldə olunmuşdur. İncə təbəqələrin çökmə rejimi, kimyəvi tərkibi və faiz tərkibi, eləcə də müxtəlif mühitlərin, o cümlədən CdCl<sub>2</sub>, açıq hava, oksigen və arqon təsirindən asılı olaraq elektrik xüsusiyyətləri tədqiq olunmuşdur [1, 2, 3, 4].

Üçlü birləşmələrin nazik təbəqələrindən ibarət olan kompozisiyaların böyük əksəriyyəti, xüsusən Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S, CdTe ilə elektrikle təmasda olduqda, düzlənmə xüsusiyyətlərini nümayiş etdirir. CdTe (6.482 Å; E<sub>g</sub>=1.44 eV) ilə oxşar qəfəs parametrlərinə malik n-AIIBVI bərk məhlullarının nazik təbəqələrindən istifadə edərək heteroqecidlərin tədqiqinin nəticələri aşağıda ətraflı təsvir edilmişdir:



Cərəyan kontaktı olan heteroqecidlər çökdürülmə sonrasında istiqaməti CdTe nazik təbəqələrinin xarici sahənin müsbət istiqamətində olan düzləndirmə xüsusiyyəti nümayiş etdirdiyi müşahidə olunur.



**Şəkl. 1.** CdTe/n-AIIBVI heteroqəçidlərinin I tipi üçün adi miqyasda VAX-ı və düzünə cərəyanın yarımləqərfmik miqyasda VAX-ı

Təsvir edilən şəkildən aydın olur ki, ZnTe-nin CdTe bazasına daxil edilməsi düzünə cərəyanda nəzərəcərpacaq artım və heteroqəçidlərdə aşağı gərginliklərdə artıq tunel cərəyanlarının əhəmiyyətli dərəcədə azalması ilə nəticələnir. VAX təhlilindən aydın olur ki, I tip heteroqəçidlərin kimyəvi tərkiblərinin düzünə cərəyan - gərginlik əşlılığı iki fərqli hissədən ibarət olur:

$$1- I = I_{01} \exp\left(\frac{eU}{n_1 kT}\right) \quad (1)$$

$$2- I = I_{02} \exp\left(\frac{eU}{n_2 kT}\right) \quad (2)$$

burada,  $n_1$  VAX-ın birinci hissəsi,  $n_2$  isə ikinci hissəsinin qeyri-ideallıq əmsəlidir.

Yuxarıda da qeyd olunduğu kimi I tip heteroqəçidlərdə VAX iki hissədən ibarətdir. Bunun başlıca səbəbi Cu atomlarının əvvəlcə heteroqəçidlərin keçid oblasına və daha sonra n-A<sup>II</sup>B<sup>VI</sup> tipli nazik təbəqələrə diffuziyası ilə əlaqədardır. Bu da Cu atomlarının CdTe-nin tərkibində özünü p-tip aşqar kimi apararaq keçiriciliyini yaxşılaşdırması hesabına baş verir.

#### Ədəbiyyat:

1. Abdinov A., Mamedov H., Amirova S. Properties of electrodeposited In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Cd<sub>0.4</sub>Zn<sub>0.6</sub>Sn<sub>0.9</sub>Se<sub>0.1</sub>/CdTe solar cells / EMRS-Spring Meeting, Strasbourg, France, 2006, p. OPI 03.
2. Abdinov A., Mamedov H.ets. Heat treatment effects in In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Cd<sub>0.4</sub>Zn<sub>0.6</sub>Sn<sub>0.9</sub>Se<sub>0.1</sub>/CdTe heterojunction solar cells // Optoelectronics and advanced materials- rapid communications, 2007, v.1, № 9, p.480-483.
3. Mamedov H.M. Effect of heat treatment with CdCl<sub>2</sub> on the electrodeposited p-Si/CdTe/ Cd<sub>0.3</sub>Zn<sub>0.7</sub>Sn<sub>0.8</sub>Se<sub>0.2</sub> heterojunction/ EMRS- Spring Meeting, Strasbourg, 2008, p. L-P1 29
4. Mamedov H.M., Amirova S.I. Photosensitivity of SnO<sub>2</sub>/Cd<sub>0.8</sub>Zn<sub>0.2</sub>Sn<sub>0.1</sub>Se<sub>0.9</sub>/p-CdTe/Cu heterojunctions in visible and near IR region of spectrum// Proc. SPIE, 2007, v. 6636, p. 121-124

## **BÖLMƏ 4 NANOQURULUŞLARIN FİZİKASI VƏ TEXNOLOGİYASI**

### **PREPARATION AND STUDY OF COMPOSITE FIBERS BASED ON PVA AND SILVER NANOPARTICLES**

**Ahmadov K.İ., Muradov M.B.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

xaqanhmdov@gmail.com

This literature review focuses on the fabrication of composite nanofibers made by embedding silver nanoparticles into polyvinyl alcohol (Ag/PVA). Silver is a particularly attractive metal for this purpose due to its strong antimicrobial properties, while PVA has several useful properties such as chemical resistance, water solubility, and biodegradability.

To create Ag/PVA nanofibers, a mixture solution of PVA and Ag nanoparticles is typically prepared using electrospinning. In the first step of this process, Ag nanoparticles coated with PVP (Polyvinylpyrrolidone) should be created using tannic acid as a reducing agent. These Ag/PVP nanoparticles have good water solubility and stability due to the modification of PVP. The second step involves preparing the PVA solution, which is difficult to electrospin due to its high viscosity. To get over this issue, SDS (Sodium Dodecyl Sulfate) should be added to the solution. The last step is the addition of Ag/PVP nanoparticles to the PVA solution in order to create the Ag/PVA electrospinning solution.

After the electrospinning process, the resulting Ag/PVA nanofibers can be collected from an electrically grounded aluminum foil covering the collector. Nanofibers obtained through embedding silver nanoparticles into Polyvinyl alcohol (Ag/PVA) potentially can be used for various applications due to their unique properties. Silver is known for its strong antimicrobial properties that work against a wide range of microorganisms. By incorporating silver nanoparticles into PVA nanofibers, Ag/PVA nanofibers can be used as an antimicrobial agent in medical applications such as wound dressings, surgical gowns, and face masks.

#### **References:**

1. Tayser Sumer Gaaz, Abu Bakar Sulong,1, Majid Niaz Akhtar, Abdul Amir H. Kadhum, Abu Bakar Mohamad, and Ahmed A. Al-Amiery - Properties and Applications of Polyvinyl Alcohol, Halloysite Nanotubes and Their Nanocomposites (2015)
2. Zhijie Zhang, Yunping Wu, Zhihua Wang, Xueyan Zou, Yanbao Zhao, Lei Sun - Fabrication of silver nanoparticles embedded into polyvinyl alcohol (Ag/PVA) composite nanofibrous films through electrospinning for antibacterial and surface-enhanced Raman scattering (SERS) activities (2016)
3. Yan Yang, Zhijie Zhang, Menghui Wan, Zhihua Wang, Xueyan Zou, Yanbao Zhao and Lei Sun, A - Facile Method for the Fabrication of Silver Nanoparticles Surface Decorated Polyvinyl Alcohol Electrospun Nanofibers and Controllable Antibacterial Activities(2020)
4. Sunaryono Sunaryono, Aulia Rachmawati, Chusnana Insjaf Yogihati, Hendra Susanto, Ahmad Taufiq, Nandang Mufti - The effect of Ag nanoparticles in Ag/polyvinyl alcohol nanofiber composites (2021)

## **MAGNETORESISTIVE EFFECT IN NANOCOMPOSITES PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+MWCNTs.**

**Alizada S.G., Hajiyeva F.V., Shirinova H.A.**

*Baku State University*  
[sehla.azada@gmail.com](mailto:sehla.azada@gmail.com)

One of the most requested recent studies years is the creation of polymer composites filled with magnetic nanoparticles. Polymer systems containing nanoparticles of metals and their oxides are materials with unique magnetic and electrophysical properties. In this work, we studied the magnetoresistive properties of polymer magnetic nanocomposites based on PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+MWCNTs. This hybrid nanocomposite system contains a new type of multifunctional materials that combine the high mechanical and operational properties of polypropylene (PP), the unique conductive properties of multi walled carbon nanotubes (MWCNTs), and the magnetic properties of iron oxide nanoparticles (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). The electrical resistivity of polymer nanocomposite materials based on PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and PP+MWCNTs and PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+MWCNTs was determined in the absence and presence of a magnetic field. The change of the nanocomposites' resistivity in the presence of the permanent magnetic field is given in Table 1. It is clear from the Table 1 that the electrical resistance of PP+MWCNT nanocomposite decreases more sharply with increasing filler concentration than that of PP+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanocomposite. This is due to the higher conductivity of MWCNTs (49.49 S/cm) than Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles (2.135 μS/cm). Thus, by comparison of the resistance ( $\rho_0$ ) of the PP+1%MWCNT and PP+10%MWCNT nanocomposites, it is found that the resistance decreases approximately 10<sup>5</sup> times. This fact implies that the concentration of conductive MWCNT played an essential role in the formation of conducting networks in PP/MWCNT nanocomposites. The resistance of the PP+MWCNT nanocomposites decreases under the influence of the external low magnetic field at room temperature. In PP+MWCNT nanocomposites, the negative magnetoresistivity effect is explained by the long 1D localization length (electrons are transferred through the nanocable and form a common diffusive system) of carbon nanotubes in the framework of the hopping conduction mechanism. In addition, the study shows that the magnetoresistive effect is more sensitive to the presence of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles in the nanocomposite than MWCNT. The absolute value of the negative magnetoresistivity effect of PP+MWCNT+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanocomposite increases mostly by the increment of the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles concentration rather than that of MWCNT. This result is explained by the strong spin polarization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles at room temperature that leads to a decrease of the resistivity of material under the magnetic field due to the spin-polarized conductive electrons [1].

**Table 1**

**Magnetoresistive effect in polymer nanocomposites**

Sample	$\rho_0$ ( $\Omega\cdot\text{m}$ )	$\rho_H$ ( $\Omega\cdot\text{m}$ )	$(\rho_H - \rho_0) / \rho_0$
PP+1%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	10 <sup>9</sup>	9,9x10 <sup>8</sup>	-0,01
PP+3%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	9,5 x10 <sup>7</sup>	6,8 x10 <sup>7</sup>	-0,28421
PP+5%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	9,2 x10 <sup>6</sup>	6,2 x10 <sup>6</sup>	-0,32609
PP+10%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	8,9 x10 <sup>6</sup>	7,9x10 <sup>6</sup>	-0,11236
PP+1%MWCNT	2x10 <sup>8</sup>	1,9x10 <sup>8</sup>	-0,05
PP+3% MWCNT	1,8x10 <sup>7</sup>	1,7x10 <sup>7</sup>	-0,05556
PP+5% MWCNT	1,7x10 <sup>6</sup>	1,6x10 <sup>6</sup>	-0,05882
PP+10% MWCNT	2,6x10 <sup>3</sup>	2,4x10 <sup>3</sup>	-0,07692
PP+1% MWCNT +1%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	2,2x10 <sup>8</sup>	2,1x10 <sup>8</sup>	-0,04545
PP+1% MWCNT +3%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	2,3x10 <sup>8</sup>	1,8x10 <sup>8</sup>	-0,217391
PP+1% MWCNT +5%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	2,5x10 <sup>8</sup>	1,6x10 <sup>8</sup>	-0,36
PP+1% Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> +1% MWCNT	2,2x10 <sup>8</sup>	2,1x10 <sup>8</sup>	-0,04545
PP+1%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> +3% MWCNT	2x10 <sup>7</sup>	1,8x10 <sup>7</sup>	-0,1
PP+1%Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> +5% MWCNT	1,9x10 <sup>6</sup>	1,8x10 <sup>6</sup>	-0,05263

**References:**

1. M.A.Ramazanov, H.A.Shirinoва, F.V.Hajiyeva. "The impact of manufacturing technology, of the polypropylene matrix and iron oxide nanoparticles based magnetodielectric nanocomposites on electrophysical parameters". Materials Chemistry and Physics, volume 253, issue 1, p. 1232872020

## **Cu ƏSASLI NANONAQİLLƏRİN SİNTEZİ VƏ QURULUŞU**

**Cəfərova S.R., Nuriyeva S.Q.**

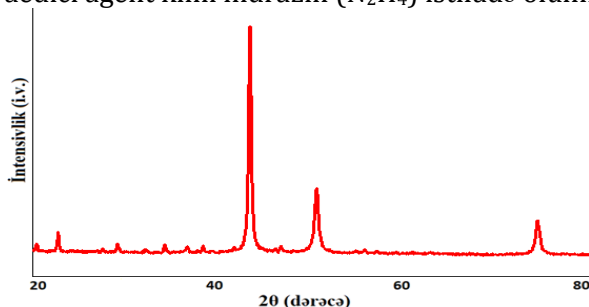
*Bakı Dövlət Universiteti*

[ceferovasevinc.011225@gmail.com](mailto:ceferovasevinc.011225@gmail.com)

Mis nanonaqillərin (Cu NN) adi keçirici metallarla və digər nanonaqillərlə müqayisədə yüksək elektrik və istilik keçiriciliyi, elektrik müqaviməti, mexaniki xüsusiyyətləri onun gələcəkdə elektronika, fotonika və tibbdə yeni nəsil maddə kimi perspektivli istifadəsini aktuallaşdırır. Belə ki, Cu NN şəffaf keçirici elektrodların, günəş batareyalarının, kimyəvi sensorların əsas komponenti kimi öz müsbət xüsusiyyətlərini sübut etmişdir. Elmi ədəbiyyatlarda CuNN-lərinin buxar fazadan kimyəvi çökdürmə, vakuumda termik parçalanma, məhlulə əsaslanan bir sıra yetişdirilmə üsulları vardır [1-3].

Tədqiqat işində Cu NN mis ionlarının reduksiyası yolu ilə həyata keçirilən məhlulə əsaslanan sintez metodu ilə sintez edilmişdir [4]. Aşağı reaksiya temperaturu və qısa sintez müddəti, ucuz metal prekursorlardan istifadə, ölçülərin örtücü agent və reduksiyaediciyə nisbəti ilə idarə oluna bilməsi bu üsulun əsas üstünlükləridir. Cu NN sintez prosesində reagent kimi natrium hidrokسيد

(NaOH), mis mənbəyi kimi mis xlorid ( $\text{CuCl}_2$ ), örtücü agent kimi etilendiamin (EDA), reduksiyaedici agent kimi hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) istifadə olunmuşdur.



**Şək.** Cu NN-lərin rentgen difraktoqramı

Bütün təcrübələr maqnit qarışdırıcıda, sabit temperaturda ( $60^\circ\text{C}$ ) su vannasından və 2 saat ərzində aparılmışdır. İlk əvvəl 50 ml NaOH-ın sulu məhlulu maqnit qarışdırıcıda 10 dəqiqə qarışdırılır. Sonra 60 ml EDA bu qarışığa əlavə edilir və rəngsiz halda olan məhlula 2 dəqiqədən sonra 20 ml  $\text{CuCl}_2$  duzunun sulu məhlulu əlavə edilir. Bu zaman məhlulun rəngi açıq mavidən tünd göy rəngə qədər dəyişir. 10 dəqiqə sonra reduksiyaediciyə əlavə edilməsi ilə mis nanonaqillərinin formalaşması prosesi başlayır. Məhlulun rəngi tünd göydən qəhvəyi qədər dəyişir. Sonda məhlulda alınmış Cu NN-lər kimyəvi əlavələrdən təmizlənmək üçün metanol ilə yuyularaq vakuum sobada qurudulur.

Sintez olunmuş Cu nanonaqillərinin quruluşu, faza tərkibi məlum quruluşların rentgen difraktoqramları ilə müqayisəli tədqiq edilmişdir. Cu NN rentgen difraktoqramında müşahidə olunan  $43.28^\circ\{111\}$ ,  $50.42^\circ\{200\}$ ,  $74.86^\circ\{220\}$   $2\theta$  bucaqları strukturun üz mərkəzləşmiş kubik qəfəsə uyğun gəldiyini söyləməyə imkan verir[5].

#### **Ədəbiyyat:**

1. Zhao, F.H. Advancements in copper nanowires: Synthesis, purification, assemblies, surface modification, and applications. *Small*, Jun;14(26):e1800047.2016
2. S. Naghdi, K. R. A review of conductive metal nanomaterials as conductive, transparent, and flexible coatings, thin films, and conductive fillers: Different deposition methods and applications. *Coating*, 8:278. 2018
3. S. Bhanushali, P. G. 1d copper nanostructures: progress, challenges and opportunities. *Small*, 11:1232{1252. 2015.
4. Lee, S. The Optimized Synthesis of Copper Nanowire for High-quality and Fabrication of Core-Shell Nanowire. *Dissertations and Theses*. 2019. Paper 5386.
5. Yong-Qiang Liu, Meng Zhang, Feng-Xia Wang, Ge-Bo Pan. Facile microwave-assisted synthesis of uniform single-crystal copper nanowires with excellent electrical conductivity. *RSC Adv.*, 2012, 2, 11235-11237

## 3C-SiC NANOHISSƏCİKLƏRİNDƏ SİLİSİUM NÜVƏLƏRİNDƏ MÜMKÜN (N, A) ÇEVRİLMƏLƏRİ

**İzzətova İ.V.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[ilahaizzatova@gmail.com](mailto:ilahaizzatova@gmail.com)

SiC fərqli politiplərdə amorf, polikristallik və ya monokristallik hallarda formalaşa bilər. Bunlar içərisində isə, təcrübi və iqtisadi cəhətdən daha səmərəlisi 3C-SiC politipidir (baxmayaraq ki 6H modifikasiyası da geniş yayılmışdır). Məhz bu səbəbdən, təqdim olunan işdə nanokristallik 3C-SiC hissəcikləri üzərində neytronların yaratdığı  $(n, \alpha)$  çevrilmələrinin modelləşməsi aparılmışdır. Ümumi yanaşmada, neytron seli ilə modifikasiya olunmuş nanokristallik 3C-SiC hissəciklərinin fiziki xassələrində baş verən dəyişikliklər müəyyən qədər öyrənilmişdir [1-5]. Nanokristallik 3C-SiC hissəciklərinin neytronlarla qarşılıqlı təsiri zamanı neytron çevrilmələri çox mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Kompüter modelləşməsi ilə məlum olmuşdur ki, Si28 izotopu  $(n, \alpha)$  nüvə reaksiyası nəticəsində Mg25 izotopuna çevrilir və prosesin enerji mübadiləsi 2,65 Mev olur. Məlum olmuşdur ki, reaksiya təxminən 0.8-20 Mev intervalında baş verir. Reaksiyanın en kəsiyi 8 MeV qiymətində pik həddə çatır. Effektiv en kəsiyinin qiyməti maksimum  $5 \times 10^{-1}$  barn, minimum isə  $10^{-4}$  barn olur. Reaksiyanın 8-17 Mev intervalında effektiv en kəsiyinin qiyməti təxminən 0,3-0,4 barn aralığında olur. Eyni zamanda Si29 izotopu  $(n, \alpha)$  nüvə reaksiyası nəticəsində Mg26 izotopuna çevrilərkən enerji mübadiləsi 3,4700 Mev olur və bu zaman proses 3-20Mev intervalında baş verir. Bu halda reaksiyanın en kəsiyi təxminən 11-13Mev aralığında pik həddə çatır. En kəsiyinin qiyməti maksimum 0,2 barn kimidir. Digər tərəfdən Si<sub>3</sub>O izotopu  $(n, \alpha)$  nüvə reaksiyası nəticəsində Mg27 elementinə çevrilir ki, bu zaman da enerji mübadiləsi 4,2002 Mev olur. Nanokristallik 3C-SiC hissəciklərdə mövcud Si30 izotopunda  $(n, \alpha)$  nüvə reaksiyası enerjinin 5-20Mev intervalında baş verir. Bu halda nüvə reaksiyasının effektiv en kəsiyi enerjinin təxminən 17MeV qiymətində pik həddə çatır. Si30 izotopunun  $(n, \alpha)$  nüvə reaksiyasında effektiv en kəsiyinin  $10^{-6}$  barn qiyməti minimum,  $10^{-2}$  barn qiyməti isə maksimumdur.

### **Ədəbiyyat:**

1. 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
2. Elchin Huseynov, Anze Jazbec "EPR spectroscopic studies of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC)" Silicon 11/4, 1801-1807, 2019
3. Elchin M. Huseynov, Tural G. Naghiyev, Ulviyya S. Aliyeva "Thermal parameters investigation of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC) using DTA, TGA and DTG methods" Physica B: Condensed Matter 577, 411788, 2020
4. Elchin M. Huseynov "Dielectric loss of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC) as a function of frequency and temperature" Solid State Sciences 84, 44-50, 2018
5. Elchin M. Huseynov "Thermal stability and heat flux investigation of neutron-irradiated nanocrystalline silicon carbide (3C-SiC) using DSC spectroscopy" Ceramics International 46/5, 5645-5648, 2020



## XİTOZAN VƏ ÇARPAZ TİKİLMİŞ XİTOZANLA FUNKSIONALLAŞDIRILMIŞ DƏMİR OKSİD NANOHISSƏCİKLƏRİNİN QURULUŞU

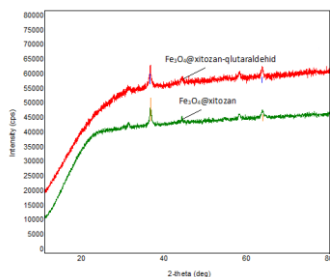
**Kərimova A.H., Mehdiyeva A.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[aygunmehdiyeva793@gmail.com](mailto:aygunmehdiyeva793@gmail.com)

Xərçəng şişlərinin müalicəsində istifadə edilən dərman daşınma sistemləri (DDS) sağlam toxumalara zərər vermədən dərmanın hədəf hissəyə effektiv çatdırılması və xəstə hüceyrələrə nüfuz edərək onların məhv edilməsi prinsipi üzərində qurulmuşdur [1]. DDS-nin müxtəlif nanodaşıyıcılara əsaslanan növləri vardır ki, bunlardan biri maqnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) nanohissəciklərdir (MNH). MNH-in böyük səth enerjisi, eləcə də, hissəciklər arasında yaranan Van der Waals və maqnit qarşılıqlı təsir qüvvələri onların aqlomerasiyasına səbəb olur [2]. Bunun qarşısını almaq üçün MNH-in stabilləşdirilməsi, yəni müəyyən örtük maddəsi ilə funksionallaşdırılması aparılır.

Tədqiqat işində MNH-in sintezi kimyəvi birgə çökdürmə üsulu ilə aparılmış [3] və stabilləşdirici kimi biouyğun xitozan polimerindən istifadə edilmişdir. Həmçinin, qlutaraldehyd çarpaz bağlayıcı agentindən istifadə olunaraq modifikasiya olunmuş xitozan örtüklü MNH alınmışdır. Nümunələrin quruluş xüsusiyyətləri rentgen quruluş analizi ilə tədqiq edilmiş və rentgen difraktoqramları otaq temperaturunda  $2\theta$  bucağının  $20^\circ$ - $80^\circ$  intervalında alınmışdır (Şəkil 1).



**Şəkil 1.** Örtülmüş MNH-nin rentgen difraktoqramları

Stabilləşdirilmiş hər iki nümunə üçün  $2\theta$  bucağının qiyməti spinal quruluşlu kubik kristal qəfəsə malik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  MNH-ə uyğundur. Nanohissəciklərin kristallit ölçüsü difraktoqramlardan alınan məlumatlara əsasən Debye-Şerrer tənliyi vasitəsilə qiymətləndirilmişdir. Stabilləşdirilən  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hissəciklərinin orta kristallik ölçüsü Şerrer tənliyinin köməkliyi ilə aşağıdakı kimi hesablanmışdır (Cədvəl 1):

$$d = 0,9 \frac{\lambda}{\beta \cos \theta}$$

**Cədvəl 1**

<b>Nümunələr</b>	<b>Kristallitin orta ölçüsü (nm)</b>
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @xitozan	13.2
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @xitozan/qlutaraldehyd	17.1

Məlum olmuşdur ki, səthi qlutaraldehydlə modifikasiya olunmuş xitozan polimer örtüklü nanohissəciklərdə kristallitlərin orta ölçüsü (17.1 nm) olmuşdur ki, bu da adi xitozanla örtülmüş nümunədəki kristallitlərin ölçüsündən (13.2 nm) çoxdur. Bu isə, öz növbəsində, modifikasiya olunmuş, yəni çarpaz tikilmiş xitozanla funksionallaşdırılmış Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanohissəciklərinin nüvələşmə prosesi zamanı daha nizamlı kristal quruluş əmələ gətirməsi ilə izah oluna bilər [4].

**Ədəbiyyat:**

1. Issa B., Obaidat, I.M., Albiss B.A., Haik Y. Magnetic nanoparticles: surface effects and properties related to biomedicine applications. *Int. J. Mol. Sci.* 2013, 14 (11), 21266-305.
2. Mosayebi, J., Kiyasatfar, M., Laurent, S. Synthesis, Functionalization, and Design of Magnetic Nanoparticles for Theranostic Applications. *Adv. Health Mater.* 2017, 6, 1700306.
3. Yuso A.H., Salimi M.N., Jamlos M.F. A review: Synthetic strategy control of magnetite nanoparticles production. *Adv. Nano Res.* 2018, 6,1.
4. Namikuchi E. A., Gaspar R. D. L., Douglas S., Raimundo I. M. and Mazali I. O. PEG size effect and its interaction with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles synthesized by solvothermal method: morphology and effect of pH on the stability *Nano Ex.* 2 020022.

**POLİVİNİLİDENFLÜORİD (PVDF) VƏ SİNK OKSİD (ZnO)  
NANOHISSƏCİKLƏRİ ƏSASINDA POLİMER NANOKOMPOZİTLƏRİN  
SİNTEZİ VƏ XASSƏLƏRİ**

**Mehdiyeva S.Z.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[simaremehdiyeva@gmail.com](mailto:simaremehdiyeva@gmail.com)

İşdə PVDF polimeri və ZnO nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitləri sintez edilmiş və xassələri tədqiq edilmişdir. PVDF otaq temperaturunda dimetilformamid (DMF) həlledicində həll edilmişdir. Ölçüləri 10-30 nm olan ZnO nanohissəcikləri həll edilmiş polimer məhluluna əlavə edilərək 1 saat ərzində 40-50°C temperaturda maqnit qarışdırıcıda intensiv şəkildə qarışdırılmışdır. Daha sonra alınmış qarışıq Petri qabına tökülmüş və hava şəraitində qurudulmuşdur. Nanokompozitlərin həcmindən DMF həlledicisini tam çıxarmaq üçün onlar vakuum sobasında 100°C temperaturda 2 saat ərzində termiki işlənilməyə məruz edilmişdir. Daha sonra PVDF-in erimə temperaturunda və 10

MPa təzyiqdə altında tərkibində 1,3,5,7,10,15 % həcmi miqdarda ZnO nanohissəcikləri olan polimer nanokompozit təbəqələr alınır.

PVDF+ZnO əsaslı nanokompozitlərin dielektrik xassələri tədqiq edilmişdir. Nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun, dielektrik itkisinin tangens bucağının tezlikdən, nanohissəciklərin konsentrasiyasından və temperaturdan asılılığı öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, ZnO nanohissəciklərini polimer matrisaya əlavə etdikdə nanokompozitin dielektrik nüfuzluğu kəskin artır. Müəyyən edilmişdir ki, PVDF matrisdə ZnO nanohissəciklərinin bütün həcmi miqdarları üçün dielektrik nüfuzluğunun qiyməti tezliyin bütün qiymətlərində artır və təmiz PVDF-ə nisbətən xeyli yüksək olur. PVDF+ZnO əsaslı nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğu maksimum qiymətə nanohissəciklərin 10% həcmi miqdarında çatır, ZnO nanohissəciklərinin 10% yuxarı miqdarlarında isə dielektrik nüfuzluğunun qiyməti azalır. Müəyyən edilmişdir ki, nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun qiyməti tezliyin qiyməti artdıqca azalır. Dielektrik nüfuzluğunun nanohissəciklərin miqdarınının artması ilə yüksəlməsi alınmış nanokompozitin polyarlaşma qabiliyyətinin artmasını göstərir. Dielektrik nüfuzluğunun nanohissəciklərin konsentrasiyanın artması həmçinin nanohissəciklərin polimer matrisada homogen paylanması və polimerdə daha nizamlı quruluşun formalaşması ilə əlaqədardır. ZnO nanohissəciklərin PVDF matrisindəki sonrakı artımı polimer matrisin quruluşunu və quruluş elementlərini tədricən xırdalayır və ZnO hissəcikləri özünü ayrıca dispers faza və doldurucu komponent kimi aparır. Nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun tezlikdən asılı olaraq nanohissəciklərinin bütün miqdarlarda azalması, yüksək tezliklərdə polyarlaşma proseslərinin pisləşməsi ilə əlaqədardır [1,2].

Həmçinin PVDF+ZnO əsaslı nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, PVDF+1%ZnO əsaslı nanokompozitin dielektrik nüfuzluğu temperaturdan asılı olaraq 398 K-ə qədər; PVDF+3%ZnO-393 K; PVDF+5%ZnO-403 K; PVDF+10%ZnO- 398 K-ə qədər artmağa başlayır polimer matrisanın kristallik fazasının dağılması və nəticədə hissəciklər arasındakı məsafənin artması ilə dielektrik nüfuzluğunun artması izah olunur. Yuxarı temperaturlarda dielektrik nüfuzluğunun aşağı düşməsi nanokompozitlərin keçiriciliyin artması ilə izah etmək olar.

#### **Ədəbiyyat:**

1. A.M.Magerramov, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, V.M.Guliyeva Investigation of structure and electrophysical properties of nanocomposite materials on the basis of zirconium dioxide in isotactic polypropylene matrix. Journal of Ovonic Research Vol.9, №5, September-October 2013, p.133-141
2. A.M.Magerramov, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva Study of the Structure and Dielectric Properties of Nanocomposites Based on Polypropylene and Zirconia Nanoparticles Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2013, Vol. 49, No. 5, pp. 355-358.

## **Si-Ge MEXANİKİ ƏRİNTİLƏRİN ALINMASINDA STRUKTUR KEÇİDLƏRİ**

**Novruzzadə A.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

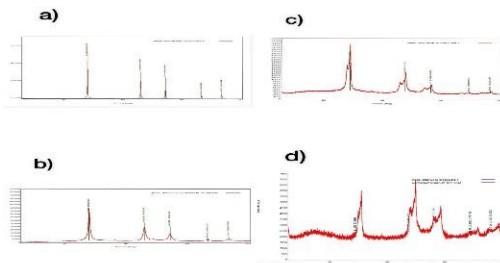
aytacnovruzzadebdu@gmail.com

Germanium və silisium istər birləşmə, istər də ayrı-ayrılıqda klassik yarımkeçirici olaraq, geniş tətbiq sahəsinə malikdirlər. Baxmayaraq ki, uzun illərdir həmin maddələr dünya tədqiqatçıları tərəfindən öyrənilir, bu materiallar yenə də geniş istifadə olunur və müxtəlif aşqarlama, struktur dəyişiklikləri və nanoölçüyə salınma işləri davam edərək, yeni tətbiq sahələri müəyyən olunur. Cari işdə əsas komponentlər top dəyirmanında üyüdülməklə, Si, Ge və Si-Ge mexaniki ərintilərin hissəciklərin xarakteristik ölçüləri təyin olunmuş və ölçü kiçildikcə baş verən struktur keçidləri rentgen difraktometriya vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Si-Ge mexaniki ərintilərini əldə etmək üçün, Fritsch Pulverisette 7 top dəyirmanından, eyni kütlə və formada Si və Ge bərk cisimlərindən istifadə edilmişdir.

Burada hər birinin daxili diametri 45 mm olan 2 silindrik qabdan, ölçüləri isə 20 mm diametrlili hər silindrik qab üçün 3 (cəmi sayı 6 olan) topdan, istifadə edilib. 1-ci silindrik qaba bərk halda olan və öncədən ölçülmüş 5 qr Ge, 2-ci silindrə isə bərk halda 5 qr Si daxil edilmişdir. 1-ci üyütmə 700 dövr/dəq tezlikdə və 6 dəqiqədə həyata keçirilmişdir. 2-ci üyütmə isə 700 dövr/dəq tezlik 150 dəqiqədə həyata keçirilmişdir. Müxtəlif üyütmə müddəti və tezliyinə görə fərqlənən son məhsulları isə üyütdükdən sonra orta ölçünün müəyyənləşdirilməsi məqsədilə Carl ZEISS Optik mikroskopundan istifadə edərək, əks olunma rejimində 1000 böyütmədə təyin edilmişdir. 40 hissəcik ölçüsünü müəyyən edərək, hər bir üyütmə üçün orta ölçü təyin edilib. İlk üyütmə üçün (700 rpm və 6 dəqiqə) Si orta hissəcik ölçüsü 1,163  $\mu\text{m}$  və Ge orta hissəcik ölçüsü 0,866  $\mu\text{m}$  təyin olunmuşdur. İkinci üyüdülmə zamanı (700 rpm və 150 dəqiqə) əldə edilən məhsul üçün Si üçün orta hissəcik ölçüsü 0,193  $\mu\text{m}$ , Ge üçün isə 0,280  $\mu\text{m}$  olmuşdur. Komponentlərin üyütmə prosesi birlikdə davam etdirilərək tozların reaksiya girmə qabiliyyətini sürətləndirmişdir və mexaniki ərintinin əmələ gəlmə ehtimalını artırmışdır. Daha sonra tozlar Rıqaku MiniFlex600 rentgen şüa difraktometrindən istifadə etməklə tədqiq olunmuşdur.

Şəkil 1a-da (dəqiqədə 700 dövr tezliyi ilə) 6 dəqiqə ərzində üyüdülmə Ge maddəsinin xarakterik rentgen difraktoqramması verilib və spektr əsasında kristallit ölçüləri müəyyən olunaraq göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi üyüdülmüş germanium tozunun Rentgen struktur ölçmələri bu ölçülərdə həcmli Ge-un spektrindən fərqlənmir və nəticədə bizə həcmli germaniuma xas qəfəs parametrlərini əks etdirir. Lakin şəkil 1b-dən müşahidə edə bilərik ki, həmin tezliklə 150 dəqiqə ərzində Ge maddəsinin üyüdülmə nəticəsində biz Rentgen struktur ölçmələri piklərin genişlənməsini, yəni kristallitin kiçilmə-

sinin müşahidə edirik. Həmçinin biz 150 dəqiqə üyüdülmüş maddənin rentgen struktur spektrində kiçik intensivlikli lakin yeni piklərin əmələ gəlməsini görə bilərik. Şəkil 1c və 1d –də 305 dəqiqə və 700 tezliklə birgə üyüdülmüş Ge-Si-un tozunun rengten struktur ölçmələrinə baxsaq, 67.8 və 74.9 bucaqlarında mexaniki ərintilərə xas piklərin əmələ gəlməsini görə bilərik. Ehtimal olunur ki, üyütmə müddəti artdıqca, Ge-Si maddələrin strukturunda ciddi dəyişikliklər baş verir və onların dəyişən xassələri ilə yanaşı, qarşılıqlı reaksiyaya girmə qabiliyyəti də artmış olur. Bu isə nəticədə mexaniki ərintilər alınması üçün yaxşı zəmin yaradır.



Şəkl. 1. Üyüdülmüş maddələrin rentgen struktur spektrləri

#### Ədəbiyyat:

1. E. Gaffet, N. Merk, G. Martin and J. Bigot, in E. Arzt and L. Schultz (eds.), Proc. DGM Conf. on New Materials by Mechanical Alloying Techniques, Hirsau, October 3-5, 1988. Deutsch Gesellschaft für Metallkunde. Darmstadt, 1989, p. 95.

## SİLİSIUM DİOKSİD (SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub> NANOHISSƏCİYİNİN SAO bazisində energetik parametrlərinin hesablanması

**Paşayev F.H., Həsənov A.Q., Qasımova İ.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

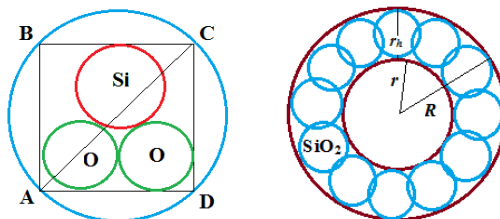
[ilaheqasimova00@gmail.com](mailto:ilaheqasimova00@gmail.com)

Silicium dioksid nanohissəcikləri müxtəlif elektron sxemlərin, möhkəm örtüklərin hazırlanmasında və s. geniş istifadə oluna bilər.[1] İşdə Volfsberq – Helmhols metodu ilə (SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub> nanohissəciklərin elektron quruluşu tədqiq edilmişdir. Molekulyar orbitallar nanohissəciklərin valent atom orbitallarının xətti kombinasiyası kimi təqdim olunmuşdur. Sleyter funksiyaları bazisində nanohissəciyin orbital enerjiləri, ionlaşma potensialı, tam elektron enerjisi hesablanmışdır. Si və O atomlarının kovalent radiuslarının qiymətlərini bilərək ( $r_{Si}=0,111\text{nm}$ ,  $r_O=0,073\text{nm}$ ) - bir Si və iki O atomlarınının təqribi olaraq yerləşdiyi kürənin radiusunun qiyməti  $r_h \approx 0,235\text{ nm}$  tapılmışdır (şəkil 1)  $SiO_2$  molekullarının sayı isə  $n = \left(\frac{R}{r_h}\right)^3$  düsturu ilə hesablanmışdır. Burada  $R$  kürə formalı hesab olan (SiO<sub>2</sub>)<sub>10</sub> nanohissəciyin radiusudur.  $R = 0,51\text{nm}$  olduqda

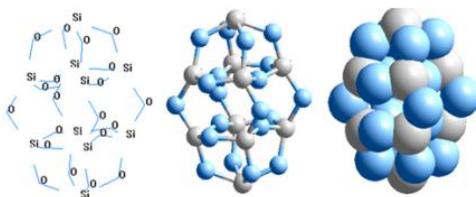
$n = 10$  alınır. Elektronlar tərəfindən tutulmuş ən yuxarı molekulyar orbitalın enerjisi  $\varepsilon_{HOMO} = \varepsilon_{80} = -0,267485$  a.v. və ən aşağı boş molekulyar orbitalın enerjisi  $\varepsilon_{LUMO} = \varepsilon_{81} = -0,251584$  a.v. müəyyən edilmişdir. Nanohissəciyin ion-

laşma potensialı:  $I_p = -\varepsilon_{HOMO} = -0,267485$  a.v. qadağan olunmuş zonanın qiyməti  $E_g = \varepsilon_{LUMO} - \varepsilon_{HOMO} = -0,251584 - (-0,267485) = 0,015901$  a.v. =  $0,43266483$  eV alınmışdır. Bu isə  $(SiO_2)_{10}$  -nanohissəciyinin yarımkəcrici material olduğunu göstərir.  $(SiO_2)_{10}$ -nanohissəciyinin stabilliy[2],  $\Delta E((SiO_2)_{10}) = E_{(SiO_2)_{10}} - n \cdot$

$(E_{Si} + 2E_O)$  tam elektron enerjisi  $E = E_{(SiO_2)_{10}} = \sum_i \varepsilon_i$  kimi hesablanır.  $i$  üzrə cəm elektron olan orbitallar üzrə aparılır.  $\Delta E((SiO_2)_{10}) > 0$  olduqda material qeyri-stabil,  $\Delta E((SiO_2)_{10}) < 0$  olduqda isə material stabil hesab olunur (cədvəl 1). Beləliklə,  $(SiO_2)_{10}$  nanohissəciyinin elektron quruluşu Volsberq -Helmhols metodu ilə öyrənilmişdir[2]. Qadağan olunmuş zonanın qiyməti  $E_g = 0,432665$  eV  $< 3,5$  eV,  $\varepsilon_{LUMO}$  mənfi işarəli  $\Delta E < 0$  oldu-ğuna görə  $(SiO_2)_{10}$  yarımkəcrici, elektrofil və stabil nanomaterialdir.



Şəkil 1.  $SiO_2$  molekulunun və  $(SiO_2)_{10}$  nanohissəciyinin nəzəri modelləri



Şəkil 2.  $(SiO_2)_{10}$  nanohissəciyinin vizual modelləri

### Cədvəl 1

$(SiO_2)_{10}$  nanohissəciyinin energetik parametrlərinin hesablanmış qiymətləri

$\varepsilon_{HOMO}$ (eV)	$\varepsilon_{LUMO}$ (eV)	$E$ (a.v.)	$\Delta E$ (a.v.)	$I_p$ (eV)	$E_g$ (eV)
-7,2787	-6,8460	-72,4218	-12,9839	7,2787	0,4326

### Ədəbiyyat:

1. Номоев А.В. Синтез и свойства полых наночастиц диоксида кремния // Письма в ЖТФ, 2012, том 38, в. 10, 35-42 с.
2. Ramazanov M.A., Pashaev F.G., Gasanov A.G., Maharramov A.M., Mahmood A.T. The quantum mechanical study of cadmium sulfur nanoparticles in basis of STO's // Chalcogenide Letters, V11(7), 359-364. (2014).

## PP/ZnO NANOKOMPOZİTLƏRİNİN FOTOLÜMINESSENSİYA XASSƏLƏRİ

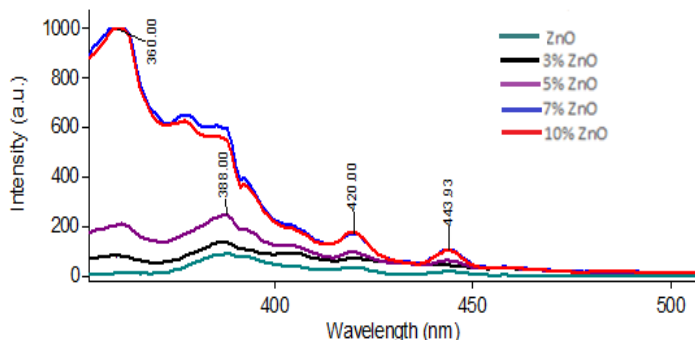
**Qasımova J.N., Nuriyeva S.Q.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[gasimova.jale11@gmail.com](mailto:gasimova.jale11@gmail.com)

Müasir dövrdə polimer və ZnO nanohissəcikləri (NH) əsaslı kompozit materiallar optik, mexaniki və elektrik xüsusiyyətlərinə görə tədqiqatçıların diqqət mərkəzindədir [1-2]. Termoplastik polipropilen (PP) polimerinin mexaniki, optoelektronik xüsusiyyətləri və ZnO NH-lərin elektron mütəhərəkliyi, yüksək udulma, elektrik xassələri onlar əsasında alınmış nanokompozitlərin (PP/ZnO) xüsusiyyətlərini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır.

Tədqiqat işində PP/ZnO nanokompozitləri ilkin hazırlanmış məhlulların qarışdırılması və isti presləmə üsullarından istifadə etməklə PP matrisinə 1, 3, 5, 7 və 10 % kütlə nisbətində ZnO NH-lərin daxil edilməsi yolu ilə əldə edilmişdir. İşdə PP/ZnO nanokompozitlərinin fotolüminessensiya (FL) xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Şəkil.1-də 325 nm dalğa uzunluğunda həyəcanlandırılmış nümunələrin FL spektrləri göstərilmişdir.



**Şəkil. 1.** ZnO NH-ləri və PP/ZnO nanokompozitlərinin şüalanma spektrləri

FL spektrlərində 388 nm dalğa uzunluğunda müşahidə olunan şüalanma piki eksiton-eksiton toqquşmalarında sərbəst eksitonların rekombinasiyası ilə əlaqəlidir. ZnO NH-lərin 400-500 nm dalğa oblastında müşahidə olunan piklər Zn və O atomlarının düynülərəarası defektlərin şüalanması ilə əlaqələndirilir. 443 nm-də müşahidə edilən mavi şüalanma piki oksigen vakansiya defektləri ilə əlaqəlidir [3]. PP/ZnO nümunələrində 359 nm dalğa uzunluğundakı pik PP-də alken qruplarının ( $C_nH_{2n}$ ) olması ilə əlaqədardır [4]. ZnO NH-lərin artan kütlə faizi ilə bütün nümunələrin intensivliyi artdı. Bu, polimer matrisdə ZnO NH-lərin kütlə faizinin artması ilə lüminessent mərkəzlərinin sayının artması ilə əlaqəlidir.

**Ədəbiyyat:**

1. Shanshool, H. M., Yahaya, M., Yunus, W. M., & Abdullah, I. Y. (2016). Investigation of energy band gap in polymer/ZnO nanocomposites. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 27(9), 9804-9811.
2. Viswanath, V., Nair, S. S., G., S., & Muneera, C. (2019). Zinc oxide encapsulated poly (vinyl alcohol) nanocomposite films as an efficient third-order nonlinear optical material: Structure, microstructure, emission and intense low threshold optical limiting properties. *Materials Research Bulletin*, 112, 281-291.
3. Estrada-Urbina, J., Cruz-Alonso, A., Santander-González, M., Méndez-Albores, A., & Vázquez-Durán, A. (2018). Nanoscale zinc oxide particles for improving the physiological and sanitary quality of a Mexican landrace of red maize. *Nanomaterials*, 8(4), 247.
4. Ambid, M., Teyssedre, G., Mary, D., Laurent, C., & Montanari, G. C. (2006). Optical properties and luminescence behaviour of PP/Clay Nanocomposites. *IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials*, 126(11), 1097-1104.

**OPTICAL PROPERTIES OF HYBRID POLYMER NANOCOMPOSITES  
BASED ON PVDF+CdS/ZnS.**

**Hajiyeva F.V., Safaraliyeva G.Y.**

*Baku State University*

[gular.maharramova@gmail.com](mailto:gular.maharramova@gmail.com)

Hybrid polymer nanocomposites are attracting attention, first of all, due to the properties of inorganic nanoparticles that nanocomposite consists of. The properties of nanoparticles often differ from those of an individual atom or molecule and bulk material. Nanoparticles are characterized by their small size, complex internal organization, the ability to pack very tightly, and a very high ratio of surface area to volume. Surface atoms contribute to the thermodynamic characteristics of the material. The structural transitions and the melting point of nanoparticles depend on the number of atoms on the surface. It is also known that the stabilization of nanoparticles is as much important as their synthesis. Nowadays, one of the promising directions in polymer science and materials science is the development of scientific principles for the production of a new class of materials-polymer nanocomposites. The role of the polymer matrix is to allow nanoparticles to be organized into supramolecular structures, which significantly enhances the unique properties of nanoparticles. The elasticity, optical transparency, and easy processability of PVDF, make this polymer an excellent matrix for composite materials with enhanced electrophysical, operational (strength, durability, etc.), and active (photoluminescent, photovoltaic, etc.) properties. Polymer nanocomposites based on PVDF+CdS/ZnS combine a polar polymer matrix PVDF, which has high active, physical-mechanical and operational properties, and CdS and ZnS nanoparticles, which are highly semiconductor phosphors. It is assumed that the study of such ternary polymer nanocomposites will lead to the development of new highly efficient, multifunctional polymer nanocomposites with distinctive



physicochemical properties.

The present work has been investigated hybrid nanocomposites based on polyvinylidene fluoride and CdS, ZnS nanoparticles. The structure and properties of nanocomposites was characterized by XRD, SEM, and EDS techniques. The optical properties of nanocomposites were evaluated by ultraviolet (UV) and photoluminescent spectroscopy (PL). XRD analysis shows that the incorporation of CdS and ZnS semiconductor nanoparticles leads to a decrease in the fraction of the  $\alpha$ -phase and an increase in the  $\beta$ -phase of the polymer. It was determined that the bandgap of the nanocomposite based on PVDF+1%CdS/ZnS, PVDF+3%CdS/ZnS, PVDF+5%CdS/ZnS and PVDF+10%CdS/ZnS is 5.3 eV, 5.0 eV, 4.3 eV and 3,1 eV respectively. The photoluminescence properties of the polymer nanocomposites were also examined. It was established that for these nanocomposites, the introduction of the CdS/ZnS nanoparticles into the polymer matrix leads to expanding the spectral-sensitive region of the PL spectrum of the nanocomposites. It was shown that combine hybrid nanocomposites on the base of polyvinylidene fluoride and CdS, ZnS nanoparticles emit light at the wide-wavelength range. The photosensitive properties of nanocomposites were studied. It was established that the ratio of spectral photocurrent to the power of radiation rises with an increase of CdS and ZnS nanoparticles concentration in the PVDF matrix. It was also experimentally found that by increasing the concentration of the CdS and decreasing that of ZnS nanoparticles, one can significantly increase and control the photosensitivity of nanocomposite films.

#### **References:**

1. Photosensitive hybrid polymer nanocomposites on the base PVDF+CdS/ZnS for solar cells application. Journal Composite Interfaces. 02 June 2021, 20
2. Wang L, Wei H, Fan Y, et al. Synthesis, optical properties, and photocatalytic activity of one-dimensional CdS@ZnS core-shell nanocomposites Nanoscale Res. Lett. 2009;4:558–564.
3. Nida Q, Bilal MP, Khalid U, et al. Synthesis, characterization and visible-light driven photocatalysis by differently structured CdS/ZnS sandwich and core-shell nanocomposites. Physica E. 2015;74:74–86.

## **PS+ SiO<sub>2</sub> ƏSASLI NANOKOMPOZİTLƏRİN TERMİK DAVAMLILIĞINA DOLDURUCUNUN KONSENTRASIYASININ TƏSİRİ**

**Şirinova H.A., Həsənova M.R., Addayeva Z.R., Surxaylı Ə.E.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[zeynabramazan5399@gmail.com](mailto:zeynabramazan5399@gmail.com)

Polimer nanokompozitlərin olduğu böyük potensiala malik olması artıq uzun illərdir ki məlumdur. Polimerlərin xüsusən də termoplastik polimerlərin asan emal oluna bilən olması onlar əsasında alınan kompozit materiallara marağı artırır. Polimerə daxil edilmiş nano ölçülü əlavənin ölçüsündən, miqdarın-

dan, paylanmasıdan və alınma üsulundan asılı olaraq yeni materiallar almaq mümkündür.

Tədqiqat obyektləri olaraq matris kimi polistrol (PS), doldurucu kimi isə amorf silisium dioksid ( $\text{SiO}_2$ ) nanohissəcikləri götürülmüşdür.

Polistrol xətti quruluşa malik termoplastik polimer olub strolun polimerləşməsi nəticəsində əldə edilir. Sənayedə istehsal olunan polistrolun polimerləşmə dərəcəsi  $n=600-2500$  arasında dəyişir. Polistrol yüksək optik işıqkeçirmə qabiliyyətinə, aşağı mexaniki möhkəmliyə malik amorf polimerdir. O nisbətən aşağı sıxlığa malikdir, yaxşı kimyəvi stabilliyə malik olan bir dielektrikdir.

Amorf  $\text{SiO}_2$  olduqca böyük xüsusi səthə malikdir. Buna səbəb amorf silisium dioksidin çoxlu miqdarda nanoölçülü məsamələrə malik olmasıdır. Amorf  $\text{SiO}_2$ -in kristal quruluşunu  $[\text{SiO}_4]_4$ - tetraedrinin açıq şəkilli, üç ölçülü karkası kimi təsəvvür etmək olar. O ağ rəngli, iysiz, dadsız tozdur.

Təmiz PS, PS+3% $\text{SiO}_2$ , PS+5% $\text{SiO}_2$  və PS+10% $\text{SiO}_2$  nanokompozitlərinin PerkinElmer firmasının STA6000 cihazında Termo Qrovimetrik Analizi aparılmışdır. Bu tədqiqatın məqsədi  $\text{SiO}_2$  nanohissəciklərinin polimerin termal destruksiyasına necə təsir etdiyini araşdırmaqdır. Cədvəldə  $T_0$ -başlangıç deqrodasiya temperaturu,  $T_{50}$  nümunənin kütləsinin 50%-ni itirdiyi temperatur göstərilmişdir.

Nº	Nümunələr	$T_0$ (°C)	$T_{50}$ (°C)
1	Təmiz PS	379.51°C	438.51°C
2	PS+3% $\text{SiO}_2$	381.76°C	442.00°C
3	PS+5% $\text{SiO}_2$	390.85°C	444.00°C
4	PS+10% $\text{SiO}_2$	367.00°C	442.95°C

Ölçmələr göstərir ki, doldurucunun konsentrasiyasının 5% artması başlangıç destruksiya temperaturunu 10°C -qədər artırır yəni polimerin termal stabilliyini artırır.  $\text{SiO}_2$  -nin 10% miqdarında isə destruksiya daha tez baş verir.

Destruksiya anında materialın nə qədər kütlə itirməsi  $\text{SiO}_2$  -nin miqdarı ilə yanaşı dispersliyindən də asılıdır. Belə ki, polimerdə temperaturun təsiri ilə əsas zəncirlər qırılır və sərbəst fraqmentlər yaranır, yaxşı dispers paylanmış ayrı-ayrı nanohissəciklər bu fraqmentlərlə zəif qarşılıqlı təsirdə olur və onların dekompozisiyasını azaldır. Xüsusən  $\text{SiO}_2$  səthindəki məsamələr hesabına qopan fraqmentləri asanlıqla tutub saxlaya bilər.  $\text{SiO}_2$  nanohissəciklərinin 10% konsentrasiyasında isə nanokompozitin termal stabilliyi nisbətən azalması isə yuxarı konsentrasiyalarda nanohissəciklərin qismən aqlomerasiyaya uğraması və polimer fraqmentləri ilə qarşılıqlı təsirdə olub onları saxlayan qeyri-üzvi hissəciklərin ümumi sahəsinin azılmasıdır.

#### Ədəbiyyat:

1. Farha, A. H., Al Naim, A. F., & Mansour, S. A. (2020). Thermal degradation of polystyrene (PS) nanocomposites loaded with sol gel-synthesized ZnO nanorods. *Polymers*, 12(9), 1935.
2. Jang, B. N., & Wilkie, C. A. (2005). The thermal degradation of polystyrene nanocomposite. *Polymer*, 46(9), 2933-2942.

## **A STUDY OF WATER WAVE-BASED TRIBOELECTRIC NANOGENERATORS FOR SELF-POWERED MARINE ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM**

**<sup>1</sup>Cavadova A.N., <sup>2</sup>Kim Jiseok, <sup>2</sup>Gulahmadov O.G.**

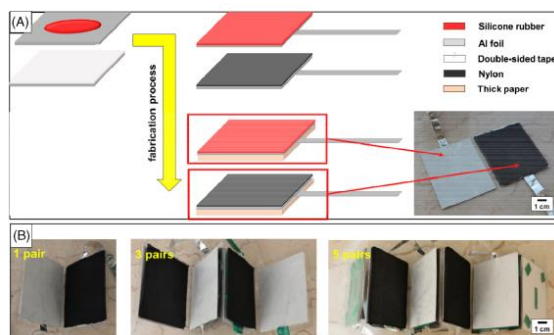
*<sup>1</sup>Baku State University, Faculty of Physics*

*<sup>2</sup>Baku State University, Nanoscience Research Laboratory of the  
Center for Excellence in Research, Development, and Innovation*

[cavadovaarzu2001@gmail.com](mailto:cavadovaarzu2001@gmail.com)

An energy harvester known as a triboelectric nanogenerator (TENG) uses the triboelectric phenomenon to transform mechanical energy into electrical energy. A phenomenon known as the triboelectric effect occurs when some materials come into contact with other materials, get electrically charged, and then separate. When the materials are separated, the charges are redistributed and create an electrical potential difference, that can be used to generate electricity. TENG is able to create energy from different mechanical sources such as human motions, wind, raindrops, and wave energy.

A wave energy system based on triboelectric nanogenerators (TENGs) is a promising technology that can convert the mechanical energy from ocean waves into electrical energy. The electrical charge produced by the TENGs can be used to power electronic devices or stored in batteries. Through this technology, the ocean can potentially be utilized as a renewable and sustainable source of energy, which could have significant positive effects on the environment and the economy as a whole. In water wave-based TENGs the periodical up-and-down movement of water waves leads to the movement of contact and separation in TENGs. Water wave-based TENGs have potential applications in a variety of fields, especially as self-powered sensors which monitor marine environment.



**Fig. 1.** a) The fabrication process of a TENG. b) TENGs, which are installed on zigzag origami films (from the left to the right, 1, 3, and 5 pairs of TENGs).

In this study, nylon and polysiloxane materials were used to develop a triboelectric nanogenerator with an origami structure. It has been observed that the TENG using an origami structure performed better than the TENG with a single layer. With the utilization of TENGs that have been developed, the energy of water waves in oceans, seas, and various other bodies of water can be converted into electricity. As a result, we can use the energy we receive to pay for the energy supply of low-energy portable electronic devices.

**References:**

1. Xiao, Tian Xiao, Xi Liang, Tao Jiang, Liang Xu, Jia Jia Shao, Jin Hui Nie, Yu Bai, Wei Zhong, and Zhong Lin Wang. "Spherical triboelectric nanogenerators based on spring-assisted multilayered structure for efficient water wave energy harvesting." *Advanced functional materials* 28, no. 35 (2018): 1802634.

**INVESTIGATION OF TRIBOELECTRIC NANOGENERATOR BASED ON  
NYLON/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NANOCOMPOSITE MATERIAL FOR MONITORING OF  
TRANSMISSION LINES**

**<sup>1</sup>Gulahmadov O.G., <sup>2</sup>Mamedov H.M., <sup>1</sup>Muradov M.B.,**

**<sup>1</sup>Mammadyarova S.J., <sup>1</sup>Kim Jiseok**

*<sup>1</sup>Baku State University, Nanoscience Research Laboratory of the  
Center for Excellence in Research, Development, and Innovation*

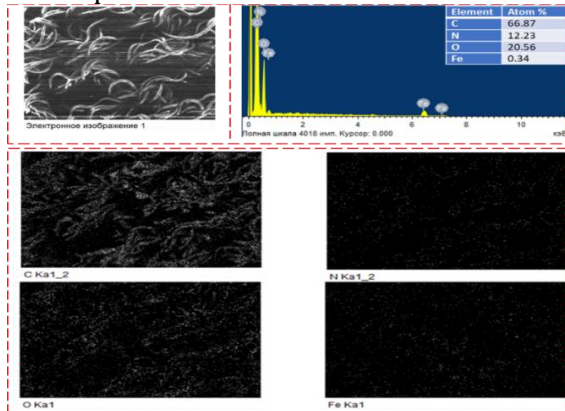
*<sup>2</sup>Baku State University, Faculty of Physics*

*[ogulahmadov@bsu.edu.az](mailto:ogulahmadov@bsu.edu.az)*

A triboelectric nanogenerator (TENG) is a type of nanogenerator that converts mechanical energy into electrical energy using the triboelectric effect. TENGs have a wide range of possible uses, such as energy harvesting for portable devices, self-powered sensors, and wearable electronics. They can be created in a variety of methods, including as fabrics, films, or embedded nanogenerators in gadgets, and they can be designed to generate energy from various mechanical sources such as human motion, wind, and vibration. Magnetic energy harvesting can be combined with TENGs to generate electricity from transmission lines. The magnetic field in the case of transmission lines is produced by the electric current that flows through them. Transmission lines may collect both the mechanical energy of the lines and the magnetic energy of the current that flows through them when TENGs integrate with them. The transmission line's mechanical energy can be converted into electrical energy by the TENGs, and the magnetic field produced by the electrical current that runs through the lines can cause an electric current to flow through the TENGs, improving the amount of electricity generated even more.

In this study, the mechanism of the effect of magnetic nanoparticles on

the output performance of the TENG was investigated. In order to investigate the effect of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  magnetic nanoparticles on the performance of TENG, a nanocomposite material is obtained using Nylon (nylon socks, nylon 100%) as a polymer matrix by using the spray coating method. Morphology and elemental analysis of the obtained samples were carried out (Figure 1). It was once again clear from the elemental analysis that the nanocomposite material consisted of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles.



**Fig. 1.** Element mapping and EDX spectrum of Nylon/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanocomposite material

TENG was fabricated using polysiloxane film as another triboelectric material. The output voltage and current of the nanocomposite-based TENG increased and showed values of  $U_{OC}=45$  V and  $I_{SC}=2.8$   $\mu\text{A}$ , respectively. During the experiments, it is clear that the Nylon/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanocomposite-based TENG performed better than the conventional Nylon film-based TENG. Additionally, many potential applications exist for using such TENGs as self-powered sensors to monitor transmission lines.

#### **References:**

1. Yuan, Zhihao, Xuelian Wei, Xu Jin, Yanggui Sun, Zhiyi Wu, and Zhong Lin Wang. "Magnetic energy harvesting of transmission lines by the swinging triboelectric nanogenerator." *Materials Today Energy* 22 (2021): 100848.

## **NEMATİK MAYE KRİSTALLARIN ELEKTROOPTİK XASSƏLƏRİNƏ GÜMÜŞ NANOZƏRRƏCİKLƏRİNİN TƏSİRİ**

**Bayramov Q.M., Məmmədova C.E.**

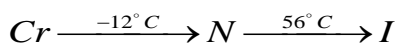
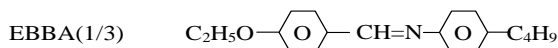
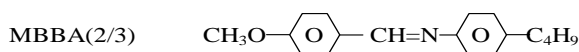
*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri ETİ*  
[gazanfar.bayramov@gmail.com](mailto:gazanfar.bayramov@gmail.com)

Hazırda maye kristallar əsasında işlənilib hazırlanmış kompozitlər elm və texnikanın ən müxtəlif sahələrində geniş şəkildə öyrənilir və tətbiq olunurlar. Bütün bunlar maye kristallarda yalnız onlara xas olan müxtəlif effektlərin

olması və onların çox kiçik kənar təsirlər vasitəsi ilə (elektrik, maqnit, mexaniki, temperatur, şüalanma və s.) idarə olunması sayəsində mümkün olur [1].

Maye kristallarda mümkün olan elektrooptik effektlərin istifadə olunmasının daha əlverişli üsullarının yaradılması və elektrooptik parametrlərin yaxşılaşdırılması yollarından biri də onlara kiçik bərk zərrəciklərin əlavə edilməsi ilə stabil maye kristal kompozitlərin alınmasıdır. Nematik maye kristallara kiçik bərk zərrəciklər qismində gümüşün nanozərrəciklərinin əlavə edilməsi və onların müxtəlif funksional xüsusiyyətlərə malik olmalarına aid müxtəlif tədqiqat işləri mövcuddur və bu istiqamətdə intensiv tədqiqatlar aparılır [2, 3].

Biz apardığımız tədqiqat zamanı nematik maye kristal kimi MBBA və EBBA-nın aşağıda göstərilən nisbətdəki qarışığından istifadə etmişik:



Faza keçidləri temperaturlarının dərəcəsi onu göstərir ki, alınan maye kristal qarışıq otaq temperaturunu da əhatə etməklə geniş temperatur intervalında nematik fazaya malik olur ki, bu da həm eksperiment aparmaq baxımından və həm də tətbiqi baxımından çox əlverişlidir.

Müasir dövrdə NMK əsasında işləyən indikatorlar və displeylər elektron saatlarda, kalkulyatorlarda və bir sıra müxtəlif cihazlarda geniş tətbiq olunurlar [1, 3].

Bu işdə biz, əlavə kimi gümüşün nanozərrəciklərindən istifadə etmişik. Götürülən gümüş zərrəciklərin diametri ~ 60-80 nm təşkil edir.

Maye kristal kompozisiyalar hazırlanarkən komponentlərin qarışdırılması onları qızdırmaqla izotrop fazada əvvəlcə mexaniki, sonra isə Ultra-səs disperqatoru vasitəsilə aparılmış və bununla da alınan qarışıqların homogenliyi təmin olunmuşdur. Qarışıqların homogenliyinə və zərrəciklərin bir-cinsli paylanmasına polyarizasiyalı POLAM C-111 tipli mikroskopun köməyi ilə nəzarət olunmuşdur.

Eksperimental ölçmələrin aparılması zamanı əsasən keçirici şəffaf elektrodlardan ibarət olan "sendviç" tipli yuvacıqdan istifadə olunmuşdur. Yuvacıqda nümunənin qalınlığı 10-20 mkm tərtibində seçilmişdir. Maye kristalın qalınlığı xüsusi teflon arakəsmə ilə nizamlanır və boş yuvacığın elektrik tutumunu ölçməklə aşağıdakı düstur ilə dəqiq təyin edilir:

$$d = \frac{\epsilon_0 S}{C}$$

Burada,  $\epsilon_0 = \frac{8,85pF}{m}$  - elektrik sabiti, S - elektrooptik yuvacığın effektiv işçi sahəsidir, C - yuvacığın elektrik tutumudur. Bu halda qalınlığın təyin edilməsində dəqiqlik 0,1 mikron təşkil edir.

Tədqiq edilən kompozitdə gümüş zərrəciklərinin konsentrasiyasının dəyişməsinin ( $C_{Ag} = 0.1; 0.3; 0.9; 1.2$ ) nematik maye kristalın elektrooptik xassələrinə təsiri tədqiq edilmiş və maraqlı elmi nəticələr alınmış və təhlil edilmişdir.

**Ədəbiyyat:**

1. Блинов Л.М. Жидкие кристаллы: Структура и свойства. Москва: Либроком. 2013, 480 с.
2. Байрамов Г.М. Физико-химическое исследование композитов на основе нематических жидких кристаллов // Жидк. крист. и их практич. использ. 2017, 17 (1), 5–19.
3. Yasin Mohd, S.M.; Johan, M.R. Optical and thermal characterization of silver nanoparticles dispersion in lamellar liquid crystal matrix // Optik, 2019, 176, 593–599.

**BaTiO<sub>3</sub> SEQNETOELEKTRİK NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN NEMATİK  
MAYE KRİSTALIN DİELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ**

**Əlizadə M.A., Hübətov Ş.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[alizadamujgan24@gmail.com](mailto:alizadamujgan24@gmail.com)

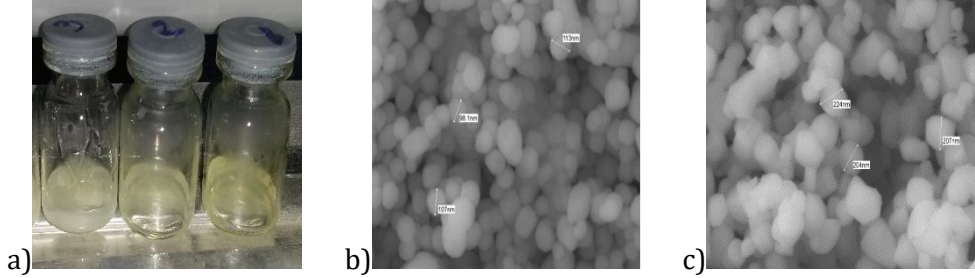
Elmi mənbələrə nəzər saldıqda son onillikdə maye kristal əsaslı kolloidlərlə bağlı elmi-tədqiqat işlərinin sayının kəskin artması müşahidə olunur. Submikron və nanoölçülü funksional hissəciklərin (ferromaqnit və seqnetoelektrik hissəciklər, karbon nanoboruqları və s.) maye kristala cüzi miqdarda əlavə olunması bir çox hallarda maye kristallara xas olmayan yeni effektlərin yaranmasına səbəb olur[1].

Təqdim olunan işdə (100nm və 200nm) ölçülü BaTiO<sub>3</sub> nanohissəciklərinin (1% kütlə miqdarında) şərti adı 5CB olan (4-siano 4'-pentilbifenil) müsbət dielektirik anizotropiyali nematik maye kristalın dielektrik xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. Bu nanohissəciklərin maye kristalda dispersiyası məlum texnologiya əsasında aparılmışdır [2]. Aşağıdakı şəkildə istifadə edilmiş maye kristal matrisin makroskopik, BaTiO<sub>3</sub> nanohissəciklərin skan edici elektron mikroskopunda əldə edilmiş təsvirləri verilmişdir.

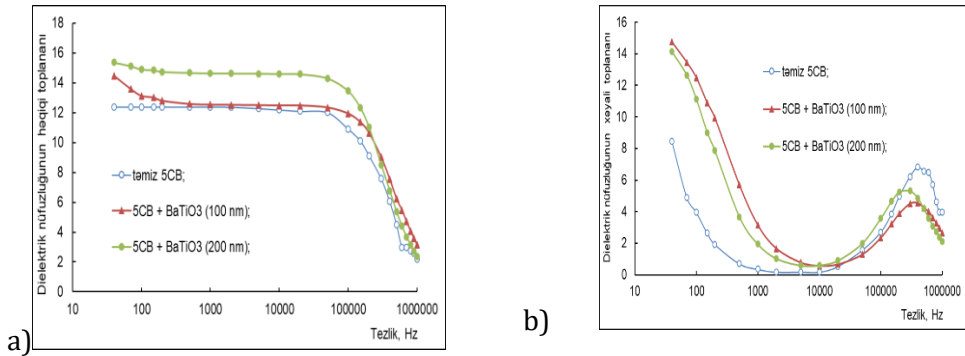
Saf maye kristalın və kolloidlərin dielektrik xassələrinin tədqiqi elektrooptik yuvacığın və İET-1920 RLC-metrin vasitəsilə öyrənilmişdir. İET-1920 RLC-metri nümunə doldurulmuş elektro-optik yuvacığın elektrik tutumunu (C), elektrik müqavimətini (R) və itki faktorunu (D) [20Hz; 1MHz] tezlik intervalında ölçməyə imkan verir. Yuvacığa verilən sinusoidal test signalının amplitudu 1V seçilmişdir. Yuvacığa doldurulmuş maye kristalın dielektrik nüfuzluğu

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0} \quad (1)$$

düsturu ilə hesablanır.  $C_0$  - boş yuvacığın,  $C$  – isə maye kristal doldurulmuş elektro-optik yuvacığın elektrik tutumudur.



**Şəkil 1.** İstifadə edilmiş nümunələrin a) 5CB maye kristalın izotrop fazadakı və b-c) BaTiO<sub>3</sub> nanohissəciklərinin SEM təsvirləri



**Şəkil 2.** Saf nematik maye kristalın və kolloidlərin dielektrik nüfuzluğunun uzununa komponentinin (a) həqiqi və (b) xəyalı toplananlarına BaTO<sub>3</sub> hissəciklərinin təsirinə tezlikdən asılılığı.

Qrafiklərdən görünür ki, 200 nm ölçülü BaTO<sub>3</sub> hissəcikləri dielektrik nüfuzluğunun qiymətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Bu təsir 200 nm ölçülü BaTO<sub>3</sub> hissəciklərinin monodomen elektrik polyarizasiyasına malik olması ilə izah olunur[2].

#### Ədəbiyyat:

1. Reznikov Y, Glushchenko A, Garbovskiy Y, Ferromagnetic and ferroelectric nanoparticles in liquid crystals. World Scientific Publishing; 2016.
2. Humbatov, Sh.A. The study of BaTiO<sub>3</sub> nanoparticles effect on threshold properties of Liquid Crystal 5CB / Sh.A. Humbatov, M.A. Ramazanov, A.R. İmamaliyev // Molecular Crystals and Liquid Crystals, – 2017. 646, – p.263-267



## KORROZİYAYA DAVAMLI KARBONİTRİD ƏSASLI MATERİALLARIN SİNTEZİ

**İsayeva S.N., <sup>2,1</sup>Mirzəyev M.N.**

<sup>1</sup> Azərbaycan Respublikası Müdafiə Sənayesi Nazirliyi,  
Milli Aerokosmik Agentliyi

<sup>2</sup> Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi,  
Radiasiya Problemləri İnstitutu  
[sekinebagirli135@gmail.com](mailto:sekinebagirli135@gmail.com)

Karbonitrid sinifinə məxsus nümunələr elm və texnologiyanın müxtəlif sahələrində geniş tətbiq olunmaqdadır [1-2]. Son illərdə TiN, ZrC, ZrN, ZrCN, TiC birləşmələri üzərində aparılan tədqiqatlar göstərir ki, xarici təsir faktorundan (qamma, proton, neytron və elektron şüalanma) asılı olmayaraq geniş temperatur intervalında oksidləşməyə qarşı dayanıqlı və yüksək mexaniki xüsusiyyətlərə malikdir [3-6]. TiZrCN, TiZrSiCN və TiZrNbCN təbəqələrinin yaradılması üçün "katodlu qövs" çökmə üsulundan istifadə olunur. Nümunələrin hazırlanmasında katod kimi Ti 85 % -Nb 15 % və Zr (99.99% təmizlikli), Ti 88 % - Si12 %, və Zr və Ti (99.99% təmizlikli) istifadə edilmişdir. Təcrübələr argon inert mühitində  $6.0 \times 10^{-4}$  Pa təzyiqdə yerinə yetirilmişdir. TiZrCN, TiZrSiCN və TiZrNbCN təbəqələri C/N nisbəti 0.6- 0.8 (aşağı stoichiometric) və C/N=1.6 intervalında (yuxarı stoichiometric) götürülmüşdür. C/N nisbətinin 0.6- 0.8 alınması üçün CH<sub>4</sub> qazının axma sürəti bir dəqiqədə 25 sm<sup>3</sup> və N<sub>2</sub> üçün isə bir dəqiqədə 65 sm<sup>3</sup> seçilmişdir. Qövs cərəyanı Zr və Ti üçün 90 A, TiNb və TiSi üçün 110 A götürülmüşdür. Təcrübənin yerinə yetirilməsi üçün tələb olunan bütün parametrlər 40 dəqiqə müddətində sabit saxlanılır, başlanğıc çökmə temperaturu 320 °C və örtüyün qalınlığı ~3 µm bərabərdir.

### Ədəbiyyat:

1. S.K. Sharma, K.K. Saxena, K.H. Salem, K.A. Mohammed, R.Singh, C. Prakash, Effects of various fabrication techniques on the mechanical characteristics of metal matrix composites: a review, *Advances in Materials and Processing Technologies*, 2022 <https://doi.org/10.1080/2374068X.2022.2144276>
2. Junwei Qin, Xiaohua Chen, Yanlin Wang, Yuzhi Zhu, Shiwei Pan, Wei Zhou, Mingwen Chen, Zidong Wang Fabrication Techniques and the Formation Mechanism of Nanoparticles and Nanoclusters in Metal Materials, *Metals* 12(9), 2022, p.1420 <https://doi.org/10.3390/met12091420>
3. L. Chen, Y.X. Xu, L.J. Zhang, Influence of TiN and ZrN insertion layers on the microstructure, mechanical and thermal properties of Cr-Al-N coatings, *Surface and Coatings Technology*, 285, (2016), p.146-152. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.11.033>
4. R.W. Harrison, W.E. Lee, Processing and properties of ZrC, ZrN and ZrCN ceramics: a review, *Advances in Applied Ceramics (Structural, Functional and Bioceramics)*, 115(5) (2016) p.294-307. <https://doi.org/10.1179/1743676115Y.0000000061>
5. J. Adachi, K. Kurosaki, M. Uno, S. Yamanaka, Thermal and electrical properties of zirconium nitride, *Journal of Alloys and Compounds* 399(1), 2005, p.242-244. DOI:10.1016/j.jallcom.2005.03.005Ghvh
6. H. Mao, F. Shen, Y. Zhang, J. Wang, K. Cui, H. Wang, T. Lv, T. Fu, T. Tan, Microstructure and mechanical properties of carbide reinforced TiC-based ultra-high temperature Ceramics: A Review, *Coatings*, 11 (2021) p.1444. <https://doi.org/10.3390/coatings11121444>

## **POLİMER NANOKOMPOZİT MATERİALLARIN XASSƏLƏRİ**

**Kərimova A.S., Əhmədova A.B.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[bvip8953@gmail.com](mailto:bvip8953@gmail.com)

Hazırda polimer nanokompozitlərin geniş alınma üsullarından biridə polimer matrisada (lövhələrin basqı üsulu işləmək və ya tökmə üsulu ilə li-terləri və s hazırlamaq üçün tətbiq olunan çuxur metal qəlibdə) nanoölçülü hissəciklərin duru ya da qatı polimer bir təbəqə materialı ilə örtülməsi üsuludur

Bu üsul mikrokapsula üsulu adlanır. Bu üsul ilə istənilən bir maddənin mikrohissəciyinin səthinin polimer təbəqə ilə örtülüb və kiçik hissəciklərə ayrılması kimi başa düşülür. Bu zaman nanoölçülü mikrohissəcik çuxur metal qəlibin mərkəzində yerləşir və duru polimer təbəqə onun səthinə örtərək mikrohissəciklərin bir-birinə birləşməsinin qarşısını alır və eyni zamanda təbəqə mikro hissəciyə sıx birləşir yəni stabilləşdirici funksiyasını yerinə yetirir. Metal mikrohissəciyə örtük təbəqə kimi təbii və sintetik polimerlərdən istifadə edə bilərik. Qeyd etməliyik ki bizim istifadə etdiyimiz örtük maddə polipropilendir. Çuxur metal qəlibin forması təkrarlanır və nanoölçülü hissəciyin üz səthindəki örtüyün qalınlığı onun alınma üsulundan və çuxur metal qəlibin alınma şəraitindən asılı olaraq dəyişə bilər. Nanohissəcik əsasən polimer maddədən hazırlanmış həlledici məhlulda qarışdırılır və həlledici məhlul buxarlanarkən nanohissəcikdə polimer fiziki adsorbsiya olunaraq mikrohissəciyin səthində polimer təbəqə formalaşır. Nanoölçülü mikrohissəciyin səthinin polimer təbəqə ilə örtülməsi zamanı polimerin bir sıra xassələri nəzərə alınır. Məsələn polimerin məhlulunun nanoölçülü hissəciyin səthinə islatması, hissəciklə polimer arası qarşılıqlı təsirin böyük olması və s. kimi xassələri nəzərə alınır. Bu zaman səthdə baş verən hadisələr böyük rol oynayır çünki əsas proses nanohissəciyin səthi ilə polimer materialdan hazırlanan təbəqə arasında baş verir[1].

Nanokompozitlərin xassələri əsasən polimer matrisin kimyəvi təbiətindən və nanokompozitlərdə formalaşması fazalar arası sərhəddin quruluşundan asılı olaraq dəyişir. Nanokompozit materialların unikal xassələri onların kəskin fazalar arası sərhəddə malik olması və nanohissəciklərin massiv materiallardan fərqli yüksək səth enerjisinə malik olması ilə izah olunur. Titan nanohissəcikləri polimer çuxur qəlibə daxil etdikdə nanohissəciklər polimer çuxur qəlibin üst molekulyar quruluşunun formalaşmasında iştirak edərək alınan nanokompozitlərin xassələrinə müsbət təsir göstərir. Ümumi araşdırmalara görə alınan polimer nanokompozitlər adi polimerlərdən daha möhkəm və xüsusi keyfiyyətlərə malikdir. Bunlara misal olaraq yeni fiziki-mexaniki, termiki, elektrik, optik və digər xüsusi xassələrə malik olur ki, bu da həmin materialların istifadəsi üçün yeni imkanlar yaradır.

### **Ədəbiyyat:**

1. A.M.Məhərrəmov, M.Ə.Ramazanov, L.İ.Vəliyeva. Nanotexnologiya, Bakı çəşioğlu 2007, 171 s.
2. Naoya Kobayasi, Nanotexnologiyaya Giriş, Bakı-"Müəllim"-2013, 115s.

## BÖLMƏ 5 FİZİKİ ELEKTRONİKA

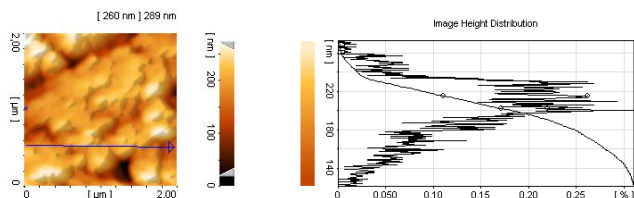
### REAL METAL-YARIMKEÇİRİCİ KEÇİDLƏRİNİN QEYRİ- BİRCİNSLİYİNİN ATOM QÜVVƏ MİKROSKOPU İLƏ TƏDQIQI

**Babayeva L.A., Aslanova Ə.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[leylababayeva555@gmail.com](mailto:leylababayeva555@gmail.com)

Real metal-yarımkəçiricilərin hazırlanması üçün kontakt material kimi praktiki olaraq günis istifadə olunan monokristal silisium lövhələrindən istifadə edilir. Silisium lövhələrinin planar səthi, ilk texnoloji mərhələ olan kimyəvi işlənmə əməliyyatına başlamazdan əvvəl keçirici zond atom qüvvə mikroskopun vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Belə səthlərin müxtəlif yerlərində potensialın dəyişməsi 0,2 V qədər dəyişir. Səth boyunca axan cərəyanın paylanması məlum olur ki, cərəyan lövhə səthinin hər yerindən deyil, yalnız səthdə nizamsız paylanmış lokal hissələrdən axır. Bu işə onu göstərir ki, silisium lövhəsinin səthi burada mövcud olan müxtəlif qalınlıqlı və həndəsi formalı təbii SiO<sub>2</sub> oksid təbəqəsi ilə nizamsız qaydada qeyri-bərabər örtülmüşdür [1].



**Şək. 1.**

İkiqat kimyəvi təmizləndikdən sonra da Si lövhəsinin planar səthinin müxtəlif hissəsində potensial dəyişməsinin maksimum qiyməti təqribi 0.1 V tərtibində olur. Nümunələrin hazırlanmasında istifadə edilən Si lövhəsinin planar qalınlığı 0.2-0.3 mkm olan nikel nazik təbəqəsi vakuumda termik buxarlandırma üsulu ilə çökdürülmüşdür. Bu təbəqənin səthi KZ-AQM vasitəsilə tədqiq edilmişdir [2]. Nikel nazik təbəqəsinin nonahissəciklərinin ölçülərin ox boyunca paylanması şəkildə göstərilmişdir.

N-tip Si üzərində yerləşən nikel nazik təbəqəsi, nanozərrəciklərdən ibarət olan polikristal quruluşa malikdir. Altlığın səthi boyunca nazik təbəqənin nonahissəcikləri həndəsi ölçüləri və kristalloqrafik orientasiyalarına görə xaotik paylanmışdır. Nikel nazik təbəqəsinin səthi boyunca potensial paylanmasının üç ölçülü AQM təsvirindən görünür ki, səth boyunca potensialın lokal dəyişməsi geniş intervalda təqribən 1V həddində olur. Silisium lövhəsinin planar

səthinə qalınlığı 0.2 mkm olan qızıl (Au) nazik təbəqəsi termiki buxarlandırma üsulu ilə çökdürülmüşdür. Si lövhə üzərinə çökdürülmüş Au nazik təbəqəsi ölçüləri 100-200 nm olan nanozərrəciklərdən ibarət polikristal quruluşa malikdir. Səth boyunca bu nanozərrəciklər ölçülərinə görə xotik paylanmışdır [3]. Burada nanohissəciklərin əhatə etdiyi sahənin potensiallar fərqinə görə paylanması maksimum 10 V-a uyğun gəlir. Səth boyunca potensialın lokal dəyişməsi təqribən 0.6 V-a çatır. Si lövhə üzərində nazik gümüş (Ag) metal təbəqə digər metal təbəqələr kimi AQM vasitəsilə öyrənilmişdir. Silisium lövhəsinin planar səthinə qalınlığı 0.2 mkm olan gümüş nazik təbəqəsi termiki buxarlandırma üsulu ilə çökdürülmüşdür. Bu təbəqənin səthi KZ-AQM vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Səthin  $5 \times 5$  mkm<sup>2</sup> sahəli topoqrafik təsvirindən görünür ki, n-tip silisium üzərində yerləşən Ag nazik təbəqəsi, ölçüləri 100-200 nm olan nanohissəciklərdən ibarət polikristal quruluşa malikdir və həmin səth boyunca qeyri-bərabər paylanmışdır.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Torkhov N., Bozhkov V., Ivonin I. et. al. Determination of the Fractal Dimension for the Epitaxial n-GaAs Surface in the Local Limit // Semiconductors 43(1), 2009, pp.33-41
2. Tung T., Altındal Ş., Usu I. et al. Temperature dependent current-voltage (I-V) characteristics of Au/n-Si (111) Schottky barrier diodes with PVA (Ni, Zn-doped) interfacial layer // Materials Science in Semiconductor Processing 2011, pp. 14-139
3. YU A., Mead C. Characteristics of Al-Si Schottky Barrier Diode // Solid State Electron., 1970, v.13, p.97-104.

## **CİVƏ PLAZMASINDA ANOD POTENSİAL DÜŞGÜSÜNÜN ELEKTRONLARIN BALANSINA TƏSİRİ**

**Hüseynov T.X., Quluzadə S.B.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

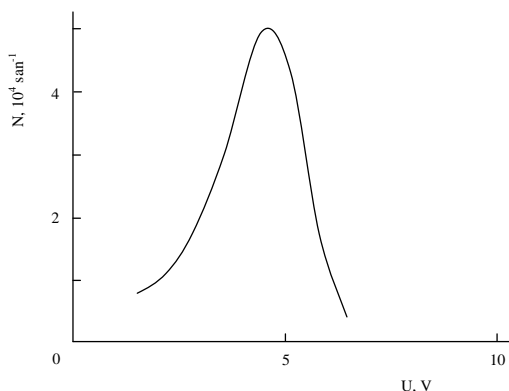
[htarlan@mail.ru](mailto:htarlan@mail.ru)

Müasir dövrdə tətbiq edilən ion lampalarında qeyri-bircinslik olan hissələrinde ikiqat elektrik təbəqələri yaranır. Bundan başqa Yer in ionosfer təbəqəsində də həmin təbəqələrə rast gəlmək olur. Ona görə də qeyri-bircins plazmada ikiqat elektrik təbəqələrinin öyrənilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Civə buxarının elektrik boşalmasında anod potensial düşgüsü oblastının elektronların balansına təsirini araşdırmaq məqsədi ilə plazmada potensialın səviyyəsindən asılı olaraq, potensial çəpərin hündürlüyü təcrübi olaraq ölçülmüşdür (şəkil 1). Ölçmələrdən məlum olmuşdur ki, potensial çəpərin hündürlüyünün malik olduğu ən böyük ehtimalı qiyməti potensialın 3 ilə 6 V, intervalına uyğun gəlir. Bəzən isə bu kəmiyyət daha böyük qiymətlər (7 ÷ 8 V)

arasında dəyişir.

İkiqat elektrik təbəqəsindən anod tərəfdə yerləşən plazmada, elektron zərbəsi ilə atomun ionlaşmasını əsas götürməklə, elektronların balansını təyin edilmişdir. Elektronların balans tənliyinə yüklü zərrəciklərin yaranma və yoxolma həddləri daxildir. Anoda çatan elektronlar anodun potensial düşgüsü oblastını keçməli olurlar. Odur ki, elektronların orta sayının balans tənliyini aşağıdakı ifadə ilə verə bilərik:



**Şəkl. 1.** Potensial səviyyəsindən asılı olaraq ölçülən impulsların sayı. Hg, P =  $10^{-5}$  Tor, B =  $2,5 \cdot 10^{-3}$  Tl, sürəklik  $5 \cdot 10^{-8}$  san.

$$n_D \int_{v_D}^{\infty} v f(v) dv = n_A \int_{v_A}^{\infty} v f_A(v) dv . \quad (1)$$

Burada  $n_D$  və  $n_A$  – uyğun olaraq, ikiqat elektrik təbəqəsinin  $U_D$  - potensial çəpərini və  $U_A$  - anod potensial düşgüsü oblastını keçən elektronların konsentrasiyalarıdır. Ölçülmüş elektronların  $f_D$ ,  $f_A$  - paylanmalarına, ikiqat təbəqədən katod və anod tərəfdə yerləşən plazmada ölçülmüş  $n_D$  və  $n_A$  konsentrasiyalarına,  $U_A = 4,8$  V və  $U_D = 18$  V potensiallarına və (1) ifadəsi əsasında tapılan qiymətlərə görə demək olar ki, alınan nəticələr  $n_D/n_A$  nisbətinin tərtibinə uyğun gəlir.

#### Ədəbiyyat:

1. Гусейнов Т.Х. Распределение потенциала и функции распределения электронов по энергиям в двойном слое в плазме ртутного разряда // Научный вестник НЛТУ Украины, 2015, в. 25, № 8, с.371-378.

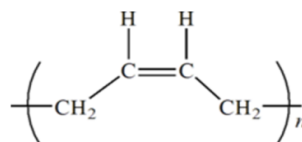
## POLİBUTADİENİN VƏ POLİBUTADİEN+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> KOMPOZİTLƏRİNİN DİELEKTRİK XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TEMPERATUR ASILILIĞI

**Məzahimli G.C., Rəsulov E.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
[gulnaremezahimli@gmail.com](mailto:gulnaremezahimli@gmail.com)

Müasir dövrdə verilmiş parametrlərə malik dielektrik kimi davamlı kompozit materialların yaradılması böyük elmi-praktik əhəmiyyət kəsb edir [1,2]. Bu işdə 1,4 sis-Polibutadien və müxtəlif konsentrasiyalı 1,4 sis-Polibutadien+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərin dielektrik xüsusiyyətlərinə temperaturun təsiri öyrənilmişdir..

Polibutadien (beynəlxalq nomenklaturada adı BR) – elastomer polimerlərə aid olub, əsasən trans və sis quruluşa malik olub – sıxlığı 0,89÷0,92 q/sm<sup>3</sup>, istilikkeçirməsi 0,14 Vt/(m·K), xüsusi həcmi elektrik müqaviməti 10<sup>14</sup> Om·m, dielektrik nüfuzluğu ε = 2,4; dielektrik itkiləri tgδ = 0,002. Şək.1-də 1,4 sis-Polibutadienin kimyəvi quruluş formulu verilmişdir [3].



Şəkil 1.

Alüminium oksidi (α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – sıxlığı 3,99 q/sm<sup>3</sup>, ərimə temperaturu 2045 °C, istilikkeçirməsi 28÷35 Vt/(m·K), xüsusi həcmi elektrik müqaviməti 10<sup>14</sup> Om·m, elektrik möhkəmliyi 17 kV/mm, dielektrik nüfuzluğu – 10; dielektrik itkiləri (tgδ) 0,02 ÷ 0,05 intervalında olur [4].

Cədvəldə 1,4 sis-Polibutadienin və yeni üsulla dixloretanın qatı məhlulundan alınmış 1,4 sis-Polibutadien+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit materialların 1 kHs tezlik üçün dielektrik nüfuzluğunun məlum

$$\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S} \quad (1)$$

ifadəsilə hesablanmış nəticələri verilmişdir.

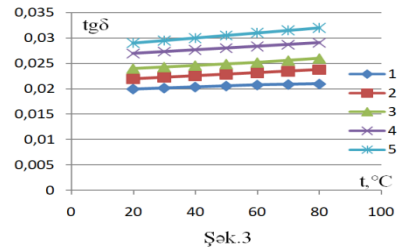
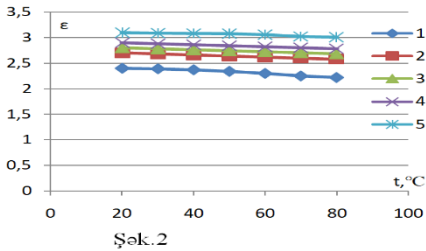
Bizim işdə məhluldan ayrılma üsulu ilə alınmış yüksək birinciliyə malik 1,4 sis-polibutadienin və 0÷40% intervalında çəki nisbətində polibutadien əsasında 1,4 sis-polibutadien +AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin 1 kHs tezlikdə, 0÷80 °C temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkilərinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir.

**Cədvəl 1**

Doldurucuların miqdarı, %	$\rho_e \cdot (10^{14})$ Om·m)	Tezlik ,Hs							
		10 <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup>		5·10 <sup>8</sup>		10 <sup>10</sup>	
		ε	tgδ	ε	tgδ	ε	tgδ	ε	tgδ
0	5,2	2,4	0,02	2,2	0,026	2,3	0,024	2,4	0,022
10	5,1	2,7	0,022	3,4	0,027	2,4	0,027	2,5	0,03
20	4,9	2,8	0,024	3,6	0,028	2,6	0,029	2,7	0,032
30	4,8	2,9	0,027	3,8	0,03	2,8	0,03	2,8	0,035
40	4,7	3,1	0,029	4	0,032	2,9	0,033	2,8	0,038

Şək.2-də 1,4 sis-Polibutadienin və polibutadien+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı verilmişdir.

Şək.3-də polibutadienin və polibutadien+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik itkilərinin temperatur asılılığı verilmişdir.



Alınmış nəticələr polimer əsasında tələb olunan parametrlərə malik kompozitlərin alınmasında və tətbiqində istifadə edilə bilər.

#### Ədəbiyyat:

1. Шевченко В.Г. Основы физики полимерных композиционных материалов. Москва, 2010, 97 с.
2. Кудряшов М.А., Машин А.И., Логунов А.А. и др. Диэлектрические свойства нанокomпозитов Ag/ПАН.ЖТФ, 2014, т.84, в.7, с.67-71.
3. Справочник химика, Сырье и продукты промышленности органических веществ, том VI, Л., Химия, 1967, 1012с.
4. Справочник химика, Основные свойства неорганических и органических соединений, том II, Л., Химия, 1971, 1169 с.

## PMMA VƏ PMMA + AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> KOMPOZİTLƏRİNİN DIELEKTRİK NÜFUZLUĞUNA VƏ DIELEKTRİK İTKİLƏRİNƏ TEMPERATURUN TƏSİRİ

**Məmmədova A.A., Ələkbərov Ş.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

[arzumamedova362@gmail.com](mailto:arzumamedova362@gmail.com)

Müasir dünyada müəyyən elektrofiziki parametrlərə malik yüksək keyfiyyətli dielektrik kompozit materialların yaradılması və tətbiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir. İşimizdə Polimetimetakrilat (PMMA) və müxtəlif konsentrasiyalı PMMA+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərin dielektrik xassələrinə temperaturun təsiri öyrənilmişdir.

PMMA-nın kimyəvi formulu – (C<sub>5</sub>O<sub>2</sub>H<sub>8</sub>)<sub>n</sub>, ərimə temperaturu 160 °C, dielektrik nüfuzluğu 2,5÷4,2, dielektrik itkiləri (tgδ) 0,02 ÷ 0,05 intervalında olur [1].

Alüminium oksidi (α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) –ərimə temperaturu 2045 °C, dielektrik

nüfuzluğu–10; dielektrik itkiləri (tgδ) 0,02÷0,05 intervalında olur [2].

Cədvəldə PMMA və yeni üsulla dixloretanın qatı məhlulundan alınmış PMMA+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit materialların 1 kHs tezlik üçün dielektrik nüfuzluğunun məlum

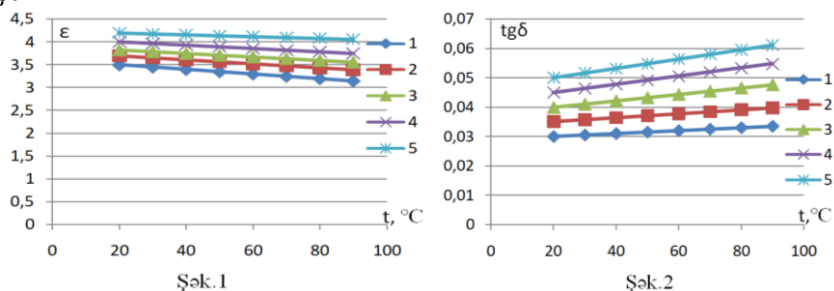
$$\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S} \quad (1)$$

ifadəsi ilə hesablanmış nəticələri verilmişdir. Həmçinin bu nümunələrin tgδ dielektrik itkilərinin də 1 kHs tezlikdə ölçülmüş nəticələri cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl 1**

Doldurucuların miqdarı, %	$\rho_e \cdot (10^{14})$ Om· m	Tezlik, Hs							
		10 <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup>		5·10 <sup>8</sup>		10 <sup>10</sup>	
		$\varepsilon$	tgδ	$\varepsilon$	tgδ	$\varepsilon$	tgδ	$\varepsilon$	tgδ
0	5,2	3,5	0,03	3,2	0,028	3	0,024	2,8	0,022
10	5,1	3,7	0,035	3,4	0,033	3,2	0,031	3	0,03
20	4,9	3,8	0,04	3,6	0,038	3,4	0,035	3,1	0,032
30	4,8	4	0,045	3,8	0,042	3,8	0,04	3,5	0,035
40	4,7	4,2	0,05	4	0,045	4,2	0,043	3,8	0,038

Şək.1 və Şək.2-də PMMA və PMMA+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin uyğun olaraq dielektrik nüfuzluğunun (ε) və dielektrik itkilərinin (tgδ) temperatur asılılığı verilmişdir.



Alınmış nəticələr elektronika və elektrotexnikada polimerlər əsasında tələb olunan parametrlərə malik kompozitlərin alınmasında və tədqiqində istifadə edilə bilər.

**Ədəbiyyat:**

1. Справочник химика, Сырье и продукты промышленности органических веществ, том VI, Л., Химия, 1967, 1012с.
2. Справочник химика, Основные свойства неорганических и органических соединений, том II, Л., Химия, 1971, 1169 с.
3. Шевченко В.Г. Основы физики полимерных композиционных материалов. Москва, 2010, 97 с.



## Au(Zn-PVA)-nSi MDY $\sigma_{ac}$ -KEÇİRİCİLİYİNİN TEST SİQNALININ TEZLİYİNDƏN ASILILIĞI

**<sup>1</sup>Qasimov Y.Ə., <sup>2</sup>Əfəndiyeva İ.M.**

*<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

*<sup>2</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri Elmi-Tədqiqat İnstitutu*  
[qyusif177@gmail.com](mailto:qyusif177@gmail.com)

Metal-polimer-yarımkeçirici Au(Zn-PVA)-nSi strukturlarının dielektrik xassələrini tədqiq etməklə impedans metodundan istifadə edilmişdir. MDY strukturlarına aid olan metal-polimer- yarımkeçirici strukturlar da metal – yarımkeçirici, p-n keçirdlər və heteroqecidlərlə yanaşı bir sıra elektron cihazlarda istifadə edilir. Bu baxımdan onların elektrik və dielektrik xassələrinin tezlikdən asılılığını tədqiqi maraq kəsb edir.

Au(Zn-PVA)-nSi strukturlarının tutum və keçiriciliyin (müvafiq olaraq C-V və G/ω-V) sabit gərginliyin (-6 ÷ +6)V intervalında dəyişən müxtəlif qiymətlərində asılılığı ölçülmüşdür. Ölçmələr otaq temperaturunda (T=300K) və test siqnalının geniş diapazonda ( tezlik0,5 kHs-500 kHs, dəyişən gərginlik amplitudu  $V_{osc}=20mV$ ) dəyişməsilə aparılmışdır.

$\sigma_{ac}$ -keçiricilik aşağıda göstərilmiş düsturla hesablanmışdır.

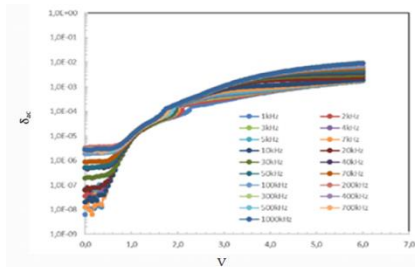
$$\sigma(\omega) = \left( \frac{d}{A} \right) \omega C \tan \delta = \varepsilon'' \omega \varepsilon_0 = \sigma_{dc} + A \omega^n$$

Burada  $\sigma_{dc}$  - sabit gərginlikdə keçiricilik,  $\omega=2\pi f$ , C-tutum, d-dielektrik aralığın qalınlığı, A- kontakt sahəsi,  $\varepsilon''$ - dielektrik nüfuzluğun xəyali hissəsi.

Aşkar edilmişdir ki, gərginlik artdıqda  $\sigma_{ac}$ -keçiricilik qiymətləri artır. Aşağı və orta qiymətli tezliklərdə dielektrik və ya polimer material tətbiq olunmuş gərginliyin təsiri ilə polyarlaşır. Burada yüklər sabit dayanıqlı mövqelərdən sürüşməklə polyarlaşmaya, dielektrik nüfuzluğun dəyişməsinə, relaksasiya proseslərinin baş verməsinə və dəyişən ac-keçiriciliyin tezlikdən və gərginlikdən asılılığına səbəb olur. Aşağı tezliklərdə dipol və fazalararası polyarlaşma yaranır. Tələlərdə olan yüklər test siqnalını işləməyə macal tapır. Yüksək tezliklərdə isə bu proseslərdə iştirak üçün yüklər macal tapmır.

Təqdim edilmiş tədqiqat nəticəsində  $\sigma_{ac}$ - keçiriciliyin tezlikdən asılılığı, 1-2 V gərginliyində kəskin artmasını aşkarlamışdır. Bu bir daha tezlik artdıqca polyarlaşmanın azalmasını bildirir.

Alınmış nəticələr səth hallarının mövcudluğunu və aşağı tezliklərdə polyarlaşmaya təsir etməsini aşkarlamışdır.



Şək. 1.

### Ədəbiyyat:

1. И.Ю.Просанов, Н.Ф.Уваров. Электрические свойства дегидратированного поливинилового спирта. ФТТ, 2012, том 54, вып. 2, стр. 393- 397.
2. L.Reddy P, K. Deshmukh et al. Dielectric properties of polyvinyl alcohol (PVA) nanocomposites filled with green synthesized zinc sulphide (ZnS) nanoparticles. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 30(1-13), DOI: 10.1007/s10854-019-00761-y.
3. N. Baraz, İ.Yücedağ et al. Determining electrical and dielectric parameters of Al/ZnS-PVA/p-Si (MPS) structures in wide range of temperature and voltage. Journal of Materials Science: Materials in Electronics | Issue 15/2018

## p-GaSe MONOKRİSTALLARINDA ELEKTRİK SAHƏSİ İLƏ STİMULLAŞDIRILMIŞ FOTOKEÇİRİCİLİK

**Quliyeva A.Z., Abdinov Ə.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

Laylı quruluşlu p-GaSe [1] yarımkəçiricisinin monokristallarında aşağı ( $T \leq 250$  K) temperaturlarda statik volt-ampere xarakteristikasının (VAX-ın) qeyri-xətti (super-xətti) qanuna tabe olduğu elektrik sahəsi intensivliklərində  $\lambda = 0.66 \div 2.00$  mkm olan işıqla işıqlandırıldıqda elektrik sahəsi ilə stimullaşdırılmış mənfi fotokeçiricilik,  $1.20 \leq \lambda \leq 3.20$  mkm olan aşqar işıqla işıqlandırıldıqda isə elektrik sahəsi ilə stimullaşdırılmış aşqar fotokeçiricilik hadisəsi müşahidə olunmuş, həmin hadisələrin əsas xarakteristikaları təcrübə yolla tədqiq edilmişdir.

Müəyyənləşdirilmişdir ki, müşahidə olunan mənfi fotokeçiricilik özünün temperatur asılılığına və spektral xarakteristikasına görə eyni nümunədə müşahidə olunan adi mənfi fotokeçiriciliklə [2] tam uzlaşsa da, ondan fərqli olaraq yalnız qaranlıq statik VAX-ın super-xətti oblastlarına uyğun elektrik sahələrində baş verir. Baxılan halda onun ədədi qiyməti nümunədəki gərginlik düşgüsünün və uyğun olaraq nümunəyə injeksiya olunmuş əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması ilə böyüyür, spektrinin qısa dalğalar tərəfdəki qolu sərt, uzun dalğalar tərəfdəki qolu isə kifayət qədər zəif dəyişəndir. Tədqiq olunan nümunələrdə bu mənfi fotokeçiriciliyin yaddaş xassəsinə [3] malik olduğu da qeydə alınmışdır. Belə ki, 77 K-də yaranmış mənfi fotokeçiricilik onu

yaradan işığın təsiri kəsildikdən sonra yalnız  $\sim(500\div 1000)$  saniyə ərzində tam relaksasiya olunur. Temperaturun yüksəlməsi ilə relaksasiya sürəti artır.

Aşkar edilməlidir ki, müşahidə olunan mənfi fotokeçiricilik nümunənin cərəyan kontaktlarının injeksiya etdirmək qabiliyyətindən də nəzərəcarpacaq dərəcədə asılıdır və cərəyan kontaktlarının injeksiya etdirmək qabiliyyəti yüksəldikcə onun ədədi qiyməti artır, baş verməyə başladığı elektrik sahəsinin intensivliyinin qiyməti isə kiçilir. Eyni bir xarici şəraitdə tədqiq olunan nümunənin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin ( $\rho_{77}$ -nin) qiyməti artdıqca, müşahidə olunan mənfi fotokeçiriciliyin qiyməti də böyüyür.

$\rho_{77} \geq 10^4$  Om·sm olan p-GaSe kristallarında qaranlıq statik VAX-ın sərt yüksələn və ikinci kvadratik hissələrinə [4] uyğun gərginlik düşgülərində ( $U_{n\bar{u}}$ ) nümunəyə xarici sabit elektrik sahəsi ilə eyni vaxtda həm də  $1.20 \leq \lambda \leq 3.20$  mkm olan aşqar işıqla təsir etdikdə müşahidə olunan elektrik sahəsi ilə stimullaşdırılmış aşqar fotokeçiriciliyin [2] və spektrinin maksimumu  $\lambda_m \approx 1.75$  mkm-ə təsadüf edir. Göstərilmişdir ki, nümunədəki gərginlik düşgüsünün qiyməti artdıqca, müşahidə olunan bu fotokeçiriciliyin spektrinin maksimumu və qırmızı sərhədi əvvəlcə bir qədər qısa dalğalar tərəfə doğru sürüşür, həm də xarakteristikanın eni nəzərəcarpacaq qədər kiçilir. Nümunədəki gərginlik düşgüsünün daha böyük qiymətlərində isə müşahidə olunan aşqar fotokeçiriciliyin spektral xarakteristikasının elektrik sahəsindən asılılığı tədricən aradan qalxır, ədədi qiyməti isə elektrik sahəsi intensivliyinin artması ilə kiçilir. Tədqiq edilən nümunələrdə müşahidə olunan bu aşqar fotokeçiricilik də yaddaş xassəsinə malikdir və yaddaş xassəsi  $\rho_{77}$ -nin qiyməti böyüdükcə güclənir, temperaturun yüksəlməsi ilə isə zəifləyir.

Alınmış təcrübi nəticələr tədqiq olunan p-GaSe monokristalları nümunələrinin qadağan olunmuş zonasında iki tip (sürətli və asta) rekombinasiya [2] və əsas yükdaşıyıcılar üçün dayaz tutma [4] mərkəzlərinin mövcudluğu, tətbiq olunan xarici gərginliyin təsiri altında nümunəyə əsas yükdaşıyıcısının injeksiyası, bunlarla yanaşı nümunələrdə həm də təsadüfi xarakterli makroskopik defektlərin də olması [5, 6] əsasında izah edilmişdir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Медведева З.С. Халькогениды элементов III Б подгруппы периодической системы. М. «Наука», 1968, -214 с.
2. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М.: Наука, 1963. - 429 с.
3. Шейнкман М.К., Шик А.Я. Долговременные релаксации и остаточная проводимость в полупроводниках. // ФТП. 1976. Т. 10. в. 2. с. 209-232.
4. Ламперт Р., Марк П. «Инжекционные токи в твердых телах», М., «Мир», 1973. - 416 с.
5. Шик А.Я. Фотопроводимость случайно-неоднородных полупроводников. // ЖЭТФ. 1975. Т. 68. Вып. 5. с. 1859-1867.
6. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука. 1979. 416 с.

## **HOLMIUMLA AŞQARLANMIŞ LAYLI QURULUŞLU n-InSe MONOKRİSTALLARINDA ELEKTRİK SAHƏSİ İLƏ İNDUKSIYALANMIŞ AŞQAR FOTOKEÇİRİCİLİK**

**Mehdiyeva A.N., Abdinov Ə.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

Laylı quruluşlu n-InSe [1] yarımkeçiricisinin monokristallarında xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin [2] bəzi spesifik xüsusiyyətlərinin səbəblərini aşkar etmək üçün həmin yarımkeçiricidə adı gedən hadisəyə holmiumla (Ho) aşqarlanmanın təsiri tədqiq edilmişdir. Təcrübi ölçmələr temperaturun, elektrik sahəsinin, aşqar işığın intensivliyinin və dalğa uzunluğunun uyğun olaraq  $77 \leq T \leq 300$  K,  $U \leq 3 \cdot 10^2$  V,  $\Phi \leq 2 \cdot 10^2$  Lk,  $0.30 \leq \lambda \leq 4.00$  mkm intervallarında,  $10^{-1}$  at.%-ə qədər Ho-la aşqarlanmış nümunələrdə aparılmışdır.

Müəyyənləşdirilmişdir ki, təmiz və Ho-la aşqarlanmış n-InSe monokristallarının fotohəssaslığı aşağı ( $T \leq 200$  K) temperaturalarda statik volt-ampere xarakteristikasının xətti oblastına uyğun gərginliklərdə maksimumu  $\lambda_{\max} = 0.95$  mkm-də olan və  $0.35 \leq \lambda \leq 1.25$  mkm intervalını əhatə edən məxsusi və maksimumu  $\lambda_{\max} = 1.60$  mkm-də yerləşməklə  $1.20 \leq \lambda \leq 1.90$  mkm intervalını əhatə edən mənfi aşqar fotokeçiricilikdən ibarətdir. Lakin nümunəyə nəzərəcərpacaq injeksiya yaradan elektrik sahəsi təsir etdikdə, mənfi fotokeçiriciliyin qiyməti kiçilir və  $1.60 \leq \lambda \leq 3.60$  mkm oblastında maksimumu  $\lambda = 2.60$  mkm-də olan müsbət aşqar fotokeçiricilik müşahidə olunur. Elektrik sahəsi ilə induksiyanlanmış bu aşqar fotokeçiriciliyin qiyməti və xarakteristikaları temperaturun, elektrik gərginliyinin, aşqar işığın intensivliyinin qiymətləri ilə yanaşı, həm də daxil edilmiş Ho aşqarının miqdarından ( $N_{Ho}$ -dan) asılıdır. Cərəyan kontaktlarının injeksiya etdirmək qabiliyyəti yüksəldikcə, induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin qiyməti də böyük olur.  $N_{Ho}$ -un dəyişməsi ilə induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin qararlaşıma və sönmə proseslərinin sürəti də dəyişir.  $N_{Ho}$ -un artması ilə əvvəlcə relaksasiya sürətləri kiçilir, sonra isə ( $N_{Ho} > 10^{-3}$  at.% olduqda) artır. Aşqarlama induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin lüks-ampere xarakteristikasının formasına təsir göstərmir. n-InSe kristallarının fotoelektrik və elektrik xassələrinin tədqiqinə həsr olunmuş bir sıra işlərdə [3, 4] həmin kristalların bütövlükdə alçaqomlu matrisa (AO) və bu matrisadakı təsadüfi xarakterli makroskopik yüksəkomlu fazalardan (YO) ibarət sistem kimi təsvir edilə bilməsi, eyni zamanda həmin kristalların qadağan olunmuş zonasında əsas yükdaşıyıcılar üçün  $\alpha$ -dayaz tutma mərkəzlərinin mövcud olması da göstərilmişdir. Əldə olunmuş təcrübi nəticələrin statistik təhlili göstərir ki, qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiyməti ən kiçik olan n-InSe nümunələrində elektrik sahəsi ilə induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin xüsusiyyətləri fəzaca bircins kristal yarımkeçiricilərdə fotokeçiricilik üçün mövcud nəzəri müddəalar [2, 4] əsa-

sında qənaətbəxş izah olunur. Yüksəkomlu nümunələrdə alınmış nəticələri izah etmək üçün isə onlarda həm də böyük ölçülü xaosit defektlərin olmasını nəzərə almaq lazımdır [3, 5]. Holmium aşqarlarının müşahidə olunan induksiyanmış aşqar fotoke-çiriciliyinin xarakteristikalarına təsiri isə [6]-da güclü aşqarlanmış yarımkeçiricilərin elektron xassələri üçün irəli sürülmüş nəzəri müddəalara uyğun izah etmək olar. Ho-la  $10^{-2} < N_{Ho} < 10^{-1}$  at.% miqdarda aşqarlanmış n-InSe kristallarının nazik lövhələri əsasında xarakteristikaları elektrik sahəsi ilə idarə oluna bilən, yüksək stabilliyə və təkrarlanan xarakteristikalara malik fotorezistorlar hazırlamaq mümkündür.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Абрикосов Н.Х., Банкаина В.Ф., Порецкая Л.В. и др. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе. М: «Наука», 1975, - 219 с.
2. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М.: Наука, 1963, - 494 с.
3. Абдинов А.Ш., Кязым-заде А.Г. Отрицательная остаточная фотопроводимость в монокристаллах селенида индия // Физ. и техн. полупроводников, 1975, Т. 9, № 12, с. 2382-2384.
4. Абдинов А.Ш., Гасанов Я.Г., Мамедов Ф.И. ВАХ высокоомных монокристаллов слоистых соединений  $A^{III}B^{VI}$  // Физ. и техн. полупроводников, 1982, Т. 16, № 6, с.993-998.
5. Шик А.Я. Фотопроводимость случайно-неоднородных полупроводников. // ЖЭТФ, 1972, Т.15, с. 408-410.
6. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1979, - 416 с.

#### **ФОРМИРОВАНИЕ УЗКИХ ПОЛОСОК МАЛОГО РАЗМЕРА In И Sn МЕТОДОМ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ИОНОВ.**

**Гурбанов И.И., Мамедова Г.Х., Акберов Э.М., Гулиев Д.А., Мамедов Ф.Э.,  
Джалилова Х.Д., Алиев С.А., Эминов Ш.О.**

*Институт Физики МНО*  
[sabir.eliyev.1950@mail.ru](mailto:sabir.eliyev.1950@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрены процессы формирование узких полосок малого размера In и Sn на близлежащую подвижную поверхность посредством жидкометаллического источника ионов (ЖМИ). При расстоянии иглы от поверхности порядка 80 мкм получены следы ионов ( $In^+$ ,  $Sn^+$ ) и массивные непрерывные дорожки шириной несколько мкм. Структура осажденных полосок длиной более 10 мм является зернистой.

**Введение.** Для создания различных поверхностных структур очень перспективным методом является осаждение нанокapель на проводящую поверхность. Для этой цели используются жидкометаллические источники ионов с острым эмиттером. Острые эмиттеры обладают

наиболее высокой плотностью тока, весьма малой зоной эмиссии, способностью генерировать заряженные капли рабочего вещества с размерами нанометрового масштаба. Возможность фокусировки получаемых пучков до субмикронных размеров находить применение в микротехнологии, а генерация наночастиц различного состава представляет большой интерес для получения тонких пленок [1; 2].

Для получения пучка ионов от жидкометаллических источников изготавливается иглы с размерами острия в несколько микрометров из различных тугоплавких материалов (W, Ni, Fe и др.) химическим травлением или механическими методами. При этом должна соблюдаться условие смачивание иглы рабочим веществом. Для этого нами в разработано специальная конструкция контейнерного типа из графита.

В качестве проводящей подложки использовались полированные пластинки из меди, вольфрама, молибдена и кремния. Система монтировалась на базе вакуумной установки А-700 Q Leybold-Heraeus с турбомолекулярной откачкой. Нанесенные полоски анализировались посредством оптического, растрового электронного и атомного силового микроскопов.

Осаждением ионов In и Sn с помощью жидкометаллического источника на близкорасположенную неохлаждаемую поверхность были сформированы длинные полосы In и Sn шириной несколько микрометров. Структура полосок обусловлена наноразмерными частицами осаждаемого материала. Данный метод может найти применение в микроэлектронике с целью выполнения различных технологических операций.

#### **Литература:**

1. Badan V.V., Gasanov I.S. The finely dispersed phase and instability of the emission of liquid metal ion sources // Letters in ZhTF, 1989, v.15, r.17, p.49-52/
2. Hasanov I.S., Gurbanov I.I. Formation of charged nanoparticles at capillary instability of the liquid emitter. JJP, 47, No. 10 (2008), p. 8226-8229.

### **p-GaAs /n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> NAZİK TƏBƏQƏLİ HETEROKEÇİDLƏRİN ELEKTROKİMYƏVİ ÇÖKDÜRÜLMƏ ÜSULU İLƏ ALINMASI**

**Məmmədov M.Y., Məmmədov V.U.**

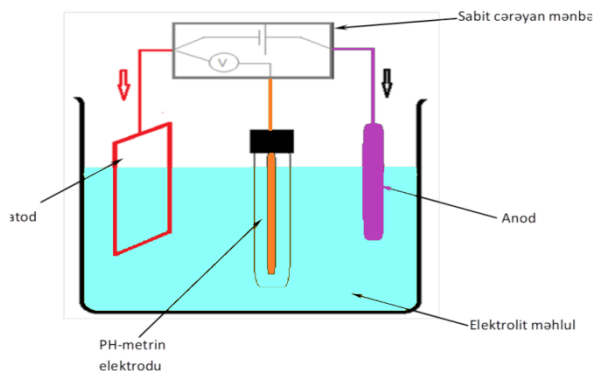
*Bakı Dövlət Universiteti*

[mammadovv@gmail.com](mailto:mammadovv@gmail.com)

Elektrokimyəvi çökdürülmə üsulu ilə artıq XIX əsrin əvvəlindən başlayaraq nazik təbəqələrin alınmasına başlanılmışdır. Elektrokimyəvi çökdürülmə prosesinin aparıldığı cihaz sadə və asan hazırlana bilən quruluşa malikdir. Bu zaman vakuüm almağa ehtiyac duyulmur. Bir-birindən müəyyən məsafədə yerləşən uyğun elektrolit məhlul içərisinə salınmış katod və anod sistemi və

sitəsilə nazik təbəqəsi alınan material katod üzərinə çökdürülür. Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə nazik təbəqə almaq üçün içərisində nazik təbəqəsi alınacaq maddənin zəruri komponentlərinin müsbət ionları olan məhluldan elektroliz prosesini aparmaq lazımdır. Əgər CdS maddəsinin nazik təbəqəsi alınacaqsə, onda sulu məhlulda həm kadmiumun müsbət ionları olan duz-  $CdNO_3, CdCl_2$ , və ya  $CdSO_4$ , həm də kükürdün müsbət ionları olan duzun-  $Na_2S_2O_3$  olması vacibdir.

Tədqiqat işində altlıq kimi (111) və (100) orientasiyalı və  $\sim 0.2 \div 0.6$  mm qalınlığa malik p-GaAs materialı götürülmüşdür. İkinci elektrod- anod olaraq molibden lövhələr və ya kömür çubuqlar, üçüncü- köməkçi elektrod olaraq isə əsasən kömür çubuqlardan istifadə olunmuşdur. Elektrokimyəvi çökdürmə prosesi xüsusi kvars qabda həm otaq temperaturunda, həm də  $40-85^\circ C$  temperaturu məhlullarda aparılmışdır



Şəkl. 1. Elektrokimyəvi çökdürmə aparılan qurğu

Kadmium ( $CdCl_2$  və ya  $CdSO_4$ ), sink ( $ZnCl_2$  və ya  $ZnSO_4$ ), kükürd ( $Na_2S$  və ya  $Na_2S_2O_3$ ) və tellur ( $TeO_2$ ) duzlarının sulu məhlulundan istifadə etməklə  $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y$  nazik təbəqələri alınmışdır. Nazik təbəqələrin elektrokimyəvi üsulla çökdürülməsi mexanizmini öyrənmək və çökdürülmə rejiminə nəzarət etmək məqsədilə  $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y$  nazik təbəqələrinin alınmasında otaq temperaturunda  $CdCl_2 + ZnCl_2 + Na_2S_2O_3 + TeO_2$ ,  $80^\circ C$  temperaturda isə  $ZnSO_4 + CdSO_4 + Na_2S_2O_3 + TeO_2$  sulu məhlullarındakı duzların ilkin olaraq ayrı-ayrılıqda, sonra isə onların əvvəlki konsentrasiya və pH-turşuluğunu saxlamaqla qarışığının voltamoqrammaları (tsiklik volt-ampere xarakteristikaları) tədqiq edilmişdir.

#### Ədəbiyyat:

1. Paunovic M., Schlesinger M. Fundamentals of electrochemical deposition // John Wiley & Sons, Inc., - 376 p. (2nd edition), 2006
2. Fatas B., Herrasti P., Duo R., Arjona F., Camarero E. Electrochemical deposition of CdS thin films on Mo and Al substrates // J. Electrochem. Soc., 1984, v.131, p.2243-2247.

## **MƏSAMƏLİ-Si/NANO-CdZnS HETEROKEÇİDLƏRİNİN ELEKTROKİMYƏVİ AŞILANMA VƏ ÇÖKDÜRÜLMƏ ÜSULU İLƏ ALINMASI**

**Mənsimova F.B., Məmmədov H.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*fatima.mansimova@bsu.edu.az*

Hazırda məsaməli silisium (MSi) qaz və fotosensorların hazırlanmasında geniş tətbiq edilir, lakin parametrlərinin deqradasiyası onların tətbiq imkanlarını məhdudlaşdırır. Belə ki, HF - etanol məhlulunda elektrokimyəvi aşılama zamanı əmələ gələn məsamələr nanokristallitlərdən və Si-H<sub>x</sub> qruplarından ibarət olur. Məsamələrdən elektrolit artıqlığı təmizləndikdən sonra H-nin oksigenlə əvəz olunması (Si-O<sub>x</sub> qrupları) silisium nanokristallitlərinin amorf təbəqə ilə əhatə olunmasına səbəb olur. Məhz bu fakt məsaməli silisium əsasında hazırlanan əksər cihazların bir sıra parametrlərinin qeyri-stabilliyi və onların deqradasiyasının əsas səbəbi hesab olunur. Məsaməli Si-un səthinin passivləşdirilməsi üçün termik, texnoloji, müxtəlif elementlərin matrisə yeridilməsi kimi bir sıra üsullardan istifadə olunur. Aşılama Fe<sup>3+</sup> və Au<sup>3+</sup> kimi daha güclü oksidləşdiricilər aşılama prosesini sürətləndirir. Nəticədə, silisium nanokristallitlərinin ölçüsü daha da kiçilir, oksigen və hidrogen rabitələri silisium-metal kompleksləri ilə əvəz edilir. Qeyd etdiyimiz rabitələrin o qədər də qeyri-stabil olmaması eyni zamanda dəyişkən valentlilik nümayiş etdirməsi, onlardan müxtəlif tipli qazların sensoru kimi istifadə etmək imkanını yaradır.

İşdə məsaməli-Si/nano-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S (0.2≤x≤0.6) heterokeyidlərinin hazırlanması zamanı altıq kimi (100) oriyentasiyaya, 2.5 Om·m xüsusi müqavimətə və 0.2 - 0.3 mm qalınlığa malik p-tip (c-Si) monokristallar istifadə olunmuşdur. Elektrokimyəvi aşılama zamanı Si-un səthi HF sulu məhlulunda (1:50) təmizlənmiş, 80°C temperaturda bidistillə edilmiş su və etanol ilə yuyulmuş və sonra havada qurudulmuşdur. Aşılama şaquli istiqamətdə xüsusi formalı teflon qabda HF:etanol (1:1) məhlulunda aparılmışdır. Katod kimi platin (Pt) çubuqlardan istifadə edilmişdir. Aşılama sabit gərginlik (30 V), müxtəlif cərəyan sıxlığı (40-90 mA/sm<sup>2</sup>) və müddətlərdə (40-1800 san) həyata keçirilmişdir. Anod cərəyanının qiymətindən və aşılama müddətindən asılı olaraq, c-Si səthində 12-90 nm ölçülü məsamələrə malik MSi alınmışdır.

MSi təbəqəsi əmələ gəldikdən sonra nümunələr etil spirtində yuyulmuş və qurudulduqdan sonra müxtəlif tərkibli Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S nanostrukturlu nazik təbəqələrinin çökdürülməsi üçün elektrokimyəvi məhlula yerləşdirilmişdir. Cd<sub>0.4</sub>Zn<sub>0.6</sub>S tərkibli nazik təbəqələrin c-Si/MSi altlıqlarının səthinə (ölçüləri 20 və 60 nm olan məsamələrə malik) elektrokimyəvi çökdürülməsi 80°C temperaturda kadmium (CdCl<sub>2</sub>), sink (ZnCl<sub>2</sub>) və natrium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) duzları olan sulu məhlulda aparılmışdır. Çökdürülmə müddətindən və məsamələrin ölçülərindən asılı olaraq, müxtəlif səth morfolojiyasına malik 0,2-0,6 µm qalınlığında Cd<sub>0.4</sub>Zn<sub>0.6</sub>S nazik təbəqələri əldə edilmişdir.

Cd<sub>0.4</sub>Zn<sub>0.6</sub>S üçün elektrik kontaktı kimi vakuumda buxarlanma üsulu ilə alınmış indium (In), c-Si monokristallarına isə alüminium (Al) istifadə edilmişdir.



## MÜNDƏRICAT

### PLENAR MƏRUZƏLƏR

#### **Ализаде М.Р.**

Рождение прямых фотонов в квант хромодинамическом и  
электродинамическом комптоновских рассеяниях..... 5

#### **Bağirov M.Ə., Muradov M.B.**

Qamma radiasiyanın  $Go$  və  $Go/Pvs$  nanokompozitlərinin fiziki  
xassələrinə təsiri ..... 6

### BÖLMƏ 1 NƏZƏRİ FİZİKA VƏ ASTROFİZİKA

#### **Əsgərova B.E., Ətəyi Ə.Ə.**

Nəhəng planetlərin daxili enerjisinin onların atmosferlərinin  
təkamülünə təsiri ..... 8

#### **Ağacanova Y.X., Abdullayev S.Q.**

$H \rightarrow \gamma\gamma$  parçalanmasında  $\gamma$ -kvantin dairəvi polyarlaşması ..... 9

#### **Dadaşov E.Ə.**

Dirak tənliyinin ümumiləşmiş hiperbolik tip potensial - üstəgəl kulon  
tenzor potensialı üçün analitik həlli ..... 11

#### **Əzizli N.A., Nağıyev Ş.M.**

Lager ossilyatoru üçün vıqner kvant paylanma funksiyası ..... 12

#### **Fərzi N.U., Quliyev Ə.S., Mikayılov X.M.**

C/2020 F3 (Neowise) kometinin spektral tədqiqi ..... 13

#### **Həşimli Z.İ., Məmmədov Ş.Ə.**

AdS/KXD-nin Sərt divar modelində tenzor mezon-pion qarşılıqlı təsir  
sabiti ..... 15

#### **Hüseynova S.N., Bədəlov V.H.**

Şredinger tənliyinin eskart və kulon potensiallarının xətti cəmi üçün  
həlli ..... 17

#### **Hüseynova N.M., Əhmədov A.İ.**

Müon neytrinosunun  $\nu\mu e^- \rightarrow \nu\mu e^-$  elektronadan səpilməsi ..... 18

#### **İbrahimova N.N., Rüstəmov B.N.**

Lib - klassik Əlqul tipli qoşa ulduzun spektral tədqiqi ..... 20

#### **İsmayılova Z.S., Bədəlov V.H.**

Şredinger tənliyinin Vuds-Sakson və Kulon potensiallarının xətti cəmi  
üçün həlli ..... 21

#### **Nəzirova L.A., Hüseynov E.M.**

Korroziyan; reaktor materiallarının mexaniki möhkəmliyinə təsiri ..... 23

#### **Rəhimov E.B., Əliyeva Z.F.**

HD 6288 ulduzunun effektiv temperaturu ..... 24

<b>Rüstənova G.İ., Mikayılov X.M.</b> AG DRA simbiotik ulduzun rəqəmsal spektrlərində $H_{\beta}$ , HeI və HeII xətlərinin tədqiqi.....	25
<b>Mikayılov X.M., Rüstənova A.B.</b> CH Cyg simbiotik ulduzun spektrində udulma xətlərinin tədqiqi. I.2019-2020-ci il. ....	27
<b>Babayeva S.Ç., Qocayev M.Ş.</b> $H \rightarrow q\bar{q}g$ parçalanmasında $Q\bar{u}u$ onun şüalanması.....	28
<b>Şahmarlı Z.Ə., Səmədov Z.A.</b> G spektral sinifli HD 3794 (G8 III) və HD 2942 (G8 III) ulduzlarının effektiv temperaturları və səthlərində ağırlıq qüvvəsi təcillərinin təyini .....	30
<b>Tarıverdi S.T., Abdullayev S.Q.</b> Higgs bozonun üç zərrəcikli parçalanması.....	31
<b>Qocayeva A.Y., Əhmədov A.I.</b> Böyük Hadron kollarında Çarcino cütünün yaranması.....	32
<b>Rəhimli M.A., Qəribov A.İ.</b> İstilik neytronlarla işləyən nüvə reaktorlarının yavaşıcıqların xarakterik parametrləri .....	34
<b>Мустафин А.С., Алышева К.И.</b> Определение абсолютной звездной величины и расстояния до новой NOVA PER 2020.....	35
<b>Мустафин А.С., Алышева К.И.</b> Спектроскопическое исследование новой NOVA PER 2020.....	36
<b>Məmmədov Ş.Ə., Allahverdiyeva M.N.</b> $\rho$ mezon üçün parton paylanma funksiyası .....	37
<b>Ağamalıyeva L.A., Əkbərova Ə.T.</b> Temperaturdan asılı Kornell potensialı üçün Şredinger tənliyinin analitik həlli .....	38
<b>Насыева Н.С.</b> AdS/KSN nəzəriyyəsinə giriş .....	40

## **BÖLMƏ 2 BİOFİZİKA VƏ MOLEKULAR FİZİKA**

<b>Həsənlı S.Q., Rəhmanova S.M.</b> Natrium nitrit hemoqlobinin avtooksidləşməsinin inhibitoru kimi .....	42
<b>Əhmədova A.İ., Həsənova X.T.</b> PEQ-dekstran ikifazlı sisteminin hal diaqramına NaCl duzunun təsiri .....	43
<b>Demirtaş E.T., Paşayev F.H., Həsənov A.Q.</b> Molekulların birelektronlu xassələrinin tədqiqində örtmə inteqrallarının rolu .....	45

<b>Quluzadə L.C., Bağirov R.M.</b> Dəmir ionlarının göbələk mənşəli melaninlərlə kompleks birləşmə əmələ gətirməsi.....	46
<b>Amanova N.M., Vəliyeva L.İ.</b> Şistostatin-3 molekulunun ön uclu ALA1-THR2-GLY3-ALA4-ALA5 fraqmentinin fəza quruluşunun əsas elementləri .....	47
<b>Багирова О.Ш., Багиров Р.М., Кулузадэ Л.Дж.</b> Комплексообразование ионов железа с грибными меланинами .....	49
<b>Ибрагимова Э.А., Джалилова Х.Д., Мамедов Ф.Э., Эминов Ш.О.</b> Механизмы дефектообразования в эпитаксиальных слоях InSb, выращенных методом жидкофазной эпитаксии .....	50
<b>Məmmədli M.İ., Mehrəliyeva F.R.</b> Hidrogen peroksid ilə induksiya edilmiş oksidləşmə zamani hem hissəsinin flüoressensiya göstəricilərinə natrium selenitin təsiri.....	52
<b>Mirzəyeva Ş.E., Ələkbərov Ş.Ş.</b> PVX və PVX+AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik nüfuzluğuna və dielektrik itkilərinə temperaturun təsiri .....	54
<b>Mirzəzadə A.V., Şahbazova G.M., Məsimov E.Ə.</b> A study of the physical-chemical properties of the phases of the PEG- sodium citrate-water Two-phase system.....	55
<b>Qasımzadə G.T., Vəliyeva L.İ.</b> Helicostatin 4 neuropeptidinin son uclu Pro3-Tyr4-Ser5-Phe6-Gly7- Leu8-Nh2 heksapeptid fraqmentinin fəza quruluşunun təşkili .....	57
<b>Azadov M.R., Paşayev B.G.</b> Saxarozanın sulu məhlulunun struktur və molekulyar xarakteristikaları.....	58
<b>Şıxaliev E.E., Abbasova G.C.</b> Pentapeptid molekulun Val-Val-Asn tripeptid fraqmentinin əlverişli konformasiyalarının hidrogen rabitələri.....	60
<b>Qasımova H.H., Abbasova G.C.</b> Heptapeptid molekulun tripeptid fraqmentinin stabil quruluşlarının tədqiqi .....	61
<b>Məlikova F.X., Paşayev B.G.</b> Su-karbamid-etanol sistemlərinin struktur temperaturu.....	62
<b>Bağirova S.R., Xanlarova F.E., Əzizova A.R.</b> PVP-nin durulaşdırılmış sulu məhlullarının struktur xüsusiyyətlərinə konsentrasiyanın və temperaturun təsiri .....	64
<b>Həsənova X.T., Bağirova S.R., Atayeva N.A.</b> SU-PVP-KBr sistemlərinin reoloji xüsusiyyətləri .....	65
<b>Ağayeva L.N., İsmayılova L.İ., Əhmədov N.A.</b> Kazoksin molekulunun fəza quruluşu .....	67
<b>Orucova N.F., İmanova N.Ş.</b> İzoamilpropionatın termik xassələri .....	68

<b>Rahimzade S.G., Akverdieva G.A.</b> Molecular modeling of ALA-TYR dipeptide .....	69
---	----

### **BÖLMƏ 3 BƏRK CİSİMLƏR VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI**

<b>Baxtiyarli E.R., Mamedov H.M.</b> Electrical properties of $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}(Se_{1-y})(Te_y)$ heterostructures .....	71
<b>Hüseynzadə Z.O., Məmmədov R.Q.</b> Metal-GaAs Şottki diodunun iki çəpərli enerji quruluşu .....	72
<b>Abbasova X.N., Qədirova İ.R.</b> Xarici maqnit sahəsində parabolik kvant çuxurunda zonalararası optik keçidlər .....	73
<b>Abbaszade J.M., Kasumova R.J.</b> Degenerate four-wave mixing in optical fiber .....	75
<b>Əliyev K.Ə., Rəhimova A.R., Cəfərov Y.İ.</b> $ZnHo_2Te_4$ birləşməsinin sintezi və bəzi fiziki-kimyəvi xassələri .....	76
<b>Balayeva L.A., Məhəmmədov Ə.Z.</b> <b>CuIn5S8</b> kristalinin elektrik xassələrinin xüsusiyyətləri .....	77
<b>Cabbarova L.Ş., Mahmudov M.M.</b> Metallik bərk cisimlərdə tam cirləşmiş elektron qazinin termodinamik xassələri .....	79
<b>Cəfərli P.F., Eyvazlı R.V., Eminov Ş.O.</b> Maqnetron püskürtmə üsulu ilə alınan indium qalay oksidinin (ITO) nazik təbəqələrinin optik xassələri .....	80
<b>Cəfərova C.T., Rəhimov R.Ş.</b> Sn-Tb-Se sistem ərintilərində elektron hadisələri .....	82
<b>Cabbarlı C.H., Cumayeva Ç.İ.</b> $TlInS_2$ kristalinin lokallaşmış hallar üzrə keçiriciliyi .....	83
<b>Əfəndiyeva G.H., Cahangirova S.Ə.</b> $Si/CdS_{1-x}Se_x$ heteroqəçidinin volt-ampere xarakteristikasının tədqiqi .....	84
<b>Həsənova N.S., Cəfərov M.Ə.</b> $CdS:Fe$ nazik təbəqələrinin optik buraxma spektri .....	86
<b>Hüseynzadə X.E., Əsədova M.Y.</b> Silisium əsaslı fotodiodlar .....	87
<b>İbrahimova N.A., Abasova A.Z.</b> Aşqarlanmanın GaSe monokristalinin aşqar lüminessesiyanasına təsiri .....	89
<b>İsmayilova M.T., İsmayılov T.H.</b> Yarımqəçirici əsaslı kvant quyulu lazerlərdə yükdaşıyıcıların enerji spektri və dalğa funksiyaları .....	90
<b>Мамедова Г.Д., Фигарова С.Р.</b> Подвижность электронов в сверхрешетках при рассеянии носителей тока на шероховатостях в сильном магнитном поле .....	91

<b>Məddətov R.S., Xəlilova K.H., İsgəndərova G.M.</b> γ-kvantların TlInTe <sub>2</sub> , TlInTe <sub>2,04</sub> kristallarının müxtəlif kristalloqrafik istiqamətlərdə xüsusi elektrik keçiriciliyinə təsiri.....	92
<b>Məmmədov N.F.</b> <b>GaS – Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub></b> kristalının lüminissensiya xassələri .....	94
<b>Məmmədov N.F.</b> <b>GaS</b> kristalında şüalanmalı rekombinasiya .....	95
<b>Quliyeva R.Ə., Hüseynov Ə.H.</b> Ag <sub>3</sub> In <sub>5</sub> Se <sub>9</sub> kristalında şüalanmalı rekombinasiya kanalları .....	96
<b>Sərdarlı R.M., Əliyev K.Ə.</b> (TlGaSe <sub>2</sub> ) <sub>1-x</sub> (TlInS <sub>2</sub> ) <sub>x</sub> (x=0; 0,1) bərk məhlullarının ion keçiriciliyi.....	98
<b>Şirəliyeva Ə.F., Cahangirova S.Ə.</b> Kimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış ZnTe nazik təbəqələrinin optik xassələrinin tədqiqi.....	99
<b>Sultanova G.R., Məmmədov R.Q.</b> Metal – GaAs keçidlərin iki potensial çəpərli enerji quruluşu.....	100
<b>Zalova S.Ə., Mahmudov M.M.</b> Qeyri-parabolik keyn modeli sistemlərdə elektron qazinin termoelektrik hərəkət qüvvəsi .....	102
<b>Zeynalova A.Ə., Qasımova R.C.</b> Ardıcıl kvazisinxron generasiya .....	103
<b>Rzayeva A.X., Abdullayev N.A., Əliquliyeva X.B., Bədəlova Z.İ.</b> MnBi <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> monokristallarında raman-aktiv fonon tezliklərinin temperatur asılılığı .....	104
<b>Babazadə L.R., Cahangirli Z.A.</b> CdGa <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> kristalının fonon spektrinin təməl prinsiplərdən tədqiqi .....	106
<b>Aliyeva A.Y., Abasova A.Z.</b> Some properties of the structure based on TlGaSe <sub>2</sub> single crystal .....	107
<b>Eyvazlı G.Q., Cahangirova S.Ə.</b> Cu <sub>2</sub> S–In <sub>2</sub> S <sub>3</sub> təbəqələrinin alınması və udma spektri.....	109
<b>Məmmədhüseynova A.M., Həsənova L.H.</b> TlGaSe <sub>2</sub> -TlInS <sub>2</sub> bərk məhlulunun fotokeçiriciliyi .....	110
<b>Меняева А.Р., Касумова Р.Д.</b> Карс.Нестационарная спектроскопия .....	111
<b>Məmmədova R.E., Məhəmmədov Ə.Z.</b> TlGaS <sub>2x</sub> Se <sub>2(1-x)</sub> kristalında aşqar fotokeçiricilik .....	112
<b>Cəfərova S.Ş., Həsənova L.H.</b> TlInS <sub>2</sub> monokristalının elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılılığı.....	114
<b>Qafarlı F.R., Dadaşova V.V.</b> Modifikasiya olunmuş Peşl-Teller potensiallı nazik təbəqədə elektron ion qarşılıqlı təsirinin matris elementi.....	115

<b>Qafarlı F.R., Dadaşova V.V.</b> Hiperbolik peşl-teller potensiallı təbəqələrdə çarpaz elektrik və maqnit sahəsində elektronların enerji spektri və dalğa funksiyaları .....	117
<b>Əliyev K.Ə., Məmmədova S.O., Əhmədov Ə.İ.</b> ZnEuS <sub>2</sub> birləşməsinin sintezi və bəzi fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi.....	118
<b>İsgəndərli A.S., Cəfərov M.Ə.</b> Si/ZnSe <sub>1-x</sub> Te <sub>x</sub> heteroqəçidinin fotoelektrik xassələrinə termik emalın təsiri .....	119
<b>Qənbərova S.V., Məmmədov H.M.</b> Cu-qrafit/p-CdTe/n-Cd <sub>1-x</sub> Zn <sub>x</sub> S/ZnO heteroqəçidləri əsasında elastiki günəş elementlərinin fotoelektrik xassələri .....	121
<b>Qənbərova S.V., Məmmədov H.M.</b> Cu-qrafit/p-CdTe/n-Cd <sub>1-x</sub> Zn <sub>x</sub> S/ZnO heteroqəçidləri əsasında elastiki günəş elementlərinin elektrik xassələri .....	122
<b>BÖLMƏ 4 NANOQURULUŞLARIN FİZİKASI VƏ TEXNOLOGİYASI</b>	
<b>Ahmadov K.İ., Muradov M.B.</b> Preparation and study of composite fibers based on PVA and silver nanoparticles .....	124
<b>Alizada S.G., Həjiyeva F.V., Shirinova H.A.</b> Magnetoresistive effect in nanocomposites PP+Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> +MWCNTs.....	125
<b>Cəfərova S.R., Nuriyeva S.Q.</b> Cu əsaslı nanonaqillərin sintezi və quruluşu.....	126
<b>İzzətova İ.V.</b> 3C-SiC nanohissəciklərində silisium nüvələrində mümkün (N, A) çevrilmələri .....	128
<b>Kərimova A.H., Mehdiyeva A.R.</b> Xitozan və çarpaz tikilmiş xitozanla funksionallaşdırılmış dəmir oksid nanohissəciklərinin quruluşu.....	129
<b>Mehdiyeva S.Z.</b> Polivinilidenflüorid (PVDF) və sink oksid (ZnO) nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitlərin sintezi və xassələri .....	130
<b>Novruzzadə A.C.</b> Si-Ge mexaniki ərintilərin alınmasında struktur keçidləri.....	132
<b>Paşayev F.H., Həsənov A.Q., Qasıмова İ.R.</b> Silisium dioksid (SiO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> nanohissəciyinin SAO bazisində energetik parametrlərinin hesablanması .....	133
<b>Qasıмова J.N., Nuriyeva S.Q.</b> PP/ZnO nanokompozitlərinin fotolüminessensiya xassələri .....	135

<b>Hajiyeva F.V., Safaraliyeva G.Y.</b> Optical properties of hybrid polymer nanocomposites based on PVDF+CdS/ZnS.....	136
<b>Şirinova H.A., Həsənova M.R., Addayeva Z.R., Surxaylı Ə.E.</b> PS+ SiO <sub>2</sub> əsaslı nanokompozitlərin termik davamlılığına doldurucunun konsentrasiyasının təsiri .....	137
<b>Cavadova A.N., Kim Jiseok, Gulahmadov O.G.</b> A study of water wave-based triboelectric nanogenerators for self- powered marine environmental monitoring system .....	139
<b>Gulahmadov O.G., Mamedov H.M., Muradov M.B., Mammadyarova S.J., Kim Jiseok.</b> Investigation of triboelectric nanogenerator based on nylon/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> nanocomposite material for monitoring of transmission lines .....	140
<b>Bayramov Q.M., Məmmədova C.E.</b> Nematik maye kristalların elektrooptik xassələrinə gümüş nanozərrəciklərinin təsiri.....	141
<b>Əlizadə M.A., Hübətov Ş.Ə.</b> BaTiO <sub>3</sub> seqnetoelektrik nanohissəciklərinin nematik maye kristalın dielektrik xassələrinə təsiri .....	143
<b>İsayeva S.N., Mirzəyev M.N.</b> Korroziyaya davamlı karbonitrid əsaslı materialların sintezi.....	145
<b>Kərimova A.S., Əhmədova A.B.</b> Polimer nanokompozit materialların xassələri.....	146

## **BÖLMƏ 5 FİZİKİ ELEKTRONİKA**

<b>Babayeva L.A., Aslanova Ə.R.</b> Real metal-yarımkeçirici keçidlərinin qeyri-bircinsliyinin atom qüvvə mikroskopu ilə tədqiqi .....	147
<b>Hüseynov T.X., Quluzadə S.B.</b> Civə plazmasında anod potensial düşgüsünün elektronların balansına təsiri .....	148
<b>Məzahimli G.C., Rəsulov E.A.</b> Polibutadienin və polibutadien+AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik xüsusiyyətlərinin temperatur asılılığı.....	150
<b>Məmmədova A.A., Ələkbərov Ş.Ş.</b> PMMA və PMMA + AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik nüfuzluğuna və dielektrik itkilərinə temperaturun təsiri .....	151
<b>Qasimov Y.Ə., Əfəndiyeva İ.M.</b> Au(Zn-PVA)-nSi MDY σ <sub>ac</sub> -keçiriciliyinin test siqnalının tezliyindən asılılığı.....	153

<b>Quliyeva A.Z., Abdinov Ə.Ş.</b> p-GaSe monokristallarında elektrik sahəsi ilə stimullaşdırılmış fotokeçiricilik .....	154
<b>Mehdiyeva A.N., Abdinov Ə.Ş.</b> Holmiumla aşqarlanmış layli quruluşlu n-InSe monokristallarında elektrik sahəsi ilə induksiyanmış aşqar fotokeçiricilik .....	156
<b>Гурбанов И.И., Мамедова Г.Х., Акберов Э.М., Гулиев Д.А., Мамедов Ф.Э., Джалилова Х.Д., Алиев С.А., Эминов Ш.О.</b> Формирование узких полосок малого размера In и Sn методом жидкометаллического источника ионов. ....	157
<b>Məmmədov M.Y., Məmmədov V.U.</b> p-GaAs /n-Cd <sub>1-x</sub> Zn <sub>x</sub> S <sub>1-y</sub> Te <sub>y</sub> nazik təbəqəli heteroqəçidlərin elektrokimyəvi çökdürülmə üsulu ilə alınması .....	158
<b>Mənsimova F.B., Məmmədov H.M.</b> Məsaməli-Si/NANO-CdZnS heteroqəçidlərinin elektrokimyəvi aşılma və çökdürülmə üsulu ilə alınması .....	160

Çapa imzalanıb: 24.06.2023  
Format 70x100 1/16. Ofset kağızı.  
Həcmi 10,5 ç.v.. Sayı 100

---

Bakı Dövlət Universitetinin mətbəəsində çap olunmuşdur.  
Bakı şəh., ak. Z. Xəlilov küç. 33  
Tel: (+99412) 538 87 39 / 538 50 16  
e-mail: bdumetbee@gmail.com  
**www.bsu.edu.az**