

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



**“Yaşıl dünya naminə həmrəylik ili”nə  
həsər olunmuş**

**FİZİKA VƏ ASTRONOMİYANIN  
PROBLEMLƏRİ**

mövzusunda

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

Bakı, 17 may 2024-cü il

“Yaşıl dünya naminə həmrəylik ili”nə həsr olunmuş “Fizika və astronomiyanın problemləri” mövzusunda magistrantların və gənc tədqiqatçıların XXIV Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 17 may 2024-cü il. Bakı: Bakı Dövlət Universiteti, 2024 - 150 səh.

ISBN:

© Bakı Dövlət Universiteti, 2024

## **TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ**

### **Sədr:**

Bəxtiyar Paşayev BDU-nun Fizika fakültəsinin dekani

### **Sədr müavini:**

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

### **Üzvlər:**

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

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

Vüsal Məmmədov BDU-nun Fizika fakültəsinin tədris işləri üzrə dekan müavini

Namiq Dərvişov BDU-nun nəzdində Fizika Problemləri Elmi-Tədqiqat İnstitutunun direktor müavini

Məcid Qocayev BDU-nun Nəzəri fizika kafedrasının dosenti

Leyla Ağayeva BDU-nun Maddə quruluşu kafedrasının müəllimi

Həbibə Şirinova BDU-nun Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının müəllimi

Möhsün Əlizadə BDU-nun Nəzəri fizika kafedrasının müəllimi

Sara Rəhimzadə BDU-nun Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının müəllimi

## PROQRAM KOMİTƏSİ

### Sədr:

Sədiyar Rəhimov BDU-nun nəzdində Fizika Problemləri Elmi-Tədqiqat  
İnstitutunun direktoru

### Üzvlər:

Oktay Qasimov Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyinin  
Biofizika İnstitutunun baş direktoru

Cavad Abdinov Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyinin  
Fizika İnstitutunun Bərk cisim elektronika  
laboratoriyasının rəhbəri

Eldar Məsimov BDU-nun Maddə quruluşu kafedrasının müdiri

Əhməd Abdinov BDU-nun Fiziki elektronika kafedrasının müdiri

Vaqif Salmanov BDU-nun Yarımkeçiricilər fizikası kafedrasının müdiri

Niftali Qocayev BDU-nun Optika və molekulyar fizika kafedrasının  
məsləhətçi professoru

Rəna Qasimova BDU-nun Optika və molekulyar fizika kafedrasının  
müdiri

Maarif Cəfərov BDU-nun Nanomaterialların kimyəvi fizikası  
kafedrasının müdiri

Arzu Daşdəmirov Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin Fizika  
fakültəsinin dekanı

Məmməd Rəcəbov BDU-nun Nəzəri fizika kafedrasının müdiri

Rəhim Rəhimov BDU-nun Ümumi fizika və fizikanın tədrisi metodikası  
kafedrasının müdiri

Kəmalə Alışeva BDU-nun Astrofizika kafedrasının müdiri

Mehdi Mahmudov BDU-nun Bərk cisimlər fizikası kafedrasının müdiri

Musavər Musayev	Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin Fizika kafedrasının müdiri
Namiq Əhmədov	BDU-nun nəzdində Fizika Problemləri Elmi-Tədqiqat İnstitutunun Biofizika şöbəsinin müdiri
Fərhad Rüstəmov	BDU-nun nəzdində Fizika Problemləri Elmi-Tədqiqat İnstitutunun Kondensə olunmuş hal fizikası şöbəsinin müdiri
Şahin Ağayev	BDU-nun nəzdində Fizika Problemləri Elmi-Tədqiqat İnstitutunun Nəzəri fizika şöbəsinin müdiri
Mustafa Muradov	BDU-nun Tədqiqat, İnkişaf və İnnovasiyalar üzrə Mükəmməllik Mərkəzinin proqram, əməkdaşlıq və təhsil üzrə direktor müavini
Xıdır Mikayılov	BDU-nun Astrofizika kafedrasının dosenti
Lətif Əliyev	BDU-nun Optika və molekulyar fizika kafedrasının baş müəllimi
Faiq Paşayev	BDU-nun Nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının dosenti
Eldar Rəsulov	BDU-nun Fiziki elektronika kafedrasının dosenti

**PLENAR İCLAS**

**INVESTIGATION OF THE THRESHOLD PHENOMENON  
FOR SMALL-SCALE DYNAMO GENERATION IN SHELL APPROACH**

**Abushzada I.Z., Pirquliyev M.Ş., Yushkov E.,  
Frick P., Sokoloff D.**

*Baku State University, Baku, Azerbaijan,  
ilyasabushzade@gmail.com*

Turbulent magnetic dynamo models were created about fifty years ago to describe the growth of average magnetic energy in random convective plasma flows. A typical feature of such models is the generation threshold, when the exponential growth of magnetic energy begins only at sufficiently large magnetic Reynolds numbers. In particular, one of the first models, proposed in the 70s by Kazantsev [1] and Kraichnan [2], predicts a generation threshold in the region of Reynolds numbers of the order of 100. This threshold is difficult to achieve even for modern laboratory experiments, that is why many studies in recent years were devoted to clarifying this important phenomenon. However, the commonly used approaches have a significant drawback - the assumption of a delta-correlated random velocity field in time. This nonphysical assumption casts doubt on the correctness of the dynamo threshold estimate. In the mirror-asymmetric isotropic case, the magnetic field correlation tensor is defined as follows[1]:

$$\langle b_i(x_1, t_1) b_j(x_2, t_2) \rangle = \left( M + \frac{r}{2} \frac{\partial M}{\partial r} \right) \delta_{ij} - \frac{r_i r_j}{2r} \frac{\partial M}{\partial r}$$

In this case, the only initial equation is the magnetic induction equation, which is averaged over a random velocity field with short time correlations:

$$\partial_t \mathbf{B} = \text{rot}(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) + \eta \Delta \mathbf{B}$$

For a correlation tensor defined in terms of the function M, the mirror-symmetric Kazantsev equation looks like this:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{2}{r^4} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^4 \eta \frac{\partial M}{\partial r} \right) + \frac{2M}{r^4} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^4 \frac{\partial \eta}{\partial r} \right)$$

where  $\eta$  is turbulent diffusion, which depends on the correlation function of the velocity field F as

$$\eta(r) = \frac{1}{Rm} + \tau \frac{F(0) - F(r)}{3}$$

here Rm is the magnetic Reynolds number, and  $\tau$  is the correlation time of the velocity field, the same on all scales, which, as mentioned above, is the main weak point of the approach. In this work, using a cascade MHD model [3], we are trying to find out how accurate the Kazantsev estimate of the generation threshold is and how this threshold depends on the flow velocity, diffusion coefficients and hydrodynamic helicity. The model we use is determined by the system of equations

$$d_t U_n = W_n(U, U) - W_n(B, B) - \frac{k_n^2 U_n}{Re}$$

$$d_t B_n = W_n(U, B) - W_n(B, U) - \frac{k_n^2 B_n}{Rm}$$

in which the nonlinear term has the form

$$W_n(X, Y) = ik_n \left[ (X_{n-1} Y_{n-1} + X_{n-1}^* Y_{n-1}^*) - \lambda X_n^* Y_{n+1}^* - \frac{\lambda^2}{2} (X_n Y_{n+1} + X_{n+1} Y_n + X_n Y_{n+1}^* + X_{n+1}^* Y_n) - \frac{\lambda}{2} (X_{n+1}^* Y_{n-1} - X_{n-1} Y_{n-1}^*) + \lambda X^* Y_{n+1} \right] - ik_n \lambda^{-\frac{5}{2}} \left[ \frac{1}{2} (X_{n-1} Y_n + X_n Y_{n-1}) + \lambda X_n^* Y_{n-1}^* - \lambda^2 (X_{n+1} Y_{n+1} + X_{n+1}^* Y_{n+1}^*) + \frac{1}{2} (X_n Y_{n-1}^* + X_{n-1}^* Y_n) - \lambda X_n^* Y_{n-1} + \frac{\lambda}{2} (X_{n+1}^* Y_{n+1} - X_{n+1} Y_{n+1}^*) \right]$$

If the laws of conservation of total energy, magnetic and cross helicity are satisfied, we can obtain the evolution of the magnetic and hydrodynamic spectrum in the form of a very realistic view by solving the system of differential equations.

#### References

1. Kazantsev A.P. // Soviet Physics JETP 1967. V. **26(5)**. P. 1031.
2. Kraichnan R.H., Nagarajan S. // Phys. Fluids. 1967. V. **26**. P. 859.
3. Frick P., Sokoloff D. // Phys. Rev. E 1998. V. **57**. P. 4155-4164.

## **PS-Si NANOKOMPOZİTLƏRİNİN SİNXRON TERMİK ANALİZ METODU İLƏ TƏDQIQI**

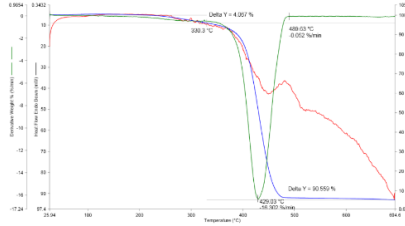
**Surxaylı Ə.E., Rəsulova A.R., Feyzullayeva T.M., Şirinova H.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
afsana.surxayli@bsu.edu.az*

Silisium nanohissəcikləri əsasında alınmış kompozit materiallar konstruksiya materiallarının sintezindən biotibbi implantların hazırlanmasına kimi olduqca geniş spektrli tətbiq potensialına malikdirlər. Silisium nanodoldurucuları polimerin bir sıra xassələrinin yaxşılaşdırılması, o cümlədən mexaniki və termik davamlılığının artırılması, yaşamamüddətinin uzadılması, başqa sözlə polimer materialın xarici faktorların təsiri ilə köhnəlmə sürətinin ləngidilməsi məqsədi ilə effektiv şəkildə tətbiq olunmaqdadır [1].

Lakin tədqiqatlar göstərir ki, nanokompozitin eksploatasiya xüsusiyyətləri nanodoldurucunun alınma üsulundan, kristallıq dərəcəsiindən, ölçüsündən, formasından, polimer matrisdə paylanma səviyyəsindən və həmçinin kompozitin alınma texnologiyasının parametrlərindən əsaslı şəkildə asılıdır [2]. Ən önəmli məqamlardan biri isə yüksək səth enerjisinə malik nano silisium hissəciklərinin polimer mühidə aqlomerasiyasına yol vermədən paylanmalarını təmin etməkdir.

Təqdim olunan işdə polistrol polimeri və silisium nanohissəcikləri əsasında polimernanokompozitlərin alınması və istilik-fiziki xassələri tədqiq edilmişdir.



**Şəkl.** PS/3%Si nanokompozit nümunəsinin STA analizinin qrafik təsviri

Şəkildə sadə məhlulda qarışdırılma üsulu ilə alınmış PS/3%Si nanokompozit nümunəsinin Sinxron termo analizinin (STA) qrafik təsviri əks olunmuşdur. Qrafik təsvir üç əyridən ibarət olmaqla, özündə termoqravimetrik analiz (TQA), diferensial skanedici kalorimetrik (DSK) və diferensial termoqravimetrik (DTQ) analiz ölçmələrini əks etdirir. TQA analizi kütlə itkisi barədə məlumat verir. DTQ analizi isə daha çox struktur dəyişikliklərinin tam baş verdiyi temperaturlar və destruksiyanın sürəti barədə məlumat verir. DSK ölçmələri əsasında deqradasiya prosesi zamanı alınan istilik miqdarı və deqradasiyanın sürətinin maksimum qiymətinə uyğun gələn temperatur, şüşələşmə temperaturu təyin olunur [3].

TQA analizinin nəticələri onu deməyə əsas vermişdir ki, az miqdarda Silisium nanohissəciklərinin polimerə daxil edilməsi nəticəsində materialın termik stabilliyi artır. DTQ analizi göstərmişdir ki, PS/Si nanokompozitində yalnız bir endotermik (istiliyin udulmasına-əriməyə cavabdeh) pik müşahidə olunur. Bu nəticə polistrol polimerinin tamamilə amorf quruluşla malik olması ilə əlaqələndirilmişdir.

Bununla yanaşı məlum olmuşdur ki, Si nanohissəcikləri polistrol polimerinə plastifikator kimi təsir edərək onun eksploatasiya imkanını genişləndirir.

### **Ədəbiyyat**

1. Barua, S., Gogoi, S., Khan, R., & Karak, N. (2019). Silicon-Based nanomaterials and their polymer nanocomposites. In *Elsevier eBooks* (pp. 261–305). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814615-6.00008-4>
2. Kulathuraan, K., Venkatesan, R., Muthu, S. E., Sivaprakash, P., Parameshwari, R., Kim, I., & Kim, S. (2023). Thermoplastic Polymers/Silicon Nanocomposites: Influence of concentration on morphological, optical, and electrical properties. *Silicon*, *15*(5), 2025–2035. <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02398-3>
3. Xie, W., Tang, J., Gu, X., Chang-Rong, L., & Wang, G. (2007). Thermal decomposition study of menthyl-glycoside by TGA/SDTA, DSC and simultaneous Py-GC-MS analysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *78*(1), 180-184. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2006.06.007>



# BÖLMƏ 1

## NƏZƏRİ FİZİKA VƏ ASTROFİZİKA

### REZONANS NEYTRİNO OSSİLYASIYASI

**İmanzadə N.A., Bayramova T.O.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*imanzadeenaciye@gmail.com*

Neytrinolar maddədə yayılarkən həmin maddənin atomunun elektronlarından səpilir. Myuon neytrinosu elektronla yalnız Z-neytral fotonu ilə mübadilə edirlər. Elektron neytrinosunun elektronndan səpilməsi zamanı isə W-fotonu ilə mübadilə baş verir ki, nəticədə başlanğıc neytrino  $e^-$  və  $W_-^+$  fotonunu verir.  $W_-^+$  fotonu isə başlanğıcdakı elektronu təzəsindən udularaq son neytrinonu verir. Bu qarşılıqlı təsir  $V_m|V_e(t) >$  kimi hədlə ifadə olunur. Həmin həddi sistemin halını təsvir edən tənliklərdə nətər alaq:

$$i \frac{d}{dt} \left\{ v_1(t) \right\} = \left( \frac{m_1^2}{2k} + V \cos^2 \theta \right) \left\{ v_1(t) \right\} = V \sin \theta \cos \theta v_2(t)$$

Bu halda neytrino qarşığının kütləsi kimi aşağıdakı ifadə alınır:

$$m^2 = \frac{1}{2} (m_1^2 + m_2^2 + \xi) \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\Delta m^2 \cos 2\theta - \xi)^2 + (\Delta m^2)^2 \sin^2 2\theta}$$
$$\varepsilon = 2kV_w$$

Burada  $\xi = 1.526 \cdot 10^{-7} Z\rho k/A \varepsilon B^2$

Baxılan (15) kütləli iki növ neytrinonun qarşığının arasındakı bucaq vakumdakı həmin növ neytrinoların qarşığına bucağından fərqli olur:

$$\sin 2\theta_m = \frac{\sin 2\theta}{\sqrt{(\cos 2\theta - \frac{\xi}{\Delta m^2})^2 + \sin^2 2\theta}}$$

$\rho = \rho_\gamma$  olduqda

Buradan göründüyü kimi dəyişən sıxlığa malik maddədən hər hansı K impulsu neytrino hərəkət etdikdə aşağıdakı ifadə ilə təsvir edilən rezonan halı baş verir

$$\xi = 1.526 \cdot 10^{-7} z\rho k / A = \Delta m^2 \cos 2\theta$$

$$\rho > \rho_\gamma \text{ olduqda } \sin 2\theta_m \ll 1$$

$$\sin 2\theta_m = 1$$

Belə ki,  $\sin 2Q_m = 1$  olduqda,  $2A_m = \pi$  və  $Q_m = \frac{\pi}{2}$  olur ki, bu hal da miyon neytrinosuna uyğun gəlir. Başqa sözlə desək desək, rezonans bucağını keçərkən neytrino növlərinin bir-birini əvəzləməsi baş verir.

#### Ədəbiyyat

1. Mixeev S.P., Smirnov A.Y. (Sentyabr, 1987). “резонансные осцилляции нейтрино в веществе”.
2. Zukanovich, Renata Funchal; Schmauch, Benoit; Giesen, Gaëlle (2013). “The Physics of Neutrinos”.

## $e^-e^+ \rightarrow f\bar{f}$ PROSESİNİN SPIRAL AMPLİTUDLARI

**Ağasiyeva İ.Ü., Abdullayev S.Q.**

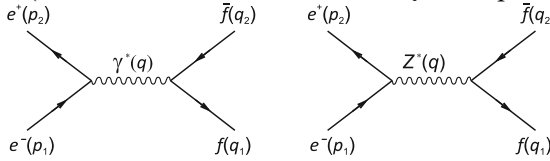
Bakı Dövlət Universiteti

ilahagasiyeva99@gmail.com

Elektromaqnit, zəif və güclü qarşılıqlı təsirlərin vahid nəzəriyyəsinin – Standart Modelin (SM) yoxlanılmasında elektron-pozitron dəstələrində aparılan təcrübələr mühüm rola malikdir. Belə proseslər aralıq  $\gamma$ -kvant və vektor  $Z$ -bozonla mübadilə hesabına baş verə bilər. Aralıq halda ağır  $Z$ -bozonun iştirak etməsi nəticəsində yaranan yeni zərrəciklərin enerjiyə görə paylanması kəskin dəyişə, həmçinin də zəif qarşılıqlı təsir hesabına yeni effektlər yarana bilər. Beləliklə,  $e^-e^+$ -annihilasiyasında fermion-antifermion cütünün yaranması prosesi

$$e^- + e^+ \rightarrow (\gamma^*, Z^*) \rightarrow f + \bar{f} \quad (1)$$

SM-in yoxlanılmasında müstəsna əhəmiyyətə malikdir, burada  $f\bar{f}$  – lepton-antilepton və ya kvark-antikvark cütləri ola bilər. Prosesin Feynman diaqramları şəkkildə təsvir edilmişdir (mötərizələrdə zərrəciklərin 4-ölçülü impulsu yazılmışdır).



Şəkk.  $e^-e^+ \rightarrow f\bar{f}$  prosesinin Feynman diaqramları

(1) Prosesinə uyğun matris elementini aşağıdakı kimi yazmaq olar [1]:

$$M_{i \rightarrow f} = \frac{e^2}{4} \{ F_{LL} [\bar{v}_e(p_2) \gamma_\mu (1 + \gamma_5) u_e(p_1)] [\bar{u}_f(q_1) \gamma_\mu (1 + \gamma_5) v_f(q_2)] + \\ + F_{LR} [\bar{v}_e(p_2) \gamma_\mu (1 + \gamma_5) u_e(p_1)] [\bar{u}_f(q_1) \gamma_\mu (1 - \gamma_5) v_f(q_2)] + \\ + F_{RL} [\bar{v}_e(p_2) \gamma_\mu (1 - \gamma_5) u_e(p_1)] [\bar{u}_f(q_1) \gamma_\mu (1 + \gamma_5) v_f(q_2)] + \\ + F_{RR} [\bar{v}_e(p_2) \gamma_\mu (1 - \gamma_5) u_e(p_1)] [\bar{u}_f(q_1) \gamma_\mu (1 - \gamma_5) v_f(q_2)] \}. \quad (2)$$

Burada  $F_{LL}, F_{LR}, F_{RL}$  və  $F_{RR}$  – (1) prosesinə uyğun spiral amplitudlardır (birinci indeks elektronun, ikinci indeks isə fermionun spirallığını göstərir). Bu amplitudlar elektronla fermionun sol və sağ rabitə sabitlərindən asılıdır:

$$F_{LL} = \frac{Q_e Q_f}{s} + D_Z \frac{g_L(e) g_L(f)}{x_W (1 - x_W)}, \quad F_{LR} = \frac{Q_e Q_f}{s} + D_Z \frac{g_L(e) g_R(f)}{x_W (1 - x_W)}, \\ F_{RL} = \frac{Q_e Q_f}{s} + D_Z \frac{g_R(e) g_L(f)}{x_W (1 - x_W)}, \quad F_{RR} = \frac{Q_e Q_f}{s} + D_Z \frac{g_R(e) g_R(f)}{x_W (1 - x_W)}. \quad (3)$$

Burada  $Q_e(Q_f)$  – elektronun (fermionun) elektrik yükü,  $g_L(e)(g_L(f))$  və  $g_R(e)(g_R(f))$  – elektronun (fermionun)  $Z$ -bozonla qarşılıqlı təsirin sol və sağ rabitə sabitləri,  $D_Z = (s - M_Z^2 + i M_Z \Gamma_Z)^{-1}$ ,  $s = q^2 = (p_1 + p_2)^2$  –  $e^-e^+$ -cütünün kütlə mərkəzi sistemində tam enerjisinin kvadratı,  $M_Z$  və  $\Gamma_Z$  –  $Z$ -bozonun kütləsi və tam eni,  $x_W = \sin^2 \theta_W$  – Vaynberq parametridir.

$F_{LL}, F_{LR}, F_{RL}$  və  $F_{RR}$  spiral amplitudları uyğun olaraq  $e_L^- e_R^+ \rightarrow f_L \bar{f}_R, e_L^- e_L^+ \rightarrow f_R \bar{f}_L, e_R^- e_L^+ \rightarrow f_L \bar{f}_R$  və  $e_R^- e_L^+ \rightarrow f_R \bar{f}_L$  spiral proseslərini təsvir edirlər. Göründüyü kimi, elektronla pozitron, həmçinin də fermionla antifermion əks spirallıqlara malik-

dirlər, yəni elektron (fermion) sol polyarlaşanda pozitron (antifermion) sağ və əksinə, elektron (fermion) sağ polyarlaşanda pozitron (antifermion) sol polyarlaşmalıdır. Bu fakt yüksək enerjilərdə  $e^-e^+ \rightarrow (\gamma^*; Z^*) \rightarrow f\bar{f}$  prosesində spirallığın saxlanması ilə əlaqədardır.

$e^-e^+ \rightarrow (\gamma^*; Z^*) \rightarrow q\bar{q}$  prosesində yaranan kvark-antikvark cütü hadronlara fraqmentasiya edir. Bu zaman müxtəlif barionlar, məsələn  $\Lambda^0$ -hiperon, proton və s. yarana bilər. Yaranan sürətli kvark dənizdən əlavə iki kvarkı zəbt edərək sürətli barionu yaradır. Kvarkdan hiperonun formalaşması prosesi fraqmentasiya funksiyası  $D_q^\Lambda(x)$  ilə xarakterizə edilir. Bu funksiya  $q$ -kvarkından  $\Lambda^0$ -hiperonun yaranmasını təsvir edir;  $x$  – kvarkın enerjisinin  $\Lambda^0$ -hiperona ötürülən hissəsini göstərir.

### **Ədəbiyyat**

1. Abdullayev S.Q., Qocayev M.Ş. Lepton-lepton və lepton-hadron elektrozəif qarşılıqlı təsir proseslərində asimetriyalar. *Monoqrafiya*. – Bakı: «Füyuzat» nəşr., 2022, 500 s.

## **LAGER HARMONİK OSSİLYATORUNUN DİNAMİK SİMMETRİYASI**

**Əzizli N.A., Nağıyev Ş.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*nazizli9@mail.ru*

Yarımkonfaynment xassəli koordinatdan asılı  $M = M(x)$  effektiv kütləli Lager harmonik ossilyatoru üçün dinamik simmetriya cəbrini quraq. Qeyd edək ki, adi qeyri-relyativistik kvant mexaniki harmonik ossilyator problemini tam sonsuz haldan [1] yarımkonfaynment halına ümumiləşdirmək üçün kütləni koordinatdan aşağıdakı kimi asılı götürürük [3]:

$$M(x) = \begin{cases} \frac{am_0}{x+a}, & -a < x < +\infty, \\ +\infty, & x \leq -a \end{cases} \quad (1)$$

Deməli, kütlə koordinatın mənfi sonlu qiymətində sonsuz ağır olmalıdır. Beləliklə, baxılan kvant sisteminin həm kinetik, həm də potensial enerji operatorlarına daxil olan bircins kütlə  $m_0$  koordinatdan asılı kütlə  $M(x)$  ilə əvəz edilməlidir və  $M(x)$  koordinatın  $x = -a$  qiymətində sonsuz olmalıdır. Kinetik enerji operatorunu isə konfigurasiya fəzasında ermitlik şərtini saxlanmaqla sadə BenDaniel-Dyuk operatoru şəklində götürək. Nəticədə Lager ossilyatoru üçün aşağıdakı Şredinger tənliyini alırıq:

$$\left[ -\frac{\hbar^2}{2} \frac{d}{dx} \frac{1}{M(x)} \frac{d}{dx} + \frac{M(x)\omega^2 x^2}{2} \right] \psi(x) = E\psi(x). \quad (2)$$

(2) tənliyi ikinci tərtib diferensial tənlikdir və dəqiq həll edilir və dalğa funksiyaları Lager çoxhədliləri ilə ifadə olunur [3]:

$$\psi(x) \equiv \psi_n^{ys}(x) = C_n [2\lambda_0^2 a(xa)]^{\lambda_0^2 a^2} e^{-2\lambda_0^2 a(x+a)} L_n^{(2\lambda_0^2 a^2)}(2\lambda_0^2 a(x+a)). \quad (3)$$

$L_n^{(\alpha)}(z)$  ümumiləşmiş Lager çoxhədlilərinin məlum ortoqonallıq şərtindən [4] tapılır. Əgər biz qurulacaq cəbrin bir generatorunun Hamilton operatoru olduğunu

nəzərə alsaq, onda bu generator üçün

$$\widehat{H}^{ys} = -\frac{\hbar^2}{2am_0} \frac{d}{dx} (x+a) \frac{d}{dx} + \frac{m_0 a \omega^2 x^2}{2(x+a)} \quad (4)$$

alınır. Əlavə olaraq, aşağıdakı iki yeni yüksəldici və alçaldıcı operator daxil edək [5]

$$\widehat{A}^+ = \frac{1}{\sqrt{2}\lambda_0} \left( \lambda_0^2 \sqrt{\frac{a}{x+a}} x - \frac{d}{dx} \sqrt{\frac{x+a}{a}} \right), \quad (5a)$$

$$\widehat{A}^- = \frac{1}{\sqrt{2}\lambda_0} \left( \lambda_0^2 \sqrt{\frac{a}{x+a}} x + \sqrt{\frac{x+a}{a}} \frac{d}{dx} \right). \quad (5b)$$

(4) və (5) operatorlarının qarşılıqlı kommutasiyasından alınır ki,  $\widehat{H}^{ys}$ ,  $\widehat{A}^+$  və  $\widehat{A}^-$  generatorları birlikdə yarımsonsuz kvant harmornik Lager ossilyatoru üçün qapalı dinamik simmetriya cəbri təşkil etmirlər.

### Ədəbiyyat

1. Landau L.D., and Lifshitz E.M. *Quantum mechanics (Non-relativistic Theory)* (Oxford: Pergamon, 1991).
2. Jafarov E.I., and J. Van der Jeugt, 2022 Pramana J. Phys 96 35.
3. Jafarov E.I., Jafarova A.M. and Nagiyev S.M. 2022 Int. J. Mod. Phys.B 36 2250227.

## ÜMUMİLƏŞMİŞ VUDS-SAKSON VƏ KRATZER-FUES POTENSİAL-LARININ CƏMİ ÜÇÜN ŞREDİNGER TƏNLIYİNİN ƏLAQƏLİ HALLARI

<sup>1</sup>Hüseynova S.M., <sup>2</sup>Bədəlov V.H.

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

<sup>2</sup>*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri İnstitutu*  
simuzerhuseynova8@gmail.com

Ümumiləşmiş Vuds-Sakson potensialı aşağıdakı şəkllə malikdir:

$$V_{GWS}(r) = -\frac{V_0}{1 + e^{\frac{r-R_0}{a}}} - \frac{W e^{\frac{r-R_0}{a}}}{\left(1 + e^{\frac{r-R_0}{a}}\right)^2}, \quad (1)$$

burada  $V_0$  və  $W$  uyğun olaraq həcmi və səth potensial çuxurlarının dərinliyi,  $R_0$ -potensialın eni,  $a$  - parametri isə səth təbəqəsinin qalınlığıdır. Kratzer-Fues potensialı isə

$$V_{KF}(r) = \frac{A}{r} - \frac{B}{r^2}, \quad (2)$$

şəklindədir. Burada  $A = 2r_e D_e$ ,  $B = r_e^2 D_e$  və  $r_e$  tarazlıq bağının uzunluğu,  $D_e$  isə  $r_e$  məsafəsində molekulda iki atom arasında qarşılıqlı təsir enerjisidir.

Ümumiləşmiş Vuds-Sakson və Kratzer-Fues potensiallarının cəmi üçün radial Şredinger tənliyi

$$\frac{d^2 u_{nl}(r)}{dr^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} \left[ E_{nl} + \frac{V_0}{1 + e^{\frac{r-R_0}{a}}} + \frac{W e^{\frac{r-R_0}{a}}}{\left(1 + e^{\frac{r-R_0}{a}}\right)^2} - \frac{A}{r} + \frac{B}{r^2} - \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2} \right] u_{nl}(r) = 0 \quad (3)$$

orbital  $l$  kvant ədədinin ixtiyari qiymətində analitik həll etmək mümkün deyildir və buna səbəb  $r$  və  $r^2$  – la tərs mütənənasib olan hədlərdir. Ona görə də orbital  $l$  kvant ədədinin ixtiyari qiymətində (3) radial Şredinger tənliyi Pekeris yaxınlaşmasında Nikiforov-Uvarov metodunun köməyiylə həll edilmiş və nəticədə enerji spektri

$$E_{nl} = K_0 - \frac{\hbar^2}{8\mu a^2} \left( \sqrt{\frac{2\mu a^2(K_2+W)}{\hbar^2}} + \frac{1}{4} - n - \frac{1}{2} + \frac{\frac{2\mu a^2(V_0-K_1-K_2)}{\hbar^2}}{\sqrt{\frac{2\mu a^2(K_2+W)}{\hbar^2}} + \frac{1}{4} - n - \frac{1}{2}} \right)^2 \quad (4)$$

və radial dalğa funksiyası tapılmışdır. Burada  $K_0, K_1, K_2$  – kəmiyyətləri  $A, B, R_0, a$  –dən və orbital  $l$  kvant ədədindən asılı olan Pekeris yaxınlaşmasının parametrləri, və  $n$  – isə radial kvant ədədidir:

$$n = 0, 1, 2, \dots, \left\lfloor \sqrt{\frac{2\mu a^2(K_2+W)}{\hbar^2}} + \frac{1}{4} - \frac{1}{2} \right\rfloor. \quad (5)$$

(4) və (5) ifadələrindən görünür ki, baxılan sistem  $V_0, W, A, B, R_0, a$  potensial parametrlərindən, radial  $n$  və orbital  $l$  kvant ədədlərindən asılı məhdud sayda  $E_{nl}$  enerji spektrinə malikdir. Qeyd edək ki, xüsusi halda, (4) münasibətində **a)**  $B = 0$  və  $x_e = 0$  olması şərtində [1] işindəki enerji spektrinin; **b)**  $A = B = 0$  olduqda [2] işindəki  $D = 3$  ilə enerji spektrinin; **c)**  $A = B = W = 0$  və  $x_e = 0$  olması şərtində [3] işindəki enerji spektrinin ifadəsi alınır.

## **Ədəbiyyat**

1. 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, International Journal of Modern Physics E, Vol. 30, No. 4, 2021, 2150023.
2. Badalov V.H., B. Baris, K. Uzun, Bound states of the D - dimensional Schrödinger equation for the generalized Woods - Saxon potential, Modern Physics Letters A, Vol. 34, No. 14, 2019, 1950107.
3. Badalov V.H., Ahmadov H.I., Ahmadov A.I., Analytical solutions of the Schrödinger equation with the Woods-Saxon potentials for arbitrary  $l$  -state, International Journal of Modern Physics E, Vol. 18, No. 3, 2009, pp. 631-641.

## **YÜKSƏK ENERJİLƏRDƏ HADRONLARDA DİFRAKSIYA SƏPİLMƏSİ**

**Ağamalyeva L.A., Mürsəlova A.Z.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
aytacmurselova72@gmail.com*

Təqdim olunan işdə nəzəri hesablama üsullarının sintezi əsasında difraksiya proseslərinin dinamik kəmiyyətlərinin hesablanması və proton-proton səpilməsi zamanı səpilmə kəsiyinin RHIC və LHC kollayderində proqnozlarına, Redje trayektoriyaların davranışı probleminə baxılır.

Ayrı-ayrı zərrəciklər baxımından, hadron difraksiyası zamanı proton bir neçə qlüondan ibarət xüsusi dinamik obyekt olan pomeron buraxır. Pomeron ya qarşidan

gələn protonla, ya da onun buraxdığı zərrəciklə- ikinci pomeron və ya fotonla toqquşa bilər.

Əvvəlcə Redje trayektoriyalarının parametrləri (toqquşma enerjisi 2 GeV) elastiki proton–antiproton toqquşması zamanı bucaq paylanmalarını qeydə alır, bundan sonra həmin trayektoriyalar psevdoskalyar mezonların protonlardan səpilmə reaksiyalarını təsvir edir.

Protonun protondan və antiprotondan elastiki səpilməsinin enerji və eninə impulsunun oblastına baxılır:

$$\begin{aligned} p + p &\rightarrow p + X; \\ \underline{p} + p &\rightarrow \underline{p} + X \end{aligned}$$

İşdə Furye çevrilməsindən istifadə edərək:

$$\begin{aligned} \tilde{T}(s, \xi, b_1, b_2) &\equiv \frac{1}{(16\pi^2 s)^2} \iiint \int d^2\vec{\Delta}_1 d^2\vec{\Delta}_2 \times \\ &\times e^{i\vec{\Delta}_1 \vec{b}_1} e^{-i\vec{\Delta}_2 \vec{b}_2} T_{bare}(s, \xi, \vec{\Delta}_1, \vec{\Delta}_2) \end{aligned}$$

İkiqat differensial kəsiyin qiymətini bu reaksiyalar üçün aşağıdakı şəkildə alırıq:

$$\begin{aligned} 16\pi^2 \frac{d^2 \sigma_{SD}}{dt d\xi} &\approx T(s, \xi, \vec{\Delta}, \vec{\Delta}) + \\ + \frac{1}{16\pi^2 s} \iint d^2\vec{\Delta}_1 A(s, \vec{\Delta}_1) T(s, \xi, \vec{\Delta} - \vec{\Delta}_1, \vec{\Delta}) & \\ + \frac{1}{16\pi^2 s} \iint d^2\vec{\Delta}_2 T(s, \xi, \vec{\Delta}, \vec{\Delta} - \vec{\Delta}_2) A^*(s, \vec{\Delta}_2) & \\ + \frac{1}{(16\pi^2 s)^2} \iiint \int d^2\vec{\Delta}_1 d^2\vec{\Delta}_2 A(s, \vec{\Delta}_1) T(s, \xi, \vec{\Delta} - \vec{\Delta}_1, \vec{\Delta} & \\ - \vec{\Delta}_2) A^*(s, \vec{\Delta}_2) & \end{aligned}$$

Qeyd olunan reaksiyalarda üç regeonon qarşılıqlı təsir baxımından yüksək toqquşma enerjilərində adətən regeonun təsiri nəzərə alınmır, lakin yüngül hadronların elastiki səpilmə proseslərindən fərqli olaraq, bu regeonun difraksiya dissosiasiyası rejimində nuklonlara qarşılıqlı təsirinə verdiyi töhfəsini qaçıрмаq olmaz.

### **Ədəbiyyat**

1. Индурайн, Ф. Квантовая хромодинамика / Ф. Индурайн. – М: МИР, 1986. – 288 с.
2. Коллинз, П. Введение в реджевскую теорию и физику высоких энергий /П. Коллинз – М.: АТОМИЗДАТ, 1980. – 432 с.
3. TOTEM Collaboration. Proton-proton elastic scattering at the LHC energy of = 7 TeV / G. Antchev et al. // EPL. – 2011. – Vol. 95. – N 41001.
4. Heckathorn, D. The bare Pomeron in four-dimensional quantum chromodynamics / D. Heckathorn // Phys. Rev. D. – 1978. – Vol. 18. – P. 1286.
5. Alexa C et al (H1 collaboration) 2013 Elastic and proton-dissociative photoproduction of J/ψ mesons at HERA Eur. Phys. J. C

## **NEYTRON SELLİNİN TƏSİRİ ALTINDA DTA METODU İLƏ NANOKRİSTALLİK BN HİSSƏCİKLƏRİNİN TERMOFİZİKİ PARAMETRLƏRİNİN TƏDQIQI**

**Abbasov N.R.**

*Innovasiya Rəqəmsal İnkişaf Agentliyi Nüvə Tədqiqatları Departamenti*

Bir çox fiziki xüsusiyyətlərinə əsasən son zamanlar BN nanohissəcikləri dünya tədqiqatçılarının diqqət mərkəzindədir. Tərəfimizdən neytron selinin təsiri altında nitrid əsaslı nanohissəciklərinin bəzi fiziki xüsusiyyətləri araşdırılmışdır [1-3]. Nanokristallik BN hissəciklərinin termik parametrləri neytronlarla şüalanmadan öncə və sonra DSC spektroskopiyası ilə müqayisəli öyrənilmişdir. Təcrübi nəticələrə əsaslanaraq, BN nanohissəciklərinin Gibbs enerjisi 300÷1270K temperatur intervalında təyin olunmuşdur. DTA yanaşması ilə nanohissəciklərdə mümkün faza keçidi və gamma şüalanması nəticəsində amorflaşma prosesləri araşdırılmışdır. Nanokristallik bor nitrid hissəciklərindən təşkil olunmuş sistemin entalpiya və entropiyası neytronlarla şüalanmadan öncə və sonra hesablanmışdır (nəzəri hesablamalar təcrübi nəticələr ilə əsaslandırılmışdır). Təcrübi nəticələrdən alınmış qiymətlər bütün termofiziki parametrlər üçün neytron şüalanmadan öncə və sonra müqayisəli öyrənilmişdir. DTG spektrlərindən məlum olmuşdur ki, həm qızma həm də soyuma proseslərində neytronlarla şüalanma kütlənin diferensial dəyişməsinə ciddi təsir edir. Şüalanmada öncə kütlə dəyişməsi sabit olduğu halda, neytron selinin təsiri nəticəsində kütlənin diferensial dəyişməsində sıçrayışlar müəyyən edilmişdir.

Alınmış bu nəticə BN nanohissəciklərində mümkün neytron çevrilməsi ilə əlaqələndirilmişdir. Məlum olmuşdur ki, nanokristallik BN hissəciklərində neytronlarla şüalanma zamanı nüvə çevrilmələri nəticəsində  ${}^7\text{Li}$  və  ${}^{12}\text{C}$  izotoplarının konsentrasiyası artır və N atomları ilə güclü qarşılıqlı təsirə girərək azot boşluqlarının yaranmasına səbəb olur. DSC analizlərindən müəyyən edilmişdir ki, sözügedən neytron çevrilmələrinin və temperaturun təsiri nəticəsində  $\text{B}_2\text{N}_4$  strukturunun  $\text{B}_3\text{N}_3$  strukturuna keçidi mümkündür və bunun nəticəsində termik parametrlərdə dəyişiklik meydana çıxır. Eyni zamanda, müxtəlif miqdarlarda neytronlarla şüalanma nəticəsində sərbəst Gibbs enerjisinin ədədi qiymətində müəyyən kənarçıxmalar aşkarlanmışdır. Buna baxmayaraq, sərbəst Gibbs enerjisi xaraktercə dəyişmədiyi göstərilmişdir. Neytronlarla şüalanmanın böyük qiymətlərində qızma prosesində BN nanohissəciklərinin entropiya və entalpiyasında temperaturun 770K qiymətində kiçik pik müşahidə edilmişdir. Bu isə, neytron çevrilmələri nəticəsində BN nanohissəcikləri daxilində yeni yaranmış Li izotoplarının konsentrasiyasının artması ilə əlaqələndirilmişdir.

### **Ədəbiyyat**

1. Huseynov E.M., Naghiyev T.G., Abbasov N.R. "The paramagnetic approach of the color-changing of nano h-BN particle under the neutron irradiation" *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* 139, 115124, 2022
2. Naghiyev T.G., Garibov A.A., et al. "EPR spectroscopy of neutron irradiated nanocrystalline boron nitride (h-BN) particles" *Ceramics International* 47, 5, 7218-7223, 2021
3. Huseynov E.M., Garibov A.A., Valiyev S.P. "EPR study of silicon nitride ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) nanoparticles exposed to neutron irradiation" *Radiation Physics and Chemistry* 195, 110087, 2022

## (t,p) REAKSİYALARINDA MULTİPOL KEÇİDLƏRİ

**Əbdülvahabova S.Q, Məmmədəlizadə K.B.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*memmedalizade@bk.ru*

Multipol keçidləri və birbaşa nüvə reaksiyaları nüvə fizikasının ən çox öyrənilən sahəsini təşkil edir. Məlumdur ki, bu proseslər nüvənin dalğa funksiyaları üçün ciddi sınaq zəminini təmin edə bilər. Nüvələr eyni anda müxtəlif ehtimalla multipol keçidlərinə malik ola bilər.

$E_i$  enerjisi ilə ilkin  $|i\rangle$  halından  $E_f$  enrijili son vəziyyətə  $\langle f|$  keçmə ehtimalı

$$W_{i \rightarrow f} = \frac{2\pi}{\hbar} |H'_{fi}|^2 \rho(E) \quad (1)$$

kimi ifadə olunur. Bu ifadədə  $H'_{fi} = \langle f|H'|i\rangle$  keçidin matris elementi,  $\rho(E)$  isə  $E, E + dE$  intervalında son halların sıxlığıdır.

Qarşılıqlı təsir hamiltonianını elektrik-dipol  $ED$ , maqnit-dipol  $MD$  və elektrik-kvadrupol  $EQ$  qarşılıqlı təsirlər kimi götürmək olar

$$H' = H'_{ED} + H'_{MD} + H'_{EQ} \quad (2)$$

Multipol keçidlərinin matris elementi aşağıdakı ifadə ilə verilir

$$M = \frac{\langle \Psi_i | (\hat{E}_D + \hat{M}_D + \hat{E}_Q) | \Psi_j \rangle}{\sqrt{N_i N_j}} \quad (3)$$

burada  $N_i$  və  $N_j$  normallaşma əmsallarıdır.

Nümunə üçün birbaşa  $A(t, p)B$  reaksiyasını nəzərdən keçiririk.

İlkin halın dalğa funksiyası

$$\Psi_i = \Psi_A(\xi) F_t(\vec{r}_t) f^S(\vec{r}, \vec{\rho}) \chi_{1/2, m_t} \quad (4)$$

kimi yazıla bilər. Burada  $\Psi_A(\xi)$  A nüvənin dalğa funksiyası,  $F_t(\vec{r}_t)$ - tritonun təhrif olunmuş dalğa funksiyası,  $\vec{r}_t$  tritonun ətalət mərkəzindəki radius vektoru,  $f^S(\vec{r}, \vec{\rho})$ - tritonun daxili hərəkətinin dalğa funksiyası,  $r = |\vec{r}_{n_1} - \vec{r}_{n_2}|$  iki neytronun ağırlıq mərkəzinin protona qədər olan məsafə,  $S$  tutulan neytronların spin halını göstərir,  $\chi_{1/2, m_t}$ - tritonun spin funksiyasıdır.

Son halın funksiyası A və iki neytron sistemindən ibarət olan B nüvəsinin hal funksiyası və protonun sərbəst hərəkətini təsvir edir:

$$\Psi_f = \Psi_B(\xi) f(\vec{r}_p) \chi_{1/2, m_p} \quad (5)$$

burada  $f(\vec{r}_p)$ - protonun fəza funksiyası,  $\chi_{1/2, m_p}$  - protonun spin funksiyasıdır. (4) və (5) funksiyaları vasitəsilə (1) ehtimalı hesablanır [1]. (2) ifadəsində qarşılıqlı təsir hamiltonianı müxtəlif multipol paylarından ibarətdir və onlar interferensiya edə bilərlər. İnterferensiya effektlərinin nisbi təsirinin keçid sürətinə təsiri aşağıdakı nisbətə müəyyən edilir:

$$P = \frac{W_{if} - (W_{ED} + W_{MD} + W_{EQ})}{W_{ED} + W_{MD} + W_{EQ}} \quad (6)$$

P-nin dəyəri müxtəlif multipolların nə qədər müdaxilə etdiyini müəyyən edir.  $P = 0$  heç bir müdaxilə təsirinin olmadığını,  $P = 1$  tamamilə konstruktiv,  $P =$



–1 isə tamamilə dağıdıcı olduğunu bildirir. Cədvəldə  $^{154}\text{Gd}$  nüvəsi üçün həyəcanlanma enerjisi və multipol keçidlərin nəzəri və təcrübi qiymətləri verilmişdir. Baxılan nüvə üçün  $P = 1$ .

Cədvəl

	Nüvə	$^{154}\text{Gd}$		
	Nəzəriyyə	$\omega$ (MeV)	0,68	1,94
$B(E1)$		2,11	0,03	0,01
$B(E2)$		2,63	0,14	0,01
$B(M1)$		0,03	0,022	0,001
Təcrübə [2]	$\omega$ (MeV)	0,68	1,18	1,295
	$B(E1)$	0,31	0,015	-
	$B(E2)$	3,51	10,0	-
	$B(M1)$	-	-	-

### Ədəbiyyat

1. Abdulvahabova S.G., Afandiyeva I.G., Russian Physics Journal, V.64, No.3, p.504-508 (2021).
2. Kulp W.D. *et al.*, Phys. Rev. C, **77**, 061301(R) (2008).

## MEYLLİ MAQNİT SAHƏSİNDƏ YARIMKEÇİRİCİ İFRATQƏFƏSLƏRDƏ FONONLARIN İŞTİRAKI İLƏ SƏRBƏST YÜKDAŞIYICILARLA İŞIĞIN UDULMASI

**<sup>1</sup>İbrahimov B.H., <sup>2</sup>Nəsibli D.M.**

<sup>1</sup>Azərbaycan –Fransız Universiteti

<sup>2</sup>Bakı Dövlət Universiteti

dinarsibli@gmail.com

Son onilliklər ərzində çox çuxurlu kvant heterostrukturlarının elektron və optik xassələri üzrə xeyli sayda nəzəri və eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır. Bir çox yarımkeçirici materiallarda elektron xassələrini araşdırmaq üçün optik fononlarla qarşılıqlı əlaqəni nəzərdə tutan Landau səviyyələri arasında elektronların rezonans səpilməsi nəticəsində yaranan maqnit müqavimətinin ölçülməsindən istifadə edilmişdir.

Aşağı ölçülü sistemlərdə elektronların və fononların məhdudlaşdırılması elektronların hərəkətliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır və xarici təsirlər altında qeyri-adi davranışlara səbəb olur. Bu davranışlarla, məsələn, ikiölçülü elektron qazlarında elektron-fonon qarşılıqlı təsirləri ilə bağlı bir çox tədqiqatlar aparılmışdır. Kvant, aşqarlanmış super qəfəslərdə zəif elektromaqnit dalğası üçün udma əmsalı problemləri də Kubo-Mori üsulu ilə tədqiq edilmişdir. Maqnit sahəsində fononların iştirakı ilə sərbəst yükdaşıyıcılar ilə elektromaqnit dalğasının udulması tədqiq edilmişdir [4]

Bu işdə meylli maqnit sahəsində yarımkeçirici ifratqəfəslərdə fononların iştirakı ilə sərbəst yükdaşıyıcılarla işıqın udulması öyrənilmişdir. Meylli B maqnit

sahəsinin (istiqlamətində) təsiri altında  $z$  istiqaməti boyunca  $d$  periodik potensiallı ifratqəfəsdə hərəkət edən  $N$  elektrondan ibarət sistemə baxılır. İfratqəfəsin elektron enerji spektri ifratqəfəsin periodik potensialına görə uzununa istiqamətdə mini zolaqlar əmələ gətirir. Işıq fononların iştirakı ilə sərbəst daşıyıcılar tərəfindən udulması ikinci tərtib həyacanlaşma nəzəriyyəsi ilə hesablanır. Udulma əmsali məlum düstur ilə müəyyən edilir:

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

$W_i$  - keçid ehtimalı aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

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

burada  $E_i$  və  $E_f$  elektronların ilkin və son hallarının enerjiləridir,  $\langle f|M_{\pm}|i\rangle$  elektronlar, fononlar və fotonlar arasında qarşılıqlı təsir nəticəsində başlanğıc vəziyyətdən son vəziyyətə keçid matrisinin elementləridir.

### **Ədəbiyyat**

1. L. Esaki and R. Tsu, IBM. J. Res. Dev. 14, 61 (1970)
2. A. P. Silin, Sov. Phys. Usp. 31, 381 (1985).
3. Фигарова С.Р., Махмудов М.М. Время релаксации при межзонном и внутризонном рассеянии электронов проводимости на фонах в сверхрешетках в сильном магнитном поле. Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, 2021, №2, стр.92-101.
4. İbragimov G.B., and İbaeva R.Z. Light Absorption by Free Charge Carriers with Scattering Mechanisms in a Semiconductor Superlattice. Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2024, Vol. 18, No. 1, pp. 116–120

## **POLİSTİROLUN NEYTONLARLA YAVAŞITMA XASSƏSİNİN TƏDQIQI**

**Rəhimli M.İ., Qəribov A.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
meryem.rehimli2001@mail.ru*

Nüvə elmləri və texnologiyaları sahələrində neytronların enerjisinin idarə olunması həm nüvə proseslərinin aparılması, həm də müdafiə nöqtəyi nəzərdən xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Təqdim olunmuş işdə yavaşıcı material kimi karbon və hidrogen atomlardan ibarət, tərkibi radiasiya davamlı aromatik karbohidrogen təşkil olunmuş polistirol polimer materialı götürülüb. U-235 nüvəsinin parçalanma neytronlarının orta enerjisi  $\bar{E}=2\text{MeV}$  olduğundan polistirolda onun istilik neytronuna qədər ( $E=0.025\text{eV}$ ) yavaşıtma prosesi izlənilib, yavaşıtmanın əsas parametrləri təyin edilib.[1]

Polimer tərkibində karbon və hidrogen atom nüvə sıxlıqları aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir.

$$N_C = \frac{\rho \cdot N_{av}}{M_S} \quad (1)$$

harada  $M_S$ -stiroulun molekul çəkisi,  $\rho$ -polistiroulun sıxlığı,  $N_{av}$ -Avoqadro ədədi.

Nüvə reaktor mühitində neytron seli  $\phi=1 \cdot 10^{14}$  neytron/sm<sup>2</sup>-san olmasını nəzərə

alaraq, onların uyğun atom nüvələri ilə qarşılıqlı təsiri sürətləri təyin edilib [1, 2].

$$W_{ei}(H) = \phi \cdot \sigma_i \cdot N_i \quad (2)$$

harada  $W_{ei}(H)$ - elastik səpilmə sürəti,  $\phi$ -neytron seli,  $\sigma_i$ -qarşılıqlı təsirin en kəsiyi,  $N_i$ -nüvə sıxlıqları. Mürəkkəb tərkibli molekullar üçün mikroskopik en kəsikləri:

$$\sigma_{ps} = X_H \cdot \sigma_H + X_C \cdot \sigma_C \text{ ifadəsi ilə təyin edilib.}$$

harada  $X_H = \frac{N_H}{N_{HO}}$ ;  $X_C = \frac{N_C}{N_{ps}}$ ,  $\sigma_H$  və  $\sigma_C$  isə uyğun olaraq C və H atomları üçün mikroskopik en kəsiklər.

Hər qarşılıqlı təsir zamanı nüvələrə verilən təpmə enerjisi ( $E_{təp}$ )

$$E_{təp} = 4AE_n \cdot \cos^2 \varphi / (1+A) \quad (3)$$

(3) formulası ilə təyin edilib, harada  $E_n$ -neytronun enerjisi,  $A$ -atomun çəkisi,  $\varphi$ -təpmə bucağı. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində neytronların enerji itirməsinin H, C və O atom nüvələrindən elastik səpilməsində  $E_{təp} = f(\varphi)$  asılılığı, neytronun polistirol molekullarda hər toqquşma zamanı enerji itirilməsi ( $\xi$ ), istilik halına qədər soyutma üçün toqquşmaların sayı ( $N_{toq}$ ), yavaşıtma qabiliyyəti ( $Y_q = \xi \cdot N_s \cdot \sigma_s$ ) və yavaşıtma sabiti ( $Y_s = \xi \frac{\sigma_s}{\sigma_a}$ ) parametrləri təyin edilib. Cədvəl-də qeyd olunub. [1-3]

Birləşmə	$E_n$	$E = 1 + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln \alpha$	$N_f = \frac{18.2}{\xi}$	$Y_q = \xi \cdot N_s \cdot \sigma_s$	$Y_s = \xi \frac{\sigma_s}{\sigma_a}$
polistirol	2MeV	0,599	31	0,162	$24 \cdot 81 \cdot 10^4$

Beləliklə, polistirol sürətli neytronları effektiv yavaşıtma xassəsinə malikdir və neytrondan müdafiə məqsədi ilə istifadə üçün tövsiyə oluna bilər. [1-3]

### Ədəbiyyat

1. A. Qəribov "praktiki nüvə fizikası" Bakı: "elm", 2019, -41bc.
2. Кадилин В.В., Рябева Е.В., Самосадный В.Т. пракладная нейтронная физика. М.: НИЯУ, МИФИ, 2011, -124 с.
3. Neutronics, A nuclear energy Division Monograph, CEA, Saclay and Groupe Moniteur, Paris, 2015, -273 p.

## QARA DƏLİKLƏRİN TERMODİNAMİKADA ÖYRƏNİLMƏSİ

**Məmmədov Ş.Ə., Hacıyeva H.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*hajiyeva\_91@mail.ru*

Şvarzsild radiusu, yəni qara dəliyin üfüqü, tərtibində qara dəliyə yaxınlaşan hər hansı maddə eləcə də sahə (bunun ən bariz nümunəsi işıqdır) qara dəliyin qravitasiya sahəsinə üstün gələ bilməyib qara dəlik tərəfindən udulur. Şvarzsild radiusunun ifadəsini nəzərə alaraq qara dəliyin üfüğünün səthi belə təyin olunur:

$$A = 4\pi r_0^2 = \frac{16\pi G^2 M^2}{c^4} \quad (1)$$

Bu isə qara dəliyin kütləsinin və beləliklə səth sahəsinin azalmayan kəmiyyət olduğunu ifadə edir. Termodinamikadan isə qapalı termodinamik sistemin entropiyasının azalan olmayan, yəni sabit kəmiyyət olduğunu bilirik. Deməli, AdS nəzəriyyəsinə qara dəliklərin sahəsi ilə termodinamika nəzəriyyəsinə entropiya

arasında korrelyasiya qura bilərik. Beləliklə, qara dəliyin entropiyası  $S$  konsepsiyasını daxil edə bilərik:

$$S \propto A \quad (2)$$

İndi isə qara dəliklərlə termodinamikanın qanunlarını müqayisə edək: 1. Sıfırıncı Qanun. Termodinamikanın sıfırıncı qanunundan alınır ki, əgər termodinamik sistem başlanğıc halda temperaturlar fərqiə malik bir neçə hissələrdən ibarət olsa da, sonra o termal tarazlıq halına gəlir. Əlbəttə ki, termal tarazlığı xarakterizə edən kəmiyyət olaraq temperaturu nəzərdə tuturuq. Qara dəliyə gəldikdə isə başlanğıc halda əgər qara dəlik sferik simmetriyaya malik olmasa belə sonda o mütləq sferik simmetrik hala malik olur. No-Hair Teoreminə əsasən sferik simmetriyanın var olması isə qara dəliyin üfүүndə qravitasiya sahəsinin sabit olmasına dəlalət edir. Deməli, qara dəliyin strukturundakı sferik simmetriyanı xarakterizə edən kəmiyyət olaraq üfүүdəki səth qravitasiyası nəzərə alınır. Yekun olaraq sıfırıncı qanundan söyləmək olar ki, üfүүdəki səth qravitasiyası temperatura uyğun gəlir çünki, temperatur termodinamik sistemin tarazlığını təyin edən kəmiyyət olduğu kimi qara dəliklərin üfүүndəki səth qravitasiyası onların sabitliyini xarakterizə edir. 2. Birinci qanun. Qara dəliklər ətraf ələmdən maddə udduqda onların kütləsi və beləcə üfүүnün səth sahəsi artmış olur. Ümumi Nisbilik Nəzəriyyəsindən bildiyimiz kimi kütlə  $GM$  ilə təyin olunur və fəza-zamanı əyir.  $G$  qravitasiya sabiti bir növü kütlədən fəza-zaman əyriliyinə keçidi icra edən translyatordur.  $GM$  səth qravitasiyası vuruğudur. Kütlə dəyişməsi ilə qara dəliyin səthinin dəyişməsi arasındakı asılılığı tapmaq üçün (1) ifadəsini differensiallamaq lazımdır:

$$GdM = \frac{k}{8\pi} dA \quad (3)$$

Termodinamikanın 1-ci qanununa əsasən  $dE = TdS$ , temperatur entropiyanın vuruğu kimi iştirak edir. (2) və (3) ifadələrinə əsasən  $dS \propto dA \propto dM$  olduğunu nəzərə alsaq  $GdM$  səth qravitasiyası vuruğu termodinamikadan temperatura ekvivalent olur, yəni temperatur funksiyasını icra edir.

### **Ədəbiyyat**

1. Makoto Natsuume AdS/CFT Duality User Guide. Tokyo 151-0051, Japan, 2012

## **MÜON-KVARK SƏPİLMƏSİNİN SPİRAL AMPLİTUDLARI**

**Rzayeva G.M., Abdullayev S.Q.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*naz091101@gmail.com*

Hadronların struktur funksiyaları bəlli model çərçivəsində hesablamaq mümkündür. Feynman tərəfindən irəli sürülmüş kvark-parton modeli, belə modellərdən biridir. Kvark-parton modelinə əsasən, müon-nuklon dərin qeyri-elastik səpilmə prosesi, müon-kvark və müon-antikvark səpilmələrinə gətirilir. Müonun səpilməsi nəticəsində neytrino yaranır, buna görə də partonun (kvark və ya antikvark) elektrik yükü bir vahid azalır. Müon,  $c$ - və ya  $u$ -kvarkla qarşılıqlı təsirdə olaraq  $s$ -və ya  $d$ -kvark yaradacaqdı. Müon  $\bar{s}$ - və  $\bar{d}$ -antikvarklar ilə də qarşılıqlı

təsirdə ola bilər. Bu zaman  $\bar{c}$ - və ya  $\bar{u}$ -antikvarkları yaranır:

$$\begin{aligned} \mu^- + q_i &\Rightarrow \nu_\mu + q_j & (q_i = u, c; q_j = d, s), \\ \mu^- + \bar{q}_i &\Rightarrow \nu_\mu + \bar{q}_j & (\bar{q}_i = \bar{u}, \bar{c}; \bar{q}_j = \bar{d}, \bar{s}). \end{aligned} \quad (1)$$

Kvarkların zəif yüklü cərəyanı vektor və aksial-vektor təbiətlidir:

$$\begin{aligned} J_a &= (\bar{d} \cdot \cos\theta_c + \bar{s} \cdot \sin\theta_c)\gamma_\alpha(1 + \gamma_5)u + \\ &+ (\bar{s} \cdot \cos\theta_c - \bar{d} \cdot \sin\theta_c)\gamma_\alpha(1 - \gamma_5) \end{aligned} \quad (2)$$

Burada  $\theta_c$ - Kabibbo bucağıdır.

Yüksək enerjilərdə kvarkların kütlələrini nəzərdən atmaq olur və bu zaman spirallıq saxlanıldığından hər bir alt parton prosesinə yalnız bir spiral amplitud uyğun gəlir:

$$\hat{M}_{\lambda_\mu \lambda_{q_i}; \lambda_\nu \lambda_{q_j}} \quad (3)$$

burada  $\lambda_\mu$  və  $\lambda_{q_i}$  ( $\lambda_\nu$  və  $\lambda_{q_j}$ ) – başlanğıc müon və kvarkın (son neytrinonun və kvarkın) spirallıqlarını göstərir. Spirallıq saxlanılır, yalnız aşağıdakı spiral amplitudlar sıfırdan fərqlənir [1]:

$$\begin{aligned} M_{LL;LL}(\mu^- q_i \Rightarrow \nu_\mu q_j) &= \frac{4\pi\alpha \cdot U_{q_i q_j}}{x_W} \cdot \frac{xy}{xys + M_W^2}, \\ M_{LR;LR}(\mu^- \bar{q}_i \Rightarrow \nu_\mu \bar{q}_j) &= \frac{4\pi\alpha \cdot U_{q_i q_j}}{x_W} \cdot \frac{xy(1-y)}{xys + M_W^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Burada  $U_{ud} = U_{cs} = \cos\theta_c$ ,  $U_{us} = -U_{cd} = \sin\theta_c$ ,  $x_W = \sin^2\theta_W$  Vaynberg parametri;  $M_W$ - aralıq W-bozonun kütləsi, s- KMS-də başlanğıc zərəciklərin enerjiləri cəminin kvadratı, x və y isə dərin qeyri-elastik səpilmə prosesinin kinematik dəyişənləridir.

Elementar parton prosesinin effektiv kəsiyi standart qaydalarla aşağıdakı düstur əsasında hesablanır:

$$\frac{d\hat{\sigma}_{\lambda_\mu \lambda_q}}{dy} = \frac{1}{16\pi xs} \left| \hat{M}_{\lambda_\mu \lambda_{q_i}; \lambda_\nu \lambda_{q_j}} \right|^2. \quad (5)$$

Buna əsasən yaza bilərik:

$$\begin{aligned} \frac{d\hat{\sigma}_{LL}(\mu^- q_i \Rightarrow \nu_\mu q_j)}{dy} &= \frac{\pi\alpha^2}{xs} \cdot \frac{|U_{q_i q_f}|^2}{x_W^2} \cdot \left( \frac{xs}{xys + M_W^2} \right)^2, \\ \frac{d\hat{\sigma}_{LR}(\mu^- \bar{q}_i \Rightarrow \nu_\mu \bar{q}_j)}{dy} &= \frac{\pi\alpha^2}{xs} \cdot \frac{|U_{q_i q_f}|^2}{x_W^2} \cdot \left( \frac{xs}{xys + M_W^2} \right)^2 \cdot (1-y)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Son ifadədən görünür ki, sol müon yalnız sol spirallı kvarklarla və ya sağ spirallı antikvarklarla qarşılıqlı təsirdə olur. Digər tərəfdən,  $\mu_L^- + q_{iL} \Rightarrow \nu_L + q_{fL}$  alt parton prosesinin effektiv kəsiyi y-dəyişənindən aslı deyil, yəni izotropdur. Lakin  $\mu_L^- + \bar{q}_{jR} \Rightarrow \nu_L + \bar{q}_{iR}$  bu prosesin effektiv kəsiyi isə  $(1-y)^2$  ifadəsi ilə mütənəsbdir,  $y=1$  olduqda proses qadağan olunmuşdur. Bu fakt alt proseslərdə spirallığın saxlanması ilə əlaqəlidir.

### Ədəbiyyat

1. Abdullayev S.Q., Qocayev M.Ş. Lepton-lepton və lepton-hadron elektroəzif qarşılıqlı təsir proseslərində asimetriyalar. *Monoqrafiya*. – Bakı: «Füyuzat» nəşr., 2022, 500 s.

**(p,t) NÜVƏ REAKSİYALARI ÜÇÜN QOHUMLUQ ƏMSALI**

**Əbdülvahabova S.Q., Talıbzadə S.G.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*saratalibzad2002@gmail.com*

Bu işdə biz qohumluq əmsallarından istifadə edərək birbaşa nüvə (p,t) reaksiyasının amplitudunun matris elementlərinin hesablanmasını göstərmişik.

Qohumluq əmsalları nüvələrdə hər biri  $l$  və  $s$  momentlərinə malik və  $J$  momenti ilə birləşmiş klasterlər üçün hesablanmışdır. Bu hesablamalarda klasterlərin daxili strukturu adətən nəzərə alınmır.

A nüvəsinin  $X$  və  $(A-X)$  klasterlərindən ibarət olmasına baxaq [1].  $X$  klasterinin orbital bucaq impulsunu  $l_X$ , proyeksiyasını  $m_{l_X}$  ilə, spin proyeksiyasını isə  $m_{s_X}$  ilə işarə etsək onun hal  $\varphi$  funksiyası aşağıdakı kimi olar:

$$\varphi = \varphi_{l_X m_{l_X} m_{s_X}}(X). \quad (1)$$

$(A-X)$  klasterinin dalğa funksiyasını

$$\Phi = \Phi_{L_{A-X} M_{L_{A-X}} S_{A-X} M_{S_{A-X}}}(A-X) \quad (2)$$

kimi yazsaq tam dalğa funksiyası (1) və (2) funksiyaları ilə qohumluq əmsalı ilə bağlıdır:

$$\begin{aligned} \Psi_{LM_L SM_S}(A) = & \sum_{L_{A-X} S_{A-X} M_{L_{A-X}} M_{S_{A-X}}} C_{L_{A-X} S_{A-X}}^{LS} (l_X s_X) \times \\ & \times \langle L_{A-X} l_X M_{L_{A-X}} m_{l_X} | LM \rangle \langle S_{A-X} s_X M_{S_{A-X}} m_{s_X} | SM_S \rangle \times \\ & \times \varphi_{l_X m_{l_X} m_{s_X}}(X) \Phi_{L_{A-X} M_{L_{A-X}} S_{A-X} M_{S_{A-X}}}(A-X) \end{aligned} \quad (3)$$

ifadəsinə görə tam dalğa funksiyası  $\Psi_{LM_L SM_S}(A)$  klasterlərin  $\Phi$  və  $\varphi$  funksiyalarının xətti kombinasiyası kimi götürülür. Bu kombinasiyanın əmsalı – qohumluq əmsalı  $C_{L_{A-X} S_{A-X}}^{LS} (l_X s_X)$  ilə işarə edilir. Qohumluq əmsallarını hesablamaq üçün daha aşağı antisimetriya dərəcəsinə malik funksiyalar əsasında N-sayda zərrəciklərin antisimetriya operatorunun matrisini hesablamaq lazımdır.

$C_{L_{A-X} S_{A-X}}^{LS} (l_X s_X)$  dalğa funksiyalarının simmetriya xassələrindən asılıdır. Bu əmsallar dalğa funksiyalarının normallaşma şərtlərinin ödənilməsi üçün aşağıdakı şərti ödəməlidir:

$$\sum_{L_{A-X} S_{A-X} M_{L_{A-X}} M_{S_{A-X}}} [G_{L_{A-X} S_{A-X}}^{LS} (l_X s_X)]^2 = 1. \quad (4)$$

(p,t) reaksiyana baxsaq ötürülən neytronlar nüvədə klaster şəklində mövcud ola bilər. Reaksiyanın keçid amplitudu  $F_{A,A-X}^{pt}(J)$  sıfır yaxınlaşmasında aşağıdakı şəkildədir

$$F_{BA}^{p,t}(J) = N_o \sum S_{BA}^{j,J} \int d\mathbf{r} \varphi_t^{(-)*}(\mathbf{k}_t, \mathbf{r}) F_{\gamma JM}(r) \varphi_p^+(k_p, r) \left( \left( \frac{A-2}{A} \right) r \right) \quad (5)$$

haradakı  $S_{BA}^{p,t}$ -nüvələrin spektroskopik faktoru,  $F_{\gamma JM}$  isə ötürülən neytronların form-faktorudur:

$$F_{\gamma JM} = \sum C_{LSJ}(\gamma) \langle l_1 l_2, LM_L; k_\beta | F_{\Lambda\mu}^{LS} | k_\alpha \rangle \langle JM | J_p J_t M_p, -M_t \rangle \times (-)^{l_t - M_t} \langle \Lambda \Sigma \mu_S | IM \rangle \langle LSM_L M_S JM \rangle. \quad (6)$$

(6) ifadəsində  $C_{LSJ}(\gamma)$ - qohumluq əmsəlidir.

Qohumluq əmsallarının hesablanması olduqca sadədir və onları yalnız zərrəciklərin sayında bərabər sinyoriti olan hallar üçün hesablamaq kifayətdir [2,3].

### Ədəbiyyat

1. Abdulvahabova S.G., Ahmedov R.A., Afandiyeva I.G., Journal of Physical Science and Application, 5 (2), 158, (2015)
2. Zamick L., Phys. Rev. C75, 064305, (2007)
3. Deveikis A., Kalinauskas R.K., Barrett B.R., Annals of Physics, 296 (2), p.287, (2002)

### ПРОЦЕСС $H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l$ .

**Абдуллаев С.К., Гүсейнова Н.М.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*hseynova1999@internet.ru*

Здесь мы обсудим распад Хиггс бозона по каналу  $H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l$  и вычислим ширину распада этого процесса. В этом процессе конечные частицы могут быть  $4e, 4\mu$  или  $2e2\mu$ . Диаграмма Фейнмана процесса  $H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l$  приведена на рисунке [1].

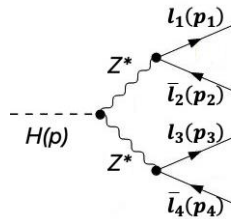


Рис. Диаграмма Фейнмана процесса  $H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l$

Используя правила Фейнмана запишем матричный элемент для данного процесса:

$$M(H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l) = \frac{e^3 M_H}{4x_W^{3/2} (1 - x_W)^2 ((p_1 + p_2)^2 - M_Z^2) ((p_3 + p_4)^2 - M_Z^2)} \times$$

$$\begin{aligned} & \times \bar{u}(p_1) \left( \gamma_\mu (1 + \gamma_5) x_W + \gamma_\mu (1 - \gamma_5) \left( x_W - \frac{1}{2} \right) \right) v(p_2) \times \\ & \times \bar{u}(p_3) \left( \gamma_\mu (1 + \gamma_5) x_W + \gamma_\mu (1 - \gamma_5) \left( x_W - \frac{1}{2} \right) \right) v(p_4). \end{aligned} \quad (1)$$

здесь  $x_W = \sin^2 \theta_W$  – параметр Вайнберга.

Матричный элемент процесса распада Хиггс бозона на четыре лептона возведем в квадрат:

$$\begin{aligned} |M(H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l)|^2 &= \frac{e^6 M_H^2}{2x_W^3 (1 - x_W)^4 (M_H^2 - M_Z^2)^4} \times \\ & \times \left( -4M_H^2 m_l^2 (4x_W^2 - 2x_W + 1)(8x_W^2 - 4x_W + 1) + \right. \\ & \quad \left. + M_H^4 (8x_W^2 - 4x_W + 1)^2 + \right. \\ & \quad \left. + 4m_l^4 (64x_W^4 - 64x_W^3 + 24x_W^2 - 4x_W + 1) \right) \end{aligned} \quad (2)$$

Ширина распада Хиггс бозона по каналу  $H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l$  вычисляется следующим образом:

$$\Gamma(H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l) = \frac{(2\pi)^4}{E_H} |M(H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l)|^2 d\Phi \quad (3)$$

Здесь  $d\Phi$  – фазовый интеграл конечных частиц и вычисляется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} d\Phi &= \int \delta(E_H - E_1 - E_2 - E_3 - E_4) \delta^3(\vec{p} - \vec{p}_1 - \vec{p}_2 - \vec{p}_3 - \vec{p}_4) \\ & \times \frac{1}{4\pi E_1} \cdot \frac{1}{4\pi E_2} \cdot \frac{1}{4\pi E_3} \cdot \frac{1}{4\pi E_4} \cdot d^3 \vec{p}_1 d^3 \vec{p}_2 d^3 \vec{p}_3 d^3 \vec{p}_4 = \\ & = \frac{((E_H - 2m_l)^2 - 4m_l^2)(8m_l^2 - 5M_H^2)}{256\pi^4 E_2 E_3 E_4} \end{aligned} \quad (4)$$

Подставляя значения (2) и (4) в формулу (3), получим ширину распада процесса  $H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l$ :

$$\begin{aligned} \Gamma(H \rightarrow Z^* Z^* \rightarrow 4l) &= \\ & = \frac{e^6 (8m_l^2 - 5M_H^2) \left( (\sqrt{2}M_H - 2m_l)^2 - 4m_l^2 \right)}{256\sqrt{2}m_l^3 (M_H^2 - M_Z^2)^4} R'(x) \end{aligned} \quad (5)$$

#### Литература:

1. A.Bredenstein, A.Denner, S.Dittmair and M.M. Weber Precise predictions for the Higgs-boson decay  $H \rightarrow WW/ZZ \rightarrow 4$  leptons. arXiv: hep-ph/0604011v2 5 June 2006.



## NEYTRONLARIN MADDƏLƏRDƏ DİFFUZİYA MƏSAFƏSİ

**Bayramova T.O., Yusifova R.M**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*rehimeyusifova2626@gmail.com*

Neytronların mühitdən keçdiyi zaman baş verən fiziki hadisələr özündə həm mühitin, həm neytronların, həm də qarşılıqlı təsirin əsas xüsusiyyətləri haqqında məlumat daşıyır. Neytronların enerjisindən asılı olaraq maddədən keçərkən müxtəlif nüvə reaksiyalarına səbəb olur və həmçinin nüvədən elastiki və qeyri-elastiki səpilir. Bu proseslərin intensivliyi neytronların maddədən keçməsi zamanı udulması, diffuziyası, yavaşlaması kimi makroskopik xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirir.

Neytronlar maddədə yayılarkən elektrik yükü olmadığı üçün atomun elektronları ilə deyil, birbaşa nüvə ilə qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bu zaman onlar atom nüvələri ilə toqquşma nəticəsində dəfələrlə hərəkət istiqamətlərini və sürətlərini dəyişirlər. Bu hadisə neytronların diffuziyası adlanır. İstilik neytronlarına qədər yavaşdılmış neytronlar maddədə bütün istiqamətlərdə yayılmağa başlayırlar. Bu proses təxminən neytronların udulmasını nəzərə almaqla adi diffuziya tənliyi vasitəsi ilə verilir. Diffuziya nəticəsində neytronlar mühitdə sıxlığın böyük olduğu oblastdan daha az sıxlıqlı oblasta keçirlər. Maddənin hər hansı bir nöqtəsində neytronların sayının dəyişməsi aşağıdakı qanunla dəyişəcəkdir:

$$\frac{\partial n(\vec{r},t)}{\partial t} = D\Delta n(\vec{r},t)$$

burada  $D$ - diffuziya əmsalıdır.  $D = \frac{lv}{3}$   $l$ -neytronların maddənin atom nüvələri ilə iki toqquşması arasındakı məsafədir.  $l = \frac{1}{N\sigma_{daş}}$

$N$ - maddədəki atomların sıxlığı,  $\sigma_{daş}$ - neytronların daşınmasının effektiv kəsiyidir.

Əgər maddədə neytronların udulması baş verərsə, bu tənlikdə əlavə hədd meydana çıxar. Bunun üçün neytronların yaşama müddəti anlayışını daxil edirik.  $\tau$ - neytronların mənbədən udulmaya qədərki yaşama müddətidir.  $\tau = \frac{1}{N\sigma_{udv}}$

Burada  $\vartheta = 2000 \frac{m}{san}$  - istilik neytronlarının sürəti,  $\sigma_{ud}$ - isə atom nüvələri tərəfindən neytronların udulmasının effektiv kəsiyidir. Udulmanı nəzərə aldıqda diffuziya tənliyi aşağıdakı kimi olar:

$$\frac{\partial n(\vec{r},t)}{\partial t} = D\Delta n(\vec{r},t) - \frac{n(\vec{r},t)}{\tau}$$

Əgər neytronların sıxlığı zamandan asılı olaraq dəyişmirsə stasionar diffuziya tənliyindən istifadə edilir.

$$\Delta n(\vec{r}) = \frac{n(\vec{r})}{L^2}$$

Burada  $L = \sqrt{D\tau} = \frac{1}{N\sqrt{3}\sigma_{daş}\sigma_{ud}}$  - diffuziya uzunluğudur. Neytronun mənbədən maddənin atom nüvələri tərəfindən tutulana qədər getdiyi orta kvadratik yer-dəyişmə ilə əlaqədardır. Həmin orta məsafənin kvadratı aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\bar{r}^2 = \frac{1}{q_0} \int_0^{\infty} r^2 \varphi_0(r) \sum_a 4\pi r^2 dr = 6L^2$$

Burada  $\varphi_0(r) \sum_a 4\pi r^2 dr$ - neytronların həmin orta məsafədə tutulma ehtimalıdır. Beləliklə, neytronların yayıldığı maddədə diffuziya məsafəsi  $L = \frac{1}{6} \bar{r}$  sabit vuruc dəqiqliyi ilə onların mənbədən atom nüvələri tərəfindən udulana qədər qət etdiyi məsafəni xarakterizə edir.

### **Ədəbiyyat**

1. Adil Qəribov. Praktiki Neytron və Nüvə Reaktor Fizikası. 678 s. (2022)

2. В.В. Кадилин, Е.В. Рябева, В.Т. Самосадный. Прикладная Нейтронная Физика. 124 с. (2011)

## **CH CYG SİMBİOTİK ULDUZUNUN SPEKTRİNDƏ PERİODİK DƏYİŞMƏLƏR**

**Rüstəmov A.B., Mikayılov X.M.,**

1. AR ETN N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

2. Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

Müasir astrofiziki təsəvvürlərə görə CH Cyg simbiotik sistemi, pulsasiya edən qırmızı nəhəng və ağ cırtdan ulduzlarından ibarətdir. Qırmızı nəhəngdən ağ cırtdana maddə akresiya olunur, axan maddə bu ulduz ətrafına toplanaraq disk əmələ gətirir. Bu cütlik bütünlükdə dumanlıqla əhatə olunmuşdur. CH Cyg ulduzunun müşahidə olunan spektral və fotometrik xüsusiyyətləri sistemin orbital hərəkəti zamanı bu üç komponentin qarşılıqlı təsirinin və akresiya prosesinin fizikası ilə müəyyən olunur. Son dövrlərdə müşahidə nəticələrinin interpretasiyasında CH Cyg sistemində üçüncü ulduzun mövcud olması ehtimalı da diskussiya predmetidir [bax məs. (1)].

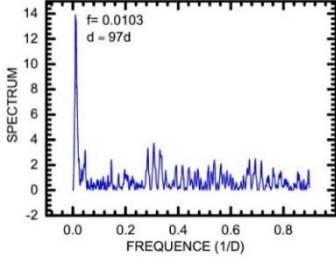
Simbiotik təbiəti hələ müəyyən olunmadığı dövrlərdən başlayaraq (1929 cu il) CH Cyg ulduzunun parlaqlığının dəyişməsində təqribən 100 sutkalıq period alınır, bu qırmızı (M spektral sinif) nəhəng ulduzun pulsasiyası kimi izah olunur. Sonrakı tədqiqatlarda CH Cyg ulduzunun fotometrik və spektral parametrlərinin dəyişməsində iki əsas period aşkar olunub: 15.6 illik uzun və 750 gün ətrafında nisbətən qısa period [bax (1) və oradakı istinadlar]. AAVSO fotometrik məlumatlar bazasından götürülmüş fotometrik müşahidə nəticələri əsasında 1988-2020-ci illər dövrü üçün üçün CH Cyg ulduzunun V parlaqlığında 95 günlük periodik dəyişmə aşkar edilmişdir [2].

Təqdim olunan işin məqsədi: Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının (ŞAR) 2-m teleskopunda 2018 -ci idə 33 gecə ərzində alınmış yüksək ayırdetməli (R=28000) spektrlər əsasında CH Cyg ulduzunun spektrində udulma xətlərinin şüa sürətlərinin dəyişməsində periodikliyin araşdırılmasıdır. Metalların udulma xətləri soyuq nəhəngin atmosferində yaranırlar. CaI, CrI və FeI – təmiz absorbsiya xətləri seçilmiş və onların şüa sürətlərinin orta qiyməti götürülüb. Bu cür ensiz xətlərdə şüa sürətlərinin ölçmə dəqiqliyi yüksək olmuş, (0.5-1) km/s intervalındadır.

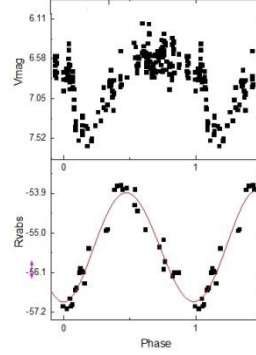
Füryə statistik spektral analiz (Skargle) metodu ilə periodiklik araşdırılmışdır. Güc spektri qurulmuşdur (Şək.1). Maksimum P = 97<sup>d</sup> perioda uyğun gəlir. Faza aşağıdakı ifadə ilə hesablanmışdır:

$$\text{Max}(V) = \text{JD}2, 442, 710.1 + 816.5E$$

Bu perioda uyğun parlaqlıq və faza qrafiki qurulub (Şək.2).



Şək.1. Cüc spektri



Şək.2. Parlaqlıq və şüa sürəti – faza qrafiki

**Nəticə:** 2018-ci ildə ŞAR-ın 2-m. teleskopunda alınmış yüksək ayırdetməli spektrlər əsasında CH Cyg simbiotik ulduzunun spektrində udulma xətlərinin şüa sürətlərinin dəyişməsində 97 sutkalıq period aşkar edilmişdir.

#### Ədəbiyyat

1. Mikayılov X.M. fiz.riy.üçrə f.d. dissertasiya işi. Bakı, 2010
2. Mikailov Kh. M. et all. Astr. J. of Azerb. 2020, Vol. 15, № 2

## KOSMOLOJİ SABİT VƏ EYNŞTEYNİN QRAVİTASIYA TƏNLİKLƏRİNİN ŞVARSSİLD HƏLLİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

<sup>1</sup>Cəfərzadə A.F., <sup>2</sup>Rəcəbov B.A.

*1 Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan*

*2 Azərbaycan Respublikasının Elm və Ali Təhsil Nazirliyi,*

*Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası, Bakı, Azərbaycan*

*aytacmrceferzade@gmail.com*

1915-ci ildə nəşr olunmuş Ümumi Nisbilik Nəzəriyyəsi cazibə sahəsinin ən uğurlu həndəsi nəzəriyyəsidir. Bu nəzəriyyə əsasında Eynşteynin verdiyi sahə tənliklərinin həll edilməsi Kainatın, kosmik obyektlərin təkamülü, quruluşu və xüsusiyyətlərini müəyyən edir. Tənliklərin ilk dəqiq həlli Karl Şvarssild tərəfindən kosmoloji sabitin sıfır qiymətində mərkəzi-simmetrik fırlanmayan kütlə üçün verilmişdir. Şvarssild həlli əsasında qara dəliklərin mövcudluğu fərziyyəsi irəli sürülmüşdür. Sonrakı astronomik müşahidələrlə qara dəliklərin mövcudluğu sübut edilmişdir. Kosmoloji sabitin sıfırdan fərqli qiymətləri üçün Eynşteyn qravitasiya tənliklərinin Şvarssild metrikası əsasında həll edilməsi Kainatın hadisələr üfününün mövcudluğuna nəzəri olaraq aydınlıq gətirir.

Kosmoloji sabitli Şvarssild metrikası aşağıdakı kimi verilir:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right) dt^2 + \frac{1}{\left(1 - \frac{2GM}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right)} dr^2 + r^2 d\Omega^2$$

Üçüncü dərəcəli çoxhədlilərin köklərini tapmaq üçün istifadə olunan Kardano metodunu tətbiq edərək aşağıdakı tənliyi həll edirik:

$$r^3 - \frac{3}{\Lambda}r + \frac{6M}{\Lambda} = 0$$

Tənliyin kökləri:

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{-3M}{\Lambda} + \frac{1}{\Lambda}\sqrt{9M^2 - \frac{1}{\Lambda}}} + \sqrt[3]{\frac{-3M}{\Lambda} - \frac{1}{\Lambda}\sqrt{9M^2 - \frac{1}{\Lambda}}}$$

$$r_{2,3} = \frac{-r_1}{2} \pm \sqrt{\frac{r_1^2}{4} + \frac{6M}{\Lambda r_1}}$$

Hər iki halda diskriminantın müəyyən edilməsi ilə bəlli olmuşdur ki, tənliyin köklərinin həqiqi olması üçün

$$\Lambda < 0$$

şərti ödənilməlidir. Məhz bu halda  $r > 0$  ifadəsi doğru olur.

Şvarşild həllində üfünün kosmoloji sabitdən asılılığının kəsilməz olmadığı müəyyən edilmişdir. Kainatın hadisələr üfününün mövcudluğu sadəcə kosmoloji sabitin mənfi qiymətlərində mümkün olduğu nəzəri olaraq göstərilmişdir.

### **Ədəbiyyat**

1. Özdemir, A. (2019). Schwarzschild Solution. doi:10.13140/RG.2.2.24863.20641/1
2. Mohajan H.K. (2013). Schwarzschild Geometry from Exact Solution of Einstein Equation. Journal of Environmental Treatment Techniques, 89-75.
3. Simpson, D. (2007). A Mathematical Derivation of the General Relativistic Schwarzschild Metric
4. Heinicke, C. (2015). Schwarzschild and Kerr Solutions of Einstein's Field Equation - an introduction. International Journal of Modern Physics D 24(2)

## **DENE B ULDUZUNUN SPEKTRAL TƏDQIQI**

**Yusufova S.F., Mikailov X.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*yusufovasima@gmail.com*

Deneb ( $\alpha$  Cygni) erkən A tip ifratnəhəng ulduzdur, spektral sinfi A2 Iae kimi qiymətləndirilir və  $\alpha$  Cygni tipli dəyişən ulduzların prototipidir. Işıqlılığı  $L = 1.96 \cdot 10^{15} L_{\odot}$ , radiusu  $R = 203 R_{\odot}$ , kütləsi  $M = 19 M_{\odot}$  və ulduza qədər məsafə  $d = 802 pc$ -dir.

$\alpha$  Cygni həm fotometrik, həm də şüa sürətlərində kiçik amplitudlu variasiyalar nümayiş etdirir. Bu dəyişikliklər massiv ulduzlar üçün ümumidir və ən çox isti ifratnəhənglərdə, eləcə də parlaq mavi dəyişənlər kimi həddindən artıq parlaq ifratnəhənglərdə müşahidə olunur.  $\alpha$  Cygni tipli ulduzların spektral tədqiqi parlaq ifratnəhənglərdə bu variasiyaların mexanizmini və mənbəyini başa düşmək üçün çox faydalıdır.

Bu işdə  $\alpha$  Cygni ulduzunun Haute-Provence Rəsədxanasının 193 sm-lik

teleskopunun SOPHIE Spektroqrafında [2] 28.09.2009-11.10.2009 tarixlərində 14 gecə ərzində 75000 ayırdetmə ilə alınmış spektrləri əsasında Balmer seriyasının  $H\alpha$ ,  $H\beta$  və ulduzlararası mühitə aid olan NaI D<sub>1</sub>D<sub>2</sub> rezonans xətlərin profilləri qurulmuş spektrofotometrik parametrləri -ekvivalent enləri və şüa sürətləri təyin edilmişdir. Ölçmənin nəticələri cədvəldə verilmişdir. Şəkil 1-də  $H\alpha$  və  $H\beta$  xətlərinin profili verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi  $H\alpha$  xətti güclü absorbsiya və zəif emissiyalı P Cygn tipli profil göstərir. Bununla yanaşı bütün spektrlərdə  $H\alpha$  xəttinin bənövşəyi tərəfində 2-ci zəif absorbsiya komponenti də müşahidə olunur. Zəif absorbsiya komponentinin ortalama şüa sürəti -91 km/san güclü absorbsiya komponentin şüa sürəti isə -17 km/san qiymətlər alır. Emissiya komponenti isə ortalama 62 km/san sürət göstərir.  $H\beta$  xətti isə yalnız absorbsiyada müşahidə olunur və bənövşəyi tərəfində  $H\alpha$ -da olduğu kimi çox zəif 2-ci absorbsiya komponenti də görünür. Zəif absorbsiya komponentinin ortalama şüa sürəti -67 km/san, güclü komponentin (əsas) şüa sürəti isə -5km/san qiyməti alır.  $H\alpha$  və  $H\beta$  xətlərində ikinci absorbsiya komponentinin müşahidə olunması  $\alpha$  Cygni ulduzunun qoşalığı ilə bağlı ola bilər.

Müşahidə periodu ərzində  $H\alpha$  və  $H\beta$  xətlərinin ekvivalent enlərinin qiymətləri dəyişir.  $H\alpha$  xəttinin ekvivalent eni 1.105-1.192 Å və  $H\beta$  xəttinin ekvivalent eni isə 2.72-3.13 Å aralığında qiymətlər alır.

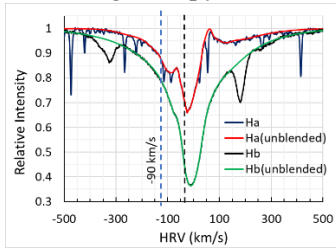


Fig.1.  $H\alpha$  və  $H\beta$  xətlərinin profilləri.

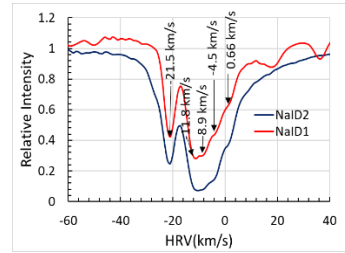
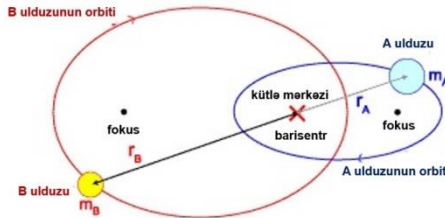


Fig.2. NaI D1D2 xətlərinin profilləri

Şəkil 2-də NaID<sub>1</sub>D<sub>2</sub> xətlərinin profilləri verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, NaID<sub>1</sub>D<sub>2</sub> xətlərinin profilləri beş komponentli struktur göstərir. Komponentlərin şüa sürətləri uyğun olaraq -21,5 km/san, -11,8 km/san, -8,9 km/san, -4,5 km/san və 0,66 km/san. Bu onu göstərir ki,  $\alpha$  Cygni ilə müşahidəçi arasında müxtəlif sürətlə hərəkət edən, müxtəlif məsafələrdə ən azı beş ulduzlar arası bulud topaları mövcuddur.



## Ədəbiyyat

- Schiller F. ; Przybilla N., Quantitative spectroscopy of Deneb, Astron. and Astroph., 2008, Vol. 479, Is. 3, pp.849-858
- <http://www.obs-hp.fr/guide/sophie/sophie-eng.shtml>

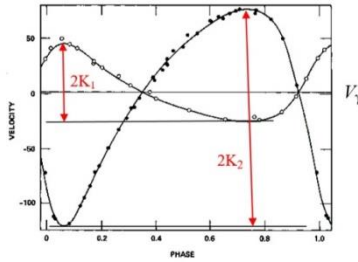
## SIX QOŞA ULDUZ SİSTEMLƏRİNDƏ KÜTLƏNİN TƏYİNİ

**Əliyeva A.R., Rüstəmov B.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan*  
*aynur.aliyeva1202@gmail.com*

Ulduzun kütləsi onu səciyyələndirən əsas parametrlərdən biridir. Tək ulduzun kütləsini bilavasitə təyin etmək olmur. Ulduz vizual qoşadırsa və ya spektrdə hər iki komponentin xətləri müşahidə olunursa Keplerin dəqiqləşdirilmiş üçüncü qanunu vasitəsi ilə qoşa sistemin ulduzlarının kütləsini təyin etmək olur.

$$\begin{aligned} r &= r_A + r_B \\ M &= m_A + m_B \\ m_A &> m_B \\ m_A \cdot r_A &= m_B \cdot r_B \end{aligned}$$



**Şəkl. 1.** Qoşa ulduz sisteminin orbital görünüşünün sxematik təsviri

Keplerin III qanununa görə:  $M = (4\pi^2 \cdot r^3) / GP^2$ . Burada ulduzun kütləsini (M) Günəş kütləsi ilə, böyük yarım oxu (r) - a.v. -ilə, periodu (P) isə Yer ili ilə ifadə etsək,  $4\pi^2 \approx G$  olar və beləliklə:

$M = r^3 / P^2$ . Bu ifadənin hər iki tərəfini  $\sin^3 i$ -yə vurub, sadə çevirmələrdən sonra onu aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$(m_a + m_b) \cdot \sin^3 i = (m_a + m_b)^3 \cdot r_a^3 \sin^3 i / P^2 m_b^3$$

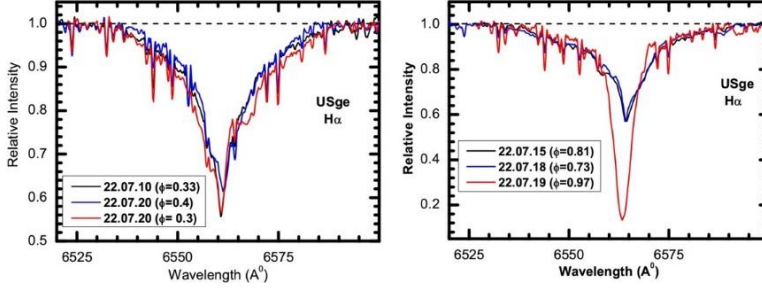
Qoşa sistemin spektrində hər iki komponentin spektral xətləri görünürsə (şəkl.2, SB2 tipli), Keplerin III qanununu tətbiq etməklə ulduzun  $\sin^3 i$ - ilə bağlanmış kütləsini təyin edə bilərik.

$$m_a \sin^3 i = 1.038 \cdot 10^{-7} K^2 K_2 P (1 - e^2)^{3/2}$$

$$m_b \sin^3 i = 1.038 \cdot 10^{-7} K^2 K_1 P (1 - e^2)^{3/2}$$

burada,  $K_1$  və  $K_2$  – ulduzların şüa sürətlərinin yarım amplitudu,

$k = k_1 + k_2$  km/s –ilə, P-perod sutka ilə ölçülür,  $m_a$  və  $m_b$  Günəş kütləsi vahidlərində komponentlərin kütləsidir (bax.şəkil). e- orbitin eksentrisiyəsi, i – meyil bucağıdır



Şək. 2. SB2 üçün şüa sürəti əyriləri.(sxematik)[1]

Alqol tipli sıx qoşa-  $\delta$  Lib ulduzunun ədəbiyyatdan götürülmüş [2] orbit elementlərindən:  $k_a = 76.6$  km/s;  $k_b = 218.7$  km/s;  $e=0.069$ ;  $i=81^\circ$ ,  $P=2.43274$  istifadə etməklə onun komponentlərinin kütləsi qiymətləndirilmişdir:  $m_a = 1.4M_G$  ;  $m_b = 4.57M_G$

**Nəticə:** Sıx qoşa ulduz sistemlərində kütlənin təyin olunması metodikası şərh olunur, nümunə kimi Alqol tipli sıx qoşa-  $\delta$  Lib ulduzunun kütləsi qiymətləndirilmişdir.

#### Ədəbiyyat:

1. Жуков Г.В., Р.Я. Жучков Учебно-методическое пособие Казанского Федерального Университета. Казан 2015
2. G.Giurich et.al.The Astrophys.J.Suppl.Ser.1983, 52, 35-60

## ALQOL TIPLİ QOŞA ULDUZLARIN SPEKTRİNDƏ HİDROGEN XƏTLƏRİNİN TƏDQIQI

**Hüseynova A.P., Rüstəmov B.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan  
Arzuhuseynova2603@gmail.com*

Alqol tipli qoşa ulduzlar qarşılıqlı cazibə əlaqəsində olan yarımayrılmış (komponentlərindən biri Roş boşluğunu doldurmuş) qoşa ulduz sistemidir. Spektral sinfi F-K olan nəhəng və ya ifratnəhəng ikinci (peyk) ulduz, öz Roş boşluğunu doldurub və qaz seli vasitəsi ilə birinci Laqranj nöqtəsindən isti əsas ulduza (B-A V) maddə ötürür.

Müşahidə olunan ulduzətrafi maddənin xüsusiyyətlərinə görə Alqol tipli ulduzlar iki şərti qrupa bölünür. Orbital periodu 5-6 gündən böyük olan Alqollar klassik akkresiya diskinə malikdir. Orbital Periodu 5 gündən kiçik olan Alqollarda isə ulduzətrafi maddə keçid xarakterli olub, yüksək temperaturlu akkresiya oblastlarından və yüksək fırlanma sürətinə malik oblastlardan ibarətdir.

Təqdim olunan işin məqsədi: Alqol tipli sıx qoşa sistemlərdə maddə köçürülməsi və kütlə itkisinin hidrogenin Balmer seriyasının xətlərinə görə diaqnostikasına aid icmal hazırlamaqdır.

Alqol tipli qoşa sistemlərdə akkresiya strukturları Ha xəttinə görə cədvəldə göstərilən morfoloji tiplərə bölünür[1]

Tip	Morfologiya	P (sutka)
1	Qoşapikli emissiya (sabit) Qoşapikli emissiya (dəyişən)	$P > 6$ $4.5 < p < 6$
2	Birpikli emissiya $\phi \sim 0.5$ yaxınlığında zəif	$2.7 < p < 4.5$ $1.2 < p < 2.8$
3	Alternativ emissiya tipi	$2.7 < p < 4.5$
4	Spektri zəif sistemlər	$P < 2.4$

1. akkresiya strukturu keçid və ya klassik akresiya diskleridir.
2. akkresiya olunan qaz, qaz seli trayektoriyası boyunca eləcə də ulduzlar arasında akresiya halqasında görünür.
3. Bir və iki pikli profillərin növbələşdiyi keçid profilləri.
4. akresiya strukturu aydın seçilmir.

Şəkildə, N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika rəsədxanasının 2-m telekopunda optik lifli SHAFES spektroqrafında [2]  $R=28000$  spektral ayırdetmə ilə alınmış Alqol tipli USge ulduzunun Ha xəttinin profili nümunə kimi verilmişdir. Profillər yaxın fazalara görə qruplaşdırılmışdır. Faza aşağıdakı ifadəyə görə hesablanmışdır.

$$JD [\text{prim.min.}] = 2442207.8444 + 3.3806205E [3]$$

**Nəticə.** Alqol tipli qoşa sistemlərdə kütlə dəyişməsinin hidrogen xətlərinə görə diaqnostikasına aid icmal hazırlanmışdır.

#### **Ədəbiyyat.**

1. Mercedes T., Richard S. et al. The Astrophys. J.Suppl.Ser.1999, 123, pp. 537-626
2. Mikailov Kh. M. et.al. Kinem. and Physics of Celes. Bodies, 2020, v. 36, p. 22.
3. Tomkin J., 1978, Ap. J., 221, 608]

## **YAVAŞ MAQNİTOAKUSTİK DALĞALAR ÜÇÜN DİSPERSİYA TƏNLİYİNİN ALINMASI VƏ ONUN XÜSUSİ HALLARININ ÖYRƏNİLMƏSİ**

**Umudova İ.V.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*ilahumudova30@gmail.com*

Günəş atmosferində yayılan yavaş maqnetoakustik dalğalar əsasən aktiv bölgənin qütb şleyflərində və tac ilgəklərində müşahidə olunur. Bu dalğaların müşahidə olunan periodları bir neçə dəqiqədən bir neçə on dəqiqəyə qədər dəyişir. Yavaş dalğaların amplitudlarının baxılan struktur boyunca yayıldıqca sürətlə azalması aşkar edilir. Amplitudun belə dəyişməsi əsasən istilik keçiriciliyi, sıxılan özlülük, şüalanma, sıxlığa görə stratifikasiya və sahənin divergensiyası ilə əsaslandırılır. Son illər müxtəlif müəlliflərin apardığı araşdırmalar yavaş dalğaların müşahidə olunan zəifləməsinin, eyni zamanda, tezlikdən asılılığının nəzərə alınması zərurətini ortaya qoymuşdur. Bu asılılığı ətraflı öyrənmək üçün Günəş Dinamikası



Rəsədxanasının (SDO - Solar Dynamics Observatory) təsvirlərindən və onlara müvafiq məlumatlarından geniş istifadə olunur. Hazırda müşahidələrdən istifadə olunmaqla sönmə uzunluğu və bu rəqslərin tezliyi arasında kəmiyyət asılılığı öyrənilmişdir. Nəticələr onu göstərir ki, (i) müşahidə olunan tezlik asılılığı müasir xətti dalğa nəzəriyyəsinə uyğun gəlmir; (ii) yavaş dalğaların xassələrindəki oxşarlığa baxmayaraq qütblərdə müşahidə olunan tezlik asılılığı diskdəki ilgək strukturlarında müşahidə olunan asılılıqdan fərqlənir. Bu baxımdan hazırda hər iki müşahidə nəticəsinin nəzəri öyrənilməsi, onların əsasında alınan nəticələrin müşahidə materialları ilə müqayisəli təhlili mühüm əhəmiyyət kəsb etməkdədir.

Təqdim olunan tədqiqat işində De Moortel və Hood [1, 2] tərəfindən irəli sürülən, müxtəlif sönmə mexanizmlərini ayrıca nəzərdən keçirməyə imkan verən birölçülü xətti maqnitohidrodinamik (MHD) model əsasında sönmə uzunluğunun tezlikdən asılılığının xüsusiyyətlərini öyrənmək məqsədilə uyğun dispersiya tənliyi alınmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu model, maqnit qüvvə xətlərinin xətlərinin düzxətli olduğu, plazma- $\beta$  kəmiyyətinin vahiddən çox kiçik olduğu və rəqs amplitudunun kiçik olduğu halda tətbiq edilir. Alınan dispersiya tənliyində qravitasiya və özlülük qüvvələri, istilikkeçirmə və optik nazik şüalanma hesabına enerji itkiləri, tacın qızması funksiyası kimi effektlər nəzərə alınmışdır. Sözügedən effektlər ayrılıqda nəzərə alınmaqla yavaş dalğalar üçün əsas MHD tənliklərinin xəttilləşdirilməsi əsasında alınan dispersiya tənliyinin xüsusi halları öyrənilmişdir. İstilikkeçirmənin zəif və güclü olduğu hallar üçün uyğun dispersiya münasibətləri alınmışdır.

#### **Ədəbiyyat**

1. De Moortel, I., & Hood, A. W. 2003, A&A, 408, 755
2. De Moortel, I., & Hood, A. W. 2004, A&A, 415, 705

## **F SPEKTRAL SİNİFLİ HD 203 (F3 V) və HD 1324 (F5 V) ULDUZLARININ EFFEKTİV TEMPERATURLARI VƏ SƏTHLƏRİNDƏ AĞIRLIQ QÜVVƏSİ TƏCİLLƏRİNİN TƏYİNİ**

**Xankişiyeva A.Ə., Səmədov Z.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*aysu.khankishi01@gmail.com*

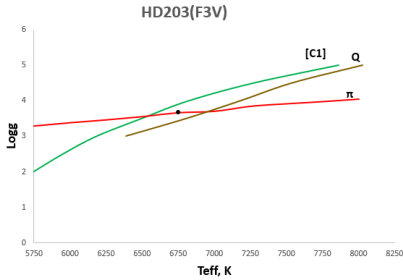
Model və parallaksın tətbiqi üsulu ilə F spektral sinifli HD203 (F3V), HD1324 (F5V) ulduzların atmosfer parametrləri - ağırlıq qüvvəsinin təcili və effektiv temperatur təyin edilmişdir. Effektiv temperatur və ağırlıq qüvvəsinin təcili ulduzların əsas atmosfer parametrləridir. Bu parametrlər ulduz atmosferləri modellərinin bazis parametrləridir, həmçinin bu parametrləri bilməklə ulduzların radiusları və işıqlıqları təyin edilir.

HD203, HD1324 ulduzlarının effektiv temperaturları və səthlərində ağırlıq qüvvəsinin təcilinə təyini bir sıra fotometrik kəmiyyətlərin müşahidə və nəzəri hesablanmış qiymətlərinin müqayisəsinə əsaslanır.  $[c_1]$ ,  $Q$  fotometrik indekslərinin müşahidə və nəzəriyyə qiymətlərinin müqayisəsi əsasında tədqiq etdiyimiz ulduz

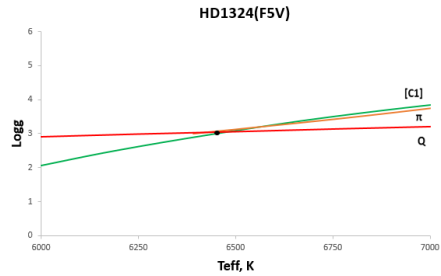
zların  $T_{eff}$  və  $\log g$  cütlərini təyin etmişik. Bu cütlər  $\log g$  və  $T_{eff}$  diaqramında qeyd olunur. Parallaksın tədqiqi üsulu yeni üsuldür, ulduz atmosferləri modellərindən istifadə olunmur. Bu üsulu tədqiq etdikdə aşağıdakı məlum düsturdan istifadə olunur.

$$\log g - \log \frac{M}{M_{\odot}} - 0.4BC - 4\log T_{eff} = -10.50 + \log \pi'' + 0.4m_v + 0.4A_v$$

Burada,  $M/M_{\odot}$  – Günəş kütləsi vahidləri ilə ulduzun kütləsi, BC – balometrik düzəliş,  $\pi''$  – illik parallaks,  $m_v$  – görünən ulduz ölçüsü,  $A_v$  – ulduzlararası fəzada udulma indeksidir. Müşahidədən  $\pi''$  və  $A_v$  kəmiyyətləri məlumdur. Bu kəmiyyətlər əsasında bərabərliyin sağ tərəfini hesablayırıq.  $T_{eff}$  və  $\log g$  –yə müxtəlif qiymətlər verərək ulduz atmosferləri modellərindən balometrik düzəlişi, təkamül əyrilərindən isə  $M/M_{\odot}$  –i təyin edirik. Bərabərliyi ödəyən  $\log g$  və  $T_{eff}$  cütlərini seçirik və bu cütləri  $\log g$ ,  $T_{eff}$  diaqramında qeyd edirik.  $\log g$ ,  $T_{eff}$  diaqramında  $[c_1]$ ,  $Q$  fotometrik kəmiyyətlərinin müşahidə və nəzəri qiymətlərinin müqayisəsi və parallaksın tədqiqi əsasında təyin edilmiş  $\log g$ ,  $T_{eff}$  cütlərinin həndəsi yerlərini göstərən xətlərin kəsişmə nöqtəsi ulduzun effektiv temperaturunu və səthində ağırlıq qüvvəsi təcilini təyin edir. Şəkil 1 və şəkil 2-də uyğun olaraq HD203 və HD1324 ulduzları üçün qurduğumuz  $\log g$ ,  $T_{eff}$  diaqramında göstərilir. Bu diaqramlardan HD203 ulduzu üçün  $T_{eff} = 6745 K$ ,  $\log g = 3.7$ ; HD1324 ulduzu üçün isə  $T_{eff} = 6481 K$ ,  $\log g = 3.4$  təyin etmişik.



Şək. 1. HD 203 ulduzu üçün  $T_{eff}$  və  $\log g$ -in təyini



Şək. 2. HD 1324 ulduzu üçün  $T_{eff}$  və  $\log g$ -in təyini

### Ədəbiyyat

1. Lyubimkov L.S., Lambert D.L., Rostopchin S.I., Rachkovskaya T. M. and Poklad D.B., Mon. Not. R. Astron. Soc. **402**, 1369–1379 (2010).
2. Samedov, Z. A. ; Baloglanov, A. Sh. ; Hajiyeva, G. M. ; Rajabova, S. Sh. Azerbaijani Astronomical Journal, **18**, 63 (2023)

## BÖLMƏ 2 BİOFİZİKA VƏ MOLEKULAR FİZİKA

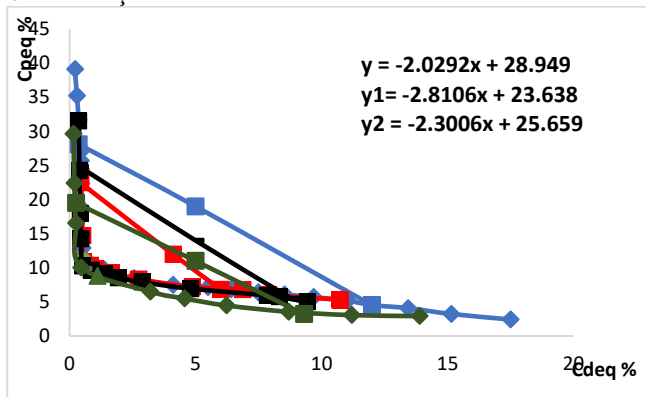
### POLİETİLENQLİKOL-DEKSTRAN-SU İKİFAZALI SİSTEMİNƏ $\text{Na}_2\text{NO}_3$ DUZUNUN TƏSİRİ

**Rüstəmovə Ü.S., Həsənovə X.T., Teymurova J.Z.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*ulviyyerustemova2000@gmail.com*

Təbiətdə elə maddələr vardır ki, onlar ayrılıqda həlledici ilə, məsələn su ilə qarışdırıldıqda həll olur, amma bu maddələrin sulu məhlullarını bir -biri ilə qarışdırdıqda həllolma demək olar ki, baş vermir və ya çox çətin baş verir. Bu zaman bu iki maddəni bir-birindən ayıran kəskin sərhəd meydana gəlir ki, biz bu hissələrə faza adını vermişik. İkifazlı sistemlər canlı organizmlərin tədqiqi üçün xüsusilə önəmli əhəmiyyət daşıyır. Orqanizmdə hər şey qan vasitəsilə daşındığına görə baş verən proseslər ikifazlı sistemlərin fazalara ayrılma qanunauyğunluğu ilə analojidir. Buna görə də ikifazlı sistemləri model kimi istifadə etmək daha məqsədə uyğundur. [1] Canlı orqanizm kimi çoxkomponentli və çoxfazlı sistemdə baş verən bir sıra proseslərin, məsələn, maddələr mübadiləsinin bəzi xüsusi məqamlarına aydınlıq gətirmək üçün ikifazlı sistemlər model rolunu oynayır. Elə polimerlər var ki onların tərkibinə bəzi qeyri-üzvi duzları daxil etdikdə ikifazlı sistem əmələ gəlir. [2] İşdə Rusiyanın “ДИА-М” firmasının istehsalı olan və molekulyar kütləsi  $M_n \approx 1500$  q/m olan PEQ ( $\text{H}-(\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-\text{OH}$ ) olan polietilenglikol, və molekulyar kütləsi  $M_n \approx 40000$  q/m ( $\text{H}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x\text{OH}$ ) olan dekstran istifadə olunmuşdur. Peq ( $C_p=39,6\%$ , dek ( $C_d=19,6\%$ ) konsentrasiyalarından istifadə edilmişdir. Binodal əyrisinin əsas xarakteristikası olan birləşdirici xətt, xəttin meyl bucağı və kritik nöqtə tapılmışdır, işdə PEQ-DEK-su ikifazlı sistemin hal diaqramı olan binodal əyrisinə  $\text{Na}_2\text{NO}_3$  5%, 10%, 25%-li məhlullarının təsirinə baxılmışdır. Bunun üçün nöqtələr götürülmüş bu nöqtələr üzrə ölçmələr aparılmış və aşağıdakı nəticə alınmışdır.



Şəkl. 1. Peq-dekstran ikifazlı sistemin hal diaqramına  $\text{Na}_2\text{NO}_3$  duzunun təsiri

İşdə  $\text{Na}_2\text{NO}_3$  duzunun 3 müxtəlif konsentrasiyasından istifadə edilib. Nəticələrdən görünür ki, duzun konsentrasiyası artdıqca sistemə təsiri artır, strukturlaşdırıcı təsir göstərir. Bu hal sistemdəki maddələrin daha çətin həll olması, fazayaranma prosesinin daha aşağı konsentrasiyalarda həyata keçməsi, daha yaxşı fazalara ayrılma prosesinə malik olması deməkdir.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Məsimov E.Ə., Bağırov T.O. Çoxkomponentli çoxfazlı sistemlər. Çoxfazlı sistemlərdə maddələrin paylanması. Bakı, BDU, 2016 268 s.
2. Məsimov E.Ə., Bağırov T.O., Həsənova X.T. PEQ-qeyri-üzvi elektrolit sistemlərinin hal diaqramlarının termodinamik analizi // Bakı Universitetinin xəbərləri, 2004 №3, səh. 97-102.

## **SUYUN STRUKTUR TEMPERATURU**

**Abbasov V.F., Məsimov E.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*abbasovvusal215@gmail.com*

Suya əlavə olunan maddə suyun strukturunu dəyişdirir və bunun da nəticəsində suda gedən proseslərdə suyun müdaxilə və iştirak etmə dərəcəsi dəyişir. Qeyd edək ki, suyun strukturunu su molekullarının orta kinetik enerjisi (temperaturu), molekullararası hydrogen rabitələrinin enerjisi, bu rabitələrin sıxlığı, uzunluğu, paylanma konfigurasiyası və s. bu kimi bir çox molekulyar tərtibli parametrlərin toplusu ilə təyin olunur. Maddənin suyun strukturuna təsirini xarakterizə edən parametrlərdən biri "Struktur temperaturudur". Su məhlullarının xassələrini xarakterizə edən bu parametr XX əsrin birinci yarısında Bernal və Fauler tərəfindən daxil edilmiş və istifadə olunmuşdur. Bernal və Fauler struktur temperaturu anlayışını aşağıdakı kimi müəyyən etmişlər.

a) Suya istənilən hər hansı bir maddəni daxil etdikdə, o, suyun strukturunu dəyişdirəcəkdir. Bununlada suyun hər hansı fiziki xassəsi (məsələn, sıxlıq, özlülük və s.) dəyişəcəkdir.

b) Digər tərəfdən, suyun həmin xassəsi temperaturun dəyişməsi ilə də dəyişə bilər. Əgər bu dəyişmə kiçikdirsə, suyun temperaturunun artırılması və ya azaldılması yolu ilə suyu xarakterizə edən hər hansı parametri istənilən kimi dəyişmək mümkündür. Buradan belə bir fakt aşkar olunur ki, istənilən c konsentrasiyalı sulu məhlul üçün müəyyən T temperaturu mövcuddur ki, bu temperaturda təmiz suyun fiziki-kimyəvi xassəsi, c konsentrasiyalı sulu məhlulun fiziki-kimyəvi xassəsi otaq temperaturundakı xassələri ilə üst-üstə düşsün. Bu T temperaturuna, c konsentrasiyasına malik sulu məhlulun struktur temperaturu deyilir. Aydın olur ki, Bernal və Fauler təsirinə görə həll olan maddənin konsentrasiyasının analoqu kimi qəbul edilə bilən temperatura struktur temperaturu deyirdilər. Bu anlayışı XX-əsrin 80-ci illərinin əvvəllərində təmənilə başqa formada, Uberreyter tərəfindən yenidən işlədilmişdir. Uberreyter göstərmişdir ki, mayələrin özlülüyünün temperaturdan asılılığını müəyyən edən

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{B}{T}\right)$$

ifadəsi sərbəst mayelər üçün ödənilir. Burada B-özlü axının aktivləşmə enerjisidir. Sərbəst mayelərdə qarşılıqlı təsirlər yalnız Van-der-Vaals qarşılıqlı təsirləridir. Məlumdur ki, müxtəlif mayələrin daxilində xarakterinə görə müxtəlif olan qarşılıqlı təsirlər mövcuddur. Deməli, müxtəlif mayelər üçün özlülüyün temperaturdan asılılığını müxtəlif ifadələrlə izah etmək mümkündür. Vogel'in empirik ifadəsi buna misal ola bilər.

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{B}{T - T_0}\right)$$

Überreyter  $T_0$  parametrini struktur temperaturu adlandırmışdır. Struktur temperaturunun fiziki mahiyyəti onunla bağlıdır ki, o, bilavasitə mayədə olan strukturlaşdırıcı qarşılıqlı təsirlərdən asılı olan bir parametrdir. Bu fakta əsasən deyə bilərik ki, hər hansı bir faktorun təsirinə nəticəsində mayenin quruluşu dəyişəcək və struktur temperaturunun qiymətində dəyişmələr ortaya çıxacaqdır. Struktur temperaturu daxil olma formasına və ədədi qiymətinə görə fiktiv kəmiyyət sayılır. Lakin struktur temperaturunun müəyyən qədər dəyişməsi, suyun strukturuna hansı təsirlər olunması haqqında əsaslı informasiya verə bilər. Əgər baxılan maddənin təsiri ilə mayenin struktur temperaturu artmışdırsa, deməli həmin mayenin strukturlaşması daha sürətlə baş verəcəkdir. Struktur temperaturunun azalması isə mayenin strukturunun dağılmasına ekvivalentdir.

#### **Ədəbiyyat**

1. Məsimov E.Ə., Həsənov A.Ə., Həsənova X.T. Suyun strukturu və onun struktur temperaturu metodu ilə tədqiqi. Bakı-2018.
2. Бернал Дж., Фаулер Р. Структура воды и сонных растворов. Усп. Физ.наук, 1934.

## **MİKROB MƏNŞƏLİ MELANİNLƏRİN DƏMİR İONLARI İLƏ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏ ƏMƏLƏ GƏTİRMƏSİ**

**Aliyeva G.M., Bağırov R.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*Gulkharzulfuqarli@mail.ru*

Elmi mənbələrdə olan məlumatların müqayisəli analizi göstərmişdir ki, bir sıra metal ionlarının bioloji aktiv liqandlı kompleks birləşmələrinin sintezi, bəzi struktur xüsusiyyətlərinin tədqiqi, həmçinin onların elm və texnikanın, o cümlədən, təbabətin müxtəlif sahələrində tətbiq imkanlarının araşdırılması geniş tədqiqatçı kütləsinin artan maraq dairəsindədir [ 1, 2 ]

Təqdim olunan iş ağac göbələklərindən (çaqa) qələvi mühitdə ekstraksiya və turş mühitdə çökdürmə yolu ilə ayrılmış mikrob mənşəli melaninlərin dəmir ionları ilə koordinasiya rabitəli kompleks birləşmələrinin alınması və alınmış birləşmələrin

bir sıra struktur xüsusiyyətlərinin müasir spektroskopik üsullarla araşdırılmasına həsr olunmuşdur. Ayrılmış piqmentlərin təsnifatı məqsədi ilə onların infraqırmızı (İQ) - , və elektron paramaqnit rezonansı (EPR) – spektrləri qeyd olunmuşdur. Spektrlərin forması və parametrlərinin qiymətinin elmi mənbələrdə olan məlumatlarla müqayisəli analizi bizə ayrılmış piqmentlərin mikrob mənşəli melaninlər olduğunu güman etməyə imkan vermişdir.

Mikrob mənşəli melaninlərin dəmir ionları ilə kompleks birləşmələri yeni ayrılmış piqmentlərin  $^{57}\text{FeSO}_4$  məhlulunda, otaq temperaturunda inkubasiya metodu ilə alınmışdır. İnkubasiya üçün istifadə olunan ilkin məhlul ( $^{57}\text{FeSO}_4$ ), çöküntü ayrıldıqdan sonra çöküntü üzərində qalan supernatant və alınmış çöküntünün gamma rezonans (QR) – spektrləri qeyd edilmişdir.

Alınmış nəticələrin təhlili göstərmişdir ki, mikrob mənşəli melaninlər dəmir ionları ilə effektiv sürətdə koordinasiya rəbitəli kompleks birləşmə əmələ gətirir. Melaninlər  $\text{Fe}^{2+}$  ionları ilə qarşılıqlı təsir zamanı onları qismən  $\text{Fe}^{3+}$  ionlarınadək oksidləşdirir və hər iki ionlarla yüngül təhrif olunmuş oktaedrik liqant əhatəli kompleks birləşmələr əmələ gətirir. Kompleks birləşmə əmələ gəlmə mikrob mənşəli melaninlərin tərkibində olan funksional qruplardan karbonil - , karboksil - , amid - , amin-, imin – və fenil qrupları iştirak edir. Araşdırmalara əsasən, melaninlər dəmir ionları ilə kompleks birləşmə əmələ gətirdikdə zəif sahəli liqand kimi iştirak edir. İnkubasiya mühitinin turşuluğu dəmir ionlarının mikrob mənşəli melaninlərlə birləşməsinə güclü təsir edir.

Dəmir ionları mikrob mənşəli melaninlərin daxilində çoxmərkəzli klasterlərə ( $n \geq 2$ ) daxil olur. Kompleks əmələ gətirici dəmir ionlarının valent halı, kompleks ədədinin qiyməti, liqand əhatəsinin təhrif dərəcəsi çox güman ki, alınan birləşmələrin fiziki – kimyəvi xassələri və bioloji aktivliyində mühim rol oynayır.

### **Ədəbiyyat**

1. Feyzullayev A.M., İlyası T.M. koordinasiya kimyasının əsasları, Bakı, 2007, 308 səh.
2. Скальный А.В., Ридаков И. А. Биоэлементы в медицине. М.; МИР, 2004. 272 стр.
3. Abbas M., Amico F.D., Morresi L. Struktural, elektrocal and optical propeties of melanin films, European Physical Journal, E., 2009, V.28, № 3, p. 285-291

## **MOLEKULLARDA ELEKTRONLAR VƏ NÜVƏLƏR ARASINDA KULON QARŞILIQLI TƏSİR ENERJİSİ**

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

*Bakı Dövlət Universiteti*

*Milli Müdafiə Universitetinin Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu*

*ecemnurdemirtash@gmail.com*

Molekulların müxtəlif xassələrini kvant mexaniki metodlar vasitəsilə nəzəri tədqiq etmək üçün molekulun tam dalğa funksiyası məlum olmalıdır. Asılı olmayan elektronlar modelinə görə çoxelektronlu sistemlərin, həmçinin, molekulların tam dalğa funksiyası determinant şəklində axtarılır. Determinant dalğa funksiyası

həm antisimetriya şərtini, həm də Pauli prinsipini ödəyir.

Bir elektronlu operatorun determinant dalğa funksiyası vasitəsi ilə matris elementlərinin hesablanması teoremindən istifadə edərək, molekularda elektron və nüvə arasında Kulon qarşılıqlı təsir enerjisini hesablamaq mümkündür. Bu qarşılıqlı təsire uyğun operator elektronların yerdəyişməsinə nəzərən simmetrik skalyar operatorudur və aşağıdakı şəkildə işarə etsək:

$$\hat{V}_{e-n} = - \sum_a \sum_{\mu} \frac{Z_a e^2}{r_{a\mu}} \quad (1)$$

Bu teoremdən istifadə edərək, analitik ifadə aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$\bar{V}_{e-n} = \int U^* \hat{V}_{e-n} U \, d\tau \quad (2)$$

$$\bar{V}_{e-n} = - \sum_{\mu} \int U_{n\mu}^*(x_1) \sum_a \frac{Z_a e^2}{r_{a\mu}} U_{n\mu}(x_1) \, d\tau_1 \quad (3)$$

Determinant dalğa funksiyasının hər bir elementi bir elektronlu dalğa funksiyasıdır və onlar molekulyar spin orbitalları adlanırlar. Spin-orbital qarşılıqlı təsiri zəif olduqda,  $U_{n\mu}$  molekulyar spin orbitallarını,  $U_i$  molekulyar orbital ilə  $U_{m_s}$  elektronun spin funksiyasının hasili şəklində axtara bilərik. Onda (3) tənliyi üçün analitik ifadə aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$\bar{V}_{e-n} = -2 \sum_i \int U_i^*(\vec{r}_1) \sum_a \frac{Z_a e^2}{r_{a1}} U_i(\vec{r}_1) \, dV_1 \quad (4)$$

Molekulyar orbitallar metodunun analitik ifadəsindən istifadə edərək (4) tənliyində yerinə yazsaq, alacağımız son ifadə aşağıdakı şəkildədir:

$$\bar{V}_{e-n} = -2 \sum_a \sum_{p,q} C_p^* C_q Z_a e^2 \int \chi_p^*(\vec{r}_1) \frac{1}{r_{a1}} \chi_q(\vec{r}_1) \, dV_1 \quad (5)$$

Göründüyü kimi, molekularda elektronlar və nüvələr arasında Kulon qarşılıqlı təsir enerjisi üçün alınan ifadə bir-mərkəzli və iki-mərkəzli nüvəyə cazibə inteqralları ilə ifadə olunur. Bu inteqralları həll etmək üçün  $\frac{1}{r_{a1}}$  operatorun  $\chi_{nlm}(\xi, \vec{r})$  Sleyter funksiyalarına təsirini hesablamalıyıq. Alınan ifadə sonda  $C_q$  xətti kombinasiya əmsalları ilə və  $S = \int \chi_p \chi_q \, dV$  örtmə inteqralları ilə ifadə olunur [1, 2].  $C_q$  naməlum əmsalı Xatri-Fok-Rutan tənliklərinin həllindən tapılır, örtmə inteqrallarını hesablamaq üçün isə elmi ədəbiyyarlarda analitik ifadələr mövcuddur.

Hesablamalar CIH molekulu üçün aparılmışdır. CIH molekulunda elektronların nüvələrlə Kulon qarşılıqlı təsir enerjisi üçün aşağıdakı nəticə alınmışdır.

$$\bar{V}_{e-n} = -1101,2036 \, a. v.$$

### Ədəbiyyat

1. 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.
2. Gasanov A.G., Pashaev F.G. (2016). The computer program for the study of nanoparticles in basis of Slater atomic orbitals. Romanian J. Inform. Sei. Technol., 19 (4), 331-337.

## ZnO NANOHISSƏCİYİNİN ENERGETİK PARAMETRLƏRİNİN HESABLANMASI

<sup>1</sup>Həsənov A.Q, <sup>2</sup>Paşayev F.H, <sup>2</sup>Məmmədova Ü.B

1-Milli Müdafiə Universitetinin Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu

2-Bakı Dövlət Universiteti, ummmdova282@gmail.com

Nanohissəciklərin xassələrinin təcrübi öyrənilməsi zamanı müəyyən çətinliklər yaranır. Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq üçün onların elektron quruluşunun kvantmexaniki metodlarla öyrənilməsi zərurəti yaranır. İşdə Volfsberq – Helmhols metodu ilə  $(ZnO)_{12}$  nanohissəciklərin elektron quruluşunu tədqiq edilmişdir. Molekulyar orbitallar nanohissəciklərin valent atom orbitallarının xətti kombinasiya kimi təqdim olunmuşdur[1]. Sleyter funksiyaları bazisində nanohissəciyin orbital enerjiləri, ionlaşma potensialları, tam elektron enerjisi hesablanmışdır. Nanohissəcikdəki atomların sayını müəyyən etmək üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Zn və O atomlarının kovalent radiuslarının qiymətlərini bilərək ( $r_{Zn}=0,125nm$ ,  $r_O=0,073nm$ ) bir dənə Zn və O atomlarınınin təqribi olaraq yerləşdiyi kürənin radiusunun qiyməti tapılmışdır:  $r_h \approx 0,198 nm$ . ZnO molekulların sayı isə  $n = \left(\frac{R}{r_h}\right)^3$  düsturu ilə hesablanmışdır. Burada R kürə formalı hesab olan  $(ZnO)_{12}$  nanohissəciyinin radiusudur.  $R = 0,45nm$  olduqda  $n = 12$  alınır. Bütün zink və oksigen atomların sayı isə  $N=24$  olar. Onda  $(ZnO)_{12}$  nanohissəciyinin vizual modelləri qurulmuş və energetik parametrlərinin qiymətləri (cədvəl) nanomaterialların kimyəvi fizikası kafedrasının əməkdaşlarının hazırladığı proqram ilə hesablanmışdır.  $(ZnO)_{12}$  nanohissəciyinin elektronları ən aşağı enerji səviyyəsindən başlayaraq iki-iki səviyyələrdə yerləşdirilir. Elektronlar tərəfindən tutulmuş ən yuxarı molekulyar orbitalin enerjisi  $\varepsilon_{HOMO} = \varepsilon_{48} = -4,224eV$ . və ən aşağı boş molekulyar orbitalin enerjisi  $\varepsilon_{LUMO} = \varepsilon_{49} = 2,329 eV$ . müəyyən edilmişdir. Nanohissəciyin ionlaşma potensialı:  $I_p = -\varepsilon_{HOMO} = 4,224026 a.v.$ , qadağan olunmuş zonanın qiyməti  $E_g = \varepsilon_{LUMO} - \varepsilon_{HOMO} = 2,329454 - (-4,224026) = 6,55348eV$  alınmışdır. Bu isə  $(ZnO)_{12}$ -nanohissəciyinin dielektrik material olduğunu göstərir və şüalandıra biləcəyi fotonun dalğa uzunluğu  $\lambda = \frac{c \cdot h}{1,6 \cdot E_g} \cdot 10^{28} nm$  düsturu ilə hesablanıla bilər. Burada  $h$  - Plank sabiti,  $c$  işıqın vaakumda sürətidir.  $(ZnO)_{12}$ -nanohissəciyinin stabilliyi,  $\Delta E((ZnO)_{12}) = E_{(ZnO)_{12}} - 12(E_{Zn} + E_O)$ , tam elektron enerjisi  $E = E_{(ZnO)_{12}} = \sum_i \varepsilon_i$  kimi hesablanır.  $i$  üzrə cəm elektron olan orbitallar üzrə aparılır.  $\Delta E((ZnO)_{12}) < 0$  olduqda material stabil hesab olunur. Qadağan olunmuş zonanın qiyməti  $E_g = 6,55348 eV > 3,5 eV$ ,  $\varepsilon_{LUMO}$  mənfi işarəli və  $\Delta E((ZnO)_{12}) < 0$  olduğuna görə  $(ZnO)_{12}$  nanohissəciyi dielektrik, elektrofil və stabil nanomaterialdir.

Cədvəl

### $(ZnO)_{12}$ nanohissəciyinin energetik parametrləri

$\varepsilon_{HOMO}$ (eV)	$\varepsilon_{LUMO}$ (eV)	E (a.v.)	$\Delta E$ (a.)	$I_p$ (eV)	$E_g$ (eV)	$\lambda$ (nm)
-4,224	2,329	-21974,159	-1,305	4,224	6,553	190

### Ədəbiyyat

- 1.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).



## **ORİZATENSİN MOLEKULUNUN Met-Tyr-Pro-Leu FRAQMENTİNİN FƏZA QURULUŞU**

**Əliyeva N.İ., Ağayeva L.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*leylanamig@mail.ru*

Orizatensin düyü zülalından ayrılmış yeni biofəal peptid molekuludur. Onun ilkin quruluşu Gly1-Tyr2-Pro3-Met4-Tyr5-Pro6-Leu7-Pro8-Arg9-dur. Orizatensin bağırsaq mikrobiotasının böyüməsinə təsir göstərir, orqanizmdə bir çox təsirlərə davamlı, antiopioid fəallığı olan molekuldur. Molekulun fəza quruluşu onu fraqmentlərə ayırmaqla öyrənilmişdir. Bu tədqiqat işində Met4-Tyr5-Pro6-Leu7 tetrapeptid fraqmentinin fəza quruluşu onu əmələgətirən uyğun aminturşu qalıqlarının aşağıenerjili konformasiyaları əsasında öyrənilmişdir. Buna görə də dörd şeypin əsas zəncirinin dörd formasına baxılmışdır. Əsas zəncirin hər bir formasının ən stabil konformasiyası seçilmiş, onlara qeyri-valent, elektrostatik, torsion qarşılıqlı təsir enerjilərinin verdikləri pay, ümumi və nisbi enerjiləri cədvəl 1-də göstərilmişdir. Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi seçilmiş konformasiyaların nisbi enerjiləri (0-3.0) kkal/mol enerji intervalında dəyişir. Həmin konformasiyalara qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisinin verdiyi pay (-13.5)-(-9.8) kkal/mol, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisinin verdiyi pay (0.3-0.5) kkal/mol, torsion qarşılıqlı təsir enerjisinin verdiyi pay (0.8-2.5) kkal/mol intervalında dəyişir. Orizatensin molekulunun Met-Tyr-Pro-Leu tetrapeptid fraqmentinin ən stabil konformasiyası B<sub>21</sub> B<sub>1</sub> R R<sub>22</sub> -dir. Bu konformasiyaya qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisi (-13.5) kkal/mol qədər, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisi (0.3) kkal/mol qədər, torsion qarşılıqlı təsir enerjisi (2.5) kkal/mol qədər pay verir. Bu konformasiyada qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisinin verdiyi pay ən çoxdur, ona görə də ən aşağıenerjili olmuşdur. eee şeypinin ən stabil konformasiyası B<sub>21</sub> B<sub>1</sub> B B<sub>21</sub>-dir. Bu konformasiya əsas zəncirin tam açılmış formasına uyğundur. Bu konformasiyaya qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisi (-12.2) kkal/mol qədər, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisi (0.3) kkal/mol qədər, torsion qarşılıqlı təsir enerjisi (1.4) kkal/mol qədər pay verir. Bu konformasiyada Met1-Tyr2 aminturşu qalıqları özündən sonra gələn aminturşu qalıqları ilə effektiv təsir yaradır. fef şeypinin ən stabil konformasiyası R<sub>21</sub> B<sub>1</sub> R R<sub>22</sub>-dir. Bu konformasiyanın stabilləşməsinə qeyri-valent qarşılıqlı təsir enerjisi (-11.4) kkal/mol qədər, elektrostatik qarşılıqlı təsir enerjisi (0.5) kkal/mol qədər, torsion qarşılıqlı təsir enerjisi (2.0) kkal/mol qədər pay verir. Bu formada əsas zəncir yarıfırlanmış halda olur. Tyr2 əsas zənciri fırladır, Pro3 və Leu4 spiralvari quruluş əmələ gətirir.

Bu zaman Met1 yalnız Tyr2 ilə effektiv qarşılıqlı təsir yaradır, fəzada Pro3 və Leu4-dən uzaqda yerləşmiş olur və onlarla effektiv qarşılıqlı təsir yarada bilmir. Bu konformasiyada Tyr2 fəzada ən əlverişli vəziyyətdə yerləşir.

Cədvəl 1

**Orizatensin molekulunun Met-Tyr-Pro-Leu tetrapeptid fraqmentinin  
aşağıenerjili konformasiyaları**

N	Şeyp	Konformasiya	$U_{qv}$	$U_{el}$	$U_{tor}$	$U_{üm}$	$U_{nis}$
1	eef	$B_{21} B_1 R R_{22}$	-13.5	0.3	2.5	-10.7	0
2	eee	$B_{21} B_1 B B_{21}$	-12.2	0.3	1.4	-10.5	0.2
3	fef	$R_{21} B_1 R R_{22}$	-11.4	0.5	2.0	-9.0	1.7
4	fee	$R_{21} B_1 B B_{21}$	-9.8	0.5	0.8	-8.4	2.3

fee şeypində yalnız birinci metionin R formasındadır. Qalan üç aminturşu qalıqı tam açılmış B B B formasını əmələ gətirir. Bu şeypin ən stabil konformasiyası  $R_{21} B_1 B B_{21}$  –dir. Beləliklə, Orizatensin molekulunun Met4-Tyr5-Pro6-Leu7 tetrapeptid fraqmentinin fəza quruluşunun öyrənilməsi nəticəsində, fraqmentin aşağıenerjili quruluşları, onları stabilləşdirən qarşılıqlı təsir enerjiləri, onların ikiüzlü fırlanma bucaqlarının qiymətləri müəyyən olundu. Bu məlumatlar Orizatensin molekulunun fəza quruluşunu öyrəndikdə başlanğıc variantlar kimi istifadə olunur.

**Ədəbiyyat**

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

**KÖÇÜRMƏ HADİSƏLƏRİNİN TƏDRİSİNDƏ ANALOGİYADAN  
İSTİFADƏ İMKANLARI**

**Hüseynov C.İ., Nəsrullayeva J.Ə.**

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti  
J.nsrllayeva2001@gmail.com*

Analogiya, ilkin baxışda dərk olunması çətin görünən fizika anlayışlarını izah etmək üçün güclü bir vasitədir və fizikanın öyrənilməsində geniş istifadə olunan idrak metodlarından biridir. Əgər bu hadisələr ekvivalent tənliklər və stasionar halda eyni sərhəd şərtləri ilə təsvir edilirsə, o zaman hadisələr analogi adlanır.

Analoqlardan istifadə məlum olanlardan düsturlar çıxarmaqla, dəyişənlərin uyğunluğu və dəyişməsindən istifadə etməklə nəzəri hesablamaları sadələşdirməyə imkan verir. Analogiya metodunun fizikanın tədrisi sahəsində əhəmiyyətinin dərk edilməsi və ondan istifadə bacarığı şagirdlərin yaradıcı və elmi təfəkkürünün inkişafı, dünyagörüşünün formalaşması üçün çox vacibdir. Ətraf aləmin hadisələrinin birliyi və qarşılıqlı əlaqəsi, məsələn, müxtəlif təbiətli fiziki hadisələri təsvir etmək üçün oxşar riyazi tənliklərdən istifadə etməklə, məsələn, qravitasiya və elektrostatik sahələr və onları təsvir edən qanunlar arasındakı analogiya ilə göstərilir.

Analogiya metodu cisimləri, proses və hadisələri müqayisə edərkən özünü göstərən müqayisəyə əsaslandığından təkrarlanma prosesində onun rolu xüsusi

əhəmiyyət daşıyır. Təkrarlandıqda analogi metod tələbələrə məlum fiziki hadisələri, anlayışları və prosesləri daha dərindən dərk etməklə yanaşı, tətbiq olunan riyazi modellərin oxşarlığına əsaslanaraq fiziki xüsusiyyətləri və kəmiyyətləri tapmaq, hesablamaq və izah etmək bacarıqlarını inkişaf etdirməyə imkan verir.

Dövrə hissəsi üçün Om qanunu və real mayelərin axını üçün Puazeyl qanunu arasında da analogiya aparıb, bəzi oxşar cəhətləri göstərmək olar.

Dövrə hissəsi üçün Om qanunun görə naqilin en kəsiyindən vahid zamanda keçən yükün miqdarı  $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}$  düsturi ilə, Puazeyl qanununa görə isə silindrik boruda real mayenin qərarlaşmış laminar axını zamanı borunun en kəsiyindən

vahid zamanda keçən mayenin həcmi  $Q = \frac{\pi R^4 (P_2 - P_1)}{8\eta l}$  düsturu ilə təyin olunur.

Burada  $P_1$  və  $P_2$   $l$  uzunluğunda borunun uclarındakı təzyiq,  $R$  borunun radiusu,  $\eta$  mayenin özlülük əmsalıdır. Borudan axan mayenin həcmi onun radiusunun 4-cü dərəcəsi ilə mütənasibdir.

Naqildə cərəyana  $R = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{I} = \rho \frac{l}{S}$  müqaviməti göstərdiyi kimi, boruda mayenin axını zamanında, müvafiq olaraq  $X = \frac{P_1 - P_2}{Q} = \frac{8\eta l}{\pi R^4}$  müqaviməti göstərilir.

Bu müqavimət hidravlik müqavimət adlanır.

İfadədən görüldüyü kimi, özlülük  $\eta$  nə qədər böyükdürsə, borunun  $l$  uzunluğu və en kəsik sahəsi nə qədər kiçik olarsa, hidravlik müqavimət də bir o qədər böyük olar. Elektrik və hidravlik müqavimət arasındakı bənzətmə bəzi hallarda ardıcıl və ya paralel birləşdirilmiş borular sisteminin hidravlik müqavimətini təyin etmək üçün keçiricilərin ardıcıl və paralel birləşmələrinin elektrik müqavimətinin tapılması qaydasından istifadə etməyə imkan verir.

Bu analogiyadan istifadə edərək, fizika kursunun köçürmə hadisələrinin tədrisində vahid yanaşmadan istifadə etmək olar. Bu istifadə həm tədris materialının yüksək səviyyədə mənimsənilməsinə kömək edən, həm də materialın tədrisə ayrılan vaxta qənaət etməyə imkan yaradır.

## **Ədəbiyyat**

1. Qocayev N.M. Ümumi fizika kursu, I cild, Mexanika (ikinci nəşr), Bakı, 2007

## **GÖBƏLƏK MƏNŞƏLİ MELANİNLƏRİN DƏMİR İONLARI İLƏ KOORDİNASIYA RABİTƏLİ BİRLƏŞMƏ ƏMƏLƏ GƏTİRMƏSİ**

**Quluzadə L.C., Bağirov R.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*quluzadaa06@gmail.com*

Bir qrup metal ionlarının bioloji aktiv liqandlı koordinasiya rabitəli kompleks birləşmələrinin alınması, onların fiziki - kimyəvi xassələri və bioloji aktivliyinin, həmçinin müəyyən struktur xüsusiyyətlərinin araşdırılması təbiət elmləri ilə məşğul olan geniş tədqiqatçı kütlələrinin artan marağ dairəsindədir [1]. Təqdim olunan iş meşə fıstığı (*fagus sylvatica*) ağacında əmələ gələn göbələkdən (çaqa) qələvi

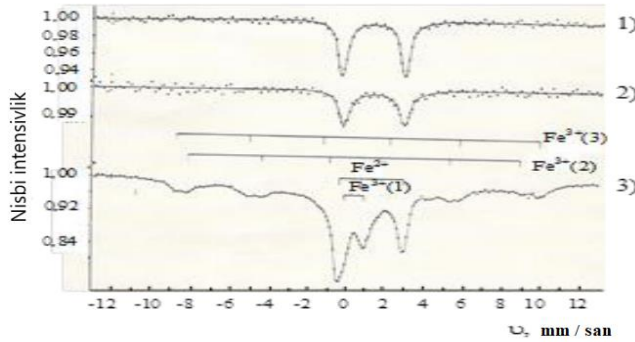
mühitdə ( pH= 13) ekstraksiya daha sonra turş mühitdə ( pH = 4.1) çökdürmə yolu ilə melanin pigmentinin ayrılması və yeni ayrılmış melanin pigmentlərinin dəmir ionları ilə qarşılıqlı təsirinə araşdırılmasına həsr olunmuşdur.

Yeni ayrılmış pigmentlərinin İQ- və EPR – spektrlərinin parametrlərinin qiymətlərinin elmi mənbələrdə sintetik

L- DOFA – melanin , canlılardan ayrılmış melano protein qranulası ( MPQ) üçün ayrılmış uyğun spektrlərin parametrlərinin qiymətləri ilə müqayisəli analizi onların göbələk mənşəli olduğunu güman etməyə imkan vermişdir.

Dəmir ionlarının göbələk mənşəli melaninlərlə koordinasiya rabitəli kompleks birləşmələri 100 mq quru çəkidə melanin pigmentinin 150 ml C= 0.2 mg /ml konsentrasiyalı FeSO<sub>4</sub> məhlulunda otaq temperaturunda inkubasiya metodu ilə alınmışdır.

İnkubasiya üçün istifadə olunmuş ilkin məhlul, çökdürmədən sonra çöküntü üzərində qalan məhlul (supernatant) və çöküntünün (kompleksin) maye azot temperaturunda qeyd olunmuş qamma rezonans (QR) - spektri şəkildə təsvir edilmişdir.



Şəkildən görüldüyü kimi ilkin məhlul supernatant üçün yaxşı ayrılmış dublet formalı identik QR – spektrlər müşahidə olunmuşdur. Bu spektrlərin parametrlərinin qiyməti Fe<sup>2+</sup> oktaedrik liqand əhatəli , yüksək spinli akvakompleksləri üçün xarakterikdir. Çöküntü üçün ən azı 4 parsial spektrin superpozisiyasından ibarət mürəkkəb QR- spektr müşahidə olunmuşdur. Bu parsial spektrlər şəkildə şərti olaraq Fe<sup>2+</sup> , Fe<sup>3+</sup> (1) , Fe<sup>3+</sup> (2) , Fe<sup>3+</sup> (3) kimi qeyd olunmuşdur. Bu parsial QR-spektrlərin parametrlərinin qiyməti həm ilkin məhlul həm də supernatantın QR – spektrlərinin parametrlərinin qiymətindən kəskin fərqlənir. Bu onu güman etməyə imkan verir ki, alınmış çöküntü dəmir duzu ilə melanin pigmentinin mexaniki qarışığı olmayıb, dəmir ionları ilə göbələk mənşəli melaninlərlə kompleks birləşməsidir. Alınan nəticələr onu deməyə imkan verir ki, göbələk mənşəli melaninlər dəmir ionları ilə effektiv sürətdə koordinasiya rabitəli kompleks birləşmələr əmələ gətirir.

#### **Ədəbiyyat**

1. Abbas M. , Amico F.D., Morresi L. Struktural , elektrocal and optical propeties of melanin films, European Physical Journal , E., 2009 , V.28 , № 3 , p. 285-291

## HELICOSTATİN 4 NEYROPEPTİDİNİN FƏZA QURULUŞUNUN TƏŞKİLİ

**Qasımzadə G.T., Vəliyeva L.İ.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*gunel.qasimzadeh.2000@mail.ru*

Helicostatin 4 molekulu 8 amin turşu qalığından, 131 atomdan və bağlayıcı hissələrdən ibarətdir[1-3]. Onun fəza quruluşunun enerji və həndəsi parametrlərini hesablamaq üçün COO-Ala1-Arg2-Pro3-COO və COO-Pro3-Tyr4-Ser5-Phe6-Gly7-Leu8-NH<sub>2</sub> fraqmentlərinin kiçikenerjili konformasiyaları üçün alınan nəticələrdən və hər ikisi üçün ortaq qalıq olan Pro amin turşusunun üst-üstə düşən eyni formalarından istifadə olunmuşdur. Bunlar əsasında helicostatin 4 molekulu üçün 542 ilkin variant yığılmış və minimizasiya edilmişdir[4]. Bu zaman hesablanan konformasiyalardan yalnız 73-ü  $0 \div 10$  kkal/mol nisbi enerji intervalına düşür (cədv.1).

Cədvəl 1

### Helicostatin 4 molekulunun optimal konformasiyalarının şeyplərə görə paylanması

Konformasiyaların şeyplərə görə ayrılışı						
şeyp		<i>feffff</i>	<i>fefffee</i>	<i>eeffff</i>	<i>eefffee</i>	<i>eefffee</i>
Nisbi enerji inter- valı, kkal/mol	0÷1	2	-	-	-	-
	1÷2	-	-	1	-	-
	2÷3	-	-	1	2	-
	3÷4	1	-	1	-	1
	4÷5	3	1	8	2	3
	5÷10	10	3	16	11	7
ümumi say		16	4	27	15	11

Cədvəl 1-dən görürük ki, bu molekulda 3-cü yerdə prolinin olması tam bükük quruluşun alınmasına imkan vermir ancaq buna baxmayaraq şeyplərin və formaların təhlilindən belə nəticəyə gəlirik ki, hər bir fraqmentlər üçün alınmış quruluşlar bütöv molekulun kiçikenerjili konformasiyalarında özünü biruzə verir.

Cədvəl 2

### Helicostatin 4 molekulunun kiçikenerjili konformasiyalarının enerji parametrləri

Şeyp	Konformasiya	Enerji payları, kkal/mol				
		$E_{q.val}$	$E_{el.st.}$	$E_{tor}$	$E_{tam}$	$E_{nisbi}$
<i>feffff</i>	RB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> PR <sub>3</sub>	-45.07	3.39	3.21	-38.52	0.00
	RB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>3</sub> PR <sub>3</sub>	-45.17	4.21	2.75	-35.25	0.27
<i>eeffff</i>	LB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> PR <sub>3</sub>	-42.70	4.27	1.58	-36.84	1.65
	BB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> PB <sub>3</sub>	-41.51	3.91	1.50	-36.07	2.44
<i>fefffee</i>	RB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>3</sub> BB <sub>3</sub>	-41.53	4.28	3.07	-34.15	4.35
<i>eefffee</i>	LB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> PL <sub>3</sub>	-44.70	4.30	4.94	-35.50	2.97

	BB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>1</sub> PL <sub>3</sub>	-41.12	3.36	3.86	-33.86	4.65
eefffee	BB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>3</sub> BR <sub>3</sub>	-42.36	3.73	3.35	-35.25	3.28
	BB <sub>3</sub> RR <sub>2</sub> R <sub>2</sub> B <sub>3</sub> BB <sub>3</sub>	-41.01	4.02	3.24	-33.78	4.71

### Ədəbiyyat

1. Xu J., Bao B., Zhang Z., Yi Y., Xu W., "Identification of a novel gene encoding the trehalose phosphate synthase in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*", *Glycobiology*, 2009, v.19, N.3, p.250-257
2. Stay B., Fairbairn S., Yu C.G. "Role of allatostatins in the regulation of juvenile hormone synthesis". *Arch. Insect. Biochem. Physiol.*, 1996, v.32, N.3-4, p.287-297
3. Wei Z., Zhang Q., Kang L., Xu W., Denlinger D.L., "Molecular characterization and expression of prothoracicotropic hormone during development and pupal diapause in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*", *J Insect Physiol*, 2005, v.51, N.6, p.691-700
4. Полозов Р.В. *Метод полуэмпирического силового поля в конформационном анализе биополимеров*, М., "Наука", 1981, 120с.

## KCl-SU SİSTEMİNDƏ ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN TEMPERATURDAN VƏ MƏHLULUN KONSENTRASIYASINDAN ASILILIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ

<sup>1</sup>Həsənova X.T., <sup>2</sup>Novruzlu A.A., <sup>2</sup>Atayeva N.A

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

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

azade.novruzlu@gmail.com

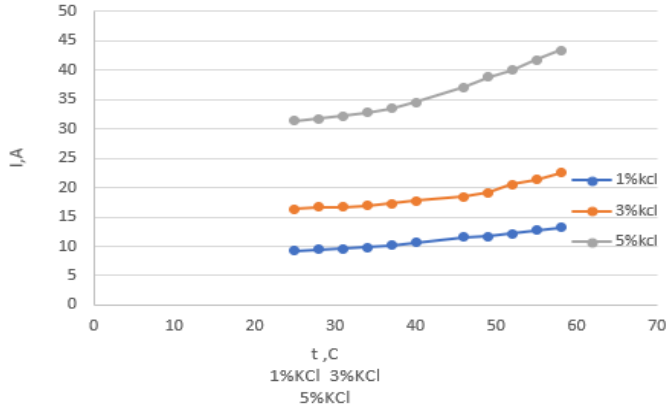
Təqdim olunan işdə müxtəlif konsentrasiyalı KCl məhlullarının elektrik keçiriciliyinin məhlulun konsentrasiyasından və temperaturundan asılılığı eksperimental üsullarla öyrənilmişdir.

KCl istər sənaye, istər tibbi istərsə də elmi-tədqiqat üçün maraqlı maddədir. Onun sulu məhlulu bütün digər duzlar kimi elektrolitdir və onun elektrik xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi aktualdır.

KCl suda həll edildikdə, dissosiasiyaya uğrayır, yəni ionlarına ayrılır: kalium ionlarına (K<sup>+</sup>) və xlor ionlarına (Cl<sup>-</sup>), buna görə biz onun ionlarının elektrik keçiriciliyini araşdırmışıq. KCl duzunun su ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində, ionlar əmələ gəlir. Su molekullarının dipol təbiəti duz kristal qəfəsindəki ion bağlarını qıraraq, onlara ionları əhatə etməyə və həll etməyə imkan verir. [2] Sulu KCl məhlulunun keçiriciliyi bu ionların hərəkətliliyindən irəli gəlir. Elektrik sahəsinin təsiri altında bu ionlar əks yüklü elektrodlara doğru hərəkət edirlər. İonların hərəkəti məhlulun keçiriciliyinə səbəb olan elektrik cərəyanı yaradır. [1]

KCl məhlullarının keçiriciliyinə müxtəlif amillər təsir göstərir: 1. Konsentrasiya: Daha yüksək KCl konsentrasiyaları məhlulda ion sıxlığının artmasına səbəb olur və beləliklə keçiriciliyi artırır. Əksinə, seyrəldilmiş məhlullar daha az ion olduğu üçün daha aşağı keçiricilik nümayiş etdirir. 2. Temperatur: Temperatur məhluldakı ionların hərəkətliliyinə təsir edir. Ümumiyyətlə, daha yüksək temperaturlar

daha çox ion hərəkətliliyinə və buna görə də yüksək keçiriciliyə səbəb olur [3].



**Şək. 1:**  $t=[25^{\circ} - 60^{\circ} \text{ C}]$  intervalında KCl duzunun 1%, 3%, 5% sulu məhlulunun xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı.

Alınan nəticələr göstərir ki, KCl duzunun 1%, 3%, 5% məhluluna müxtəlif temperaturlarda baxılması nəticəsində məlum olmuşdur ki, məhlulun temperaturunu və mühitdə kalium xlorun konsentrasiyasını artırırdıqda keçiricilik də artır. Yuxarıda isə alınan nəticələr qrafik şəkildə əks olunmuşdur.

#### **Ədəbiyyat**

1. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B. G., “Məyə məhlulların elektrik keçiriciliyi. Monoqrafiya”, Bakı 2011, 84 s.
2. SD Hamann., M.Linton., Electrical conductivities of aqueous solution of KCl, KOH and HCl, and the ionization of water at high shock pressures, 1969.
3. H. Golnabi., M.R. Matloob., M. Bahar., M. Sharifian., Investigation of electrical conductivity of different water liquids and electrolyte solutions, 2009.

### **TRİPEPTİD FRAQMENTİN DAYANIQLI KONFORMASIYALARININ YARANMASINDA HİDROGEN RABİTƏLƏRİNİN ROLU**

**Məmmədova S.Z., Abbasova G.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*Sonamammedova677@gmail.com*

Amin turşuları suda həll olan rəngsiz kristal maddələrdir. Onların su məhlulları neytral, zəif turşu və zəif qələvi reaksiyalar verir. Bu amin turşulardan yalnız 20-si insan, heyvan və bitki zülallarının əsasını təşkil edir və onların zülal molekulunda düzülüşü genetik kodun informasiyası ilə idarə olunur. Həmin amin turşuları  $\alpha$ -amin turşuları sırasına daxildir. Orqanizmdə amin turşularının rolu böyükdür. Onlar zülalların əsas hissəsi olmaqla yanaşı, nuklein turşusu, karbon və lipidlərlə birgə bütün həyati proseslərdə fəal iştirak edirlər.

Val-Asn-Asp tripeptid fraqmentin nəzəri konformasiya analizi üsulu ilə fəza quruluşu tədqiq edilmişdir. Hidrogen rabitələri təbiətdə mühüm rol oynayır. Onlar suyun fiziki xüsusiyyətlərinə çox mühüm təsir göstərir, biomolekulların strukturunun formalaşmasında və fəaliyyətində böyük rol oynayır. Aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, Val-Asn-Asp fraqmentinin dayanıqlı konformasiyalarının yaranmasında hidrogen rabitələri mühüm rol oynayır. Hesablama nəticəsində tripeptid fraqmentin enerji cəhətdən əlverişli quruluş formaları müəyyən olmuşdur. Bu ardıcılığın fəza quruluşu onların yan zəncirlərinin atomları arasında hidrogen rabitəsilə stabilləşir.

Val-Asn-Asp tripeptid fraqmentin fəza quruluşunun tədqiqində dayanıqlı konformasiyalarının yaranmasında mühüm olan hidrogen rabitələri cədvəldə göstərilmişdir.

Şeyp	Forma	Atomlar	Rabitə uzunluğu	$E_{h,r}$
ee	B <sub>2</sub> BB	Val1 (NH).....Asp3 (CO)	2.81	-0.12
		Val1 (NH)..... Asn2 (CO)	2.89	-0.17
		Asn2(CO).....Asn2 (NH)	2.78	-0.23
	B <sub>2</sub> BB	Asn2 (NH).....Asp3 (CO)	2.94	-0.14
		Val1 (CO).....Asp3 (NH)	2.49	-0.19
		Asp3 (OH).....Asp3(CO)	2.29	-0.25
ff	R <sub>2</sub> RB	Asn2 (CO).....Asp3 (NH)	2.46	-0.49
		Asn2 (NH).....Asp3 (CO)	2.74	-0.67
		Val1 (CO).....Val1 (NH)	2.72	-0.63
	R <sub>1</sub> RB	Asp3 (CO).....Asp3 (NH)	2.20	-0.68
		Val1 (NH).....Asp3 (CO)	2.53	-0.69
ef	B <sub>2</sub> RR	Val1 (NH).....Val1(CO)	2.28	-0.65
		Asn2(CO).....Asn2 NH)	2.55	-0.66
		Asp3(CO).....Asp3(NH)	2.65	-0.61
	B <sub>3</sub> RR	Val1 (NH).....Asp3(CO)	2.67	-0.55
		Asn2 (CO).....Asn2(NH)	2.61	-0.73
		Val1 (CO).....Asn2(NH)	2.58	-0.43
	B <sub>2</sub> BL	Val1 (NH).....Val1(CO)	2.67	-0.26
		Val1 (OH).....Asp3(CO)	2.61	-0.39
		Asn2 (HH).....Asn2 (CO)	2.59	-0.63

### Ədəbiyyat

1. Аббасова Г.Д., Алиева И.Н, Набиев Н.С. // Электронная структура и молекулярная динамика молекулы CREKA. Elm və təhsildə informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiqi II Beynəlxalq Konfransının materialları, Bakı, 01-02 noyabr, 2007.



## GRB-AST A4 MOLEKULUNUN PHE-GLY-LEU-NH<sub>2</sub> TRİPEPTİD FRAQMENTİNİN FƏZA QURULUŞUNUN TƏDQIQI

Vəliyeva L.İ., Mehdiyeva A.A.

Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi

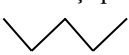
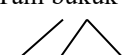
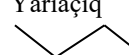
aysunmehdiyeva74@gmail.com

Grb-Ast A4 "Glyllus bimaculatus" çəgirtgəsinin beyin ekstraktından izolə edilmiş, 8 amin turşu qalığından ibarət peptid təbiətli molekuldur. Bu molekulun xətti ardıcılığı Ser1-Arg2-Pro3-Phe4-Gly5-Phe6-Gly7-Leu8-NH<sub>2</sub> kimidir [1].

Grb-Ast A4 molekulunun fəza quruluşunu, enerji və həndəsi parametrlərini təyin etmək üçün illərin sınağından çıxmış nəzəri konformasiya analizi üsulundan istifadə olunmuşdur [2,3]. Burada molekulu təhlil etmək üçün, hesablamaların rahatlığı üçün o, kiçik fraqmentlərə bölünür. Əvvəlcə həmin fraqmentlərin fəza quruluşu təhlil edilir. Sonra bu nəticələr əsasında, bütöv molekulun fəza quruluşunun əsas parametrləri müəyyən edilir.

Mənim fəza quruluşunu təhlil etdiyim ilk fraqment, C-uclu Phe-Gly-Leu-NH<sub>2</sub> tripeptididir. Onun fəza quruluşunun enerji və həndəsi parametrlərini müəyyən etmək üçün, fraqmentin fəzada tuta biləcəyi bütüt mümkün hallar nəzərə alınmış, 324 ilkin konformasiya yığılmış və hesaba buraxılmışdır. Nəticələrdən aydın olmuşdur ki, 324 konformasiyadan (0-3) kkal/mol nisbi enerji intervalına yalnız 40 konformasiya düşür. Bunlardan 10 konformasiya tam açıq formalı, 7 konformasiya tam bükük formalı, 23 konformasiya isə yarıaçıq formalı konformasiyalardır. Aşağıdakı cədvəldə hər formaya uyğun və enerji cəhətcə optimal konformasiyaların  $\varphi$ ,  $\psi$ ,  $\omega$  və  $\chi$  ikiüzlü bucaqlarının fəzada aldıkları qiymətlər və sxematik görüntüləri öz əksini tapmışdır.

Hesablanmış konformasiyalar içərisində ən əlverişlisi, yəni qlobal minimumu təmsil edən konformasiya yarıaçıq formalı konformasiyadır. Onun tam enerjisinin qiyməti tam açıq formalı konformasiyanın enerjisindən ~0,5 kkal/mol, tam bükük formalı konformasiyanın enerjisindən ~0,7 kkal/mol qədər çoxdur.

Konformasiya və onun sxematik görünüşü	Amin Turşu qalığı	İkiüzlü bucaqlar (°)				
		$\varphi$	$\psi$	$\chi_1$	$\chi_2$	$\omega$
Tam açıq 	Phe	-110	154	188	91	182
	Gly	-74	83	-	-	175
	Leu	-101	-61	-57	170	180
Tam bükük 	Phe	-97	148	181	87	185
	Gly	79	-62	-	-	173
	Leu	-96	-53	-53	176	178
Yarıaçıq 	Phe	-109	-60	180	90	178
	Gly	-78	73	-	-	183
	Leu	-103	-61	-51	177	179

Nəticələrdən o da aydın olur ki, Phe qalığında sonra Gly qalığının gəlməsi tam bükük və tam açıq formalı konformasiyalarda  $\beta$ -bükük əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur.

### **Ədəbiyyat**

1. Lorenz M.W., R.Kellner, et al. "Allatostatins in Gryllus bimaculatus (Ensifera: Gryllidae): New structures and physiological properties". European Journal of Entomology, 1999, p.267-274
2. Полозов Р.В. Метод полуэмпирического силового поля в конформационном анализе биополимеров, М., "Наука", 1981, 120 с.
3. 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

## **SAXAROZANININ PEQ-DEKSTRAN-SU İKİFAZALI SİSTEMİN FAZA DİAQRAMIA TƏSİRİ**

**Həsənov A.Ə., Camalzadə T.G., Süleymanova A.V.**

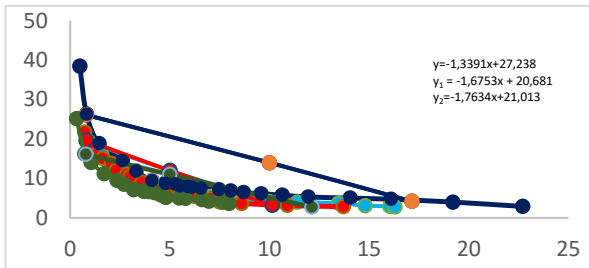
*Bakı Dövlət Universiteti*

*turkancamalzad120@gmail.com*

İkifazalı sistemlərdə faza əmələgətirən komponentlərin konsentrasiyası müəyyən həddi aşdıqda faza ayrılması baş verir[1].

Təqdim olunan işdə biz polietilenqlikol (PEQ) və dekstran polimerlərinin sulu məhlullarının fərqli fazalar əmələ gətirməsini müşahidə edirik. Faza formalaşdıqdan sonra bir faza PEQ, digəri isə dekstran ilə zənginləşir, nəticədə zamanla iki qarışmayan faza meydana gəlir.

Hər iki halda fazaların ayrılması prosesi həlledici mühit kimi xidmət edən suyun strukturunda baş verən dəyişikliklərlə sıx bağlıdır[2].



**Şəkl. 1.** Saxarozanın 5,10,15%li konsentrasiyasının PEQ-dekstran-su ikifazalı sisteminin faza diaqramına təsiri

$C_{12}H_{22}O_{11}$ -nin Saxarozaya və müxtəlif xarici amillər kimi əlavələrin təbii binodal ayrının konfigurasiyasını və yerləşdirilməsini dəyişdirə bilər, bununla da fazalar arasında

termodinamik tarazlığı dəyişdirir və binodal ayrını koordinat müstəvisində dəyişdirir bilər. Bu xarici amillərin təsirinə anlamaq və praktiki fayda üçün polimer məhlullarında faza dinamikasını idarə etmək üçün biz saxarozanın təsiri altında

polietilenqlikol (PEG) və dekstranın ikifazlı sistemini araşdırdıq. Əvvəlcə 5%, 10% və 15% sulu məhlullarından istifadə edərək ikifazlı sistemləri hazırlanmışdır

Nəticələr göstərir ki, iki fazlı sistemin binodal əyrisi müxtəlif konsentrasiyalı saxarozla məhlulun təsirinə məruz qaldıqda koordinat başlanğıcına doğru sürüşmüşdür. Bundan əlavə, birləşdirici xəttin meyl bucağı artdı. Saxarozla təsiri nəticəsində binodal əyriyə uyğun gələn kritik nöqtə hər iki konsentrasiya üçün sola sürüşdü. Bu, fazaların ayrılması prosesinin fazasız polimerlərin daha aşağı konsentrasiyalarında baş verən ikifazlı sistemdə saxarozun olması ilə sürətləndirildiyini göstərir. Əsasən saxarozun olması sərbəst su molekullarının sayının azalmasına və bağlı su molekullarının sayının artmasına gətirib çıxarır, nəticədə suyun strukturu yaxşılaşır və həll prosesi daha çətin olur, bununla da fazaların ayrılması prosesi asanlaşır.

### **Ədəbiyyat**

1. Məsimov E.Ə., Bağirov T.O. Çoxkomponentli çoxfazlı sistemlər. Çoxfazlı sistemlərdə maddələrin paylanması. Bakı, BDU, 2016 268 s.
2. Masimov E.A.; Pashayev, B.G.; Gasanov, G.Sh.; Gadzhieva, Sh.N. (2019). Viscometric Determination of the Conformations and Sizes of Polyethylene Glycol Macromolecules in Aqueous Solutions. Russian Journal of Physical Chemistry A, 2019

## **VAL-TRP DİPEPTİDİNİN TƏSİR MEXANİZMİNİN MOLEKULAR DOKİNG ARAŞDIRMALARI**

**<sup>1,2</sup>Rəhimzadə S.Q., <sup>2</sup>Haqverdiyeva G.Ə.**

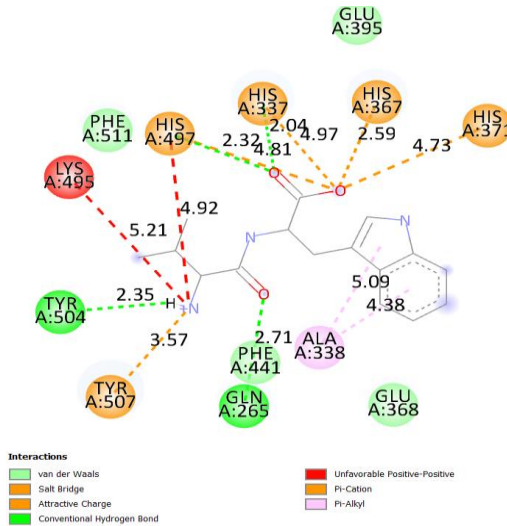
<sup>1</sup>*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

<sup>2</sup>*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri ETI  
sara.rehimzade@gmail.com*

Bioloji hədəflərin müəyyən edilməsi və liqand-reseptor molekulyar-təsir mexanizmlərinin öyrənilməsi yeni effektiv və təhlükəsiz dərmanların yaradılması üçün zəruri məsələdir. Müəyyən olunmuşdur ki, bitkilərdən alınmış Val-Trp dipeptidi bioloji cəhətdən aktivdir, belə ki, onun ən fəal bioloji funksiyası orqanizmdə qan təzyiqini azaltmaq xüsusiyyətinə malik olmasıdır.

İşdə AutoDock Vina proqramı vasitəsilə Val-Trp molekulu və ACF-angiotenzin çevirici ferment arasındakı qarşılıqlı əlaqəni araşdırmaq üçün molekulyar dokinq metodundan istifadə edilmişdir. Reseptorun 3D kristal quruluşu <http://www.rcsb.org> (PDB ID: 2X95) ünvanında yerləşən protein məlumat bankından əldə edilmişdir. Zülal kompleksindən liqand molekullarını çıxararaq və yalnız polyar hidrogenləri əlavə edərək reseptor dokinq üçün hazır vəziyyətə gətirilmişdir. Tədqiqatda Val-Trp molekulu üçün DFT hesablamaları nəticəsində alınmış koordinatlar istifadə olunmuşdur. Liqandın parsial yükləri Geistenger metodu ilə hesablanmışdır. Reseptor atomlarının Kollman yükləri hesablanmışdır. Discovery Studio 3.0 proqramlarının köməyi ilə reseptor-liqand qarşılıqlı təsirlərinin vizuallaşdırılması və təhlili yerinə yetirilmişdir.

Minimizasiya nəticəsində liqandın kompleksdəki vəziyyətləri üçün bağlanma enerjiləri (*affinlik*) və ortakvadratik kənara çıxmalar (*rmsd*) hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, liqand və reseptor arasında ən yaxşı bağlanma pozasının affinliyi -7.6 kkal/mol-dur. Kompleksin sabitliyini tədqiq etmək üçün vacib liqand-reseptor qarşılıqlı təsirlər vizuallaşdırılmış və təhlil edilmişdir. Liqand-reseptor qarşılıqlı təsirlərin 2D diaqramı şəkildə göstərilmişdir, ən vacib kontaktların yaratdığı məsafələr isə nöqtəli xətlərlə göstərilmişdir, onların qiymətləri isə Å-də verilmişdir. Müəyyən olmuşdur ki, kompleksin minimizasiya nəticəsində liqand molekulu 2X95 zülalının aktiv mərkəzinə yerləşərək onun amin turşu qalıqları ilə vacib kontaktlar yaradaraq stabil kompleks əmələ gətirir. Hesablamalar göstərdi ki, 2X95 reseptorunun  $\alpha$ -zəncirinin His371, His367, His337, His497, Lys495, Tyr504, Tyr507, Gln265, Ala338 amin turşu qalıqları reseptorun aktiv mərkəzini təşkil edir və ümumilikdə kompleksin sabitliyinə təsir göstərir. Göstərilmişdir ki, liqand-reseptor kompleksi əsasən güclü hidrogen rabitələri, elektrostatik qarşılıqlı təsirlər, pi-kation, pi-alkil qarşılıqlı təsirləri ilə stabilləşir. Həmçinin, liqand molekulu reseptor atomları ilə duz körpüləri də əmələ gətirir. Bundan əlavə, reseptorun  $\alpha$ -zəncirinin Glu395, Phe511, Phe441 və Glu 368 amin turşu qalıqları liqand ilə Van-der-Vaals qarşılıqlı təsirlərdə iştirak edir.



Şək. Val-Trp-2X95 qarşılıqlı təsirlərin vizuallaşdırılmış 2D diaqramı

Hesablanmış parametrlərin əsasında belə nəticəyə gəlinmişdir ki, Val-Trp molekulu ACE üçün potensial inhibitorudur və hipertoniya xəstəliyinin müalicəsində istifadə oluna bilər. Alınmış nəticələr Val-Trp bioloji aktiv molekulun quruluş-funksiya əlaqələrinin araşdırılması üçün əsas olaraq onun daha effektiv analoglarının dizaynında və yeni dərmanların yaradılmasında istifadə oluna bilər.

## BÖLMƏ 3 BƏRK CİSİMLƏR VƏ YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI

### THE VOLTAGE DEPENDENT ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF Au/n-GaAs SCHOTTKY BARRIER DIODE USING I-V MEASUREMENTS

**Bakhtiyarli E.R., Afandiyeva I.M.**

*Baku State University  
elvinb18104@sabah.edu.az*

The exploration of Au/n-GaAs junctions through rigorous experimentation and analysis has yielded significant insights into the electrical characteristics of these semiconductor devices. The obtained results shed light on key parameters such as saturation current, barrier height, ideality factor, and resistance, providing a comprehensive understanding of the junction's behavior under different bias conditions.

<b>Voltage</b>	<b>Barrier height</b>	<b>Saturation Current</b>	<b>Ideality factor</b>
<b>0.12V-0.6 V</b>	<b>0.466 eV</b>	<b><math>0.959 \times 10^{-6}</math> A</b>	<b>4.5</b>
<b>0.7V-1 V</b>	<b>0.536 eV</b>	<b><math>6.3 \times 10^{-6}</math> A</b>	<b>4</b>

The variation in saturation current between the two voltage intervals (0.12 V-0.6 V and 0.7 V-1 V) can be attributed to differences in carrier injection efficiency and interface properties. A lower saturation current at lower voltages suggests a narrower energy barrier at the metal-semiconductor interface, facilitating enhanced carrier injection. Conversely, the higher saturation current at higher voltages indicates a wider energy barrier, limiting carrier injection. The determination of barrier heights at room temperature (300 K) provides insights into the energy barrier encountered by charge carriers at the metal-semiconductor interface. The observed barrier heights of 0.466 eV and 0.536 eV correspond to the saturation currents of  $0.959 \times 10^{-6}$  A and  $6.3 \times 10^{-6}$  A respectively. These values reflect the metal-semiconductor characteristics of the Au/n-GaAs junction, indicating differences in interface properties and carrier transport mechanisms. The analysis of ideality factors reveals deviations from ideal diode behavior and suggests the presence of recombination mechanisms and non-idealities in the junction. The observed ideality factors of 4.5 and 4 for different voltage intervals indicate varying levels of recombination and non-ideal behavior, influencing device performance and efficiency. The evaluation of shunt resistance (1.02  $\Omega$ ) and series resistance (18  $\Omega$ ) provides insights into factors affecting device functionality, such as leakage current and voltage drop across the junction. These resistances play a crucial role in determining the overall performance and efficiency of Au/n-GaAs-based devices. The obtained results offer valuable insights into the electrical characteristics of Au/n-GaAs junctions, including saturation current, barrier height, ideality factor, and resistance. These parameters provide a comprehensive understanding of junction behavior and inform device design and optimization strategies. The precise control of barrier heights, saturation currents, and resistance parameters enables the development of optimized Au/n-GaAs-based semiconductor devices for various applications, including photovoltaics, photodetectors, and high-frequency electronic devices. The tailored electrical properties of Au/n-GaAs junctions offer opportunities for enhancing device performance and functionality in these applications.

## TlInSe<sub>2</sub> MONOKRİSTALININ ELEKTRİKKEÇİRİCİLİYİNİN ANOMALİYASI

**Cəfərova S.Ş., Həsənova L.H.**

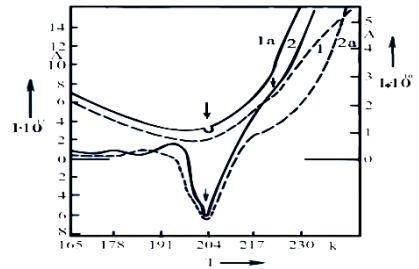
*Bakı Dövlət Universiteti*  
*sitareceferoval@gmail.com*

TlInSe<sub>2</sub> kristalı iynəvari quruluşa malik olan kiçik ölçülü yarımkəçirici birləşmələr qrupuna aiddir. Son illər bu materiallara marağın artması  $A^I B^{III} C_2^{VI}$  qrupuna daxil olan bütün maddələrin layvarı və iynəvari quruluşları ilə əlaqədar güclü anizotropiyaya malik olmasıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu tip maddələr və onların əsasında alınmış bərk məhlullar geniş optik diapozonda yüksək fətohəsaslığa malikdir.

TlInSe<sub>2</sub> (fəza simmetriya qrupu 14/mcm) tetraqonal qəfəsə malikdir.[1,2] Kristal quruluşda Tl və In atomları iki bir-birindən asılı vəziyyət tutur və uyğun olaraq müxtəlif koordinat ədədinə malik olurlar: Tl<sup>+</sup> ionları halkogen atomlarının oktaedrik, In<sup>+</sup> ionu isə tetraedrik əhatəsində yerləşir.

Elektrikkeçiriciliyin temperatur asılılıqlarını tədqiq etmək üçün monolit TlInSe<sub>2</sub> kristalından ülgüclə lazımı ölçülərdə nümunələr kəsilərək onlara gümüş pastasından omik kontakt vurulur. TlInSe<sub>2</sub> monokristalının elektrikkeçiriciliyi 100-700 K temperatur intervalında tədqiq edilmiş, "C" oxu istiqamətdə və ona perpendikulyar istiqamətdə qadağan olunmuş zolağın eni uyğun olaraq 1,12 eV və 1,15 eV, keçiriciliyin anizotropiyası isə  $\sim 10^2$  tərtibində olmuşdur. Elektrikkeçiriciliyin temperatur asılılığından həmçinin iki lokal səviyyənin olduğu müəyyən olunmuş və onların dərinlikləri üçün 0,20 eV və 0,35 eV qiymətləri tapılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, T<200K oblastında elektrikkeçiriciliyin temperatur asılılığında anomaliya görünür. Bu halda elektrikkeçiricilik belə ölçülmüşdür: kristal 130 K temperatura qədər soyudulur, sonra E elektrik sahəsi tətbiq edilərək sabit sürətlə qızdırılır və signal qeyd olunur. (Şəkil1)

Şəkildən görünür ki, 220 K temperaturda minimum müşahidə olunur. Bu asılılıq TlInSe<sub>2</sub> birləşməsinin daxil olduğu qrupun digər birləşmələrində fəza keçidi ilə izah olunur [3]. Göstərilən işdə zolaq modeli çərçivəsində elektrikkeçiriciliyin anomaliyası fəza keçidi nəticəsində aşqar səviyyələrinin enerjisinin dəyişməsi və güclü elektron-foton qarşılıqlı təsiri nəticəsində müşahidə olunması ilə izah olunur.



**Şək.1.** TlInSe<sub>2</sub> monokristalında elektrikkeçiriciliyin temperatur asılılığı.

### Ədəbiyyat

1. Müller D., Poltmann E. Und Hahn H. Zur structur ternarer chalkogenide des thalliums mit aluminium, gallium und indium.- Z. Naturforsch, 1979, v29, p.117.
2. Гашым-заде Ф.М., Оруджев Г.С. Расчет энергетического спектра электронов тройных нолуировод никовых соединекий со структурой селенида-таллие. Доке. АН. Аз. ССР, 1980, Т.36, N12, С.18-21.
3. Герзанич Е.Н., Фридкин В.М. Сегнетоэлектрики тина  $A^V B^{VI} C^{VII}$ , М. Наука, 1982,-227 с.

## MAGNETIZATION OF DILUTED MAGNETIC SEMICONDUCTOR SUPERLATTICES

**Figarova S.R., Mahmudov M.M., Damirov R.Y.**

*Baku State University*  
*ragibdamirov@bsu.edu.az*

The possibility to create thin films, superlattices and heterostructures of diluted magnetic semiconductors using molecular beam epitaxy in combination with the appearance of new properties of these materials makes low-dimension diluted magnetic semiconductors are very important from the point of view of both basic research and applied sciences. In the  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  and  $Hg_{1-x}Mn_xTe$  compounds, the exchange interaction between conduction electrons and  $3d^5$  electrons of impurity  $Mn$  is carried out in the mean-field approximation. For electrons in a given external magnetic field and for a given state of magnetic ions systems, in the case where the electron wave function is sufficiently delocalized and the influence of electrons on each of the magnetic ions can be neglected, the Hamiltonian has the form:

$$H = H_0 + H_B + H_C + H_{ex}, \quad (1)$$

where  $H_0$  is the Hamiltonian of the electron in an ideal crystal, the term  $H_B$  describes the influence of the magnetic field on the electron's state this is responsible for Landau quantization and spin splitting,  $H_C$  describes the Coulomb interaction of carriers with impurities, and the term  $H_{ex}$  corresponds to the exchange interaction between carriers and ions. This exchange interaction is represented in the Heisenberg form:

$$H_{ex} = -\sum J(\vec{r} - R_i)S_i\sigma, \quad (2)$$

$i$  is the number of the magnetic ion. When the magnetic field is directed along  $z$ , then in  $H_{ex}$ , all manganese spin operators are replaced by their mean values, and for the conduction band, we have:

$$\langle \psi_c | H_{ex} | \psi_c \rangle = \begin{vmatrix} 3A0 \\ 03A \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Here

$$A = -\frac{1}{6}N_0\alpha\langle |S_z| \rangle x, \quad (4)$$

where  $N_0$  is the number of cells per unit volume, and  $J$  is the exchange integral. Solving the Schrödinger equation with such a Hamiltonian (1) taking into account (3), for the energy spectrum of diluted magnetic semiconductor superlattices, obtain one:

$$\varepsilon = \hbar\omega \left( n + \frac{1}{2} \right) \pm \frac{1}{2}g\mu_B B \mp \frac{5}{2}\alpha x f(B, T), \quad (5)$$

here  $\omega = eB/m$ ,  $n$  is quantum number,  $\mu_B$  is the Bohr magneton,  $x$  is the molar concentration of manganese, and  $g$  is a factor determined from the energy spectrum, where  $f(B, T) = 2B_{5/2}(g_{Mn}\mu_B B/k_0T)/5$ ,  $B_{5/2}(g_{Mn}\mu_B B/k_0T)$  is the Brillouin function.

The magnetization  $M$ , using the Gibbs method and based on the grand thermodynamic potential  $-\Omega$ , is determined by the formula:

$$M = -\frac{1}{S} \left( \frac{\partial \Omega}{\partial B} \right)_{\mu}. \quad (6)$$

Using the energy spectrum (5), for the magnetization (6), obtain one:

$$M = \frac{5}{2} N \frac{(\mu_B g M n)^2 B}{k_0 T} + \frac{\mu_B g_{eff}}{2} t h \left( \frac{\mu_B g^* B}{k_0 T} \right), \quad (7)$$

where  $g_{eff} = g^* - 5\alpha x N / 2\mu_B B$ .

From (7) expression it is follow that in a strong magnetic field and at low temperatures, with increasing magnetic field, the magnetization increases and then reaches saturation because of the alignment of the electron spins and magnetic impurities one line up along in the averaged external magnetic field and the exchange field of the magnetic ion. In a relatively weak magnetic field, magnetization increases linearly and at a certain magnetic field, depending on the exchange interaction constant and impurity concentration, changes it sign.

## **GeSe:Nd LAYLI MONOKRİSTALINDA EKSİTON EFFEKTİ**

**Daşdəmirov A.O., Ələkbərov A.S.**

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti*

*aydin60@inbox.ru*

Laylı kristalları fərqləndirən əsas xüsusiyyətlərdən biri layın səthində atomlar arasında kovalent-ion rəbitənin olduğu halda, laylar arasında zəif molekulyar–Van der-Vaals rəbitəsinin mövcudluğuudur [1]. Bu cəhət həmin tip kristalların bir çox fiziki xassələrində güclü anizotropluğu yaranmasına səbəb olur. Kimyəvi rəbitənin istiqamətdən asılı olaraq bu cür paylanması matrisa atomları ilə müqayisədə daha böyük ( 15%-dən artıq) radiusa malik atomların və ya atom komplekslərinin laylar arasına interkalyasiya etməsinə şərait yaradır.

Keçən əsrin 70-ci illərindən başlayaraq materiallar texnologiyasının sürətli inkişafı yüksək təmizlik dərəcəsinə malik nadir torpaq metallarının (NTM) sənaye üsulu ilə istehsana imkan yaratdı. NTM isə çox geniş tətbiq imkanlarına malik olduğundan onlardan maqnitə-, kvant elektronikasında daha çox istifadə olunur.

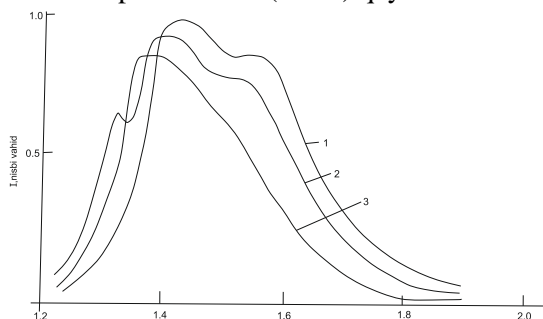
Otuz ildən artıq bir müddətdə nanoelektronikanın inkişafı göstərdi ki, NTM-nin digər mühüm xüsusiyyəti onların kristallarda, xüsusilə laylı kristallarda mürəkkəb quruluşa malik atom klasterləri–komplekslər yaratmaq keyfiyyətidir [2]. Onların bu keyfiyyəti nəticəsində, sintez prosesində matrisaya nüfuz etmiş kənar atomlar (xüsusilə, halkogenlər) mürəkkəb komplekslər yaratmatla kristalın yüksək təmizlik dərəcəsinə təmin etmiş olur.

Yuxarıda qeyd olunan fikirləri Nd atomları ilə aşqarlanmış GeSe laylı monokristalı üçün də demək olar. Qeyd etmək lazımdır ki, GeSe ortorombik sinqoniyada kristallaşmış spektrin yaxın infraqırmızı oblastında fətohəssas, otaq temperaturunda qadağan olunmuş zonasının eni 1,29 eV olan yarımkeçirici məddir [3].

GeSe:Nd laylı monokristalının geniş temperatur intervalında (80K–300K) tədqiq edilmiş fətokeçiricilik (FK) spektrindən görünür ki, kristalın məxsusi udulmaya aid olan maksimumu ilə yanaşı əlavə maksimum qeydə alınmışdır.



Müxtəlif temperaturlarda alınmış FK spektrlərinin müqayisəsindən görünür ki, həmin maksimum orta temperaturlarda (200K) qeydə alınır.



GeSe:Nd laylı monokristalının fotokeçiricilik spektri.  
1-80K; 2-200K; 3-300K.

Tərəfimizdən aparılan müqayisəli təhlillər göstərir ki, laylı kristallara, o cümlədən GeSe laylı monokristalına interkalyasiya etmiş Nd atomları aşqar-eksiton kompleksi yaratmaq xassəsinə malikdir [4]. Temperaturun müəyyən qiymətində, kompleksin parçalanması ilə generasiya olunan eksitonlar kristalda miqrasiya edir. Eksitonların kation vakansiyaları ilə toqquşmaqla disossasiya olunması nəticəsində yaranan elektron və deşiklər FK spektrində əlavə maksimum yaradır.

GeSe laylı monokristalında yaranan eksiton fotokeçiriciliyi temperaturdan, NTM növündən və konsentrasiyasından asılıdır.

#### **Ədəbiyyat**

1. Абдуллаев Н.А.. ФТП. **48**, (4) 623 (2006).
2. Pomrenke G.S., P.B.Klein, D.W.Lander. *Rare Earth Doped Semiconductors*. MRS Symposium. Pittsburg, USA, 1993.
3. Тагай.В.А., Бондаренко В.Н., Красико А.Н., Блецкан Д.И., Шека В.И.. ФТП. **18**, (3) 1433 (1976).
4. Мадатов Р.С., Алекперов А.С., Гасанов О.М.. Прикладная спектроскопия. Минск. **14**, (1) 154 (2017).

### **FORMATION OF SOLID SOLUTIONS OF CuIn<sub>5</sub>S<sub>8</sub> TRIPLE COMPOUNDS**

**G.E. Dashdamirova, C.İ.İsmayilov\***

Azerbaijan Science and Education Ministry, Physics Institute,  
*uli200909@rambler.ru*

Research conducted in recent years is also related to the properties of multi-layer compounds. The study of these features is of great importance in terms of creating modern devices, i.e. photoconverters, optical irradiators. Thus, the creation of these devices is directly related to heterojunctions of different bases. Therefore, the selection of these types of compounds is important [1].

[2] - it was determined by the researchers that the kinetic parameters for the crystallization of the synthesized nano-thick amorphous layers obey Avrami-Kolmogorov analytics.

The processes of crystallization of amorphous CuIn<sub>5</sub>Te<sub>8</sub> films obtained under ordinary conditions and under conditions of exposure to an external electric field with a voltage of 500 V • cm<sup>-1</sup> were investigated by electronographic structural analysis. The isothermal curves of phase transitions are constructed and the kinetic parameters of phase transformations are determined: the dimensions of crystal growth and the values of activation energies are established. It is shown that during the crystallization of amorphous CuIn<sub>5</sub>Te<sub>8</sub> films, the rate of nucleation and their further growth follow the Arrhenius relations [3].

As a result of the conducted studies, the acquisition of the superstructure layer is related to various factors. As these factors, it is necessary to mention the nature of the bases, thermal treatments and additives. By introducing the Sn element in different percentages into the nanoscale monocrystalline layers, the perfection of the structure is obtained due to the decrease in temperature. In addition, the lattice constants of solid solutions, subject to Vegard's laws, directly depend on the concentration of additives. It increases linearly with increasing concentration.

## References

1. Bondar I.B., et.al. Poverxnostno-barern;e struktur; osnove monokristallov tverdoqo-rastvoree (FeIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>)<sub>0.5</sub>\*(CuIn<sub>5</sub>S<sub>8</sub>)<sub>0.5</sub>//. Dokladi BQUIR 2017. P.40-45. (In Russian)
2. Dashdamirova G.E., et.al. Fazoobraznie I kinetika kristallizacii amorfniq plenok CuIn<sub>5</sub>S<sub>8</sub>//. FTP, 2022, V.56(3), P.297-301. (In Russian)
3. Dashdamirova G.E.. Electronographic study of temperature and time dependences of crystallization of nanothick amorphous films CuIn<sub>5</sub>Te<sub>8</sub>, sublimed in ordinary conditions and in conditions influence of external electric field//. FTP, 2022, V.56(10), P.943-947. (In Russian)

## İKİÖLÇÜLÜ ENERJİ QURULUŞLU ŞOTTKI KEÇİDİNDƏ CƏRƏYAN

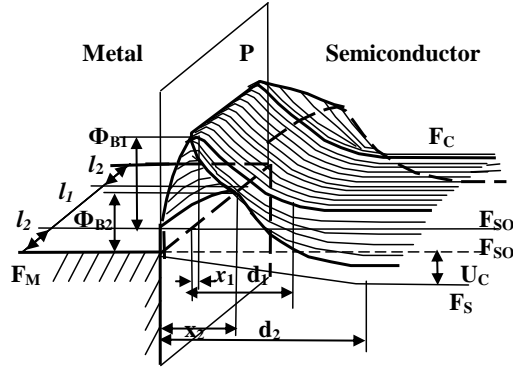
**Şikarova N.V., Məmmədov R.Q.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*shikarova2205@gmail.com*

Düzləndirici metal-yarımkeçirici keçidlər (MYK) elektron qurğularının əsas fiziki elementlərindən biridir və praktikada geniş istifadə olunur. İdeal MYK, yəni qeyri-məhdud biqçins kontakt səthinə malik keçidlərin düzləndirici xassəyə malik olmasının Şottki modeli ilə müəyyən edilmişdir [1]. Belə ki, metalın  $\Phi_M$  çıxış işi n-tip yarımkeçiricininin  $\Phi_S$  çıxış işindən böyük olarsa MYK düzləndirici (Şottki diodu), bərabər və kiçik olarsa omik olar. Yarımkeçirici cihaz kimi istifadə olunan real Şottki diodlarının (ŞD) kontakt səthi qeyri-bircins və məhdud olur. Kontakt səthinin məhdudluğu hesabına əlavə elektrik sahəsi (ƏES) yaranır və o kontaktın periferiyası boyunca yayılır [2]. Real ŞD-lər sxematik olaraq şəkl.1-də göstərilən

ikiölçülü energetik quruluşu malik olur.

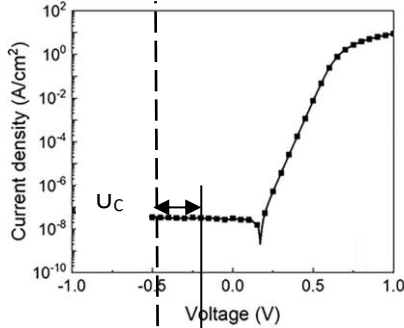


Şəx. 1. Real ŞD-nin sxematik ikiölçülü energetik quruluşu .

ŞD-nin ikiölçülü energetik strukturuna əsasən düz və əks istiqamətlərdə VAX düsturları ƏES-in yaratdığı  $U_C$  gərginliyinin təsiri hesabına iki hissədən – kontakt səthinin daxili və kənar hissələrindən keçən  $I_1$  və  $I_2$  cərəyanların cəmindən ibarət olub, aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

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

Təqdim olunan məruzədə yüksəkamperli Au-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ŞD-də düz və əks istiqamətlərdə cərəyan axınınin əs-nin təsirinin xüsusiyyətləri şərh olunur [2].



Şəx. 2. Au-nGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ŞD düz və əks istiqamətlərdə VAX-1.

Aparılan tədqiqat nəticəsində əldə edilmişdir ki, Au-nGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ŞD-lər iki potensial çəpərli enerji quruluşu ilə təsvir olunur.

### Ədəbiyyat

1. Мамедов Р.К. Контакты металл – полупроводник с электрическим полем пятен. Баку, БГУ, 2003, 231 с.
2. Jiancheng Yang, Minghan Xian, Vertical geometry Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> field-plated Schottky rectifier arrays, Appl. Phys. Lett. 114 (2019) 232106

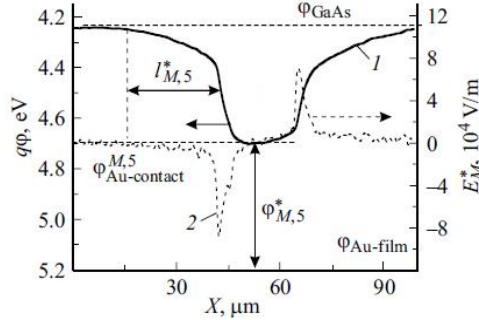
## ŞOTTKI KEÇİDLƏRİNDƏ İKİ POTENSIAL ÇƏPƏRLİ ENERGETİK QURULUŞUN FORMALAŞMASI

**Sultanova G.R., Məmmədov R.Q.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

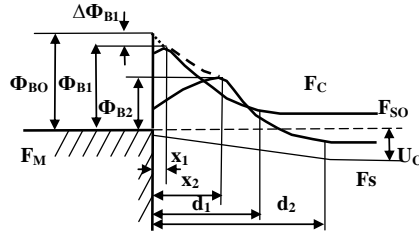
*gunelayvaz@gmail.com*

Son illər müxtəlif təbiətli metal və yarımqeçirici materiallar əsasında düzləndirici xassəyə malik metal - yarımqeçirici keçidlərin (MYK) hazırlanmasına və onların elektrofiziki xassələrinin tədqiqinə böyük maraq göstərilir. Müəyən edilmişdir ki, müxtəlif çıxış işlərinə malik təmas materiallarının sərhəd səthlərinin məhdudluğu hesabına keçiddə əlavə elektrik sahəsi (ƏES) yaranır [1]. Bu elektrik sahəsi həm keçidi əhatə edən yarımqeçiricinin və metalın sərbəst səthlərinin potensialının (çıkış işlərinin) dəyişməsinə səbəb olur, həm də yarımqeçiricinin səthaltı hissəsində potensial çəpərin formalaşmasında iştirak edir [2]. Metal – GaAs əsaslı Şottki keçidlərində ƏES-nin təsiri daha bariz formada özünü göstərir.



**Şəkil 1.** Au-nGaAs keçidlərinin səthi boyunca səth potensialının dəyişməsi.

Şottki keçidinin planar səthinin və onunla təmasa gətirilmiş eni 20 mkm olan Au metal nazik təbəqənin təmas və sərbəst səthlərinin Atom Qüvvə Mikroskopik tədqiqi nəticəsində alınan potensial təsvir şəkil 1-də göstərilmişdir. Buradan görünür ki, Au təbəqənin ətrafında yaranan eni 25 mkm olan keçid zolağı boyunca səth potensialı Au və GaAs –nin çıxış işlərinin fərqi qədər dəyişir. Bu potensial dəyişməsi təmas səthinin potensial çəpərinin  $\Phi_B$  hündürlüyü ilə yarımqeçirici və metalın sərbəst səthlərinin  $\Phi_Y$  və  $\Phi_M$  çıxış işlərinin fərqi hesabına yaranan ƏES-nin  $U_C$  potensial düşgüsünə bərabər olur.. 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.Şəkil 2-dən görünür ki, metal – GaAs əsaslı Şottki diodunun potensial çəpərinin  $\Phi_{B1}$  və  $\Phi_{B2}$  maksimum hündürlükləri müxtəlif  $x_1$  və  $x_2$  məsafələrdə yerləşirlər.



Şəkil 2. Metal – GaAs əsaslı Şottki diodunun iki potensial çəpərli energetik quruluşu.

### Ədəbiyyat

1. Мамедов Р.К. Контакты металл – полупроводник с электрическим полем пятен. Баку, БГУ, 2003, 231 с.
2. Мамедов Р.К., Асланова А.Р. Двухмерная энергетическая структура диодов Шоттки с дополнительным электрическим полем. Вестник БГУ, сер.физ.мат.наук, 2023, в.3, с.87-96.

## Cu<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> NAZİK TƏBƏQƏSİ ƏSASINDA FOTOKATALİZATORUN SUYUN ELEKTROLİTİK PARÇALANMASINDA İSTİFADƏSİ

**Məmmədova S.E., Hüseynov Ə.H.**

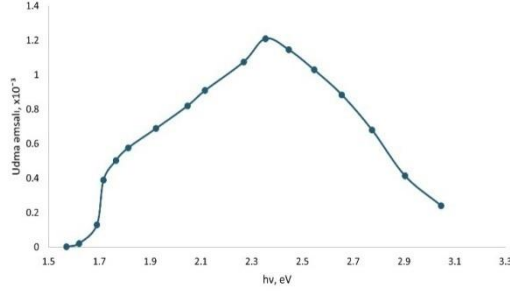
*Bakı Dövlət Universiteti*

*memmedovasemafizika@gmail.com*

Nisbətən yeni yarımkeçirici materiallar sinfinə daxil olan yarımkeçirici birləşmələrə I, III və VI qrup elementləri əsasında sintez olunmuş maddələr aiddir. Bu maddələrin fiziki xassələrinin tədqiqi göstərdi ki, kristallar yüksək fotonəssaslıq və intensiv lüminessensiya nümayiş etdirirlər. Həqiqətən də A<sup>1</sup>B<sup>III</sup>C<sup>VI</sup><sub>2</sub> və A<sup>1</sup>B<sup>III</sup>C<sup>VI</sup><sub>8</sub> tipli birləşmələrin kristallarında belə effektlər geniş tədqiqi edildi və optoelektronikada və fotonikada onlar tətbiq olundular [1,2].

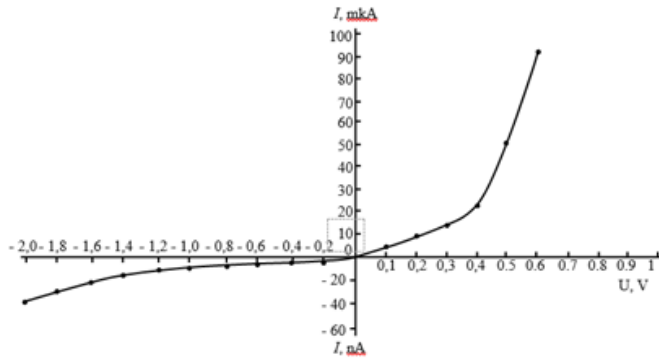
Bu tip birləşmələrin nümayəndəsi olan Cu<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> kristalının fiziki xassələrinin tədqiqindən məlum olmuşdur ki, onun fotoelektrik xassəsində ki, xüsusiyətləri praktiki cəhətdən böyük maraq kəsb edir. Kristal otaq temperaturunda yüksək fotonəssaslığa malikdir və həssaslıq oblastı elektromaqnit dalğalarının görünən və İQ oblastlarının geniş intervalını əhatə edir. Kristalın qadağan olunmuş zonasının 1.7 eV olduğunu nəzərə alaraq birləşmənin nazik təbəqəsi əsasında fotokatalizator hazırlanması və onun suyun parçalanması reaksiyasında istifadə olunması məqsədi qarşıya qoyulmuşdur. Bu məqsədə nail olmaq üçün sintez olunmuş Cu<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> birləşməsinin vakuumda sürətli termik buxarlandırılması üsulu ilə nazik təbəqəsinin alınması texnologiyası işlənmişdir. Təmiz şüşə üzərindəki təbəqənin udma əmsalının spektri şəkil 1-də təsvir olunmuşdur. Spektr fotonun 1.6...3.1 eV enerji intervalını əhatə edir. Nazik təbəqənin məxsusi udma oblastı geniş olmaqla 2.4 eV enerjide maksimal qiymətə malikdir. Alınmış spektr nazik təbəqənin kimyəvi tərkibinin buxarlandırılan birləşmənin stexiometrik tərkibi ilə uyğun olmasının göstəricisidir. İ<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ Cu<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> nazik təbəqəli quruluşun VAX-1 şəkil 2-də təsvir

olunmuşdur. Xarakteristika diod quruluşun xarakteristikasıdır və 0.4 V gərginlikdə  $10^4$  tərtibində düzlənməyə malikdir. Nazik təbəqəli bu tandem quruluş əsasında hazırlanmış fotokatalizatorlu elektrod suyun parçalanması reaksiyası ilə  $H_2$  alınmasında tətbiq olunmuşdur. Elektrolizin 3 saat müddətində ayrılmış hidrogenin miqdarı 6 mq təşkil etmişdir.



**Şək.1.**  $Cu_3Ga_5Se_9$  nazik təbəqəsinin udma əmsalının spektri.

Reaksiyada sərf olunan enerjini nəzərə almaqla effektivliyin 3.6%- təşkil etdiyini müəyyən edilmişdir.



**Şək. 2.**  $In_2O_3/Cu_3Ga_5Se_9$  nazik təbəqəli quruluşun VAX-sı

### Ədəbiyyat

1. Sathiabama Thiru, Miki Fujita, Atsushi Kawaharazuka, Yoshiji Horikoshi. The Malaysia-Japan Model on Technology Partnership Conference paper, 01 January 2014, pp 265–270.
2. Kannan Ramanathan, Miguel A. Contreras, Craig L. Perkins, et all. Progress in Photovoltaic, 2003 Volume11, Issue4, pp. 225-230.

**DEGENERATE FOUR-WAVE MIXING IN OPTICAL FIBER. EFFECTS OF SELF-MODULATION AND CROSS-MODULATION**

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

*Baku State University,  
jamilya.abbaszade@mail.ru*

In the last paper, we talked about the degeneration of the four-wave mixing (FWM) model in the optical fiber. Now we will talk about the amplification at four waves mixing and about the graphically behavior of amplification in this situation. We solve well-known corresponding system of shorted equations in the constant intensity approximation. We using the boundary conditions for partially degenerate four-wave mixing FWM:

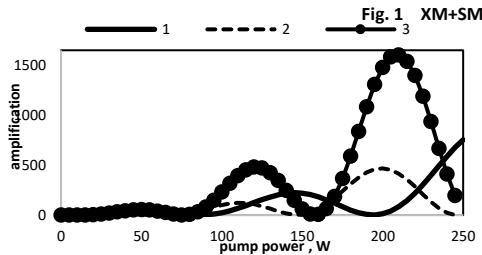
$$A_p(z=0) = A_{p0}, A_i(z=0) = A_{i0}, A_s(z=0) = A_{s0}. \tag{1}$$

Here  $z=0$  corresponds to the entrance to the fiber,  $A_{p0,i0,s0}$  are the initial amplitudes of the pump, idler and signal waves at the entrance to the fiber. [3]

Using the shortened equations for the selected FWM model we can investigate the self-modulation and cross-modulation effects. By varying the input intensities of the strong pump wave, the idler wave, and the signal wave, it is possible to change the phase shifts through the effects of self-interaction and cross-interaction. This means that it is possible to control the phase relationship between the interacting waves, which will make it possible to regulate the efficiency of conversion into a signal wave during four-wave mixing. Thus, it is possible to analyze and calculate the coherent interaction length at which maximum conversion into a signal wave occurs during FWM [4-5]. The gain of a signal wave, as is known, is defined as the ratio of the output intensity of an electromagnetic wave at a given frequency to its input value. In our case of a signal wave, we obtain the following expression for the gain using the formula for the intensity of the signal wave.

$$I_s(z) = I_{s0} \cdot \left\{ \cos^2 \lambda'z + \left[ \left( b - \frac{\Delta + \Delta_{SM} + \Delta_{XM}}{2} \right) \frac{\sin \lambda'z}{\lambda'} \right]^2 \right\} \tag{2}$$

To graphically plot of the obtained dependences of the conversion efficiency and gain on various parameters of the problem we used the real experiments (medium length, pump intensity, idler wave intensity), it is necessary to create a program for computer calculation and get the Figure 1 [1-2].



**Fig. 1.** Amplification coefficient as a function of pump power while considering the impacts of SM and XM at the same time.

## 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 waves mixing in optical fiber. Journal of Russian Laser Research, 2022, 43(2), 186-192.

## SPIN SUSCEPTIBILITY OF TWO-DIMENSIONAL ELECTRON GAS

**Ismayilov T.H., Aslanli A. F.**

*Baku State University, Baku, Azerbaijan  
aslanliaysel90@gmail.com*

One of the most current areas in solid state physics for more than thirty years has been the study of low-dimensional systems of semiconductor electronic systems. One of the main features is that their energy spectrum is largely determined by size quantization associated with the restriction of the movement of carriers in space.

We have calculated the temperature dependence of the static spin susceptibility for two-dimensional electronic system with nonparabolic dispersion law. It is obtained the analytical expression for the spin susceptibility depending on the bandgap  $E_g$  of the bulk semiconductor. The two, parabolic ( $E_g \rightarrow \infty$ ) and strong nonparabolic ( $E_g \rightarrow 0$ ), limit cases are considered. In the first case the spin susceptibility up to room temperature. In the second case, for temperatures up to room temperature, there is a slight temperature dependence.

## YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ YÜKDAŞIYICILARIN KONSENTRASIYALARININ RƏQS AMPLİTUDU

**Həsənov E.R., Əliyev, S.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
senan.aliyev.r@gmail.com*

Rəqs proseslərinin öyrənilməsi fizika və texnologiyanın müxtəlif sahələri üçün vacibdir. Radiotexnika və optikada elektromaqnit rəqsləri, səs və ultrasəs rəqsləri, bütün bu proseslər riyazi fizikanın üsulları ilə bir ümumi rəqs doktrinasında birləşdirilir. Qeyd etmək lazımdır ki, elm və texnikanın inkişafı ilə rəqslərin öyrənilməsi sürətlə artır. Laqranjın əsərlərində artıq formalaşmış kiçik rəqslər nəzəriyyəsi var. Daha da inkişaf edərək, xətti rəqslər nəzəriyyəsinin adını aldı,



yəni, zamanın məlum funksiyaları olan həm bircins, həm də sərbəst əmsallı sabit xətti diferensial tənliklərlə xarakterizə edilən rəqslər.

Yarımkəçiricidəki bəzi aşqarlar, məsələn, germaniumdakı qızıl atomları, bir neçə yüklü vəziyyətdə ola bilən mərkəzlər yaradır (tək, ikiqat və s. müsbət və ya mənfi yüklü). Səviyyələrin valentlik zolağından məsafəsindən asılı olaraq onlara dərin tələlər deyilir. Bu dərin tələlər yük vəziyyətlərindən asılı olaraq elektronları və ya deşikləri tutmağa qadirdir. Bu tutma nəticəsində keçiricilik zolağında elektronların konsentrasiyası və valentlik zolağında deşiklərin konsentrasiyası dəyişir.

Dərin tələlər müxtəlif eksperimental şəraitdə az və ya çox aktivdir. Təcrübədə [1] aktiv tələlər germaniumda tək və ikiqat mənfi yüklü qızıl mərkəzlər idi. Elektrik sahəsinin mövcudluğunda elektronlar (eləcə də deşiklər) elektrik sahəsindən  $eE_0l$  nizamlı bir enerji alır, ( $e$  müsbət yüküdür,  $E_0$  elektrik sahəsinin qiymətidir,  $l$  orta sərbəstdir. elektronun yolu).

[1,2] işlərində yuxarıda göstərilən yarımkəçiricilərdə rəqslərin xətti nəzəriyyəsi qurulmuşdur. [2]-dəki tənliklər sistemindən istifadə edərək  $n_-, n_+, E, N$  kəmiyyətlərindən biri üçün qeyri-xətti tənlik əldə etdik.

Yuxarıda qeyd olunan yarımkəçiricinin rəqs tezliyi hesablanmışdır

$$w = w_0 \left( 1 + \frac{5w_0 \epsilon a}{8v_1} + \frac{21w_0 a^4}{8v_1} + \frac{15w_0 \epsilon a^6}{128v_1} \right)$$

İfadədən aydın olur ki, birinci yaxınlaşmada rəqs tezliyi sıfır yaxınlaşmada olduğundan daha böyükdür.

$$w_0 > \frac{v_1 v_+}{v_-} \left( \frac{2}{3} \right)^{1/2}$$

Beləliklə, yuxarıda qeyd olunan aşqarlı yarımkəçiricilərdə dinamik rejimdə elektrik sahəsinin rəqsləri, yükdaşıyıcı konsentrasiyaları və nəhayət, cərəyan sıxlığı baş verir. Bu rəqslərin tezliyi, birinci təqribən, ilkin rəqs tezliyindən böyükdür və dinamik rejimdə zamanla artan amplituda sabit dəyəərə meyl edir.

### **Ədəbiyyat**

1. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний, изд. Физико-матем. Литературы, Москва, (1963) 50-75.
2. Hasanov E.R., Hosseyn R.N., Panahov A.Z., Demirel A.I.. Instability in Semiconductors with Deep Traps in the Presence of Strong . Advanced Studies in Theoretical Physics, 5 (2011) 25-30.

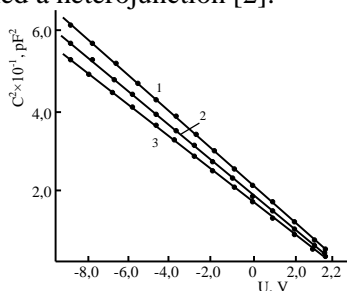
## VOLT-FARAD CHARACTERISTICS OF THE HETEROJUNCTION OBTAINED ON THE BASIS OF TLGASE<sub>2</sub>-TLSE(GE)

<sup>1</sup>Alieva A.Y., <sup>2</sup> Abasova A.Z.

*Baku State University  
aytacle2001@gmail.com*

Obtaining heterojunctions based on TlGaSe<sub>2</sub> and TlSe crystals and accurately analyzing their properties is considered one of the main issues for the development of microelectronics and technology. For this, a TlSe crystal with a similar structure was taken. The photoelectric, electrical and optical properties of these compounds have been worked out separately [1], we need to determine the volt-farad characteristics of the heterojunction created on the basis of these crystals at different temperatures.

A junction or contact structure formed by semiconductors with different band structures is called a heterojunction [2].



**Fig. 1.** Volt-farad characteristics of TlGaSe<sub>2</sub>-TlSe heterojunction at different temperatures (H=50 kHz) 1-300 K; 2-200 K; 3-100 K

Figure 1 shows the VFC (volt-farad characteristic) of a heterojunction at different temperatures. According to the results of the conducted research, it can be noted that the dependence of the heterojunction at a constant frequency (about 50 kHz) and in the applied voltage range of 0-10,  $C^{-2}$  obeys the linear law.

In heterojunctions, the capacitance is directly dependent on the temperature, and decreases as the temperature decreases.

The dependence decreases along the line and intersects the stress axis at different points.

In Figure 1, the value of the height of the potential barrier was calculated based on the value of the potential difference, and this value is 3.5 eV.

### References

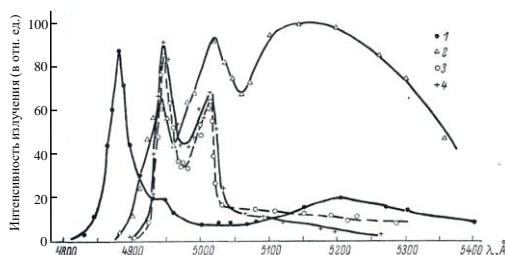
1. Muller V.D., Hahn H., Anorg Z., Allg. Chem. 438, 258 (1978).
2. Milnes A.G, Feutch D.L. Heterojunctions and metal semiconductor junctions, 1972, 407p.

## ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК CdS МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОЙ ПУЛЬВЕРИЗАЦИИ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ПИРОЛИЗОМ

**Ализаде С.С., Салманов В.М.**

*Бакинский государственный университет  
sevincalizadee@mail.ru*

Одним из перспективных методов изготовления тонких пленок CdS является метод химической пульверизации с последующим пиролизом. Этот метод обеспечивает осаждение при умеренных температурах достаточно совершенных пленок на больших площадях, обладающих очень сильной адгезией, большой механической прочностью в сравнении с тонкими пленками, которые были полученными другими методами. Тонкие пленки CdS [1], были получены способом химического осаждения с последующим пиролизом. Методом двухфотонного возбуждения экспериментально исследовались спектры люминесценции и кинетика релаксации фотопроводимости тонких пленок CdS. В качестве источника излучения использовался импульсный Nd:YAG-лазер. Длительность лазерного импульса составляла 10 нс с максимальной мощностью  $\sim 12 \text{ МВт/см}^2$ . На рисунке 1 представлены спектры люминесценции тонких пленок CdS при однофотонном возбуждении ртутной лампой и при двухфотонном возбуждении Nd:YAG лазером при 77 К. Как видно из рисунка, при однофотонном возбуждении спектр люминесценции состоит из голубой полосы, связанное с излучением свободных экситонов ( $\lambda = 4870 \text{ \AA}^0$ ), значительно слабой линией его фононного повторения ( $\lambda_1 = 4940 \text{ \AA}^0$ ) и относительно широкую полосу зеленого излучения. При двухфотонном возбуждении в спектрах наблюдаются только линии  $\lambda_1 = 4940 \text{ \AA}^0$  и  $\lambda_2 = 5020 \text{ \AA}^0$ . По-нашему мнению, положение линий  $\lambda_1 = 4940 \text{ \AA}^0$  и  $\lambda_2 = 5020 \text{ \AA}^0$ , их постоянство при переходе от одного образца к другому, а также значительная ширина линий заставляют полагать, что они связаны с излучением свободного экситона с испусканием соответственно одного и двух продольных оптических фононов [2].



**Рис.1.** Спектры люминесценции тонких пленок CdS: 1- однофотонное возбуждение; двухфотонное возбуждение I,  $\text{В/см}^2 \cdot \text{сек.}$ : 2 –  $8 \cdot 10^{24}$ , 3 –  $5 \cdot 10^{25}$ , 4 –  $1 \cdot 10^{26}$ .

Зависимость неравновесной фотопроводимости от интенсивности лазер-

ного излучения носит квадратичный характер. При интенсивностях  $\sim 2 \cdot 10^{26}$  кв/см<sup>2</sup> · сек, концентрация неравновесных носителей заряда достигает значения  $\sim 10^{17}$  см<sup>-3</sup>.

#### **Литература**

- 1 Батырев А.С., Бисенгалиев Р.А., Шивидов Н.К. Вестник Калмыцкого Университета, **4**(20), 30 (2013).
- 2 Кязым-заде А.Г., Салманов В.М., Джафаров М.А., Салманова А.А., Джафарли Р.С. Вестник Бакинского Государственного Университета, **2**, 126 (2016)

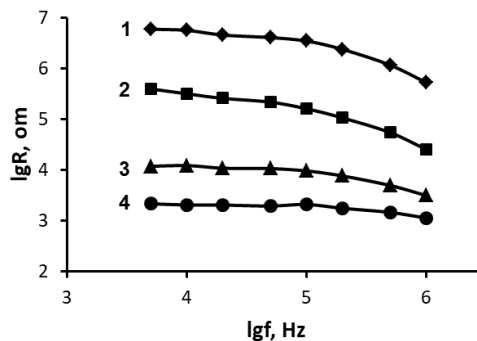
### **FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> BİRLƏŞMƏSİNİN DƏYİŞƏN ELEKTRİK SAHƏSİNDƏ ELEKTRİKKEÇİRİCİLİYİNİN TƏDQIQI**

**Niftiyev N.N., Daşdəmirov A.O., Kərimli F.K.**  
*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti*  
*Fidankarimli303@gmail.com*

Yeni funksional imkanlara malik yarımkəçirici cihazların yaradıla biləcəyi fiziki xassələri olan materialların tədqiqi və hazırlanması aktual məsələdir. Belə vacib xassəli materiallara AB<sub>2</sub>X<sub>4</sub> (burada A - Mn, Fe, Co, Ni; B - Ga, In; X - S, Se, Te) tipli üçlü halkogenid birləşmələrini aid etmək olar. Bu birləşmələrin əsasında lazerlər, işıq modulyatorları, fotodedektorlar, termorezistorlar, düzləndiricilər və s. funksional qurğular yaratmaq perspektivlidir.

Hal-hazırkı işdə AB<sub>2</sub>X<sub>4</sub> birləşmələrinə aid olan FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> - ün dəyişən elektrik sahəsində elektrikkeçiriciliyinin tədqiqi nəticələri verilmişdir. FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsi kristal qəfəs parametrləri a = 10,62 Å olan kubik quruluşa malik olur [1].

Şəkil 1 – də FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalı üçün müxtəlif temperaturlarda müqavimətin (R) tezlikdən asılılıq qrafiki təsvir olunmuşdur.

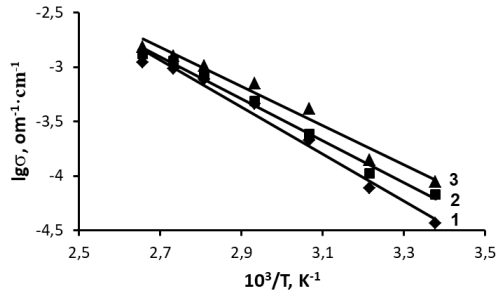


Şəkil 1. Müxtəlif temperaturlarda FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalının müqavimətinin elektrik sahəsinin tezliyindən asılılığı. T,K: 1-293, 2-323, 3-338, 4-363.

Tədqiq olunan temperaturlarda başlanğıcda tezlik artdıqca müqavimətin yavaş azalması müşahidə edilir.  $10^5$ - $10^6$  Hz tezlik intervalında isə müqavimət daha

sürətlə azalır.  $\sigma = \frac{d}{RS}$  ifadəsinə görə tezliyinin artması ilə  $\sigma$  – elektrik keçiriciliyi artır və  $\sigma \sim f^S$  asılılığı baş verir. 293 K və 363K temperaturalarda  $5 \cdot 10^3 \div 10^6$  Hz tezlik intervalında uyğun olaraq  $s = 0,10 \div 1,0$  və  $0,10 \div 0,57$  intervalında dəyişir. FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsində elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılı olaraq dəyişməsi  $\sigma(\omega) \sim \omega^S$ ,  $0,01 \leq S \leq 1,0$  qanunu üzrə baş verərsə, bu zaman keçiricilikdə sıçrayış mexanizminin mövcud olması fərz edilir. Burada  $\omega = 2\pi f$  - dir.

Şəkil 2 - də FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalında tezliklərinin qiyməti  $5 \cdot 10^4$  Hz (1 əyrisi),  $2 \cdot 10^5$  Hz (2 əyrisi) və  $10^6$  Hz (3 əyrisi) olan dəyişən elektrik sahəsində  $\sigma(T)$  asılılıq qrafiki verilmişdir. Tədqiq olunan tezliklərdə  $\lg \sigma \sim 10^3 / T$  asılılığı müxtəlif meyillərə malik düz xətlər verir. Bu düz xətt asılılıqlarından  $\Delta E$  aktivləşmə enerjiləri təyin olunmuşdur.  $5 \cdot 10^4 \div 10^6$  Hz tezliklərində  $\Delta E$ -nin qiyməti  $0,44 \div 0,35$ eV intervalında dəyişir. Aktivləşmə enerjisinin qiymətinin tezlikdən asılı olaraq dəyişməsi onu göstərir ki, elektrikkeçiricilikdə zona - sıçrayış mexanizmi əsas rol oynayır.



Şək. 2.

### Ədəbiyyat

1. Боднар И.В., Павлюковец С.А., В.Ю. Рудь, Ю.В. Рудь. ФТП, 2009, т. 43, в. 11. с. 1553-1556.

## БЕЗОПАСНЫЙ ДЛЯ ГЛАЗ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР

**Гарагезлю Н.И**

*Бакинский Государственный Университет  
nigarqaragozlyu@gmail.com*

При регистрации лазерного сигнала возможно непосредственное воздействие излучения на глаз человека. Как известно, попадающее в глаз излучение, проходя роговицу и хрусталик, фокусируется на сетчатку глаза. Отсюда лазерное излучение собирается в сетчатке глаза. На разных длинах волн лазера поглощенная энергия лазерного излучения отличается [1]. Вредным для глаз является диапазон оптического излучения от видимого до ближнего инфракрасного диапазонов спектра, где лазерное излучение не поглощается роговицей и хрусталиком глаза. В результате все падающее излучение попадает

на сетчатку глаза. Это приводит к нарушению функции сетчатки глаза. Решение данной проблемы возможно путем использования лазеров, работающих в безопасном для глаз интервале длин волн. С этой целью успешно используется неодимовый лазер с длиной волны излучения 1.064 мкм [2]. Благодаря нелинейной оптике, а именно оптической параметрической генерации (ОПГ) в нелинейном кристалле данное излучение ближнего ИК диапазона можно перевести в безопасный для глаз диапазон длин волн излучения. Цель настоящей работы исследование ОПГ в приближении заданной интенсивности, учитывающем изменения фаз взаимодействующих волн [3]. В настоящей работе проведен анализ нелинейного параметрического взаимодействия. В результате исследований было получено аналитическое выражение для комплексной амплитуды сигнальной волны [4], имеющее вид ( $\delta_s = \delta_i + \delta_p$ ):

$$A_s(z) = A_{s0} e^{\sigma z} \cdot \left\{ \operatorname{ch} \lambda_s z + \left[ i \gamma_s \frac{A_{i0}^* A_{p0}}{A_{s0}} - \frac{i \Delta}{2} \right] \frac{\operatorname{sh} \lambda_s z}{\lambda_s} \right\}, \quad (1)$$

$$\text{где } \lambda_s = \sqrt{\Gamma_p^2 - \Gamma_i^2 - \frac{\Delta^2}{4}}, \quad \Gamma_i^2 = \gamma_s \gamma_p I_{i0}, \quad \Gamma_p^2 = \gamma_s \gamma_i I_{p0}.$$

Здесь  $A_s$ ,  $A_i$ ,  $A_p$  - комплексные амплитуды волн, распространяющихся вдоль направления оси  $z$ . Индекс  $s$  относится к сигнальной,  $i$  к холостой, а  $p$  к волне накачки.  $A_{p0}$ ,  $A_{i0}$ ,  $A_{s0}$  - начальные амплитуды волн,  $\Delta$  - волновая расстройка. Коэффициенты нелинейной связи определяются выражениями  $\gamma_i = \frac{4\pi k_i}{n_i^2} d_{eff}$ ,  $\gamma_s = \frac{4\pi k_s}{n_s^2} d_{eff}$  и  $\gamma_p = \frac{2\pi k_p}{n_p^2} d_{eff}$ , где  $k_i$ ,  $k_s$ ,  $k_p$  - волновые векторы волн,  $d_{eff}$  - эффективная нелинейность среды,  $n_{s,p,i}$  - показатели преломления среды

Анализ (1) показывает, что выходной сигнал зависит от многих параметров: интенсивностей взаимодействующих волн, фазовой расстройки, длины нелинейной среды, эффективной нелинейности среды. Следующим этапом исследований будет расчет оптимальных параметров задачи, при которых возможно будет повысить эффективность преобразования лазерного излучения в безопасный для глаз диапазон длин волн спектра. Это позволит снизить риск разрушения структуры глаза при воздействии лазерного излучения.

### Литература

1. Дуденкова В.В., Ширманова М.В., Лукина М.М., Фельдштейн Ф.И., А. Виткин, Загальнова Е.В.. Оценка структуры и состояния коллагена по сигналу генерации второй гармоники. *Успехи биологической химии*. **59**, 181-218 (2019).
2. Liviu Neagu, Constantin Ungureanu, Razvan Dabu, Aurel Stratan, Constantin Fenic, Laurentiu Rusen. Compact eye-safe laser sources based on OPOs with KTP or PPKTP crystals. *Optics & Laser Technology*, **39**(5), 973-979 (2007).
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**, 84-87 (2001).
4. Касумова Р.Дж. Теория квазисинхронной генерации третьей гармоники при двухпроходной схеме преобразования. *ЖПС*, **79**(6), 881-886 (2012).

## İKİ DƏRƏLİ YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ CƏRƏYAN RƏQSLƏRİ

Həsənov E.R., Rzayeva Ü.H.

Bakı Dövlət Universiteti

Ulvyyrzayeva4@gmail.com

[1,2] işlərində çoxdomenli və aşqarlı yarımkeçiricilərdə cərəyan rəqsləri nəzəri cəhətdən tədqiq edilmişdir. Xarici sahələrin təsiri altında keçirici mühitdə vibrasiya hadisələrinin həyəcanlanması çox mühüm elmi maraq kəsb edir. Rəqs vəziyyətdə keçirici mühit özündən enerji çıxarır və enerji mənbəyinə çevrilir. Keçirici mühitin belə qeyri-sabit vəziyyətləri elektromaqnit enerjisini mexaniki enerjiyə çevirmək imkanı yaradır. Bu keçirici mühitlər əsasında hazırlanan qurğular etibarlı və uzun müddət işləyir.

Yük daşıyıcılarının istifadəsi ilə bağlı proseslər (yəni, kinetik təsirlər) böyük nəzəri və praktiki maraq doğurur. Elektrik cərəyanının sıxlığı, elektrik sahəsinin gücü, istilik axını, zamandan asılı olmayaraq, kinetik təsir sabitdir. Cərəyanın stasionar olması üçün yük daşıyıcıları hər hansı qəfəs qeyri-bərabərliyi (atom titrəmələri və kristal qüsurları) ilə dağılmalı və şəbəkəni elektrik sahəsində toplanmış enerji ilə təmin etməlidir. Qeyri-tarazlıq prosesləri əhəmiyyətli dərəcədə yük daşıyıcılarının qəfəs titrəyişləri və ya kristal qüsurları ilə qarşılıqlı təsirdən asılıdır. Bosman tənliyinin həlli güclü sahədə keçirici proseslərinə yeganə nəzəri yanaşmadır. Güclü sahələr üçün Bosman tənliyinin etibarlılığı, əlbəttə ki, əvvəlcədən aydın deyil. Bu məsələ [2]-də tədqiq edilmişdir. Bu işdə Bosman tənliyinin zəif sahələrdə tətbiqindən istifadə edilmişdir. Ümumiyyətlə, Bosman tənliyinin zəif sahələrə nisbətən güclü sahələr üçün daha az uyğun olması üçün heç bir səbəb yoxdur. Xarici qüvvələrin təsiri altında yük daşıyıcılarının vəziyyəti qeyri-tarazdır və buna görə də daşıyıcı paylama funksiyası qeyri-tarazdır və koordinatlardan və dalğa vektorundan asılıdır k  $f(\vec{k}, \vec{r})$ . "a" dərəcə üçün Bosman tənliyini belə yazmaq olar

$$\left(\frac{\partial f^a}{\partial t}\right)_{\text{external}} + \left(\frac{\partial f^a}{\partial t}\right)_{\text{enrtaldomain}} = 0$$

"b" dərəcə üçün Bosman tənliyini formada yazırıq

$$\left(\frac{\partial f^b}{\partial t}\right)_{\text{external}} + \left(\frac{\partial f^b}{\partial t}\right)_{\text{enrtaldomain}} = 0$$

Bosmanın kinetik tənliyindən istifadə GaAs tipli iki domenli yarımkeçiricilərdə cərəyan rəqslərinin (yəni qeyri-sabitliyin) başladığı xarici elektrik sahəsinin kritik qiymətini almağa imkan verir. Xarici maqnit sahəsinin mövcudluğunda zəif maqnit sahəsinin mövcudluğunda kritik elektrik sahəsinin qiyməti dəyişmir. Maqnit sahəsi.

$$H_{1a} < H < H_{1b}$$

intervalında dəyişirsə xarici elektrik sahəsinin müəyyən qiymətlərində qeyri-sabitlik başlayır (yəni cari dalğalanmalar).

### Ədəbiyyat

- 1 Hasanov E.R., Khalilova Sh.G., Mansurova E.O., Tabatabaei N.M., Unstable thermomagnetic waves in anisotropic medium of electronic type of charge carriers, International Journal "Technical and Physical problems of Engineering" (IJTPE) Turkey, March 2020, Issue 42, Vol.12, number1, p.49-52.
- 2.A.Hasaqawa,J.Jamashita,Journ.Phys.Chem.Sol.v.23,1962,p.878

## MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> və MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> MONOKRİSTALLARINDA RAMAN SƏPİLMƏSİ

Əliquliyeva X.V., Rzayeva A.X., Abdullayev N.A.

<sup>1</sup>Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

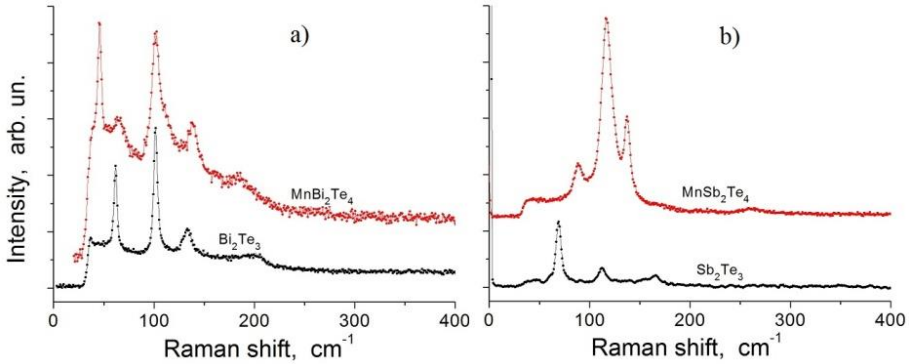
<sup>2</sup>Elm və təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

<sup>3</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

amil.rzyv@gmail.com

MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> və MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşmələrini maqnit topoloji izolyatorlar kimi tanıyırlar. [1-3]. MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> antiferromaqnit topoloji izolyatorundan fərqli olaraq, MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristalları ferromaqnit topoloji izolyatorlarıdır. Bu, Mn-Sb atomlarının kristal qəfəslərində qarşılıqlı mövqe mübadiləsi nəticəsində yaranan çoxlu sayda antisayt defektlərinin olması ilə bağlıdır [4].

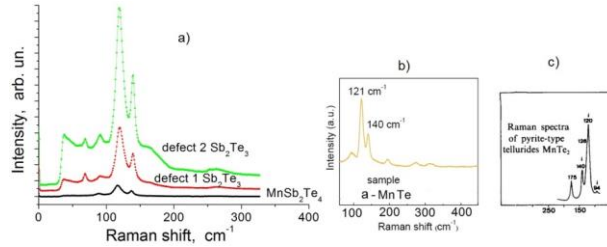
MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> və MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristallarının Raman səpilməsində defektlərin rolu təhlil edildi. Əvvəlcə qeyd etmək istərdik ki, MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristallarında Raman səpilməsi Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> kristallarındakı Raman səpilməsinə çox oxşardır (şəkil 1a). Bu təəccüblü deyil, belə ki, nəzəri hesablamalara görə, MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristallarında Mn atomları Raman aktiv modların rəqslərində iştirak etmirlər [5].



Şək. 1. MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> və Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> (a), MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> və Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> (b) kristallarında Raman səpilməsi

Şəkil 1b-dən görüldüyü kimi, MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristallarında Raman səpilməsi Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> kristallarındakı Raman səpilməsindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Bu, bizim fikrimizcə, defektlərin təsirinin nəticəsidir. Şəkil 2a-da MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristallarının və Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-ün iki fərqli defekt oblastlarının Raman spektrinin eyni olduğu görünür. Bundan başqa, ədəbiyyatda məlumdur ki, MnTe (şəkil 2b) və MnTe<sub>2</sub> (şəkil 2c) birləşmələrinin Raman spektrlərində MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristalları üçün xarakterik olan 120 sm<sup>-1</sup> və 140 sm<sup>-1</sup>-də intensiv xətlər müşahidə olunur. Beləliklə, qeyd edə bilərik ki, MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristalları ilkin olaraq yetişdirilmə (sintez) prosesində çoxlu sayda antisayt defektləri ilə alınır və bu, birinci abzasda qeyd etdiyimiz kimi, onların fiziki xüsusiyyətlərinə təsir göstərir.





Şək. 2. MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristallarının və Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> defekt oblastların (a), MnTe (b) və MnTe<sub>2</sub> (c) Raman spektrləri.

### Ədəbiyyat

1. Aliev Z.S., Amiraslanov I.R., Abdullayev N.A., Mamedov N.T., Babanly M.B., et al., Journal of Alloys and Compounds, **789**, 443 (2019).
2. Otkrov M.M., Aliev Z.S., Amiraslanov I.R., Mamedov N.T., Abdullayev N.A., Zverev V.N., Chulkov E.V. et al., Nature **576**, 416 (2019).
3. T. Murakami, Y. Nambu, T. Koretsune, G. Xiangyu, T. Yamamoto,
4. C. M. Brown, and H. Kageyama, Phys. Rev. B, **100**, 195103 (2019). 4. S. Wimmer, J. Sánchez-Barriga, P. Küppers, A. Ney, E. Schierle, F. Freyse, O. Caha, J. Michalíčka, M. Liebmann et al., Advanced Materials, **33** (42), 2102935 (2021).
5. Abdullayev N.A., Amiraslanov I.R., Aliev Z.S., Jahangirli Z.A., Otkrov M.M., Zverev V.N., Mamedov N.T., Chulkov et E.V. al., JETP Letters, **115** (12), 749 (2022).

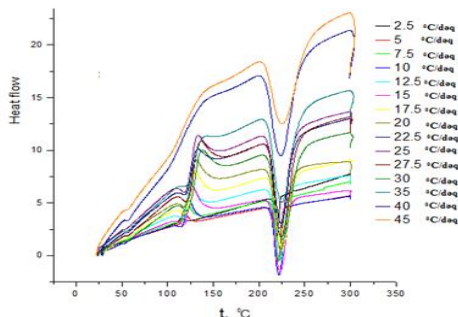
## Sb-Se XALKOGENİD ŞÜŞƏVARI SİSTEMİNDƏ ŞÜŞƏYƏ KEÇİD VƏ KRİSTALLAŞMA PROSESLƏRİNİN TƏDQIQI

Mehdiyeva S.İ., Ələkbərov R.İ., Sadıxlı R.F.

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil nazirliyi, Fizika İnstitutu  
ramida\_sadikhli@mail.ru

Son illər aparılan intensiv elmi araşdırmalar göstərir ki, xalkogenid şüşələr infraqırmızı linzalarda, optik yaddaş elementlərində, kseroqrafiyada, fiber optik ötürücülərdə, lazer çap qurğularında və infraqırmızı spektroskopiyada geniş tətbiq imkanlarına malikdir [1,2,3]. Bu maddələrin spektrin infraqırmızı oblastında fiber ötürücü kimi uğurlu tətbiq olunması kristallaşmaya qarşı davamlılıqdan ciddi asılıdır [4,5]. İşin məqsədi Sb-Se xalkogenid şüşəvari sistemində qızdırılma sürətindən asılı olaraq şüşəyə keçid və kristallaşma mexanizmlərinin tədqiqidir. Differensial skanlayıcı kalorimetriya (DSK) təcrübəsinin aparılması üçün Sb<sub>20</sub>Se<sub>80</sub> xalkogenid şüşəvari tərkibi daxili diametri 10÷15 mm və havası 10<sup>-4</sup> tor təzyiqlə qədər sorulmuş kvarts ampulada fırlanan soba üsulu ilə maksimal sintez temperaturunda (t=900 °C) 10 saat saxlamaqla, 24 saat ərzində sintez prosesi həyata keçirilmişdir. DSK təcrübələri t=20÷300 °C temperatur intervalında STA3000 sinxron termal analiz qurğusu ilə 2,5÷45 °C/dəq intervalında dəyişməklə müxtəlif qızdırılma sürətlərində yerinə yetirilmişdir. Şəkildə Sb<sub>20</sub>Se<sub>80</sub> tərkibinə məxsus DSK əyriləri təsvir olunmuşdur. Təcrübə zamanı alüminium küveytlərdən istifadə olunmuşdur. DSK əyriələrinin analizi göstərir ki, nümunənin qızdırılma sürətinin artması

nəticəsində  $Sb_{20}Se_{80}$  tərkibində şüşə halına və kristal fazaya keçid temperaturları ( $T_g=32,9\div 53,3$  °C) və kristal fazaya ( $T_c=109,7\div 120,8$  °C) keçid temperaturları, şüşəyə və kristallaşmaya keçid temperaturları arasındakı fərq ( $T_c-T_g$ ) şüşələsmə və kristallaşmanı təsvir temperatur oblastı ( $T_{g2}-T_{g1}$  və  $T_{c2}-T_{c1}$ ) qızdırılma sürətindən nəzərəcarpan səviyyədə asılıdır.



### **$Sb_{20}Se_{80}$ xalkogenid şüşəvari tərkibində differensial skanlayıcı kaloriometriya asılılıqları.**

Şüşə halına və kristallaşmaya keçid temperaturları arasındakı fərqi ( $T_{c1}-T_{g1}$ ) qızdırılma sürətindən asılı olaraq  $t=63\div 76$  °C intervalında dəyişməsi göstərir ki, tədqiq olunan maddə kristallaşmaya davamlı olub, fiber optik ötürücülərdə tətbiq imkanlarına malikdir.

### **Ədəbiyyat**

- 1 S. Raoux, Phase Change Materials, Annu. Rev. Mater. Res. **39**, 25 (2009)
- 2 D. Zhao, X. Zhang, H. Wang, H. Zeng, H. Ma, J.L. Adam, G. Chen, J. Non. Cryst. Solids, **354**, 1281 (2008)
- 3 G. Dong, H. Tao, X. Xiao, C. Lin, X. Zhao, S. Gu, Mater. Res. Bull. **42**, 1804 (2007)
- 4 Adam, J.L., Zhang, X. Chalcogenide Glasses, Preparation, Properties and Applications, Cambridge: Woodhead Publishing Limited (2014), p. 703
- 5 S.K. Mohamed, M.M. Abd El-Raheem, M.M. Wakkad, A.M. Abdel Hakeeam, H.F. Mohamed Structural, optical, and electrical characteristics of  $Ge_{18}Bi_4Se_{78}$  chalcogenide glass for optoelectronic applications. Memories - Materials, Devices, Circuits and Systems **6** (2023) 100085

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОМПОНЕНТЫ ВРМБ С УЧЕТОМ ФАЗОВЫХ ЭФФЕКТОВ**

**Султанова Н.Э.**

*Бакинский Государственный Университет  
nezrinsultan01@gmail.com*

Рассеяния, случающиеся в среде, могут быть как упругими, так и неупругими. Анализ спектра неупругого рассеяния света разрешает рассуждать о процессах в рассеивающих средах. Определяя возникающий частотный сдвиг при неупругом рассеянии, интенсивность компоненты рассеяния, можно получить информацию о процессах, происходящих в средах [1]. При рас-

пространении лазерного излучения в оптическом волокне датчики фиксируют изменения, какие испытывает при этом лазерный луч [2]. Как правило датчики фиксируют лазерное излучение. В акустических приемниках (Distributed Acoustic sensor - DAS) регистрируются сигналы упругого рэлеевского рассеяния лазерного луча или неупругого рассеяния на акустических колебаниях в волокне - вынужденное рассеяние Мандельштами-Бриллюэна (ВРМБ), а в температурных датчиках (Distributed Temperature sensor - DTS) фиксируется комбинационное рассеяние лазерного луча на молекулярных колебаниях.

Как известно, ВРМБ – нелинейный процесс третьего порядка, возникающий в следствии брэгговской дифракции лазерного излучения на решетке нелинейного показателя преломления среды. При ВРМБ вероятно нарушение условия фазового синхронизма, связанного с изменением показателя преломления среды из-за нагрева среды, что было получено в эксперименте [3] где предложен следующий механизм изменения показателя преломления: часть световой волны, распространяющейся в среде, поглощается, что приводит к нагреву и к изменению показателя преломления рассеивающей среды.

Согласно дисперсионному соотношению при ВРМБ в случае фазового синхронизма в направлении волнового вектора накачки неупругое рассеяние практически отсутствует, а в обратном направлении отмечается наибольший мандельштам-бриллюэновский частотный сдвиг. В этом случае взаимодействие реализуется между встречными пучками.

Целью настоящей работы является – вычисление эффективности преобразования компоненты ВРМБ в приближении заданной интенсивности [4] с учетом фазовых эффектов. Была исследована комплексная амплитуда стоксовой компоненты в общем случае произвольной фазовой расстройки. Получено аналитическое выражение, которое имеет вид

$$A_s(z) = \frac{i\gamma_s A_{po} A_{aco}^* \sin \lambda^* l / \lambda^* + A_{sl} \exp \left[ (\delta_p + \delta_{ac} - \delta_s - i\Delta) \frac{l}{2} \right]}{\cos \lambda^* l + (\delta_p + \delta_{ac} + \delta_s - i\Delta) \sin \lambda^* / \lambda^*}$$

$$\lambda^* = \sqrt{\Gamma_p^2 - \Gamma_{ac}^2 - \frac{(\delta_p + \delta_{ac} + \delta_s - i\Delta)^2}{4}}$$

Здесь  $A_p, A_{sl}, A_{aco}$  – комплексные амплитуды волны накачки, стоксовой и акустической волн при  $z = 0, z = l, z = 0$  соответственно,  $\delta_p, \delta_{ac}, \delta_s$  – соответствующие линейные потери,  $\gamma_s$  – коэффициент нелинейной связи при ВРМБ.

### Литература

1. Shen Y.R. The principles of nonlinear optics. New York, A Wiley Inter sciences Publication. 2002. 576 p. ISBN: 978-0-471-43080-3
2. Agrawal G. Nonlinear Fiber Optics. 4th ed. Academic Press, New York, 2007.
3. Кузьмин В.В. Нарушение фазового синхронизма при вынужденном рассеянии света // Труды Физического института АН СССР. 1991. 207, 3 - 39.
4. Р.Дж. Касумова, Н.В. Керимли, Г.А. Сафарова. Фазовые эффекты при вынужденном рассеянии Мандельштама – Бриллюэна. Оптика и спектроскопия, 2023, 131(1) 43-48.

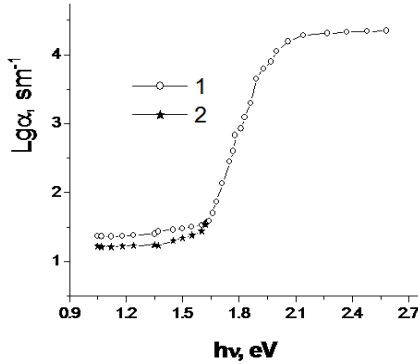
## SE-AS HALKOGENİD ŞÜŞƏVARI SİSTEMİNİN NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNDƏ FOTOŞƏFFAFLAŞMA

**Tanrıverdiyeva Ş.C., Ələkbərov R.İ.**

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil nazirliyi, Fizika İnstitutu  
tanriverdiyeva.sovket@mail.ru*

Son illərin elmi tədqiqatları göstərir ki, halkogenid şüşələr əsasında alınan nazik təbəqələrin səthinə enerjisi fundamental udulma oblastına uyğun gələn işığın ( $h\nu \geq E_g$ ) təsiri nəticəsində optik udulma spektri nəzərəcarpan dəyişməyə məruz qalır [1,2]. Elmi ədəbiyyatda işığın təsiri nəticəsində optik udulmanın qiymətində və ümumən udulma spektrində baş verən dəyişmələr fotoinduksiyanın effekti adlandırılır [2]. Qeyd edək ki, nisbətən enerjisi yüksək olan lazer şüalanmasının təsiri ilə müşahidə olunan fotoinduksiyanın effekti fotoquruluş dəyişmələri ilə də nəticələnə bilər. Lakin, zəif fon işıqlanmanın təsiri bəzən lokal enerji hallarına ciddi təsir etmir. Bu halda daha çox zəif udulma oblastı ciddi dəyişməyə məruz qalır. Təqdim olunan işin məqsədi  $Se_{95}As_5$  tərkibinin nazik təbəqəsinin optik udulma spektrinə enerjisi  $E \sim 2,5$  eV olan fon işıqlanmanın təsirini analiz etməkdir.

Şəkil1-də  $Se_{95}As_5$  tərkibli nazik təbəqənin optik udulma spektri və həmin spektrə fon işıqlanmanın təsiri göstərilmişdir.



**Şəkil1-də  $Se_{95}As_5$  tərkibli nazik təbəqənin optik udulma spektri: 1-fon işıqlanmasız, 2-fon işıqlanma olduqda.**

Spektrdən görüldüyü kimi, işığın təsiri ilə zəif udulma oblastında udulma əmsalının ( $\alpha$ ) qiyməti azalır və nəticədə fotoşəffaflaşma müşahidə olunur. Lakin, eksponensial və üstlü oblastlarına fon işıqlanmanın təsiri ciddi şəkildə müşahidə edilmir. Alınan nəticə yüklü defektlər modeli ilə izah olunmuşdur [3,4]. Fon işığının təsiri müşahidə olunan spektral oblastda optik udulma lokal elektron halları ( $D^+$  və  $D^-$ ) ilə energetik zonalar arasındakı elektron keçidləri ilə bağlı olduğundan fon işığın təsiri ilə yaranan yükdaşıyıcılar yüklü defektlər tərəfindən zəbt olunur və nəticədə  $D^+$  və  $D^-$  yüklü defektlər neytrallaşır. Bu isə tədqiq olunan spektral oblastda optik udulma əmsalının azalması ilə nəticələnir.

### Ədəbiyyat

1. Tanaka K. Photo-induced phenomena in chalcogenide glass: Comparison with those in oxide glass and polymer // Journal of Non-Crystalline Solids 2006, v.352, ISS.23-25, p.2580-2584
2. Hegedü I., Kohary K., Pettifor D.G., Shimakawa K., Kugler S. Photoinduced volume changes in amorphous selenium // Phys Rev. Lett. 2005, v.95, ISS.20, p.206803-206807
3. Anderson P. W. Model for the electronics structure of amorphous semiconductors // Phys. Rev. Lett., 1975, v.37, ISS.15, p.953-955
4. Kastner M. Bonding bands, lone-pair bands, and impurity states in chalcogenide semiconductors // Phys.Rev.Lett.1972, vol.28, ISS.6, p.355-357

## KVANT MƏFTİLİNDƏ ELEKTRONLARIN ZONADAXİLİ OPTİK KEÇİDLƏRİ HALINDA DİELEKTRİK QAVRAYICILIĞI

**Vəlizadə R.R., Qədirova İ.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
rahidvližad9@gmail.com*

En kəsiyi düzbucaqlı şəklində olan anizotrop parabolik məhdudlaşdırıcı potensiala malik kvant məftilində elektronların dalğa funksiyası və enerjisi

$$\Phi(\vec{r}) = u_c(\vec{r})\psi_{nk_y}(\vec{r}) \quad (1)$$

$$\psi_{nk_y}(\vec{r}) = \frac{1}{\sqrt{L_y}} e^{ik_y y} \varphi_l(x) \varphi_p(z) \quad l, p=0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

$$E_n(k_y) = \frac{\hbar^2 k_y^2}{2m} + \hbar\omega_1 \left(l + \frac{1}{2}\right) + \hbar\omega_2 \left(p + \frac{1}{2}\right) \quad (3)$$

kimi ifadə olunur. Burada  $u_c(\vec{r})$  -keçiricilik zonası üçün Brillüen zonasının mərkəzində periodik Blox dalğa funksiyası,  $\varphi_l(x)$  və  $\varphi_p(z)$   $n=n(l,p)$  saylı birölcülü altzonada elektronun uyğun olaraq  $x$  və  $z$  oxları istiqamətindəki hərəkətini təsvir edən qurşayan funksiyalar-ossilyator funksiyaları,  $\vec{r} = \vec{r}(x,y,z)$ -elektronun radius vektoru,  $k_y$  - dalğa ədədi,

$L_y$  - kvant məftilinin uzunluğudur.

Elektronun işıq dalğasının elektromaqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsir enerjisi

$$V(t) = -\vec{d}\vec{E}(t) = -(\vec{d}\vec{\xi})E(t) \quad (4)$$

kimi ifadə olunur [1], haradakı  $\vec{d} = -e\vec{r}$  elektronun dipol momenti operatoru,  $-e$  - elektronun yükü,  $\vec{E}(t)$ -elektrik sahəsinin intensivlik vektoru,  $\vec{\xi}$  – vahid polarlaşma vektorudur.

$(\vec{d}\vec{\xi})$  operatorunun (2) dalğa funksiyaları ilə hesablanan matris elementləri aşağıdakı kimi ifadə olunur;

$$(\vec{d}\vec{\xi})_{fi} = \int \psi_{l'p'k_y'}^* (\vec{d}\vec{\xi}) \psi_{lpk_y} d^3r - e\delta_{k_y k_y'} [\delta_{pp'}(x\xi_x)_{l'l} + \delta_{l'l'}(z\xi_z)_{p'p}] - e\xi_y \delta_{l'l} \delta_{p'p} \frac{1}{L_y} \int_0^{L_y} e^{-i(k_y' - k_y)y} y dy \quad (5),$$

haradakı

$$(x\xi_x)_{l'l} = \xi_x x_{l'l} = \xi_x \int \varphi_{l'}^* x \varphi_l dx \quad (6)$$

(5)-dəki birinci hədd altzonalarası düz ( $k_y=k_y'$ ) optik keçidlərə aiddir, ikinci hədd isə altzonalarası keçidlər üçün sıfır olur  $\delta_{l'l} = \delta_{p'p}=0$ .

Dielektrik qavrayıcılığının

$$\chi_{jk} = \frac{1}{\varepsilon_0 V \hbar} \sum_{if} \frac{(d_j)_{if} (d_k)_{fi}}{\omega_f - \omega_i - \omega - i\gamma} \quad (7)$$

ifadəsində (5) və (6) nı yerinə yazsaq sıfırdan fərqli komponentləri üçün

$$\chi_{xx} = \frac{e^2}{\varepsilon_0 V} \sum_{l,p} \frac{(x_{l+1,l})^2 (F_{l,p} - F_{l'p})}{E_{l'p} - E_{lp} - \hbar\omega - i\gamma} \quad (8)$$

$$\chi_{zz} = \frac{e^2}{\varepsilon_0 V} \sum_{p,l} \frac{(z_{p+1,p})^2 (F_{l,p} - F_{lp'})}{E_{lp'} - E_{lp} - \hbar\omega - i\gamma} \quad (9)$$

alarıq. Burada parabolik kvant çuxuru üçün  $l$  və  $p$  kvant ədədləri yalnız bir vahid dəyişə bilər [2],  $V$ - kvant məftilinin həcmi,  $E_{lp} = E_l = \hbar\omega_l$  və  $E_{l'p} = E_f = \hbar\omega_f$  - elektronun başlanğıc və son hallarındakı enerjisi,  $\hbar\omega$  -fotonun enerjisi,  $\gamma$ -relaksasiya proseslərini nəzərə alan fenomenoloji parametrdir.

Nəticələr

- En kəsiyi düzbucaqlı şəklində olan kvant məftilində elektronların zonadaxili altzonalarası optik keçidləri halında dielektrik qavrayıcılığının komponentləri üçün ümumi ifadələr alınmışdır.

- En kəsiyi düzbucaqlı şəklində olan kvant məftilində elektronların zonadaxili altzonalarası optik keçidləri yalnız işıq dalğasının polyarlaşma vektorunun kvant məftilinin oxuna perpendikulyar komponenti sıfırdan fərqli olduğu halda mümkündür

- Parabolik potensiallı kvant çuxurunda zonadaxili altzonalarası düz optik keçidlərdə kvant ədədi yalnız bir vahid dəyişə bilər.

### **Ədəbiyyat**

1. Boyd R.W. Nonlinear Optics Academic Press, San Diego, 1992; 620
2. Muxtarov A. İ. Kvant mexanikası. Bakı Dövlət Universitetinin nəşriyyatı, Bakı, 2007, 666 səh.

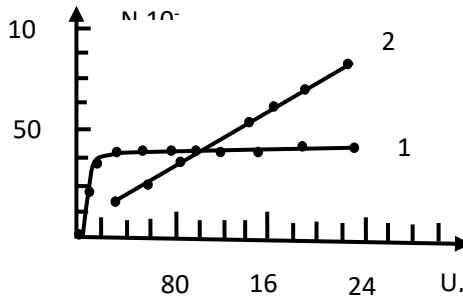
## **ELEKTRİK GƏRGİNLİYİNİN SEZİUM ATOMLARININ QRAFİT MONOTƏBƏQƏSİ İLƏ ÖRTÜLMÜŞ RENİUM LENTƏ (RE-C) İNTER-KALYASİYASINA VƏ DİFFUZİYASINA TƏSİRİ**

**Dadaşova İ.İ. Orucov A.K**

*Bakı Dövlət Universiteti  
ilqara.dadasova@mail.ru*

Diffuziyanın elektrik sahəsindən asılı olması yüklü zərrəciklər halında çox nadir hallarda rast gəlinir. Neytral zərrəciklərin atom və molekulların diffuziyası zamanı isə diffuziyanın gərginlikdən və sahədən asılı olması praktiki olaraq heç vaxt müşahidə edilməmişdir. Supereffektiv diffuziya hadisəsi aşkarlandıqdan sonra platin qrupu metallarına qələvi, qələvi torpaq, metal, yarımkəçirici maddələrin atom-

larını diffuziya etdirmək mümkün olmuşdur. Bu prosesdə diffuziyayı yaradan səbəb metalın səthində yaranan qrafit təbəqəsi olur. Metalla qrafit monotəbəqəsi arasında  $3,4 \text{ \AA}^0$  məsafə-boşluq vardır. Bu boşluq interkalyasiya oblastı adlanır. Re-C sistemini Cs selində saxladıqda temperaturdan və zamandan asılı olaraq sezium atomları həm interkalyasiya oblastına və oradan da reniuma diffuziya edə bilər. Təcrübələr göstərir ki, bu fazalar, yəni interkalyasiya və diffuziya nümunəyə  $+100\text{V}$  potensial verilən andan başlayır.  $600\text{V}$  potensialda interkalyasiya fazası doyur, başqa sözlə potensialı artırıqda bu faza dəyişməz qalır. Diffuziya fazası isə potensialdan (əslində elektrik sahəsinin istiqamətindən və qiymətindən) asılı olaraq



**Şək.** Interkalyasiya (1) və diffuziya(2) etmiş sezium atomlarının sayının nümunəyə tətbiq olunan gərginlikdən asılılığı

xətti qanun üzrə artır (şəkil ). Müşahidə edilən bu effekt qrafit adacıqlarının kənarlarının dekorlanması və yaxud xarici sahənin təsiri ilə kontakt sahəsinin kompensasiya olunması ilə izah oluna bilər. Xarici elektrik sahəsi metala doğru yönəldikdə, yəni Re-C yə mənfə potensial verdikdə qrafit təbəqəsi metala daha da çox sıxılır və adsorbsiya edən atomlar interkalyasiya oblastına daxil ola bilmirlər. Elektrik sahəsinin istiqaməti metaldan kənara yönəldikdə, yəni Re-C yə müsbət potensial verdikdə və onu tədricən artırıqda qrafit təbəqəsi yəqin ki, səthdən nisbətən uzaqlaşır və adsorbsiya edən atomların interkalyasiya oblastına daxil olmasına yaxşı şərait yaranır və nəticədə interkalyasiya oblastında atomun səthdə yaşama müddəti artır. Sezium atomlarının metalın səthində monotəbəqədəki konsentrasiyaya yaxın sabit konsentrasiyanın yaranması və onların yaşama müddətinin artması sezium atomlarının reniuma diffuziya etməsinin ehtimalını artırır.

### **Ədəbiyyat**

1. Оруджов А.К. The process of dispersing bismuth atoms into iridium via an intermediate monolayer of graphite. *Journal of Modern Physics* .2016., V.7, p.114-117.
2. Оруджов А.К. Модификация физических свойств иридия с поверхностной монослойной графитовой пленкой вследствие интенсивной диффузии атомов калия. *Физика металлов и металловедение*, 2011, том 111, № 6, с. 626–627.

## **NONLINEAR OPTICAL EFFECTS IN QUADRATICALLY NONLINEAR MEDIA**

**Qurbanova V.H., Qasımova R.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*vusalequrbanova201@gmail.com*

The study of nonlinear optical effects, besides providing detailed information on the interaction of strong radiation with matter, is of great importance in the creation of optical frequency converters. In laser physics and nonlinear crystal optics, the interest in creating frequency converters with high efficiency is related to the solution of various and numerous application problems. In addition, the analysis of the interaction of intense radiation with matter is also important in determining the material parameters (first of all, nonlinear sensitivity) of substances. With the advent of optical quantum generators, research in the field of nonlinear optics began to develop intensively. The development of nonlinear optics, in turn, led to the creation of optical frequency converters with high efficiency.

The dependence of the dielectric constant of the medium on the external electric field was considered even before the invention of lasers. After the emergence of coherent light sources (lasers), the study of nonlinear effects based on the dependence of the dielectric permeability on the intensity of the light wave became wide spread. For crystals with a center of symmetry, as well as for liquids and gases, the quadratic susceptibility tensor is zero. Thus, in crystal, liquids and gases with a center of symmetry, quadratic polarization does not exist due to symmetry. Therefore, the nonlinearity of such environments is determined by the first order of cubic perception.

So, a quadratic nonlinear crystal has the ability to multiply the spectral frequency of the light wave propagation in it. Considering the opposite effect of the generated waves on the main wave, the nonlinear reduced equation can be solved only for a limited number of cases. Numerical calculation methods are also used to analyze the nonlinear interaction of waves.

### **References**

1. R.W. Boyd, Nonlinear optics. San Diego, Academic Press, 2008, -613p.
2. N. Bloembergen. Chapter 21. Nonlinear Optics. Harvard, p. 875-927.
3. Z.H. Tağıyev, R.C. Qasımova, G.Ə. Səfərova, Qeyri-xətti optika, Bakı; Bakı Universiteti Nəşriyyatı, 2017, -282s.
4. В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. Прикладная нелинейная оптика. М., 2004, 512 с



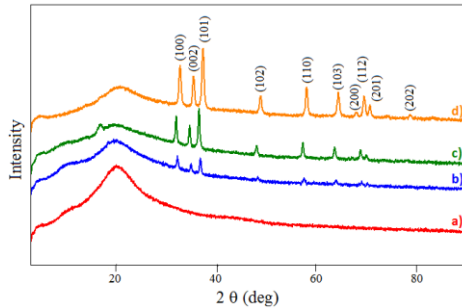
## STRUCTURAL INSIGHTS INTO ZNO-POLYMER NANOCOMPOSITES: FABRICATION AND CHARACTERIZATION

**Dadashova V.V., Aliyeva A.M.**

*Baku State University, Baku, Azerbaijan  
rahimli.almara@gmail.com*

Nanocomposite materials, amalgams of polymers and nanoscale additives, have emerged as a pivotal domain in material science owing to their tailored properties and versatile applications [1-3]. Among these, polymer nanocomposites incorporating zinc oxide (ZnO) nanoparticles have garnered significant attention due to their promising potential in various technological realms, ranging from optoelectronics to energy conversion devices. This thesis focuses on elucidating the structural modifications induced by the incorporation of ZnO nanoparticles into polyvinylpyrrolidone (PVP) and polystyrene (PS) matrices. These PNCs consist of inorganic nanomaterials incorporated into organic polymer matrices, representing cutting-edge advancements in material science [2,3].

In present research work, ZnO doped polystyrene (PS) films were synthesized at room temperature via solution-cast technique and hot-pressing machine.



**Fig. 1.** Photoluminescence spectra of pure PVP and PVP/5% ZnO nanocomposite films

X-ray diffraction (XRD) is a valuable technique for studying the structure of polymeric materials, providing insights into parameters such as crystallite size, degree of crystallinity, dislocation density, and microstrain. In this study, XRD analysis was conducted to investigate the influence of ZnO nanoparticles on the structure of the PS polymer matrix. Figure 1 presents the diffraction pattern of pristine PS and PS/ZnO nanocomposites. The spectrum exhibits a broad peak around  $2\theta$  value of  $20^\circ$ , indicating the amorphous nature of the PS film.

The average crystallite size ( $D$ ) for the nanocomposites was estimated using Scherrer's formula, where  $D$  represents the grain size (or crystalline size) of the material,  $\lambda$  is the wavelength of the X-ray beam,  $\theta$  is the diffraction angle,  $\beta$  is the full width at half maximum (FWHM) of the observed peak in radians, and  $K$  is a constant called the shape factor, equal to 0.89. The average grain sizes (or crystalline sizes) were found to be 3.88 nm, 3.41 nm, and 1.58 nm, respectively, for the

polystyrene/1% ZnO NC, polystyrene/5% ZnO NC, and polystyrene/10% ZnO NC. The addition of ZnO resulted in a gradual increase in crystalline size due to its large surface area.

The decreasing trend in average grain sizes from 1% to 10% ZnO nanocomposites suggests a refinement in the crystalline structure as the ZnO content increases. This reduction in grain size indicates enhanced nucleation and growth inhibition, possibly due to the presence of ZnO nanoparticles acting as nucleating agents or hindering the growth of polystyrene crystallites. The smaller grain sizes in higher ZnO concentration samples imply a greater surface area-to-volume ratio, which could potentially lead to improved mechanical, optical, or electronic properties in these nanocomposites.

### **Reference**

1. Barala, M.; Mohan, D.; Sanghi, S.; Siwach, B.; Kumari, S.; Yadav, S. Optical properties of PS/ZnO nanocomposites foils prepared by casting method. AIP Conf. Proc. 2019, 2142.
2. Alekseeva, O.V.; Barannikov, V.P.; Bagrovskaya, N.A.; Noskov, A.V. DSC investigation of the polystyrene films filled with fullerene. J. Therm. Anal. Calorim. 2012, 109, 1033–1038.

## **SPECTROSCOPIC ELLIPSOMETRY CHARACTERIZATION OF TERNARY NiRh<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> COMPOUND**

**<sup>1</sup>Azadov M.R., <sup>2</sup>Alizade E.H.**

<sup>1</sup>*Baku State University*

<sup>2</sup>*Institute of Physics of Ministry of Science and Education  
mustafa.azadov@bsu.edu.az*

Design of new quantum materials with outstanding electronic properties for various applications is one of the most hot topics at the border of condensed matter physics and materials science. The crystal growth and physical characterization of transition metals tellurides, e.g., IrTe<sub>2</sub>, RhTe<sub>2</sub>, and their ternary derivatives with other magnetic transition metals exhibit significant interest in this context. Binary IrTe<sub>2</sub> and RhTe<sub>2</sub> compounds exhibit intriguing physical properties for new quantum applications. This study focuses on the ellipsometric investigation of ternary NiRh<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> compounds and provides insights into their optical characteristics. The spectroscopic ellipsometry measurements were conducted on NiRh<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> polycrystalline sample. Before analysis, the sample grounded into well powder which was then pressed into rectangular pellets under a hydraulic press with a very smooth surface which is important for ellipsometric characterization. Spectroscopic ellipsometry measurements of NiRh<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> were conducted across a broad spectrum of photon energies while varying the incident angles at 60°, 65°, 70°, and 75°. The dielectric function was derived from the ellipsometric data, delineating the medium's response to electromagnetic wave influence through its complex dielectric function. The analysis of these optical properties is crucial for understanding the electronic structure and potential applications of these ternary tellurides. For instance, the knowledge of the dielectric function is essential for designing optoelec-

tronic devices, as it influences the interaction of the material with electromagnetic radiation. In conclusion, the study of the optical characteristics of  $\text{NiRh}_2\text{Te}_4$  provides a basic platform to understand the fundamental properties of this and related materials for future quantum applications.

## References

1. Politano, G.G.; Versace, C. Spectroscopic Ellipsometry: Advancements, Applications and Future Prospects in Optical Characterization. *Spectrosc. J.* 2023, 1(3), 163-181.
2. Woollam, J.A.; Snyder, P.G. Fundamentals and applications of variable angle spectroscopic ellipsometry. *Mater. Sci. Eng. B* 1990, 5, 279–283.
3. Yan, Dong & Zeng, Yijie & Wang, Guohua & Liu, Yiyuan & Yin, Junjie & Chang, Tay-Rong & Lin, Hsin & Wang, Meng & Ma, Jie & Jia, Shuang & Yao, Dao-Xin & Luo, Huixia. (2019).  $\text{CuIr}_2\text{Te}_4$ : A Quasi-Two-Dimensional Ternary Telluride Chalcogenide Superconductor.
4. Kresin, V. Z.; Wolf, S. A. Fundamentals of superconductivity. Plenum Press, New York and London 1990, 150-153.

## **$\text{TlGaS}_2\text{xSe}_2(1-x)$ BƏRK MƏHLULLARININ FOTOKEÇİRİCİLİYİ**

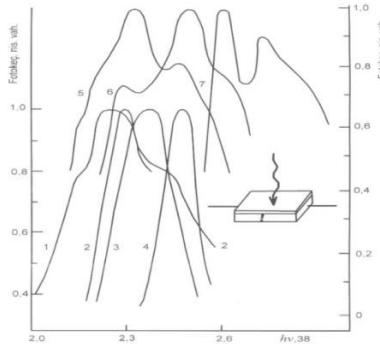
**Məmmədova R.E., Məhəmmədov Ə.Z.**

*Bakı Dövlət Univeristeti*

*sakomemmedov92@gmail.com*

Baxılan işdə,  $\text{TlGaS}_2$  və  $\text{TlGaSe}_2$  əsasında alınmış bərk məhlulların fotokeçiriciliyi öyrənilmişdir.  $\text{TlGaS}_2$  və  $\text{TlGaSe}_2$  müxtəlif strukturlarda kristallaşır, lakin aparılan tədqiqatlar  $0,3 \leq x \leq 1$  oblastında bərk məhlulun yarandığını göstərir [1, 2].

Ölçmələr polarizə olunmamış işığın nümunənin laylarına perpendikulyar salınmaqla, elektrik sahəsi isə laylar boyunca tətbiq edilməklə aparılmışdır. Fotokeçiriciliyin spektral xarakteristikaları 300 və 80 K temperaturda çıxarılmışdır. Bütün ölçmələrdə qısdalğalı oblastda fotokeçiricilik kəskin azalır (şəkil). Bu bütün kristallarada səth rekombinasiyasının böyük olduğunu göstərir.



**Şəkl.:**  $\text{TlGaS}_2\text{xSe}_2(1-x)$  bərk məhlullarının fotokeçiriciliyi

X: 1,5-0 ; 2,6-0,3 ; 3-0,5; 4,7-1.

T,K: 1,2,3,4-300; 5,6,7-77 5-7 ayrıları üçün ordinant oxu sağdadır.

Otaq temperaturunda  $x=0,3$  tərkibində 2,30 eV enerjiddə bir maksimum var. Bu da ədəbiyyatdan görüldüyü kimi çəp optik keçidlərə və düz eksiton keçidlərinə uyğundur. Temperatur 77 K endikdə fotokeçiricilik spektri genişlənir, 2,29 və 2,52 eV enerjilərdə iki aydın maksimum müşahidə olunur, bu enerjilər də zonalararası çəp keçidə və düz eksiton keçidinə uyğundur.

$TlGaS_{2x}Se_{2(1-x)}$  bərk məhlullarının ümumi xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, temperatur aşağı düşdükcə fotokeçiricilik artır və bərk məhlulların tərkibindən asılı olaraq strukturlar müşahidə olunur və temperatur azaldıqca bütün strukturlar qısa dalğalara doğru sürüşür, həm də ən çox sürüşmə  $TlGaS_2$  kristalı üçün ən çox olur.

Bərk məhlulun tərkibində kükürdün miqdarı artdıqca fotokeçiriciliyin maksimumu sürüşür və bu sürüşmə təxmini olaraq  $E_{max}=(2,22+0,25x)$  empirik asılılığına tabedir.

### **Ədəbiyyat**

1. Бахышов А.Э., Лебедев А.А., Гасанова Л.Т. Диаграмма состав-свойства электрических свойств. Тез. докл. V Всесоюзной конференции по химии халькогенидов, Баку, 1979.
2. Бахышов А.Э., Мусаева Л.Г., Лебедев А.А., Якобсон М.А. Исследование оптических и фотоэлектрических свойств  $TlGaSe_2$ , - ФТП 1975, Т9, № 8, с. 1548- 1551.

## **AgSbTe<sub>1.5</sub>Se<sub>0.5</sub> BƏRK MƏHLULUNUN TERMOELEKTRİK EFFEKTİVLİYİ**

**Əliyeva A.İ.**

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil nazirliyi, Fizika İnstitutu  
aliyevaaynura15@gmail.com*

$AgSbTe_2$  üçqat birləşməsi 500-600 K temperatur intervalında işləyə bilən perspektivli p-tipli termoelektrik materialdır. Bu birləşmənin öyrənilməsinə maraq onun termoelektrik xüsusiyyətləri ilə bağlıdır. Bu birləşmənin qəfəs istilik keçiriciliyi çox aşağıdır [1,2]. Praktiki tətbiq üçün termoelektrik material yüksək istilik enerjisini elektrik enerjisinə çevirmə qabiliyyətinə malik olmalıdır. Termoelektrik səmərəliliyi artırmaq üçün stexiometriyadan kənarlaşma, aşqarların daxil edilməsi, əsas elementlərin dəyişdirilməsi və s. kimi müxtəlif üsullardan istifadə olunur.

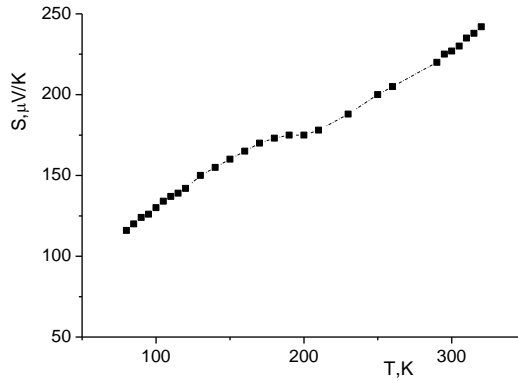
Məlumdur ki,  $AgSbTe_2$  və  $AgSbSe_2$  birləşmələri NaCl tipli səthə mərkəzləşmiş kubik quruluşda kristallaşır. Bu quruluşda Na atomlarının yerində nizamsız şəkildə Ag və Sb atomları yerləşirlər. Stexiometrik  $AgSbTe_2$  birləşməsi otaq temperaturunda  $Ag_2Te$  fazası daxil olan ikifazlı halda olur [2]. Stexiometrik  $AgSbSe_2$  birləşməsi ərimə nöqtəsinə qədər sabitdir və fazalara parçalanmır. Təqdim olunan işdə həm termoelektrik effektivliyini artırmaq üçün həm də quruluşun stabilliyini artırmaq üçün  $AgSbTe_2$  birləşməsində Te elementi qismən Se elementi ilə əvəz olunmuşdur.  $AgSbTe_2$  və  $AgSbSe_2$  birləşmələrinin eyni kubik quruluşa malik olmasını nəzərə alaraq hesab etmək olar ki, telluru selen elementi ilə əvəz

etməklə strukturun sabitləşməsinə və termoelektrik xassələrin artmasına nail olmaq olar.

Tədqiq edilmiş  $\text{AgSbTe}_{1.5}\text{Se}_{0.5}\text{Te}$  nümunəsi lehimlənmiş kvarts ampulada ərimə temperaturundan yuxarı temperaturda 10 saat saxlanılmaqla  $1 \text{ K/dəq}$  sürətlə otaq temperaturuna qədər yavaş-yavaş soyudulması yolu ilə əldə edilmişdir.

Rentgen difraksiya analizi Brucker D8-XRD ADVANCE difraktometrində aparılmış və EVA və TOPAS proqramlarından istifadə etməklə hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, sintez edilmiş nümunənin kristallik quruluşu əsasən birfazlı  $\text{AgSbTe}_2$ -yə uyğundur. Rentgen difraksiya analizinin nəticələrinə görə, bu tərkib  $\text{Fm-3m}$  fəza qrupuna uyğun olan səthəmərkəzləşmiş kubik qəfəsə malikdir və qəfəs sabiti  $a=5,98422 \text{ \AA}$  bərabərdir.

Elektrofiziki xassələrin tədqiqi  $80\text{-}330\text{K}$  temperatur aralığında aparılmışdır. Ölçmələr  $20 \text{ mA}$  sabit cərəyanda, dörd zondlu potensiometrik üsulla,  $1,5 \text{ T}$  maqnit sahəsində aparılmışdır. Təqdim edilən şəkildə termoelektrik maddələrin əsas parametrlərindən biri olan termoelektrik  $\text{ehq}$ -nin temperatur asılılığı verilmişdir.



**Şək. 1.**  $\text{AgSbTe}_{1.5}\text{Se}_{0.5}$  birləşməsinin termoelektrik  $\text{ehq}$ -nin temperatur asılılığı

Şəkildən görüldüyü kimi, bütün tədqiq olunan temperatur intervalında termoelektrik  $\text{ehq}$ -nin qiyməti temperaturdan asılı olaraq artır, kifayət qədər yuxarı qiymətə malikdir və işarəsinə görə dəşik keçiriciliyini göstərir. Elektrik keçiriciliyinin, istilikkeçirmə əmsalının və termo  $\text{ehq}$ -nin qiymətlərinə görə termoelektrik effektivliyinin qiyməti hesablanmışdır ( $Z=0.3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ ). Müəyyən edilmişdir ki,  $300\text{K}$  temperatur intervalında  $\text{AgSbTe}_{1.5}\text{Se}_{0.5}$  birləşməsinin termoelektrik effektivliyi  $\text{AgSbTe}_2$  birləşməsi ilə müqayisədə  $10\%$  çoxdur.

#### **Ədəbiyyat:**

1. Ragimov S.S., Musayev M.A., Hashimova N.N., Low temperature Physics **48**, 787 -790 (2022); <https://doi.org/10.1063/10.0014020>
2. С.С. Рагимов, С.А. Алиев. Неорг. Материалы, 43, 1321-1323 (2007)

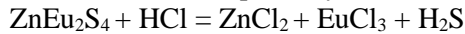
## **ZnS-Eu<sub>2</sub>S<sub>3</sub> SİSTEMİNDƏ FAZA TARAZLIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ**

**Əmirli Nurlana, Əliyev Kazım**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*Nurlanamirli732@gmail.com*

Yeni mürəkkəb tərkibli yarımkəçirici maddələrin sintezi və onların fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi hal hazırda müasir fizika və kimyəvanın bərk cisimlər sahəsində ən aktual məsələlərdən biridir. Tədqiq edilən işdə əsas məqsəd Zn-Eu-S üçlü sistemində ZnS-Eu<sub>2</sub>S<sub>3</sub> kəsinliyini öyrənməkdən ibarətdir. ZnS-Eu<sub>2</sub>S<sub>3</sub> kəsinliyini öyrənmək üçün müəyyən mol % nisbətində 17 ərinti sintez edilmişdir. Sintez birtemperaturlu sobada 850-950 °C temperaturda aparılmışdır. Sintez edilmiş ərintilər 800 °C temperaturda 150-180 saat müddətində dəmə qoyulmuşdur. Ərintilərin termiki analizi VTDA.8M qurğusunda, ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsinin rentgen faza analizi difraktometr- D8 Avance firma Burukerdə çəkilməmişdir. Mikroquruluş analizi (MQA) MİM-8 mikroskopunda, Mikrobərklik PMT-3 markalı cihazda, sıxlıqlar isə piknometrik üsulla öyrənilmişdir. Aparılan tədqiqatların nəticələrini ümumiləşdirərək ilk dəfə olaraq ZnS-Eu<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> sisteminin hal diaqramı qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, ZnS-Eu<sub>2</sub>S<sub>3</sub> sistemində 1473 K-də konqruent əriyən birləşmə ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> əmələ gəlir. ZnS əsasında 1,7 mol % , Eu<sub>2</sub>S<sub>3</sub> əsasında 2,3 mol % bərk məhlul sahəsi ayırd edilmişdir. ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsinin mikrobərkliyi H<sub>μ</sub>=2130 Mp, sıxlığı isə ρ=4,199 q/sm<sup>3</sup>-dur. ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsi havaya və suya qarşı davamlıdır, yalnız mineral turşular onu parçalayır.



ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsinin elektrik keçiriciliyi və termoelektrik hərəkət qüvvəsi 300-900 K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Burada 2 keçiricilik halı müşahidə olunmuşdur. Aşağı temperatur oblastı 300-500 K, yüksək temperatur oblastı 500-900 K-dir. Birinci temperatur oblastında elektrik keçiriciliyi metallik, ikinci oblastı isə yarımkəçirici xarakterli olmasını göstərir. ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsinin bütün tədqiq olunan temperatur intervalında “n”-tip keçiriciliyə malik olduğu müəyyən edilmişdir.  $\lg\sigma \sim f(10^{3/T})$  asıllığına əsasən ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsi üçün qadağan olunmuş zolağın eni ( yüksək temperatur oblastında) hesablanmışdır. Qadağan olunmuş zolağın eni  $\Delta E=1,32$  eV-dur. Elektrik keçiriciliyinin və Holl sabitinin temperatur artması ilə dəyişməsi  $\lg\sigma \sim f(10^{3/T})$  və  $\lg R \sim f(10^{3/T})$  asıllığına əsasən yarımkəçiricilər üçün xarakterik ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsinin elektrik keçiriciliyi 300K-də  $4,5 \times 10^{-4} \text{ om}^{-1}\text{sm}^{-1}$ , termo-e.h.q isə 50 B/K-dir. ZnEu<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsinin fotolümenesensiya xassəsi, maqnit sahəsinin təsiri ilə müqavimətin dəyişməsi, fotokeçiriciliyi tədqiq olunmaqdadır.

### **Ədəbiyyat**

1. Алексеев.В.Н, Велдение в термического анализа М.”Наука”2006.206 с
2. Драго.Р, Физические методы в химии издательство Мир Москва 1981 стр.442
3. Димтрийсико А.О, Макушова Г.Н, Поэкров М.В, Теория рентгенофазового анализа Саратов 2016.с 51-60
4. Никольская В.К, Герасимов Б.В, Введение в физику полупроводников Изд-вол.М. 2006.с 290

## **Cu<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> MONOKRİSTALININ ALINMA TEXNOLOGİYASI**

**Əmirova G.S., Qəhrəmanov N.F**

*Bakı Dövlət Universiteti,*

*gullermirova@gmail.com*

Yarımqeçirici birləşmələrin keyfiyyətini birləşmənin homojenlik dərəcəsi və kristalın təmizliyi müəyyən edir. Bu səbəbdən tədqiqat üçün son dərəcə zərif və saf kristallara ehtiyac var.

A<sub>3</sub><sup>I</sup> B<sub>5</sub><sup>III</sup> C<sub>9</sub><sup>VI</sup> tipli birləşmələrdəki altıncı qrup elementləri (S, Se və Te) ərimə temperaturunda əhəmiyyətli təzyiq yaradır və onların monokristallarını əldə etməyi texnoloji cəhətdən çətinləşdirir. Nəticədə, monokristalların istehsalı üçün indi istifadə olunanlardan xeyli fərqli yanaşma tətbiq olundu: mütərəqqi soyutma ilə zona əriməsi.

Zona ərimə üsulu ilə tədqiq olunan Cu<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> monokristalını yaratmaq üçün istifadə edilən aparatı üç müxtəlif qızdırıcı təşkil edir. Zona birinci sobada əridilir, ərimə zamanı temperaturu əvvəlcədən müəyyən edilmiş səviyyəyə qaldırmaqla ikinci və üçüncü sobalarda təbəqənin "soyuq" hissəsində temperatur saxlanılır. Dörd istilik dəyişdiricisi sayəsində sobanın kristallaşma zonasında əhəmiyyətli bir temperatur gradienti yaradıla bilər. Hər bir yerdə sabit temperatur dəyəri təyin edilərkən maddənin fiziki və kimyəvi xüsusiyyətləri nəzərə alınmışdır. Kristallaşma zamanı qüsursuz tək kristalların istehsalı üçün vacib bir ehtiyac, bu vəziyyətdə kristallaşma cəbhəsinin kristallaşma istiqamətinə perpendikulyar olaraq seçilə bilməsidir. Monokristalın istehsalında 99,999 faiz təmiz inqrediyentlərdən istifadə edilib. Adətən, sintez ikili komponentlərin əvvəlcədən əriməsi və ya müvafiq stokiometrik nisbətdə alınan komponentlərin birgə əriməsi ilə kimyəvi reaksiya yolu ilə əldə edilir:



III və VI qrup komponentləri bu halda A, B və C elementləri ilə təmsil olunur. Bunlar götürülür: A - Cu, B - In və C - Se. Yüksək xalkogenid təzyiqi adətən ikiqat və üçlü xalkogenid birləşmələrinin sintezində müəyyənədiçi xüsusiyyətdir. Kimyəvi maddənin oksigenlə güclü birləşməsi və temperaturun qəfil yüksəlməsi endotermik reaksiyanın nəticəsidir. Belə birləşmə adətən yüksək temperaturda baş verir. Nəticədə sintez prosesi zamanı müxtəlif təhlükəsizlik tədbirləri görülməlidir. Kristal aşağıda sadalanan ardıcılıqla sintez edilmişdir. CuInSe<sub>2</sub> – In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> sistemi üçün istilik tədqiqatının nəticələri göstərir ki, Cu<sub>3</sub>In<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> birləşməsi In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> komponentinin 25 mol. %-i dəyərində əmələ gəlir və -10250 C-də konqruensiya ilə əriyir. Bu məlumat vəziyyət diaqramından aydın görünür. Kompozisiyanın In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> tərkibi 25 mol%-ə yüksəldikdə kristallaşma temperaturu sabit qalır. Bununla belə, tərkibdə In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> komponentinin konsentrasiyası artdıqda, birləşmədə faza çevrilməsinə uyğun olan temperatur da artır. Birləşmənin tərkibindəki In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> komponenti 25-30 mol% diapazonunda əriməyə və ya kristallaşmaya uyğun gələn təsirə malikdir. Nümunələri termoelektrik sınaqlar üçün hazırlamaq üçün paralelepipeddən istifadə edilmişdir. Nümunələrə metal kontakt qoyulmazdan əvvəl onlara uyğun ölçü və forma verilmişdir. Termoelektrik sınaqlarda adətən gümüş pastası və əlaqə materialı istifadə olunurdu.

### **Ədəbiyyat**

1. Тагиров В.И., Гахраманов Н.Ф., Гусейнов А.Г., Алиев И. Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа A<sup>I</sup>B<sup>III</sup>C<sup>VI</sup>.

## MOBILITY OF LOW-ENERGY CONDUCTION ELECTRONS IN GRAPHENE

**Ismailova E.B., Figarova S.R.**

*Baku State University*

*ismailovaemilia615@gmail.com*

Since the discovery of graphene in 2004, it has been widely used in nanoelectronics. Graphene is a two-dimensional crystal consisting of a single layer of carbon atoms arranged in a hexagonal lattice. Graphene is considered as the thinnest, strongest and most conductive material in the world. Graphene has the potential to bring about an industrial revolution in the field of energy production, batteries, sensors.

To determine the graphene unusual physical properties, it is necessary to find its energy spectrum. In graphene the electrons dispersion law is determined by the Dirac equation:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = (\beta mc^2 + \alpha pc)\psi, \quad (1)$$

where  $p$  is the electron momentum,  $m$  is the electron mass,  $\hbar$  – Planck's constant,  $\alpha, \beta$  is Dirac matrix,  $\psi(x, t)$  is the electron wave function.

The Dirac equation solution (1) in general form has the form:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\hbar^2 v_F^2 p^2 + \Delta^2} - \mu, \quad (2)$$

here the Fermi speed equal to  $v_F = 9 * 10^5 \frac{m}{c}$ ,  $\Delta$  is the energy gap,  $\mu$  is the chemical potential. For low-energy electron states, from (2) we obtain a linear dispersion law:

$$\varepsilon = \pm v_F p, \quad (3)$$

where the Fermi velocity is very high and it is not determined from the electron momentum.

The solution of the Schrödinger equation in the magnetic field for the electron energy spectrum takes form:

$$\varepsilon_n = \pm v_F \sqrt{2m\hbar\omega(N+1)}, \quad (4)$$

here  $N$  is the quantum number,  $\omega = eB/m$  is the cyclotron frequency.

In graphene for the scattering of the two-dimensional electrons by a short-range potential, based on the inverse relaxation time general expression [1], using the energy spectrum (2), we obtain:

$$\frac{1}{\tau(\varepsilon_F)} = \frac{n_d V^2 \varepsilon_F}{\hbar^3 v_F^2}, \quad (5)$$



here  $n_d$  is the concentration of defects,  $V$  -is the scattering potential,  $\varepsilon_F$  -is the Fermi energy of a two-dimensional electron gas with a wave vector equal to  $k_F = (2\pi^2 n)^{1/2}$ .

From expression (5) it follows that when scattering on a short-range potential, the relaxation time is proportional to the square root of the electron concentration  $\tau \propto n^{1/2}$ , as well as the square of the short-range potential.

Taking into account (5) for the mobility of electrons in graphene we have:

$$u = \frac{4e\hbar v_F^2}{\pi n_d V^2}, \quad (6)$$

From formula (6) it is clear that mobility is inversely proportional to the concentration of electrons and impurities, and it decreases with increasing impurity concentration.

### **Literature**

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

## **YARIMKEÇİRİCİ ƏSASLI KVANT QUYULU LAZERLƏRDƏ OPTİK GÜCLƏNMƏ ƏMSALI**

**İsmayılova M.T., İsmayılov T.H.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*ismayilovagulya5@gmail.com*

Son illər yarımkeçirici əsaslı kvant quyulu lazerlər geniş sürətdə tədqiq olunmaqdadır. Aktiv oblastlarda yükdaşıyıcıların və optik modların məhdudlanması nəticəsində bu lazerlərdə optik güclənmə əmsalı artır, şüalanmanın astana qiyməti isə azalır.

Təqdim olunan işdə yarımkeçirici əsaslı kvant quyusunda (ikiölçülü elektron qazında) lazer effekti məsələsinə baxılmışdır. Birelektronlu effektiv kütlə yaxınlaşmasında Şredinger tənliyinin həllindən yükdaşıyıcıların enerji spektri və hal sıxlığı tapılmış və onların əsasında hal sıxlığı hesablanmışdır. Göstərilmişdir ki, enerji spektri quyunun enindən asılı olduğundan quyunun enini dəyişməklə quyudakı enerji səviyyələrinin sayını da dəyişmək olar. Optik güclənmə əmsalı üçün düşən işığın tezliyindən və quyunun enindən asılı analitik ifadə alınmışdır. Göstərilmişdir ki, optik güclənmə əmsalı quyunun eninin kiçilməsi ilə artır. Müəyyən edilmişdir ki, 2D və 3D hallarındakı güclənmə əmsallarının nisbəti uyğun hal sıxlıqlarının nisbətində bərabərdir. Bu nisbət uyğun astana enerjisi yaxınlığında çox böyükdür. Bununla bərabər güclənmə əmsalının temperaturdan və yükdaşıyıcıların konsentrasiyasından asılılıqları müəyyən edilmişdir. Müvafiq qrafiklər verilmişdir.

## **SUBMİKRON ÖLÇÜLÜ BARIUM TİTANAT HİSSƏCİKLƏRİNİN QURULUŞ VƏ XASSƏLƏRİNİN ONLARIN ÖLÇÜLƏRİNDƏN ASILILIĞI**

**İmaməliyev A.R., Kələntərov N.S**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*kelenterovnasir4@gmail.com*

Barium titanat ( $BaTiO_3$ ) perovskitlər ailəsinin geniş yayılmış nümayəndəsi olub güclü seqnetoelektrik xassəsi göstərir. Otaq temperaturunda barium titanat kristalı  $26 \text{ mKl/sm}^2$  spontan polyarizasiyaya malikdir [1]. Buna görə də  $BaTiO_3$  elektron qurğuların müxtəlif elementlərində geniş istiadə olunur. Buraya qeyri xətti kondensatorlar, yaddaş qurğuları, infraqırmızı şüaların detektoru, ultrasəs generatorları, mexaniki gərginlik sensoru və s. daxildir [2,3].

Son illərdə barium titanat əsasında hazırlanan nanokompozitlər onun tətbiq dairəsini daha da genişləndirir. Burada əsas ideya barium titanatın seqnetoelektrik xassəsini digər funksional materialların xassələri ilə konstruktiv şəkildə uzlaşdırmaqdır. Bu, bir tərəfdən daha yüksək performans əldə etməyə, digər tərəfdən isə başqa materiallara xas olmayan keyfiyyətə yeni xassələr almağa imkan verir [4]. Məsələn, barium titanat əsaslı kompozitlər enerji və yük saxlayan cihazlarda istifadə olunur [5,6].

Submikron  $BaTiO_3$  hissəcikləri əsasında hazırlanan kompozit sistemlərin xarakteristikalarını optimallaşdırmaq üçün bu hissəciklərin ölçüsü kiçildikdə onların strukturunun və xassələrinin həcmi nümunə ilə müqayisədə necə dəyişdiyini bilmək vacibdir. Bu işdə ədəbiyyat verilənlərinin analizi əsasında barium titanat hissəciklərinin bəzi fiziki xassələrinin onun ölçülərindən asılılığı verilmişdir.

Diferensial skanedici analiz (DSK) metodunun köməyi ilə göstərilmişdir ki,  $BaTiO_3$  hissəciklərinin ölçüsü  $500 \text{ nm}$ -dən  $100 \text{ nm}$ -ə qədər kiçildikdə Kuri nöqtəsi  $125^\circ\text{C}$ -dən  $40^\circ\text{C}$ -yə düşür. Həmin işdə həmçinin dielektrik nüfuzluğunun ölçüdə asılılığı tədqiq olunmuş və göstərilmişdir ki,  $200 \text{ nm}$  ölçülü hissəciklərdə dielektrik nüfuzluğunun qiyməti başqa ölçülərlə müqayisədə bir tərtib yuxarı olur. Bu effekt  $200 \text{ nm}$  ölçülü  $BaTiO_3$  hissəciklərinin monodomen quruluşuna malik olması ilə izah olunur.

$BaTiO_3$  hissəcikləri ilə bağlı başqa bir fundamental məsələ, hansı ölçüyə qədər bu hissəciklərdə seqnetoelektrik xassələrinin qalmasıdır. Çünki ölçülər kiçildikdə səth effektlərinin güclənməsi nəticəsində seqnetoelektrik faza üçün cavabdeh olan tetragonal qəfəs deformasiyaya uğrayaraq kubik qəfəsə çevrilir. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlarda ziddiyyətli nəticələr alınır. Bu ziddiyyətlərin səbəbi  $BaTiO_3$  hissəciklərinin alınma üsullarındadır. Bir çox experimental işlərdə barium titanat hissəcikləri böyük ölçülü kristalların kürəvi dəyirməyə üyüdülməsi nəticəsində alınır. Əksər işlərdə alınan  $BaTiO_3$  hissəcikləri isə məhluldan reaksiya nəticəsində alınır, çünki bu halda hissəciklərin ölçülərinə və monodisperslik dərəcəsinə nəzarət etmək imkanı daha böyük olur.

Barium titanat hissəciklərinin xassələrini maksimal dərəcədə izah edən model kötük-qabıq (core-shell) modelidir. Bu modelə görə  $BaTiO_3$  hissəcikləri tetragonal

qəfəsə malik kötükdən və 5 – 10 nm qalınlıqlı kubik qəfəsə malik qabıqdan ibarətdir.

### **Ədəbiyyat**

1. K. Rabe, C. H. Ahn, J.-M. Triscone (Eds.), Physics of Ferroelectrics: A Modern Perspective, Topics Appl. Physics, 2007, 105, 1–30
2. J.Scott Ferroelectric Materials for Energy Applications, 2018 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 376 p
3. K. Uchino Ferroelectric devices, CRC Press, 2011, 361 p.
4. Yu.Garbovskiy, O.Zribi, A.Glushchenko, Emerging Applications of Ferroelectric Nanoparticles in Materials Technologies, Biology and Medicine
5. S.Salehzadeh, A.Mellinger, G.Caruntu, Ferroelectric Barium Titanate Nanocubes as Capacitive Building Blocks for Energy Storage Applications, ACS Applied Materials, 2014
6. P. N. Nikolarakis, I. A. Asimakopoulos, L. Zoumpoulakis, Design and Construction of Capacitors with the Use of Nano-Barium Titanate's (BaTiO3) Composite Materials, Journal of Nanomaterials Volume 2018, Article ID 7023437, 11 p.

## **ПОДВИЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОНОВ В СВЕРХРЕШЕТКАХ, ОБУСЛОВЛЕННОЕ ВНУТРИЗОННЫМ И МЕЖЗОННЫМ РАСSEЯНИЕМ НА ШЕРОХОВАТОСТЯХ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

**Мамедова Г.Дж., Фигарова С.Р.**

*Бакинский Государственный Университет  
mamedovaa001gunel@gmail.com*

Быстродействию электронных устройств в наноэлектронике мешает наличие рассеяния, поэтому изучение влияния механизмов рассеяния на подвижность является актуальной задачей. В низкоразмерных системах одним из основных механизмов рассеяния является рассеяние на шероховатостях поверхности и в данной работе изучается время релаксации и возможность получение структур с высокой подвижностью. Сильное магнитное поле квантует движение носителей тока и влияет на механизмы рассеяния. Учёт влияния на механизмы рассеяния магнитного поля приводит к таким явлениям как отрицательное продольное магнитосопротивление и осцилляции в низкоразмерных системах. Поэтому, необходимо учитывать вклад внутризонного и межзонного механизмов рассеяния на подвижность носителей тока. В данной работе рассматривается подвижность электронов в сверхрешетках в квантующем магнитном поле, когда  $\hbar\omega \gg kT$ .

Время релаксации в сильном магнитном поле имеет вид:

$$\frac{1}{\tau_z(k_z)} = \frac{2\pi}{\hbar} g R_B^2 \int_0^{2k_F} q_{\perp} dq_{\perp} \left(\frac{1}{2} R_B^2 q_{\perp}^2\right)^{N-N'} \exp(-R_B^2 q_{\perp}^2) |U_{q_{\perp}, -2k_z^F}| \quad (1)$$

$k_z = (1/a) \arccos(1 - \varepsilon_F/\varepsilon_0), U$  -Фурье-компонента рассеивающего потенциала, множитель  $\left(\frac{1}{2} R_B^2 q_{\perp}^2\right)^{N-N'}$  - ответственен за межподзонные переходы

ды,  $R = \sqrt{\hbar/eB}$ , плотность состояний равна:

$$g_B(\varepsilon) = \frac{1}{2(\pi R_B)^2 a \varepsilon_0} \sum_{N,\sigma} \sin^{-1}(ak_z), \quad (2)$$

Для определения времени релаксации при рассеянии электрона на шероховатостях поверхности используется следующий потенциал:

$$|U(q_{\perp})|^2 = \frac{\pi^5 \hbar^4 \Delta^2 \Lambda^2}{(m^*)^2 a^6} \exp\left(-\frac{q_{\perp}^2 \Lambda^2}{4}\right), \quad (3)$$

где  $\Delta$  - средняя высота шероховатостей, а  $\Lambda$  - их длина .

Используя (3) и (2) в выражение (1) для обратного времени релаксации межзонного и внутризонного рассеяния в сверхрешетках получим:

$$1/\tau_{\text{впз}} = A_2 Z^{-1} (a/R_B)^2 g(\varepsilon_F) \phi(\xi) \quad (4)$$

$$1/\tau_{\text{мпз}} = A_2 Z (\alpha^2/R_B^2) g(\varepsilon_F) \phi(\xi) \quad (5)$$

соответственно. Из (4) и (5) следует, что межзонное рассеяние превалирует над внутризонным.

Отношение подвижности при внутризонных переходах к подвижности при межзонных переходах для рассеяния на шероховатостях поверхности, исходя из формул (4) и (5), принимает вид :

$$\frac{u_{\text{меж}}}{u_{\text{внутриз}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{R_B}{a}\right)^2 Z^2 \quad (6)$$

где  $Z$  – степень заполнения зоны . Из (6) видно, что с ростом магнитного поля отношение  $u_{\text{впз}}/u_{\text{мпз}}$  прямо пропорционально индукции магнитного поля и обратно пропорционально степени заполнения минизоны. Получено, что подвижность в сверхрешетках при низких температурах в большой степени определяется размерами шероховатостей, (отношением  $\Delta/\Lambda$ ) и периодом сверхрешетки  $a$ .

## **PbTe – PbSe SİSTEMİ BƏRK MƏHLULLARI MONOKRİSTALLARININ ELEKTRİK XASSƏLƏRİ**

**Məmmədova X.M., Yusifov V.V., Allahverdiyev E.Ə.**

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

<sup>2</sup>*Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu*

*xezengulmdova@gmail.com*

Şaquli Bricmen üsulu ilə göyərdilmiş  $\text{PbTe}_{1-x}\text{Se}_x$  ( $x=0,00; 0,1; 0,15; 0,25; 0,5$ ) monokristallarının xüsusi elektrikkeçirməsi ( $\sigma$ ), Zeebek ( $\alpha$ ) və Holl ( $R_H$ ) əmsalları 80 – 300 K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir (şəkil). Eksperimental nəticələr əsasında yürüklük və parabolik zona çərçivəsində [1] effektiv kütlə hesablanmışdır (Cədvəl).

Müəyyən edilmişdir ki, nümunələrdə temperaturun və Se-nin miqdarının artması ilə  $\sigma$  azalır. Holl əmsalı baxılan bütün temperatur intervalında demək olar ki, sabit olur.  $\alpha$ -nın temperatur asılılığı bir tip (p-tip) keçiriciliyə malik yarım-keçiricilərə uyğun olub baxılan temperatur intervalında artır.

PbTe əsaslı birləşmələrdə yüklü zərrəciklərin akustik fononlardan səpilməsi

üstünlük təşkil edir. Bu səpilmə temperaturun artması ilə intensivləşir. Digər tərəfdən bərk məhlullarda xəlitələrdə səpilmə (alloy scattering) mexanizmi də mühüm rol oynayır. Bu iki mexanizmin birgə təsiri, həmçinin effektiv kütlənin temperatur asılılığı yürüklüyün temperatur asılılığını müəyyənləşdirir [2].

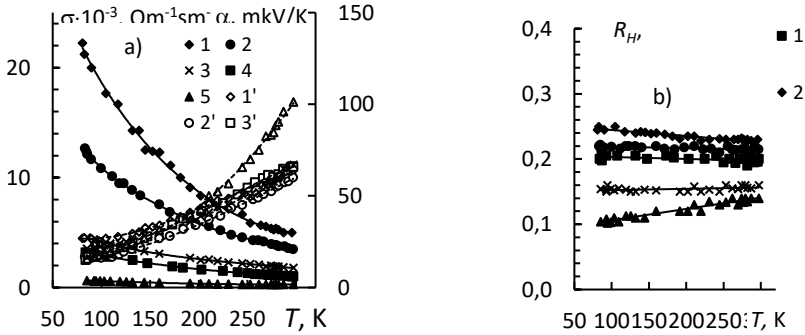
Qurğuşun xalkogenidlərinin valent zonası mürəkkəb quruluşa malik olub, iki alt zonadan – ağır və yüngül dəşiklər zonasından (L və  $\Sigma$  zonalar) ibarətdir. Temperaturun artması ilə bu alt zonalar arasındakı energetik məsafələr azalır və ağır dəşiklərin keçiricilikdə payı artır. Bu da öz növbəsində yürüklülüğün azalmasına, həmçinin effektiv kütlənin və Zeebek əmsalının artmasına səbəb olur [3].

Beləliklə,  $PbTe_{1-x}Se_x$  birləşmələrində  $\sigma$ ,  $\alpha$  və  $R_H$  əmsallarının temperatur və Se atomlarının konsentrasiyasından asılılığının xarakteri onlarda struktur defektlərinin mövcud olması və materialın zona quruluşunun özəllikləri ilə izah edilir.

Cədvəl

**$PbTe_{1-x}Se_x$ -də  $\sim 80$  K və  $\sim 300$  K-də dəşiklərin konsentrasiyası ( $n \cdot 10^{-19}$ ,  $sm^{-3}$ ), yürüklük ( $\mu$ ,  $sm^2/(V \cdot san)$ ), effektiv kütlə ( $m^*/m_0$ ) və güc faktoru ( $PF$ ,  $mkV/(sm^2 \cdot K)$ )**

x	n	$\mu$	$m^*/m_0$	PF	n	$\mu$	$m^*/m_0$	PF
	$\sim 80$ K				$\sim 300$ K			
0,00	2,72	1150,0	0,29	19,72	2,55	5444,4	0,48	16,08
0,10	2,91	751,0	0,40	12,58	2,84	2781,6	0,90	3,53
0,15	3,91	288,0	0,39	8,08	3,13	638,3	1,01	0,72
0,25	3,13	202,7	0,33	4,39	4,06	700,7	0,81	2,04
0,50	4,46	38,0	0,68	2,78	6,01	67,1	0,96	0,16



**Şəkl.**  $PbTe_{1-x}Se_x$  nümunələrində: a)  $\sigma$ -nın (1-5) və  $\alpha$ -nın (1'-5'); b)  $R_H$ -un temperatur asılılıqları. 1-5 və 1'-5' uyğun olaraq  $x=0,00; 0,1; 0,15; 0,25; 0,5$ .

### Ədəbiyyat

1. H.Naithani, T.Dasgupta. Critical Analysis of Single Band Modeling of Thermoelectric Materials, 3 (2020) 2200-2213
2. H. Wang, R. Gurunathan, C. Fu, R. Cui, T. Zhu, G.J. Snyder. Thermoelectric transport effects beyond single parabolic band and acoustic phonon scattering, Mater. Adv., 3 (2022) 734-755.
3. Y. Pei, X. Shi, A.D. Lalonde, H. Wang, L. Chen, G.J. Snyder. Convergence of electronic bands for high performance bulk thermoelectrics, Nature, 473 (2011) 66-69.

## ErBiSe<sub>3</sub> BİRLƏŞMƏSİNİN TERMOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

**Məmmədova S. H., Əbilov Ç.İ., İsmayilov Z.İ.**

<sup>1</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Z. Xəlilov küç. 23

<sup>2</sup>Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, H. Cavid prospekti, 25  
saba.mammadova36@gmail.com

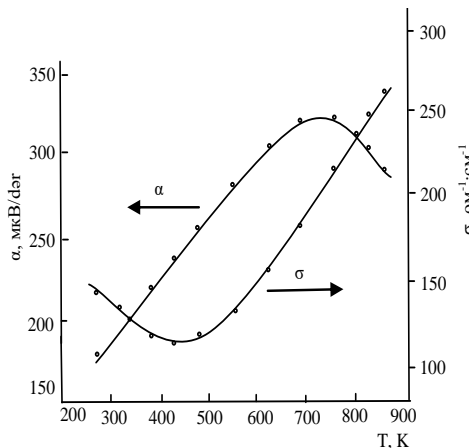
Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> və Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> birləşmələri, eləcə də nadir torpaq elementlərinin xalkogenidləri yüksək termoelektrik effektivliyinə malik yarımkeçirici materiallar sayılırlar [1 – 3]. Onların qarşılıqlı təsirindən alınan yeni tərkibli bircins fazalarda da yüksək termoelektrik effektivliyin mövcudluğu güzlənilən ola bilər.

Üçlü birləşmələrin ərintiləri bilavasitə əridilməklə xüsusi ampulalarda sintez edilərək alınmışdır. Sintez prosesi K temperaturunda mexaniki qarışdırma aparmaqla və kristallaşmanı tədrici soyudulma tətbiq etməklə yerinə yetirilmişdir. Polikristallik quruluşda alınan üçlü biirləşmələr metallik qara bozuntul rəngdə sıx quruluşda olmuşlar.

Elektrofiziki xassələri tədqiq etmək məqsədilə sintez edilmiş ErBiSe<sub>3</sub> birləşmələri 550 – 600 C temperaturunda 300 saat ərzində dəmlənməyə qoyulmuş və xüsusi həndəsi formaya salınmışdır. Hazırlanan nümunələrin 300 – 900 K temperatur intervalında termo e. h. q. əmsalı və xüsusi elektrik keçiriciliyi kompensasiya üsulundan istifadə edilərək ölçülmüşdür. Şəkildə ErBiSe<sub>3</sub> birləşməsinin xüsusi elektrik keçiriciliyi ( $\sigma$ ) və termo e. h. q. əmsalının ( $\alpha$ ) temperatur asılılığı verilmişdir.

Xüsusi elektrik keçiriciliyi və termo e. h. q. – nin ölçülməsində yaranan ölçü xəталarı 3- 5 % , ümumi istilik keçiriciliyinin ölçülməsi isə 5 – 7 % xəta ilə yerinə yetirilmişdir.

Qadağan olunmuş zolağın eni hesablanmış və alınan qiymət =0,16 eV tərtibində olmuşdur.



**Şək.** ErBiSe<sub>3</sub> birləşməsinin xüsusi elektrik keçiriciliyi ( $\sigma$ ) və termo e. h. q. əmsalının ( $\alpha$ ) temperatur asılılığı.

Termo - e. h. q. əmsalının qiyməti temperaturdan asılı olaraq əvvəlcə az ( $\approx T < 410$  K) sonra isə kəskin artır və  $T = 700$  K temperaturunda termo - e. h. q. əmsalı maksimum qiymət alır. Temperaturun sonrakı artımı ilə ( $\approx T > 710$  K)  $\alpha$  nın qiyməti azalmağa meyl göstərir. Göründüyü kimi termo – e. h. q.-nin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi mürəkkəb xarakter daşıyır.

### **Ədəbiyyat**

1. Кутасов В.А., Лукьянов Л.Н., Константинов П.П. Влияние анизотропии поверхности постоянной энергии на термоэлектрическую эффективность твердых растворов  $n$ - $\text{Bi}_2(\text{Te,Se,S})_3$  // Физика твердого тела, 1999, т.41, вып.2, с.187-192
2. Анатыхчук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства (справочник), Киев, Наукова Думка, 1979, 768с.
3. Hasanova M.Sh., Abilov Ch.J. The character of phase formation in the  $\text{In}_2\text{Te}_3 - \text{Cu}_2\text{Ga}_4\text{Te}_7$  system and some electrophysical properties in the solid solutions  $(\text{Cu}_2\text{Ga}_4\text{Te}_7)_{1-x}$  // International Journal of Engineering Innovations and Research, 2015, vol.4, №6, pp.884-887

## **CSCL MOLEKULLARININ TƏMİZ VƏ QRAFİTLİ RENİUM SƏTHİNDƏ DISSOSİASİYASI**

**Məmmədova X.N., Orucov A.K.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
sabizadexeyale@gmail.com*

Qələvi-haloid duzların ən geniş yayılmış növlərindən biri də sezium-klordur. Molekulların dissosiasiya reaksiyalarının, öyrənilməsi böyük praktik və elmi əhəmiyyət kəsb edir. İndiyə qədər bu molekulların səthi ionlaşması volframın, rodoiumun, platinin, nikelin və iridiumun səthində geniş şəkildə öyrənilmişdir. Bu işdə ölçüləri 50 mm x 1,5 mm x 0,03 mm olan renium lentindən istifadə edilmişdir. Atom və molekul seli renium üzərinə vakuumda kənardan idarə edilə bilən buxarlandırıcıdan- Knudsen kamerasından düşmüşdür. Termoelektron cərəyanı antitron torlu kollektorda, səthi ionlaşma cərəyanı isə kütlə-spektrometrinin çıxışında ikinci ion gücləndiricisi vasitəsilə ölçülmüşdür.  $T \geq 1300$  K temperaturda renium üzərindəki qrafrit monotəbəqəsi sistemə benzol buxarı buraxılması yolu ilə alınmışdır. Bu zaman reniumun çıxış işi 5,12 eV-dan 4,5 eV-a qədər azalmış, bu da qrafrit monotəbəqəsinin əmələ gəlməsini sübut etmişdir. Digər tərəfdən renium üzərində qrafrit monotəbəqəsinin alınması CsCl molekullarının dissosiasiyasına

görə təyin edilmişdir. Bu zaman dissosiasiya əmsalı  $\beta = 1$ -dən  $\beta = 10^{-3}$  -ə  $10^{-5}$  -ə qədər azalmışdır. Səthi ionlaşmanın nəzəriyyəsiindən atom və molekulun səthi ionlaşma əmsalları  $\beta_{\text{Cs}}$  və  $\beta_{\text{Cs}(\text{CsCl})}$  arasında aşağıdakı kimi əlaqə olduğu məlumdur

$$\beta_{M(MX)} = \beta_M \cdot \frac{1}{1 + \frac{F}{C} \exp \frac{E_S - E_{MX}}{kT}} \quad (1)$$

burada,  $E_s$ -səthdə molekulların dissosiasiyasının aktivləşmə enerjisi, F və C- desorbsiya və dissosiasiya sürətlərinin sabitləridir, A- ion və atom

$$\beta_M = \frac{1}{1 + A \exp\left(\frac{V - \varphi}{kT}\right) e} \quad (2)$$

hallarının statistik cəmlərinin nisbətidir, V- seziyumun ionlaşma potensialıdır ( $V=3,14$  V),  $e\varphi = 5,10$  eV-reniumun çıxış işidir. CsCl molekullarının sabit selində ion cərəyanının lentin temperaturundan asılılığı çıxırılmışdır və astana temperaturundan böyük temperaturlarda ion cərəyanı praktiki olaraq sabit qalır. Sürətləndirici gərginliyin  $U_{sür} = 1500$  V qiymətində  $600K < T < 850$  temperatur intervalında CsCl molekulları üçün ion cərəyanının kəskin azalması müşahidə olunur. Bu hal atomar Cs üçün 200K aşağı temperaturda baş verir. İonlaşmanın astana temperaturundan az olduğu halda Cs-un atomlarının konsentrasiyasının artması baş verir. Bu zaman çıxış işi azalır və Cs atomlarının səthi ionlaşma şərti  $(\varphi - V) \leq kT$  ödənilir.  $E_s - E_{MX}$  fərqi təyin etmək üçün CsCl molekullarının  $1 \cdot 10^{12}$  molekul/ $sm^2$ .san. selində Re (1010) səthindən  $I^+_{Cs(CsCl)}$  ion cərəyanı  $T=1000$  K-dan  $T=2200$  K-yə qədər intervalda ölçülmüşdür və

$$E_s = (E_{MX} + tg \alpha) eV \quad (3)$$

ifadəsindən tangensi bilməklə, CsCl molekullarının dissosiasiyasının enerjisinin 4,6 eV (qaz halındakı CsCl molekullarının dissosiasiya enerjisi) qəbul etsək, onda Re səthindən molekullar üçün desorbsiya enerjisi üçün  $\approx 4,42$  eV alınır.[1]

### **Ədəbiyyat**

1. Оруджов А.К., Нуруллаев Ю.Г., Дашдемиров А.О. Электрические и оптические свойства системы Re(1010)-С. Вестник Бакинского Университета, серия физ.мат.наук, 2005, №3 с.140-149.

## **Cu<sub>3</sub>GA<sub>5</sub>S<sub>9</sub> MONOKRİSTALLARININ UDMA ƏMSALI SPEKTRİ**

**Muxtarlı L.N., Qəhrəmanov N.F**

Bakı Dövlət Universiteti

*lemanmuxtarli8@gmail.com*

İşdə qalınlığı 60 və 105 mikron olan monokristal nümunələrdə işıq kvantlarının  $0,9 \div 2,2$  eV enerji diapazonunda udma əmsalı tədqiq olunmuşdur. Təcrübədə dörd fərqli temperaturda alınan udma əmsalının spektri əmsalı 100 (1), 300 (2), 475 (3) və 500 (4) K- də şəkildə göstərilmişdir.

Məlumdur ki, [1] Cu<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>S<sub>9</sub> monokristalları otaq temperaturunda açıq narıncı rəngdə olur. Ancaq kristallar 450 K- dən yuxarı temperatura qədər qızdırıldıqda tündləşir və qara rəngdə olur. Bu, udma əmsalının temperaturdan güclü asılılığı ilə əlaqədar ola bilər. Şəkil dən görüldüyü kimi, udma əmsalı kiçik enerji oblastında bütün temperaturlarda fon dəyişməsinə malikdir. Əsas udma kənarı oblastında əyri (1) üzərində iki ifrat maksimum görünür. Görünən maksimumlar 1,2 və 1,62 eV enerjiyə malik optik keçidlərə uyğundur. Bu maksimum temperatur artdıqda qısa



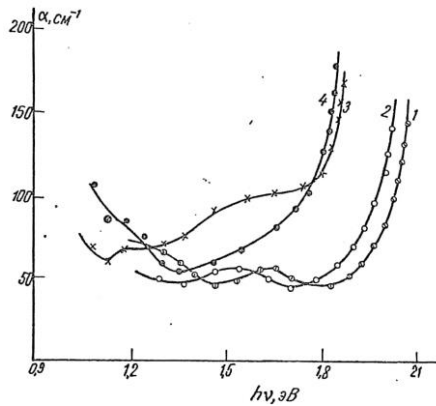
dalğa uzunluğu oblastına keçir və udma infraqırmızı oblastda artır. Əyriyə (3) uyğun olaraq, aşqar udma oblastı əsas udma kənarı ilə birləşir.

(4) əyrisi 500 K- də spektri təmsil edir. Məlumdur ki, 400 və 500 K temperaturalarda kristal qara rəngdə olur, çünki, kristal tərəfindən işıq şüalarının buraxılması oblastı 1,1 eV- dan 1,67 eV-a qədər olan dəyişmələrlə məhdudlaşır.

Nəzəriyyəyə görə[2], kvantı udan valent elektronları birbaşa optik keçid həyata keçirir, onda  $(\alpha h\nu)^2 \sim h\nu$  əsas udma kənarı xətti qanununa tabe olur.  $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{S}_9$  monokrystalının udma əmsalı spektrlərinin asılılığından görünür ki, fundamental udma zolağının kənarı birbaşa düz optik keçidlə baş verir. Burada qadağan olunmuş zonanın eni, əyrinin düz hissələrini  $h\nu$  oxuna ekstrapolyasiya edərək təyin edilmişdir.

1. 100K 1,95 eV,
2. 300K 1,88 eV,
3. 475K 1,74 eV,
4. 500K 1,71 eV.

1 və 2- dən  $\partial(\Delta E_g)/\partial T$  qadağan olunmuş zonanın termik əmsalı, 2 və 3-də  $8 \cdot 10^{-4}$  eV/K , 3 və 4-də isə  $12 \cdot 10^{-4}$  eV/K-dir. Məlumdur ki,  $\partial(\Delta E_g)/\partial T$  əmsalı orta temperaturdan xətti asılı deyil və buna görə də yüksək temperatur oblastında artır.



Şək. 1.  $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{S}_9$  monokrystalının udma əmsalı spektri:  
1-100K; 2-300K; 3-475K; və 4-500K.

### Ədəbiyyat

1. Тагиров В.Н., Гахраманов Н.Ф., Гусейнов А.Г., Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа  $\text{A}_3^{\text{I}}\text{B}_5^{\text{III}}\text{C}_9^{\text{VI}}$  Баку-2001, с.303.
2. Тагиров В.И., Тагиров Э.В., Гахраманов Н.Ф., Физика полупроводников. Ваку-Сумгаит – 2007, с. 310

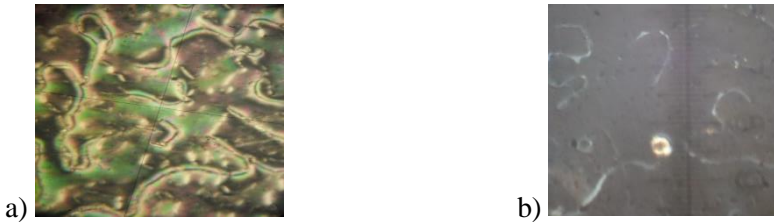
## BÖLMƏ 4 NANOQURULUŞLARIN FİZİKASI VƏ TEKNOLOGİYASI

### HOMOETROP TEKSTURALI 5CB NEMATİK MAYE KRİSTALIN DİELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ BaTiO<sub>3</sub> NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN TƏSİRİ

**Əlizadə M.A., Hübətov Ş.Ə.**

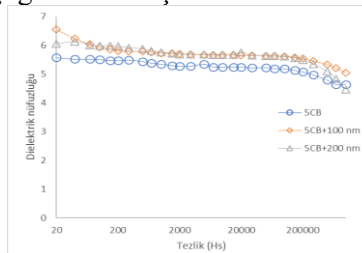
*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi  
alizadamujgan24@gmail.com*

Təqdim edilən bu işdə 4, 4'- pentilsianobifenilinin (5CB) maye kristalın dielektrik nüfuzluğunun eninə toplananına BaTiO<sub>3</sub> nanohissəciklərin ölçü effektinin təsiri öyrənilmişdir. 5CB maye kristalı müsbət dielektrik anizotropiyasına malik olsada, onun dipolu qisməndə olsa uzun oxla nəzərən perpendikulyar istiqamətdə meyillidir. Təcrübədə 5CB maye kristalın saf və onda 1% çəki miqdarında həll edilmiş 100 nm və 200 nm ölçülü BaTiO<sub>3</sub> nanohissəciklərindən ibarət kolloidlərin müqayisəli xassələri öyrənilmişdir. Kolloidlərin və homoetrop teksturanın hazırlanması məlum texnologiya əsasında aparılmışdı [1]. Nümunələrin tam homeotrop teksturasının alınmasına əmin olmaq üçün polyarizasiya mikroskopu vasitəsi ilə yoxlanılmışdır.



**Şək. 1.** 100 nm ölçülü BaTiO<sub>3</sub> nanohissəcikləri əlavə edilmiş nümunələrin polyarizasiya mikroskopundakı təsviri a) planar b) homeotrop

Nümunələrin İET-1920 RLC-metri vasitəsi əldə edilmiş dielektrik parametrlərini əks etdirən qrafik aşağıda verilmişdir.



**Şək. 2.** Nümunələrin dielektrik nüfuzluğunun eninə komponentinin tezlik asılılığı.

Nəticələrdən görünür ki eninə toplanan tezlikdən asılı olmayaraq, demək olar ki, dəyişmir. Bu eninə ox boyunca dipolun çox kiçik olması ilə izah olunur və nəticədə molekul elektrik sahəsinə asanlıqla reaksiya verir və dispersiya müşahidə olunmur. BaTiO<sub>3</sub> hissəciklərinin nümunələrin dielektrik xassəsinə çox cüzi təsiri isə bu hissəciklərin maye kristalların uzun ox boyunca yönəlməsi ilə izah olunur[2].

#### **Ədəbiyyat**

1. 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
2. İmamaliyev, A. R., Humbatov, Sh. A. //Size effect of submicron barium titanate particles on dielectric properties of smectic A liquid crystal 4-nitrophenyl 4'-decyloxy benzoate// *Liquid Crystals*, - 2023. 50(7–10), pp. 1279–1286

## **POLİPROPİLEN ƏSASLI PP/MnO<sub>2</sub> NANOKOMPOZİTİNDƏ TERMİK XASSƏLƏR**

**Bəkmirzəyev R.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti.*

*ramin.bakmirzayev@bsu.edu.az*

Polimerlərə və polimerlər əsasında alınan nanokompozitlərə müxtəlif xarici amillərin təsiri (güclü elektrik sahəsi, elektrik boşalması, temperatur, şüalanma və s.) matrisanın dərin təbəqələrinə nüfuz etməklə quruluşun pozulması və yenidən qurulmasına səbəb olur. Nəticədə matrisada təbəqələrarası kristallik fazanın yaranması hesabına kristallik və amorf fazanın nisbətində dəyişikliklər baş verir [1-4].

Bununla əlaqədar olaraq elektrik sahəsinin köhnəlmə prosesinə, ərimə temperaturuna, kristallaşma dərəcəsinə və depolimerləşmə prosesinə təsirinə öyrənmək üçün derivatoqrafiya üsulundan istifadə edərək təmizPP, PP + 0.5%MnO<sub>2</sub>vəPP + 1%MnO<sub>2</sub> nanokompozitlərinin termik xassələri tədqiq edilmişdir.

Nanokompozitlərin aşağı və yüksək temperatur diapazonunda istilik xassəlerini öyrənməklə onların daxili quruluşu haqqında məlumat əldə etmək olar. Məlumdur ki, derivatoqrafiya üsulu müxtəlif keçidlərin temperaturunu yüksək dəqiqliklə ölçməyə imkan verir. Həmçinin polimer və polimer nanokompozit qocalması molekul daxili və molekullararası qarşılıqlı təsir qüvvələrinin kəskin fərqiə görə güc sahəsinin yüksək yerli anizotropiyası ilə əlaqədardır.

Paulik-Paulik-Erdey sistemli Q-1000 derivatoqrafında, 20 – 500°C temperatur aralığında, oda davamlı platin tigeldə 5 dər/dəq. sürətlə qızdırmaqla nümunələrin termik spektrləri çəkilməmişdir. Maddənin çəkisi 100 mq, inert maddə kimi 1000°C-yə qədər qızdırılmış Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> istifadə olunmuş və təcrübələr otaq şəraitində aparılmışdır. 180°C – 300°C temperatur aralığında müşahidə olunan endotermik pik termik depolimerzasiyaya və ya polimerin destruksiyasına aiddir və nümunənin qızdırılmasının hansı atmosfer şəraitində aparılmasından asılı deyildir. Elektrik sahəsindən sonra nümunələrin termik spektrlərində depolimerləşmə prosesinə

qədər  $100^{\circ} - 130^{\circ}\text{C}$  temperatur aralığında çox da böyük olmayan endotermik piklər meydana gəlir. Bu piklərin meydana gəlməsi PP makromolekullarının zəif rabitələrdə qırılmalarının hesabına baş verdiyini göstərir.  $\text{MnO}_2$  təsirindən sonra endotermik piklərə uyğun gələn temperaturun yüksək temperaturlara doğru, elektrik sahəsinin təsirindən sonra depolimerləşmə prosesinin endotermik piklərinə uyğun gələn temperatur isə aşağı temperaturlara doğru sürüşür.

Beləliklə,  $\text{MnO}_2$  əlavəli PP nanokompozitlərinin fiziki quruluşundakı hər cür (istər nanoəlavənin, istərsə də köhnəlmənin təsiri ilə) dəyişiklik mexaniki və elektrofiziki xassələrə təsir etdiyi kimi istilik fiziki xassələri də dəyişdirə bilər.

### **Ədəbiyyat**

1. Ray, S., Cooney, R.P., 2018. Thermal degradation of polymer and polymer composites. In: Kutz, Myer (Ed.), Handbook of Environmental Degradation of Materials, third ed. Elsevier Inc., pp. 185–206.
2. Jakab, E., V'arhegyi, G., Faix, O., 2000. Thermal decomposition of polypropylene in the presence of wood-derived materials. J. Anal. Appl. Pyrolysis 56, 273–285.
3. Kumar, S., Singh, R.K., 2014. Pyrolysis kinetics of waste high-density polyethylene using thermogravimetric analysis. Int. J. ChemTech Res. 6, 131–137.
4. Yang, H.S., Kiziltas, A., Gardner, D.J., 2013. Thermal analysis and crystallinity study of cellulose nanofibril-filled polypropylene composites. In: Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. Springer, pp. 673–682.

## **APPLICATION OF TRIBOELECTRIC NANOGENERATORS BASED ON ORIGAMI STRUCTURE IN WAVE ENERGY HARVESTING**

**<sup>1</sup>Cavadova A.N., <sup>2</sup>Muradov M.B. \*, <sup>2</sup>Gulahmadov O.G.**

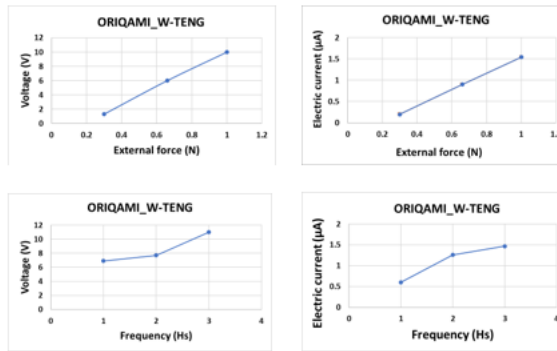
*<sup>1</sup>Baku State University, Faculty of Physics*

*<sup>2</sup>Baku State University, Nanoscience Research Laboratory of the Center for Excellence in Research, Development, and Innovation  
cavadovaarzu2001@gmail.com*

Harnessing the energy of water waves on a large scale is highly appealing due to its low carbon footprint and renewable nature. The introduction of triboelectric nanogenerators (TENGs) offers a novel method for efficiently capturing this low-frequency, unpredictable, and seemingly chaotic energy. This study developed a TENG array of spherical TENG units utilizing a multilayered structure to capture energy from water waves. This research introduces an enhanced TENG device designed to optimize the extraction of blue energy from water waves on a large scale.

This research used nylon and polysiloxane materials to craft a triboelectric nanogenerator characterized by its origami-inspired structure. We assessed the performance of a water-based triboelectric nanogenerator (W-TENG) through comprehensive testing and analysis using a digital multimeter (DMM). We examined how the output parameters of the W-TENG vary with frequency and force (Figure 1). This included measuring diverse electrical parameters like voltage and current

to evaluate the efficiency and functionality of the W-TENG. It was determined that with the increase of the amplitude value of the external force from  $F=0.3$  N to 1 N, the voltage of the TENG increases from  $U=1.3$  V to 10 V, and the current increases from  $I=0.2$   $\mu$ A to 1.54  $\mu$ A. This is due to the increase in the value of the external force, which is explained by the fact that nylon and PS come into more contact and, as a result, more load is created on the surface. The variation of the output parameters of the TENG as a function of frequency also continued with almost the same trend. Thus, when the wave frequency increases from 1 Hz to 3 Hz, the voltage of the TENG increases from 6.9 V to 11 V, and the current increases from 0.6  $\mu$ A to 1.47  $\mu$ A. This increase in the output parameters of the TENG is explained by the more intense contact of the materials with each other and, as a result, the generation of more charges on the surface. As a result, the more contact area there is, the more static charges occur on the surface, which in parallel leads to an increase in voltage and current values.



**Fig. 1.** Dependence of output performance of the W-TENG on external force and frequency

Thus, it turns out that the energy of water waves in the ocean, sea, and various water bodies can be converted into electrical energy by applying the developed W-TENGs. As a result, we can use the energy we receive to power low-power portable electronic devices and sensors.

## References

1. Jiang, Tao, Li Min Zhang, Xiangyu Chen, Chang Bao Han, Wei Tang, Chi Zhang, Liang Xu, and Zhong Lin Wang. "Structural optimization of triboelectric nanogenerator for harvesting water wave energy." *ACS nano* 9, no. 12 (2015): 12562-12572.
2. Xu, Liang, Tao Jiang, Pei Lin, Jia Jia Shao, Chuan He, Wei Zhong, Xiang Yu Chen, and Zhong Lin Wang. "Coupled triboelectric nanogenerator networks for efficient water wave energy harvesting." *ACS nano* 12, no. 2 (2018): 1849-1858.

## **Cu ƏSASLI STRUKTURLARIN MİKROSKOPİK VƏ SPEKTROSKOPİK TƏDQIQI**

**Nuriyeva S.Q., Cəfərova S.R.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*ceferovasevinc.011225@gmail.com*

Klassik nanomateriallardan hesab olunan nanonaqillər son illərdə elmi tədqiqatların ən çox istifadə olunan obyektlərindəndir. Nanonaqillər biosensorlar, elektronika, fotonika, enerji çevrilmə və saxlama cihazları, biotexnologiya və nanodərmanlar da daxil olmaqla bir çox tətbiqlər üçün ən perspektivli strukturlar hesab olunur. Birölçülü nanostrukturların və metalların üstünlüklərini özündə birləşdirmiş metal nanonaqillər yaxşı istilik və elektrik keçiriciliyi, yaxşı mexaniki xassələri, yüksək optik şəffaflığı və s. kimi unikal xüsusiyyətlərinə görə geniş şəkildə tədqiq edilmişdir [1].

Tədqiqat işində mis prekursorunun reduksiyası üsulu ilə sintez edilmiş Cu nanonaqillərinin sulfidləşdirilməsindən Cu<sub>2</sub>S nanonaqilləri alınmışdır. ÇDKNB-Cu/Cu<sub>2</sub>S NN nanokompozitləri isə sonifikasiya metodu vasitəsi ilə sadə qarışdırma-qurutma üsulu istifadə edilməklə hazırlanmışdır.

Alınmış strukturların morfologiyası və ölçüləri elektron mikroskopiyası (SEM və KEM) vasitəsi ilə tədqiq edilmiş, Cu nanonaqillərinin uzunluqları, təxminən 5-20 mkm və diametri isə 80-200 nm diapazonunda formalaşmışdır. Sulfidləşdirilmə prosesindən sonra 1D strukturlu Cu/Cu<sub>2</sub>S NN-lərin diametri böyüyərək 150-400 nm diapazonunda dəyişmişdir. ÇDKNB-Cu/Cu<sub>2</sub>S nanokompozitlərinin SEM təsvirlərindən isə Cu/Cu<sub>2</sub>S nanonaqillərinin və ÇDKNB-nin sıx birləşdiyini söyləmək olar.

Sintez olunmuş nanostrukturların xassələri UB-gör. və Raman spektroskopiyası vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Mis nanonaqillərdəki 586 nm dalğa uzunluğu ətrafında müşahidə edilən geniş zolaqlı pik səthi plazmonların udulması ilə əlaqədardır. Cu/Cu<sub>2</sub>S NN-lərin udulma spektrində yaxın infraqırmızı zolaqda lokal səth plazmon rezonansı (LSPR) hadisəsinə əsaslanan maksimum-(974 nm) müşahidə olunur. Udulma spektrlərinə nəzərən Cu/Cu<sub>2</sub>S NN-lərin qadağan olunmuş zona eni təxminən 1.3 eV olmuşdur ki, bu da Cu NN-lərin səthində alınmış strukturun Cu<sub>2</sub>S NN olduğunu deməyə əsas verir.

Raman spektroskopiyası metodu ilə sulfidləşmə prosesindən sonra Cu/Cu<sub>2</sub>S NN strukturu tədqiq edilmiş, Cu/Cu<sub>2</sub>S NN-lərin Raman spektrində 270-280 sm<sup>-1</sup> intervalında müşahidə olunan intensiv zolaq Cu-S fazasının vibrasiya rəqslərinə, həmçinin, sürətli oksidləşmə nəticəsində formalaşmış mis oksid strukturlarının komponentlərinə, 620 sm<sup>-1</sup> -də müşahidə olunan zəif pik isə oksid qruplarının rəqslərinə uyğun ola bilər [2,3]. ÇDKNB-Cu/Cu<sub>2</sub>S nanokompozitlərinin Raman spektrində 280 sm<sup>-1</sup>, 329 sm<sup>-1</sup>, 629 sm<sup>-1</sup>, 1350 sm<sup>-1</sup>, 1583 sm<sup>-1</sup>, 2329 sm<sup>-1</sup> və 2700 sm<sup>-1</sup>-də piklər müşahidə edilmişdir. Spektrin 1350 sm<sup>-1</sup>, 1583 sm<sup>-1</sup> və 2700 sm<sup>-1</sup>-də müşahidə edilən zirvələr, müvafiq olaraq, ÇDKNB-lərin D zolağına (defekt), G zolağına (qrafit zolağı) və G' diapazonuna (D tonu) uyğun gəlir. ÇDKNB-Cu/Cu<sub>2</sub>S

nanokompozitlərinin Raman spektrində müşahidə olunan  $1350 \text{ sm}^{-1}$ ,  $1583 \text{ sm}^{-1}$  və  $2700 \text{ sm}^{-1}$  ÇDKNB-yə xas xarakteristik zirvələr saf ÇDKNB-ları ilə müqayisədə daha yüksək dalğa ədədinə keçməsi modifikasiya nəticəsində komponentlər arasında yük transferinə səbəb olan struktur defektləri ilə bağlıdır.

### **Ədəbiyyat**

1. Wang, J., Li, Z., & Gu, Z. (2021). A comprehensive review of template-synthesized multi-component nanowires: From interfacial design to sensing and actuation applications. *Sensors and Actuators Reports*, 3, 100029.
2. C. Anichini, W. Czepa, A. Aliprandi, V. Girelli Consolaro, O. Ersen, A. Ciesielski and P. Samori, *J. Mater. Chem. C*, 2021, Synthesis and Characterization of Ultralong Copper Sulfide Nanowires and their Electrical Properties, *J. Mater. Chem. C*, 2021,9, 12133-12140.
3. Palve, B.M., Kadam, V.S., Jagtap, C.V. et al. A simple chemical route to synthesis the CuSe and CuS counter electrodes for titanium oxide based quantum dot solar cells. *J Mater Sci: Mater Electron* 28, 14394–14401 (2017).

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

**<sup>1</sup>Əhmədov T.C., <sup>2</sup>Qəribov A.A.**  
*tabrizahmadovbsu19@gmail.com*

Uran dioksid - $\text{UO}_2$  nüvə yanacağı və digər uran tərkibli nüvə materiallarının alınmasında aralıq məhsul kimi geniş tətbiq edilir. Uran tərkibli materiallar əsasən nüvə reaktorlarda aktiv zonada istifadə olunurlar. Odur ki, onlar müxtəlif enerjili neytronların və parçalanma məhsullarının təsirinə məruz qalırlar. Uran yanacağının tərkibində 5-6% U-235 ilə zənginləşmiş halda olur və 94-95%-i U-238 -dən ibarətdir.

Təqdim olunmuş bu materialda təbii uran izotop tərkibli  $\text{UO}_2$ - də isti və sürətli neytronların təsiri altında neytron tutma, elastik səpilmə proseslərinin mikroskopik və makroskopik en kəsikləri hesablanıb. Bu təyinatlar üçün ilkin növbədə  $\text{UO}_2$ -nin molekul, U-238, U-235, oksigen nüvələrinin sıxlıqları hesablanıb. Uranil molekulunun molekul sıxlığı aşağıdakı ifadə ilə təyin edilib.

$$N_{\text{UO}_2} = \frac{\rho * N_A}{M(\text{UO}_2)} \quad (1)$$

burada  $\rho = 10.97 \text{ qr/sm}^3$ ,  $M(\text{UO}_2) = 270.03$ ,  $N_A$ - avoqadro ədədi.

Uran izotopları isə

$$N_{u_i} = \frac{\rho * N_A}{M(\text{UO}_2)} x_i \quad (2)$$

burada  $x_i$ - izotopun faizlə miqdarı.

$$\Sigma_i = \sigma_i * N_i$$

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

Cədvəl 1

Sıxlıqların qiyməti	N(UO <sub>2</sub> ) molekul/sm <sup>3</sup>	N(O) nüvə/sm <sup>3</sup>	N(U-238) nüvə/sm <sup>3</sup>	N(U-235) nüvə/sm <sup>3</sup>
N <sub>i</sub>	2,44*10 <sup>22</sup>	4,88*10 <sup>22</sup>	2,42*10 <sup>22</sup>	1,7*10 <sup>20</sup>

Aşağıdakı cədvəldə UO<sub>2</sub>-yə istilik və sürətli neytronların təsiri altında radiosion tutma, elastik səpilmənin en kəsikləri verilib.

Cədvəl 2

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

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

### Ədəbiyyat

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

## MoS<sub>2</sub> KRİSTALININ ELEKTRON SPEKTRİNİN *Ab-Initio* TƏDQIQI

**Əhmədova N.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*n.qeniyeva35@gmail.com*

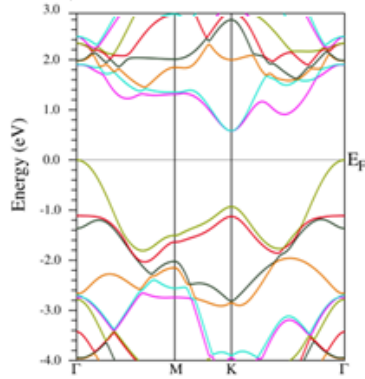
MX<sub>2</sub> (burada M = Mo, X = S, Se və Te), çəpkeçidli laylı materiallar fototransistorlar, müxtəlif tezlik diapazonunda işıq mənbəyi və fotovoltaiq cihazlar kimi müxtəlif optoelektronik tətbiqlər üçün əhəmiyyətli maraq kəsb edir [1]. Bu baxımdan, MoS<sub>2</sub> nazik təbəqələrinin elektron və optik xassələrinin sistematik tədqiqatları tələb olunur.

Məqalədə MoS<sub>2</sub> yarımkeçirici kristalının Sıxlıq Funksionalı Nəzəriyyəsi (DFT) vasitəsilə hesablanmış zona quruluşu və atomlara proyeksiyalanmış energetik hal sıxlığı təqdim olunur. Hesablama nəticələrindən istifadə edərək verilmiş maddədə atomlar arası kimyəvi əlaqələrin analizi verilir.

Elektron və optik xassələrin ab initio hesablamaları DFT [2] əsasında Wien2k proqram kodunda [3] həyata keçirilən tam potensiallı xəttləşdirilmiş müstəvi dalğalar (FP-LAPW) metodundan [4] istifadə edilməklə aparılmışdır. Öz-özünü tənzimləyən hesablamalar tam enerjinin yığılmasının dəqiqliyinin 10<sup>-4</sup> Ry -ə çatana qədər davam etdirilmişdir.



Zona quruluşu və şəkil 1. MoS<sub>2</sub>-nin zona quruluşu (şəkil 1.) bir sıra xarakterik xüsusiyyətlərə malikdir. Beləki, valent zonası şərti olaraq üç alt zonadan ibarətdir. -14 eV ətrafında yerləşən ən aşağı alt zolaq, öz mənşəyini əsasən S 3s-, Mo 4p- və Mo 4d- səviyyələrindən götürür. İkinci alt zolaq -2 və -7 eV enerji intervalında yerləşir. 0 və -2 eV enerji diapazonundakı 3-cü zona valent zonasının maksimumu arasındakı valent zonası qrupu əsasən Mo 4d-, S 3p- və qismən də Mo 4p- səviyyələrindən əmələ gəlmişdir. Zona quruluşundan (şəkil 1.) görüldüyü kimi valent zonasının maksimumu Brilluen zonasının  $\Gamma$  nöqtəsində, keçirici zonanın minimumu isə K simmetrik nöqtəsində yerləşir. Buradan alınır MoS<sub>2</sub> kristalı qadağan zolağı ~0.9 eV olan çəpkeçidli yarımkeçiricidir.



**Şəkil 1.** BZ-nin yüksək simmetriyalı xətləri boyunca MoS<sub>2</sub> –nin zona quruluşu.

### **Ədəbiyyat**

1. A. Sanne, R. Ghosh, A. Rai, H.C.P. Movva, A. Sharma, R. Rao, L. Mathew, S.K. Banerjee, Top-gated chemical vapor deposited MoS<sub>2</sub> field-effect transistor on Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> substrates, Appl. Phys. Lett. 106 (2015) 062101.
2. P. Hohenberg, W. Kohn. Phys. Rev. B **136**, 3B, 864 (1964).
3. P. Blaha, K. Schwarz, G.K.H. Madsen, D. Kvasnicka, J. Luitz. WIEN2k, An Augmented Plane Waves+Local Orbitals Program for Calculating Crystal Properties, rev. ed. Vienna University of Technology, Vienna (2008).
4. O.K. Andersen. Phys. Rev. B **12**, 8, 3060 (1975).

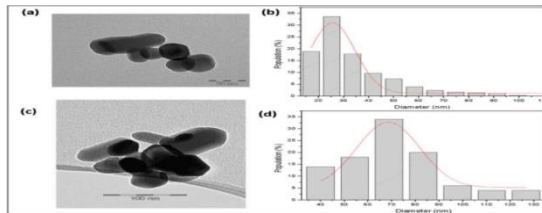
## **ZnO NANOHISSƏCİKLƏRİNİN BİTKİLƏRDƏ FOTOSİNTEZ PROSESİNİN AKTİVLİYİNƏ TƏSİRİ**

**Əliyeva Ə.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
esmer2023bdu@gmail.com*

Sink oksid dəmirdən sonra ikinci ən çox yayılmış metal oksiddir. Sink oksid nanohissəcikləri ağ toz kimidir və suda həll olmur. ZnO nanohissəcikləri 3,37 eV enerjili qadağan olunmuş zonaya və 60 meV rabitə enerjisinə malikdir, bu da onun əla kimyəvi, elektrik və istilik sabitliyini təmin edir. ZnO nanohissəciklərinin toxum cücərməsinə təsiri, nanohissəciklərin konsentrasiyasından, ölçülərindən və bitkinin

növündən asılıdır. Yərfıstığı üzərində aparılan tədqiqat göstərrib ki, ZnO nanohissəcikləri cücərməyə müsbət təsir edir. Əksinə, ZnO nanohissəcikləri qarğıdalının cücərməsinə mənfi təsir göstərir. Lakin, eyni konsentrasiyada, ZnO nanohissəcikləri soya bitkisinin cücərməsi üzərində heç bir təsir göstərməmişdir. Sink oksid nanohissəciklərini bitkilər kök və yarpaqlar vasitəsilə mənimsəyirlər. ZnO nanohissəciklərinin həddindən artıq tətbiqi toksik təsirlər yarada bilər. ZnO nanohissəcikləri bitkilərin köklərində rizosfer mühitə də mühüm təsirlər göstərə bilər. ZnO nanohissəciklərinin bitki böyüməsini, inkişafını və davamlılığını yaxşılaşdırdığı məlum olmuşdur. Bu tədqiqat işində ZnO nanohissəciklərinin *Vicia faba* bitkisinin fotosintez prosesinin aktivliyinə təsiri araşdırılmışdır. ZnO nanohissəciklərinin bitki fotosintezinə təsirini araşdırmaq üçün Xlorofil A flüores-sensiyasından istifadə edilmişdir. Bitkinin yarpaqlarına çiləmə yolu ilə müxtəlif ölçülərdə (25 və 70 nm) və konsentrasiyalarda (0, 50, 100, 200 və 300 mg L<sup>-1</sup>) ZnO nanohissəcikləri ilə təsir edilmişdir. Nanohissəciklərin dispersiyasını təmin etmək üçün ZnO nanohissəciklərinin məhlulu 15 dəqiqə ultrasəsle işlənmişdir. Xlorofil flüores-sensiya ölçmələri, 30 dəqiqə qaranlığa adaptasiya olunmuş bitkilərdə aparılmışdır. Yarpaqlar dörd LED panel vasitəsilə ağ işıqla həyəcanlandırıldı və Xlorofil A flüores-sensiyası CCD kamerası istifadə edilərək toplandı. Fotosistem II-nin maksimum səmərəli işləməsi ilə əlaqədar Xlorofil A flüores-sensiya parametrləri (Fv/Fm), qeyri-fotokimyəvi söndürmə, Fotosistem II fotokimyasının işləmə səmərəliliyi (Fq'/Fm'), sabit vəziyyətdə fotokimyəvi söndürmə əmsalı (Fq'/Fv') və işıqda Fotosistem II fotokimyasının maksimum səmərəliliyi (Fv'/Fm') hesablanmışdır.



Şəkildə ZnO nanohissəciklərinin TEM şəkilləri və nanohissəciklərin diametrə görə paylanmaları göstərilmişdir.

Tədqiqat göstərdi ki, ZnO nanohissəcikləri *Vicia faba*-nın fizioloji vəziyyətini dəyişdirir. Fv/Fm-nin azalması Fotosistem II-nin fotokimyəvi effektivliyinin aşağı düşdüyünü və fotosintetik aparatın zədələnməsini göstərir. Təcrübələrin nəticələrindən aydın olmuşdur ki, ZnO nanohissəciklərinin yarpaqlarda yüksək konsentrasiyalarda yığılması zamanı *Vicia faba*-nın fotosintez aktivliyinə mənfi təsir göstərir, Buna səbəb ZnO nanohissəciklərinin ayrılan Zn<sup>2+</sup> ionlarının toksik təsirləri olmuşdur.

## Ədəbiyyat

1. Danielle P. Pedruzzi, Leandro O. Araujo, William F. Falco. ZnO nanoparticles impact on the photosynthetic activity of *Vicia Faba*: Effect of particle size and concentration. Nano impact Volume 19, July 2020, 100246.
2. Alireza İ, Zahra O, Narges A. Synthesis and characterization of ZnO Nps and their impact on plants. Chapter 1: 1 April 2021.

## ANALYSIS OF SOME THERMAL PROPERTIES OF CARBON NANOTUBES

**Abaszade R.G., Khanmamedova E.A.**

*Azerbaijan State Oil and Industry University  
abaszada@gmail.com*

Doped MWCNT has strong interest for sensors and bioimaging applications. The perspective area of carbon nanomaterials investigation is focused on incorporation different materials to obtain a new nanocomposite with more significant properties. Multiwalled carbon nanotubes (MWCNTs) have been provided various unique properties: mechanical (deformation properties), electrical (high electrical conductivity) and physicochemical properties [1]. There are different methods to produce CNT: chemical vapor deposition, electric arc discharge, laser ablation, electrolysis. These methods produce different CNTs corresponding to different geometric structures. In this case, the diameters and correspondingly the lengths of the CNTs are significantly different from each other [2]. The multiple molecules can be attached to the carboxyl-functionalized MWCNTs (MWCNT-COOH) by strong covalent, hydrogen bonds or  $\pi$ - $\pi$  stacking interactions for construction a new nano-platforms [3,4]. As example, single-walled carbon nanotubes functionalized with a carboxyl group sensor are shown sensitivity to CO gas [5]. Gadolinium – containing carbon nanomaterials are a new class of contrast agent for magnetic resonance imaging, medical and biological applications [6].

The work represents the synthesis and thermal properties characterization of gadolinium doped MWCNT with 10 and 15 % of dopant, respectively. The microstructure of were studied using TEM techniques. By studying Gd-MWCNTs the smooth as well and homogeneous surface morphology were observed which affected on the properties of carbon nanotubes. The distribution and location of Gd dopant on MWCNTs surfaces were confirmed. The thermal properties for synthesized Gd-MWCNTs (with 10% and 15% dopant) were confirmed by TGA measurements. Multistep mass loss associated with material degradation and Gd-intermediate product decompositions. During the study of DSC data, the corresponding values of specific heat capacities of Gd-MWCNTs were calculated. The specific heat capacities  $C_p$  of the investigated samples has the same dynamics. Was found that, maxima specific heat capacity for 10% Gd-doped MCNTs equals  $C_p = 2.88815 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  ( $T = 916,290 \text{ K}$ ) and for 15% Gd-doped MCNTs equals  $C_p = 1.10801 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  ( $T = 1106,290 \text{ K}$ ), respectively.

### Ədəbiyyat

1. Hira Ijaz, Asif Mahmood, Mohamed M. Abdel-Daim, Rai Muhammad Sarfraz, Muhammad Zaman, Nadiah Zafar, Sultan Alshehery, Mounir M. Salem-Bekhit, Mohammed Azam Ali, Lienda Bashier Eltayeb, Yacine Benguerba, Review on carbon nanotubes (CNTs) and their chemical and physical characteristics, with particular emphasis on potential applications in biomedicine, *Inorganic Chemistry Communications*, 155, 111020 (2023); <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.111020>.

2. A. Anvari, The Influence of CNT Structural Parameters on the Properties of CNT and CNT-Reinforced Epoxy, International Journal of Aerospace Engineering, Article ID 4873426 (2020); <https://doi.org/10.1155/2020/4873426>.
3. M.Hassani, A.Tahghighi, M.Rohani, et al. Robust antibacterial activity of functionalized carbon nanotube-levofloxacin conjugate based on in vitro and in vivo studies. Sci.Rep. 12:10064 (2022); <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14206-w>.
4. M. Stetsenko, T. Margitych, S. Kryvyi, L. Maksimenko, A. Hassan, S. Filonenko, B. Li, J. Qu, E. Scheer, S. Snegir, Nanoparticle Self-Aggregation on Surface with 1,6-Hexanedithiol Functionalization. Nanomaterials 10, 512 (2020); <https://doi.org/10.3390/nano10030512>.
5. D. Fu, H. Lim, Y. Shi, X. Dong, S. G. Mhaisalkar, Y. Chen, Sh. Moochhala, L.Li, Differentiation of gas molecules using flexible and all-carbon nanotube devices, Journal of Physical Chemistry C. 112(3), 650 (2008); <https://doi.org/10.1021/jp710362r>.
6. Rodríguez-Galván A, Rivera M, García-López P, Medina LA, Basiuk VA. Gadolinium-containing carbon nanomaterials for magnetic resonance imaging: Trends and challenges. J Cell Mol Med., 24(7), 3779 (2020), <https://doi.org/10.1111/jcmm.15065>.

## **THERMAL PROPERTIES OF GADOLINIUM-DOPED CARBON NANOTUBES**

**Abaszade R.G., Aliyev E.M., Stetsenko M.O., Khanmamedova E.A.**

<sup>1</sup>*Azerbaijan State Oil and Industry University*

<sup>2</sup>*University of Birmingham, Edgbaston, United Kingdom,*

<sup>3</sup>*Key Laboratory of Optoelectronic Devices and Systems, College of Physics  
and Optoelectronic Engineering, Shenzhen University*

*abaszada@gmail.com*

The vast majority of scientific research conducted in recent years has been dedicated to obtaining graphene-based samples and studying them using various methods. These studies also include carbon nanotubes, which occupy a special place in graphene-based samples. The fact that carbon nanotubes have very interesting properties has increased the possibility of their successful use in the electronic industry. Thus, due to the diameters formed in accordance with the number of their walls, there are significant changes in the permeability characteristics. A change in conductivity was observed due to the addition of carbon nanotubes, which led to a change in the diameter of the tube. Due to the analysis of some thermal properties of carbon nanotubes, their unique properties are observed [1, 2].

The process of isothermal oxidation of MWCNTs using the TGA method was investigated for an experimental temperature range of 573 - 823 K. The oxidation of MWCNTs is controlled by both chemical and diffusion processes depending on the temperature range. The possibilities of creating sensors using multi-walled carbon nanotubes have been discussed in detail. Conducting TGA analysis is very important for studying the gas absorption in the inner and outer walls of carbon nanotubes used for the preparation of gas sensors, and in our study, it presents the synthesis, fabrication, doping properties, morphology, structure and photoelectric

characteristics of carbon nanotubes [3-7].

As a result of our research, the thermal characteristics of carbon nanotubes (CNTs), carboxyl-functionalized carbon nanotubes (FCNTs) and 5% gadolinium-doped carbon nanotubes were investigated and analyzed using TGA/DSC and TEM methods. The transformation of the TGA characteristics of carbon nanotubes synthesized by the electric arc method and carbon nanotubes doped with gadolinium was investigated, and it was observed that the specific heat capacities of the samples at different temperature values take certain values with the temperature change.

### **References**

1. Vignes A., Dufauda O., et.al. Thermal ignition and self-heating of carbon nanotubes: From thermokinetic study to process safety//. Chemical Engineering Science 2009. V.64, P.4210 – 4221.
2. Bannov A.G., Popov M.V., et al. Thermal analysis of carbon nanomaterials: advantages and problems of interpretation//. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2020. V.142, P.349–370.
11. Nguyen L.H., Phi T.V. Synthesis of multi-walled carbon nanotubes for NH<sub>3</sub> gas detection//. Physica E. 2007. V. 37. No. 1-2, P. 54–57.
3. Singh A.K., Hou X.. The oxidation kinetics of multi-walled carbon nanotubes//, Corrosion Science.2010. P. 1771-1776.
4. Fu D., Lim H., et.al., Differentiation of gas molecules using flexible and all-carbon nanotube devices, Journal of Physical Chemistry C. 2008. V. 112, No. 3. P. 650–653.
5. Hassani, M., Tahghighi, A., Rohani, M. et al. Robust antibacterial activity of functionalized carbon nanotube- levofloxacin conjugate based on in vitro and in vivo studies//. Sci Rep 2022. V.12, P.10064.
6. R.G.Abaszade, O.A.Kapush. Gadolinium doping influence on the properties of carbon nanotubes//. Physics and Chemistry of Solid State, 2020. V.21(3), P.404-408.
7. R.G.Abaszade, M.B.Babanli. Influence of gadolinium doping on structural properties of carbon nanotube//. Physics and Chemistry of Solid State, 2023. V.24(1), P.153-158.
8. A.G. Mammadov, R.G. Abaszade. Photoconductivity of carbon nanotubes//, Technical and Physical Problems of Engineering, 2022. V. 14, No. 3. P.155-160.

## **CASCADE CREATION PROCESS IN THE NANOCRYSTALLINE SILICON CARBIDE (3C-SiC) PARTICLES UNDER NEUTRON IRRADIATION**

**Eminova A.R.**

*Baku State University, Zahid Khalilov 33, AZ1148, Baku, Azerbaijan  
aytaceminova@gmail.com*

Silicon carbide (SiC) has few polytype such as a cubic, hexagonal and rhombohedral crystal structure. Cubic SiC nanoparticles were taken as the research object. In this structure, there are 4 "C" atoms in the center and "Si" atoms connected to them. Under the neutron irradiation, if the energy of the falling neutrons is too

small, then this neutrons cannot leave the atoms from crystal lattice. At this time, the "Si" atom, which receives the energy, transfers its energy to the surrounding atoms and a group of excited atoms is formed. During irradiation with extremely energetic neutrons, the displacement of a group of atoms is observed, which is called a cascade in scientific literature. Over the past few years, nanocrystalline silicon carbide investigated under neutron irradiation using various spectroscopic approach [1-3].

Cascade creation under neutron irradiation in silicon carbide refers to the process by which high-energy neutrons interact with silicon carbide (SiC) crystals, producing a series of displacement events and defects within the material. Silicon carbide is a promising material for nuclear applications due to its excellent thermal and mechanical properties, as well as its radiation resistance. When a high-energy neutron collides with a silicon or carbon atom within the silicon carbide crystal lattice, it can transfer a significant amount of energy to the target atom. This energy can be large enough to displace the atom from its original lattice site, creating a point defect known as a primary knock-on atom (PKA). The displaced atom can then collide with other atoms, creating a cascade of atomic displacements.

The cascade of displacement events can lead to the formation of various types of defects within the silicon carbide crystal lattice, including vacancies (empty lattice sites), interstitials (atoms located in the interstitial spaces between lattice sites), and Frenkel pairs (a combination of a vacancy and an interstitial created during the displacement process). These defects can have significant impacts on the material properties of silicon carbide, including changes in electrical conductivity, mechanical strength, and optical properties. Understanding the behavior of these defects under neutron irradiation is crucial for the design and performance assessment of silicon carbide-based materials in nuclear reactor environments. Researchers use experimental techniques such as transmission electron microscopy (TEM), positron annihilation spectroscopy, and irradiation experiments to study the formation and evolution of defects in silicon carbide under neutron irradiation. At the present research, computational modeling and simulations, such as molecular dynamics simulations, are also investigated to provide insights into the underlying mechanisms of cascade creation and defect evolution in silicon carbide crystals subjected to neutron irradiation.

## **References**

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

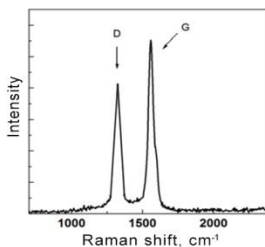
## FORMATION AND CHARACTERIZATION METHODS OF CARBON NANOTUBES USING SULPHUR

**Hasanov R.F.**

*Institute of Physics of the Ministry of Science and  
Education of the Republic of Azerbaijan  
rovshen\_1989@mail.ru*

Though sulphur has been employed as a promoter for carbon nanotubes (CNTs) synthesis for many years, a clear understanding of the sulphur effect is still challenging. In this article, we investigated the complex role of sulphur in an Aerosol-assisted chemical vapor deposition (AACVD) method for the synthesis of CNTs. Scanning Electron Microscopy (SEM), Transmission Electron Microscopy (TEM) and Raman Spectroscopy analyses were performed in order to investigate the role of sulphur in CNTs synthesis.

Sulphur and sulphur-containing compounds are widely considered as a material for numerous technologies vital for our civilization: steam methane reforming, water gas shift reaction, and cracking/reforming of hydrocarbons. Since then, discovering of carbon nanotubes (CNTs) by the Japanese scientist Sumio Iijima in 1991 [1], these carbon nanostructures and carbon nanomaterials have been the area of great interest and potential applications in many different fields [2 – 5]. In our experimental set-up we synthesized CNTs by Aerosol-assisted chemical vapor deposition (AACVD) using ferrocene ( $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ ) as a catalyst precursor, sulphur as a growth promoter, and xylene ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ) as the hydrocarbon feedstock. All these experiments were carried out in order to analyze the influence of sulphur on the growth process of CNTs and their parameters. For this reason, SEM, TEM and Raman spectroscopy analysis methods were performed to determine the structure of the synthesized CNTs.



**Raman spectrum of CNTs using sulphur**

### References

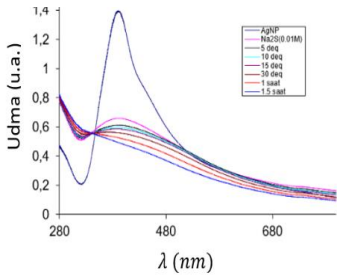
1. S. Iijima, Helical microtubules of graphitic carbon, *J. Nature* 354 (1991), p. 56–58.
2. R. Andrews, M.C. Weisenberger, Carbon nanotube polymer composites, *J. Solid State Mater. Science* 8 (2004), p. 31–37.
3. A. Bianco, K. Kostarelos, M. Prato, Applications of carbon nanotubes in drug delivery, *J. Chem. Biol.* 9 (2005), p. 674–679.
4. Ihsan Ullah, Carbon nanotube membranes for water purification: developments, challenges, and prospects for the future, *J. Sep. Purif. Technol.* 209 (2019), p. 307–337.
5. Y. Zhou, Y. Zhu, B. Xu, X. Zhang, High electroactive material loading on a carbon nanotube/carbon nanofiber as an advanced free-standing electrode for asymmetric supercapacitors, *J. Chem. Commun.* 55 (2019), p. 4083–4086.

## g-Ag<sub>2</sub>S NÜVƏ-ÖRTÜK TIPLI STRUKTURLARIN ALINMASI VƏ OPTİK SPEKTRLƏRİNİN TƏDQIQI

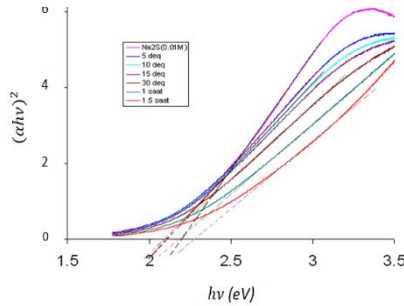
**İsmayılova F.İ., Muradov M.B.**

Bakı Dövlət Universiteti  
Nanoaraşdırmalar Mərkəzi  
fatmaismayılova655@gmail.com

Müasir materialşünaslığın mühüm istiqamətlərindən biri də yeni materialların transformasiyası, ion mübadiləsi və ya maddələrin aşqarlanması yolu ilə onların xassələrinin dəyişdirilməsidir [1]. Təqdim etdiyimiz bu işdə reduksiya yolu ilə gümüş nanohissəcikləri alınmışdır. Daha sonra isə gümüş nanohissəcikləri Na<sub>2</sub>S məhlulunun təsirinə məruz buraxılmış və Ag – Ag<sub>2</sub>S nüvə-örtük tipli strukturlar alınmışdır. Əvvəlcə 0,01 M qatılıqlı AgNO<sub>3</sub> - ün suda məhlulu hazırlanmışdır. Bundan sonra Ag<sup>+</sup> ionları NaBH<sub>4</sub> vasitəsi ilə reduksiya olunmuşdur. Bundan sonra gümüş nanohissəciklərin 190-1000 nm diapozonda optik spektrləri çəkilməmişdir. Bu spektrlərdə maksimumu 385-391 nm diapazonuna düşən plazmon rəqsləri müşahidə olunmuşdur [2]. Gümüş nanohissəciklərin və Ag – Ag<sub>2</sub>S strukturlarının optik spektrləri tədqiq edilmişdir və Şəkil.1-dən də görüldüyü kimi plazmon rəqslərinin intensivliyi mübadilə müddəti artıqca azalır və dalğa uzunluğunun qiyməti dəyişir. Məlumdur ki, plazmon rəqslərinin tezliyi nanohissəcikdəki elektronların konsentrasiyası ilə mütənasibdir. Biz Ag nanohissəciklərini Ag – Ag<sub>2</sub>S nüvə-örtük tipli strukturlara



Şəkil.1 Ag – Ag<sub>2</sub>S strukturlarının UV-Vis udma spektrləri



Şəkil.2 Ag – Ag<sub>2</sub>S strukturlarının qadağan olunmuş zonalarının eni

transformasiya etdikdə elektronların konsentrasiyası dəyişir. Yükdaşıyıcıların qarşılıqlı təsiri nəticəsində zərəciyin daxilində olan elektronların potensial enerjisi dəyişir [3]. Alınmış nümunələrin qadağan olunmuş zonalarının eni təyin olunmuşdur. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, qadağan olunmuş zonasının eni qarşılıqlı təsir müddəti artıqca azalır və Şəkil.2-dən də görüldüyü kimi Ag – Ag<sub>2</sub>S strukturlarının qadağan olunmuş zolağının eni E<sub>g</sub> təxminən (2,11- 2,07 eV) intervalında dəyişir [4].



## Ədəbiyyat

1. Sadovnikov, S. I., & Gusev, A. I. (2016). Structure and properties of Ag 2 S/Ag semiconductor/metal heteronano-structure. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 6(6).
2. Shahjamali, Mohammad M., et al. "Ag–Ag2S hybrid nanoprisms: structural versus plasmonic evolution." *Acs Nano* 10.5 (2016): 5362-5373.
3. Rempel, S. V. E., Kuznetsova, Y. V., Gerasimov, E. Y., & Rempel', A. A. (2017). The irradiation influence on the properties of silver sulfide (Ag 2 S) colloidal nanoparticles. *Physics of the Solid State*, 59, 1629-1636.
4. Rempel, S. V., Kuznetsova, Y. V., & Rempel, A. A. (2018). Reduction of colloidal Ag2S to binary Ag2–XS/Ag nanoparticles under UV and visible irradiation. *Mendeleev Communications*, 28(1), 96-98.

## 5,7-DHF YÜKLƏNMİŞ FUNKSIONAL DƏMİR OKSİD NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN İNFRAQIRMIZI SPEKTROSKOPIYA ÜSULU İLƏ TƏDQIQI

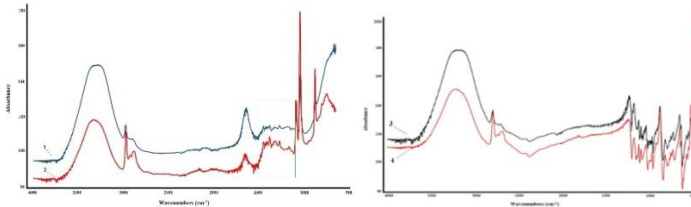
**Mehdiyeva A.R., Kərimova A.H, Şirinova H.A**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*aygunmehdiyeva793@gmail.com*

Dəmir oksid nanohissəcikləri ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NH) biouyğunluğu, zəif toksikliyi, səthinin modifikasiyasının asanlıığı və superparamaqnit xüsusiyyətlərinə görə ünvanlı dərman daşıma sistemlərində uğurla tətbiq edilir. Belə NH-in səthinə adsorbsiya edilmiş anti-şiş agentlərinin hədəfə çatdırılması kimyaterapiyaya perspektivli bir alternativdir. Biomolekullarda böyük miqdarda lipid, şəkər, nuklein turşuları və xüsusilə zülalların olması fizioloji mühitdə NH-in stabilliyinə, qanda sirkulasiya müddətinə və dərmanın yüklənməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilər. Səthin müxtəlif üsullarla modifikasiyası bu problemlərin həllində mühüm rol oynayır.

Tədqiqat işində  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NH kimyəvi birgə çökdürmə üsulu ilə alınmışdır [1] NH-in səthi biouyğun polimer olan xitozan və çarpaz tikilmiş (ÇT) ilə örtülmüşdür.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NH-nə 5,7-DHF (5,7-dihidroksiflavon, xrizin) dərman maddəsinin yüklənməsi qeyri-kovalent üsulla aparılmışdır. Alınmış  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @Xitozan,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ÇT-Xitozan,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @Xitozan/Xrizin və  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ÇT-Xitozan/Xrizin nanosistemlərinin quruluşu İQ metodu ilə 4000 - 400  $\text{sm}^{-1}$  intervalında müqayisəli tədqiq edilmişdir (Şəkil 1).



**Şək. 1.**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @Xitozan (1),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ÇT-Xitozan (2),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @Xitozan/Dərman (3) və  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ÇT-Xitozan/Dərman (4) nümunələrinin İQ spektrləri

Hər iki spektrdə  $500 - 700 \text{ sm}^{-1}$  aralığında müşahidə olunan udulma xətləri  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NH-i üçün Fe-O rəbitəsinə müvafiq valent rəqslərin tezliyinə uyğun gəlmişdir [2].

$\text{Fe}_3\text{O}_4$ @Xitozan nanosisteminin İQ spektrində  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ÇT-Xitozan ilə müqayisədə nəzərə çarpacaq fərqlər müşahidə olunmuşdur. İlk növbədə,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ÇT-Xitozan sisteminin İQ spektrində  $3200$  and  $3400 \text{ sm}^{-1}$  oblastında müşahidə olunan genişlənmiş piklər  $3318 \text{ sm}^{-1}$ -də maksimuma malik bir pikə çevrilmişdir. Bununla yanaşı,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @Xitozan sistemi üçün  $1100 \text{ sm}^{-1}$ -də müşahidə olunan C=O (karbonil qrupu) aid pik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ÇT-Xitozan sisteminin udulma spektrində müşahidə olunmamışdır [3]. Bu dəyişikliklər qlutaraldehyd və xitozan molekulları arasındakı rəbitənin karbonil qrupları ilə ilkin amin qrupları qarşılıqlı əlaqəsi ilə yarandığını göstərmişdir.

Dərman yüklənmiş hər iki nümunənin İQ spektrlərini müqayisə etdikdə aydın olur ki,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @ÇT-Xitozan/Xrizin sistemi üçün  $1200 - 1000 \text{ sm}^{-1}$  aralığında xrizinə aid udulma xətlərində kiçikdəlgə ədədinə doğru sürüşmə və intensivliklərdə fərqlər yaranmışdır. Belə ki, ÇT xitozanla örtülmüş sistemdə dərman maddəsi ilə örtük arasında daha güclü molekullarası qarşılıqlı təsirlər yarandığını göstərmişdir.

#### **Ədəbiyyat**

1. Ba-Abbad, M.M., Benamour, A., Ewis, D. et al. Synthesis of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Nanoparticles with Different Shapes Through a Co-Precipitation Method and Their Application. JOM 74, 3531–3539 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11837-022-05380-3>
2. Antarnusa, G. (2020). A synthesis of polyethylene glycol (PEG)-coated magnetite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles and their characteristics for enhancement of biosensor. Materials Research Express, 7(5), 056103. doi:10.1088/2053-1591/ab8bef
3. Hu, H., Xin, J. H., Hu, H., Chan, A. C. Y., & He, L. (2013). Glutaraldehyde–chitosan and poly (vinyl alcohol) blends, and fluorescence of their nano-silica composite films. Carbohydrate Polymers, 91(1), 305–313. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.08.038>

## **ALINMA TEXNOLOGİYASINDAN ASILI OLARAQ POLİVİNİLİDENFLÜORİD (PVDF) VƏ SİNK OKSİD (ZNO) NANOHİSSƏCİKLƏRİ ƏSASINDA POLİMER NANOKOMPOZİTLƏRİN QURULUŞ VƏ XASSƏLƏRİ**

**Mehdiyeva S.Z., Hacıyeva F.V**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*simaremehdiyeva@gmail.com*

Son illərdə aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, sink oksid (ZnO) əsaslı polimer nanokompozit materiallar yeni fiziki–mexaniki, termiki, elektrik, optik və digər xüsusi xassələrinə görə qaz sensorları, fotovoltaiq və pyezoelektrik qurğular, günəş elementləri kimi optoelektronik cihazlarda geniş tətbiq edilir.

İşdə PVDF polimeri və ZnO nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompoziti

materiallar həm məhlulda, həm də quru qarışma üsulları ilə sintez edilmişdir. Alınan nanokompozitlərin texnoloji faktordan asılı (məhlulda və quru qarışma üsulları) olaraq kristallik quruluşu və optik xassələri tədqiq edilmişdir.

Nümunələrin quruluş xüsusiyyətləri rentgen quruluş analizi ilə tədqiq edilmiş və rentgen difraktoqramları otaq temperaturunda  $2\theta$  bucağının  $20^\circ$ - $80^\circ$  intervalında alınmışdır. ZnO nanohissəciklərinin rentgen difraktoqramından məlum olmuşdur ki,  $31.8^\circ$  (100),  $34.5^\circ$  (002),  $36.3^\circ$  (101),  $47.6^\circ$  (102),  $56.6^\circ$  (002),  $62.9^\circ$  (112) və  $66.46^\circ$  (103)  $2\theta$  refleksindəki maksimumlar hissəciklərin heksaqonal vürsit tipli ZnO-ya məxsusdur [1]. Quru qarışma üsulu ilə alınmış PVDF+ZnO nanokompozitlərinin rentgen difraktoqramından müəyyən edilmişdir ki, quru qarışma üsulu ilə alınmış PVDF+ZnO əsaslı nanokompozitlərin kristallaşma dərəcəsi məhlulda formalaşmış nanokompozitlərdən daha yüksəkdir. Məhlulda və quru qarışma üsulu ilə alınmış nanokompozitlərin kristallitlərinin ölçüləri Debay Şerrer düsturu (1) ilə hesablanmışdır:

$$d = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (1)$$

Müəyyən edilmişdir ki, məhlulda alınmış PVDF+ZnO nanokompozitləri üçün kristallitlərin ölçüsü 20.25-24.40 nm, quru qarışma üsulu ilə alınmış nanokompozitlərin kristallit ölçüləri isə 20.12-23.20 diapozonunda dəyişir.

İşdə nanohissəciklərin miqdarından və texnoloji faktorlardan asılı olaraq PVDF+ZnO polimer nanokompozitlərinin optik xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Nanokompozitlərin udulma spektrlərinin müqayisəsindən müəyyən olunmuşdur ki, hər iki üsulla alınmış nanokompozitlər təmiz polimer matrisinə nəzərən daha yaxşı absorbsiya nümayiş etdirir. Bu, ZnO nanohissəciklərinin UB oblastında udma qabiliyyəti ilə bağlıdır ki, ZnO nanohissəciklərinin belə xüsusiyyətləri PVDF matrisinin fotostabiliyinə səbəb olur[2].

Həm məhlulda, həm də quru qarışma üsulu ilə alınmış PVDF+ZnO nanokompozit materiallarının qadağan olunmuş zonasının eni UV-absorbsiya spektrlərinə əsasən ekstrapolyasiya üsulu ilə hesablanmış və müqayisəli analizi aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki məhlulda alınmış PVDF+1%ZnO nanokompoziti üçün qadagan olunmuş zonasının eni 3,2 eV, PVDF+3%ZnO üçün 2,8 eV, PVDF+5%ZnO hibrid nanokompoziti üçün 2,65 eV, PVDF+7%ZnO hibrid nanokompoziti üçün 2,3 eV, PVDF+10%ZnO hibrid nanokompoziti üçün 2,3 eV. Quru qarışma üsulu ilə alınmış PVDF+1%ZnO nanokompoziti üçün qadagan olunmuş zonasının eni 3.1 eV, PVDF+3%ZnO üçün 3.05 eV, PVDF+5%ZnO nanokompoziti üçün 3.03 eV, PVDF+7%ZnO hibrid nanokompoziti üçün 2.5 eV. PVDF+10%ZnO hibrid nanokompoziti üçün 2.35 eV təşkil edir.

### **Ədəbiyyat**

1. Arularasu, M. V., Harb, M., Vignesh, R., Rajendran, T. V., & Sundaram, R. (2020). PVDF/ZnO hybrid nanocomposite applied as a resistive humidity sensor Surfaces and Interfaces, 21, 100780. doi: 10.1016/j.surf.2020.100780
2. Ong Hui Lin, Hazizan Md Akil, and Shahrom Mahmud. Effect of particle morphology on the properties of Polypropylene/nanometric zinc oxide (pp/nanozno) Composites. Advanced Composites Letters, Vol. 18, Iss. 3, 2009.

## X-RAY STRUCTURE ANALYSIS of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@DEXTRAN/5,7-DHF NANOSYSTEM

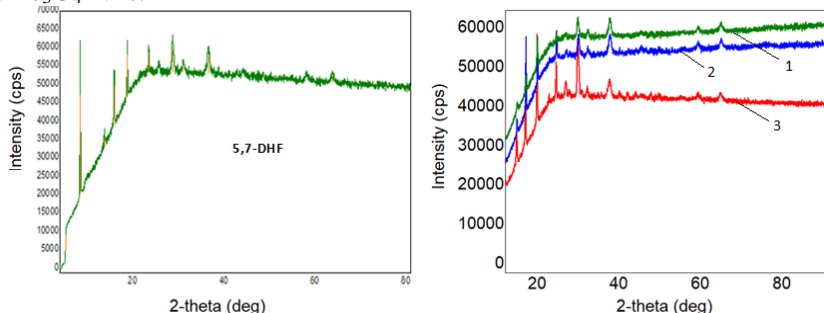
**Karimova Aynura, Mammadova A.A**

*Baku State University  
arzum3816@gmail.com*

In this study, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles (NPs) were synthesized utilizing the chemical co-precipitation method [1], with dextran polymer serving as a stabilizing agent. Following this, dextran-coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NPs samples were loaded using an adsorption method with different concentrations of the drug 5,7-dihydroxyflavone (5,7-DHF). During the preparation of the samples, the amount of coated NPs remained constant at 0.5 g, while the amount of drug loaded onto the NPs varied at three different ratios: 1:0.5, 1:1, and 1:2.

The structural characteristics of the samples were studied by XRD analysis, and X-ray diffractograms were obtained at room temperature with 2θ ranging from 20° to 80°.

Fig. 1 shows the X-ray structural images of the dextran coated and 5,7-DHF loaded Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NPs.



**Fig. 1.** X-ray diffractograms of the studied samples:

Sample	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> NPs (g)	5, 7- DHF (g)	Ratio of Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> NPs	Crystallite Size (Å)
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @Dextran+D1 (1)	0.5	0.25	1:0.5	123
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @Dextran+D1 (2)	0.5	0.5	1:1	121
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @Dextran+D3 (3)	0.5	1	1:2	96

After loading 5,7-DHF onto the surface of NPs iron oxide, although the position of characteristic peaks belonging to the drug (12.76°, 14.96°, 17.84°, 22.47°, 27.81°) was consistent across all samples [2], their intensity decreased. The presence of 5,7-DHF in varying amounts influenced the crystallite sizes. A decrease in the size of the dextran-coated iron oxide NPs crystallites was observed with an increase in the amount of loaded drug onto the NPs. To achieve higher loading efficiency, it is typically necessary to incorporate more loads into the matrix of the material. Also, the presence of loaded substances within the matrix can inhibit crys-

tallization. It can occur by hindering the mobility of atoms or molecules involved in crystal growth, or by forming complex structures that prevent crystal growth. Consequently, crystallites that do form are usually smaller in size.

#### References

1. Karimova, A.; Hajizada, S.; Shirinova, H.; Nuriyeva, S.; Gahramanli, L.; Yusuf, M.M.; Bellucci, S.; Reissfelder, C.; Yagublu, V. Surface Modification Strategies for Chrysin-Loaded Iron Oxide Nanoparticles to Boost Their Anti-Tumor Efficacy in Human Colon Carcinoma Cells. *J. Funct. Biomater.* **2024**, *15*, 43. 10.3390/jfb15020043
2. Kaur, H.; Deepinder, G. Enhanced Dissolution and Antioxidant Activity of Chrysin Nanoparticles Employing Co-Precipitation as a Technique. *Pharmaceutical Nanotechnology.* **2015**, *04*. [10.2174/2211738504666151127192541](https://doi.org/10.2174/2211738504666151127192541)

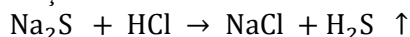
### **BUXAR FAZALI SULFİDLƏŞMƏ PROSESİ İLƏ ANİZOTROP AGNN/ PVS/ Ag<sub>2</sub>S NANOKOMPOZİTLƏRİNİN HAZIRLANMASI**

**Muradov M.B., Bağirov M.Ə., Mirməmmədov A.A.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*amin.mirmammadov@bsu.edu.az*

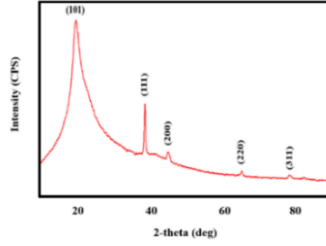
Son dövrlərdə kompozit materiallar çəvik və idarə oluna bilən xassələri baxımından xüsusi maraq doğurur. Bu növ kompozitlərdən biri AgNN (nanonaqıl)/PVS (polivinil spirti) nanokompozitləridir. Bu tip kompozit materiallar tibb, qida, sənaye məqsədləri üçün istifadə oluna bilər [1,2]. Bu kompozitlərin doldurucu maddəsi olan AgNN poliol üsulu ilə sintez edilmişdir [3]. Daha sonra PVS-ə əlavə edilərək ultrasonikdə PVS matrisində homogen paylanma əldə edilmişdir. Daha sonra süzülərək otaq temperaturunda quruldumuş və təbəqə şəklinə salınmışdır. Alınmış təbəqələr H<sub>2</sub>S qazının təsirinə məruz qalmışdır. H<sub>2</sub>S qazının generasiyası aşağıdakı reaksiya ilə aparılmışdır.



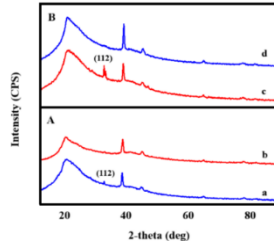
Burada əmələ gələn H<sub>2</sub>S qazının konsentrasiyası reaksiyaya girən Na<sub>2</sub>S və HCl miqdarından asılıdır. AgNN PVS stukturu müxtəlif konsentrasiyalarda olan H<sub>2</sub>S qazı ilə sulfidləşməyə məruz qoyulmuşdur. Şəkil 1-də sulfidləşdirilməmiş H<sub>2</sub>S qazının təsirinə məruz qalmamış XRD qrafiki verilmişdir. Buradan göründüyü kimi 5 dənə pik müşahidə olunmuşdur. Bunlardan ən kəskin olan (101) indeksli pikdir. Bu PVS matrisinə aid olan pikdir. 4 əlavə pik müşahidə olunub ki, bunlarda Ag üçün xarakterik piklərdir.

Şəkil 2-də 4 və 6 qram Na<sub>2</sub>S istifadə edilməklə əldə edilən H<sub>2</sub>S qazının təsirinə məruz qalmış kompozitlərin XRD qrafik təsviri verilmişdir. Göründüyü kimi Şəkil 2A(a),B(c)-da üst və alt tərəfin sulfidləşdirilmiş və sulfidləşdirilməmiş tərəflərin struktur analizinə baxılıb. Şəkildən göründüyü kimi sulfidləşən tərəflərdə (112) indeksli pik müşahidə olunub ki, bu da Ag<sub>2</sub>S aid edilir. Beləliklə də, bu iki tərəfin struktur analizindəki fərqlərdən görünür ki, asimmetrik strukturlar yaranmışdır. Lakin Ag-ün pikləri tamamilə itməmişdir ki, bu da Ag tamamilə sulfidləşmədiyini

göstərir. Beləki, konsentrasiyadan asılı olaraq Ag-ün bir hissəsi sulfidləşmiş, digər hissəsi isə sulfidləşməmiş qalmışdır.



**Şək. 1.** AgNN/PVS nanokompozitinin XRD nümunəsi



**Şək. 2.** AgNN/PVS + 4 (A) və AgNN/PVS + 6 (B) nümunələrinin alt (a) və yuxarı (b) səthlərinin XRD spektri

### **Ədəbiyyat**

1. Xie C, Xiao C, Fang J, Zhao C, Li W. Effektivliyi > 25% olan yüksək performanslı çevik qapalı üzvi günəş batareyaları üçün Core/shell AgNWs@ SnOx elektrodları. Nano Enerji. 1 mart 2023; 107:108153
2. Yao S.; Zhu Y. Gümüş nanotellərdən hazırlanmış çaplı uzanan keçiricilərdən istifadə edilərək geyilə bilən çoxfunksiyalı sensorlar. Nanoölçülü 2014, 6, 2345–2352. 10.1039/c3nr05496a
3. Fahad S., Wang L., Liu J., Li S., Fu J., Amin BU, Khan RU, Mehmood S., Haq F., Nan W və Usman M., Mater. Kimya. Fizika, 2021, 267, 124643

## **SİNK SULFAT HEPTAHİDRATDAN ZnO NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN SİNTEZİ**

**Nəcəfzadə Ş.Z., Tağıyeva F.F., Ağamalyev Z.Ə.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
zohrab@bsu.edu.az*

Molekulyar miqyasda idarə olunmasını təşkil edilərək maddənin xassələrini tələb olunan xassələrə çatdırmağa şərait yaradan nanotexnologiya müasir elm sahəsində çoxlu inqilabi dəyişikliklər etdi. Tədqiqatlar göstərir ki, nano səviyyəsində gedən proseslər gələcəkdə insana məlum olan demək olar ki, bütün sahələrə inteqrasiya edilərək bir çox potensial tətbiqlərə malik ola biləcək innovativ materialların formalaşdırılması üçün zəmin yaradır [1].

Metal nanohissəciklər kimyəvi reduksiya, fiziki çökmə və bioloji sintez daxil olmaqla müxtəlif üsullardan istifadə etməklə sintez edilə bilər [2]. Xüsusi səthin

hesabına malik olduqları xüsusiyyətlər onları kataliz, elektronika, tibb və ətraf mühitin bərpası kimi müxtəlif sahələr üçün qiymətli edir.

Metal nanohissəciklər arasında olduqca geniş tətbiq sahəsi ilə tanınan ZnO yarımkeçirici nanohissəciklərinin optik, elektrik, mexaniki xassələrində baş verən dəyişikliklər tədqiqatçıların marağını cəlb etmişdir. Eyni zamanda geniş qadağan olunmuş zolağa (3.3eV), güclü rabitə enerjisinə və otaq temperaturunda əlverişli həyəcanlanma enerjisinə (60meV) malik olduğuna görə qısdalğalı diapazonda optoelektrik cihazlar üçün, qəfəs quruluşuna görə isə pyezoelektrik material kimi geniş istifadə olunur.

Məlumdur ki, nanohissəciklərin alınmasına, onların stabil hala gətirilməsi ilə yanaşı, dayanıqlığının təmin edilməsinə dair çoxlu tədqiqat işləri aparılıb və aparılmaqdadır. Ədəbiyyatda ZnO nanohissəciklərinin sintezinə dair çoxlu yanaşmalar və üsullar mövcuddur və əsas məqsəd, sadalanan xüsusiyyətləri qoruyub saxlamaqla, istifadə olunan sintez üsullarının ekoloji və iqtisadi baxımından əlverişli olmasıdır. Bu məqsədlə təqdim olunan işdə ZnO nanohissəcikləri, hər ikisi kimyəvi çökdürmə əsasında olan, iki yanaşma ilə sintez olunmuş, alınan nəticələr kəmiyyətə məhsuldarlığına görə, keyfiyyətə isə rentgen şüa difraksiya (XRD) analizdən alınmış difraktoqrammalar əsasında müqayisəli şəkildə təhlil olunmuşdur.

**1-ci yanaşmada** ZnO nanohissəciklərini sintez etmək üçün ilkin olaraq yüksək təmizlikli  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $NaHCO_3$  və stabiləşdirici kimi PABA turşusu götürülmüşdür. İki ədəd 50 ml-lik məhlul hazırlanır: I məhlula verilən nisbətdə (1:1)  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  və PABA turşusu ( $C_7H_7NO_2$ ) əlavə olunub, üzərinə 50 ml distillə suyu əlavə edilir. II məhlula isə  $NaHCO_3$  və 50 ml distillə suyu əlavə edilir.

**2-ci yanaşmada** həmin reagentlərdən, lakin müxtəlif miqdarda istifadə olunmuşdur. İlk olaraq, 3 məhlul hazırlanır. Hər 3 məhlulda həlledici kimi distillə suyundan istifadə olunmuşdur. I məhlul 100 ml 0.05 mol  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ , II məhlul 100 ml 0.05 mol  $NaHCO_3$ , III məhlul isə 50 ml 0.02 mol PABA turşusu ( $C_7H_7NO_2$ ) götürülmüşdür. Daha sonra I-ci məhlul II-ci məhlulun üzərinə əlavə olunur.

Hər iki yanaşmada şərait və reagentlər eyni, lakin reagentlərin miqdarı müxtəlif götürülmüşdür. Çöküntünün alınması üçün optimal şərait pH=8 və temperatur 60° C olduğundan proses, iki saat ərzində, 1100 rpm də maqnit qarışdırıcıda aparılmışdır. Həmin məhlul otaq temperaturuna qədər soyudularaq, pH=8 qiymətinə qədər çatdırılmışdır. Daha sonra əmələ gələn çöküntü filtrasiya yolu ilə ayrılır və reaksiyaya girməyən prekursorları çıxarmaq üçün distillə edilmiş su ilə bir neçə dəfə yuyulmuş, vakuum sobasında 1 saat ərzində 60° C-də qurudulmuşdur.

Nəhayət, toz halında olan ZnO nanohissəciklər xüsusi altlığa yerləşdirilərək, nümunələrin 5-90° bucaqlarda XRD spektrləri alınmışdır. XRD spektrlərin müqayisəli təhlili nəticəsində birinci yanaşmanın daha əlverişli olması müəyyən olunmuşdur.

#### **Ədəbiyyat**

1. Charles P.P., Jr., Owens F.J. Introduction to Nanotechnology. John Wiley & Sons; NJ, USA, 2003.
2. Suntako R., Synthesis of zinc oxide nanoparticles Bulletin of Mateial Science, 38 (4), 1033-1038, (2015).

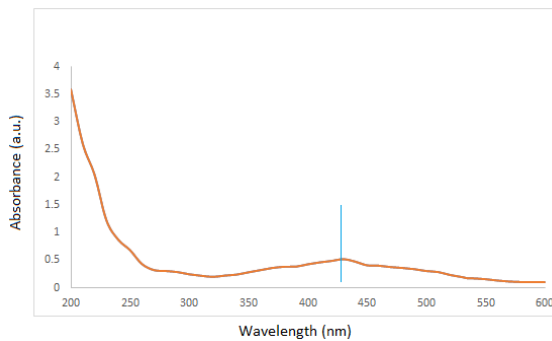
## YAŞIL ÇAY YARPAĞI EKSTRAKTI İLƏ GÜMÜŞ NANO-HİSSƏCİKLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ UB SPEKTRAL ANALİZİ

**Novruzlu F.İ., Kərimova A.H**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*fidannovruzlu57@gmail.com*

Müasir qida qablaşdırılması qida ilə yoluxan xəstəliklərin texnoloji cəhətdən idarə olunmasına yardım etməsinə baxmayaraq, hələ də mikrob, virus və bakterial xəstəliklər tipik qida qablaşdırma sistemində əsas problemlərdən biri kimi qalır. Nanohissəciklər qablaşdırma təbəqəsinin polimer komponentinin mexaniki və termiki xassələrini yaxşılaşdırmaqla yanaşı qablaşdırma materiallarının antimikrob xüsusiyyətlərini də artırmaqla bilər. Bu baxımdan gümüş nanohissəcikləri (Ag NH) qida qablaşdırılmasında istifadə olunan bionanokompozitlərə antibakterial xüsusiyyət verməklə yanaşı bioplastiklərin fiziki-kimyəvi xassələrini yaxşılaşdırmaq qabiliyyətinə də malikdir [1].

Tədqiqat işində Ag NH-nin sintezi yaşıl çay (YŞ) yarpaqlarının ekstraktından istifadə etməklə aparılmışdır. Ekstraktın alınması üçün 10 mg qurudulmuş və üyüdülmüş YŞ yarpaqlarına 100 ml distillə suyu əlavə edilmiş və maqnit qarışdırıcıda 50 °C-də 30 dəq ərzində qarışdırılmışdır. Qarışıq sonradan filtr kağızından süzülmüş və qurudulmuşdur. Ag NH-nin sintezi üçün ekstrakt üzərinə *drop wise* üsulu ilə (damla-damla) 0,01 M gümüş nitrat məhlulu əlavə edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, hər iki məhlul 1:1 nisbətində götürülmüşdür. Məhlul 30 dəq 50 °C-də maqnit qarışdırıcıda qarışdırıldıqdan sonra Ag NH-i sentrifüqa ilə ayrılmışdır. Reaksiya məhsulu yuyulduqdan və otaq temperaturunda qurudulduqdan sonra ultrabənövşəyi-görünən (UB-Gör.) spektroskopiya metodu ilə xarakterizə edilmişdir (Şəkil 1).



**Şəkil 1.** YÇ ekstraktından istifadə olunaraq sintez edilən Ag NH-nin UB-Gör. spektri

Ag NH-nin biosintezi zamanı reaksiya qarışığının rəngi açıq yaşıldan açıq qəhvəviyə qədər dəyişmişdir. Bu NH-nin sintez olunmasının vizual olaraq ilk təsdiqidir. YÇ ekstraktında Ag NH məhlulunun UB-Gör. spektrində 426 nm-də pik



müşahidə edilmişdir. 400-450 nm intervalındakı pik Ag NH-nin udulmasına uyğundur [2] ki, bu da səthi plazmon vibrasiyasının həyəcanlanması ilə əlaqədardır.

#### **Ədəbiyyat**

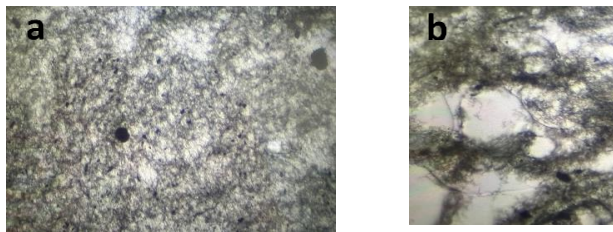
1. Trotta F, Da Silva S, Massironi A, Mirpoor S.F, Lignou S, Ghawi S.K., Charalampopoulos D. Silver Bionanocomposites as Active Food Packaging: Recent Advances & Future Trends Tackling the Food Waste Crisis. *Polymers* **2023**, *15*, 4243.
2. Grand J, Auguie B. Combined Extinction and Absorption UV-Visible Spectroscopy as a Method for Revealing Shape Imperfections of Metallic Nanoparticles. *Anal Chem* **2019**, *91*(22): 14639-14648.

## **ÇOXDİVARLI KARBON NANOBORUNUN EPOKSİ POLİMERİNDƏ DİSPERSİYASININ OPTİK MİKROSKOP VƏ SEM ANALİZİ İLƏ ARAŞDIRILMASI**

**Orucova T. Rasim Cabbarov**

*Fizika İnstitutu, Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi  
taranaoruc@gmail.com*

Son dövrlərdə nanokompozitlər yeni xüsusiyyətlər əldə etməklə və materiallar arasında unikal sinerjizmdən istifadə etməklə klassik kompozit materialın performansını əvəz edə biləcək yeni materiallar sinfinə çevrilmişdir. Karbon nanoborular (KNB) mükəmməl mexaniki [1], elektrik [2] və istilik [3] xassəsinə görə bir çox tətbiqlər üçün əlverişlidir. Karbon nanoboruların maraqlı tərəfi odur ki, nisbətən aşağı bir yükləmə səviyyəsində belə (təxminən 0,1-1% nisbətində) polimerlərin mexaniki xassələrini yaxşılaşdırır [4]. Son illərdə karbon nanoborular müxtəlif tip polimer matrisləri, xüsusilə epoksi qatranı ilə istifadə olunur. Bu nanokompozitlər bir çox maraqlı xüsusiyyətlərə malikdir və aerokosmik, elektronika kimi sənaye sahələri tərəfindən istifadə edilmişdir [5].

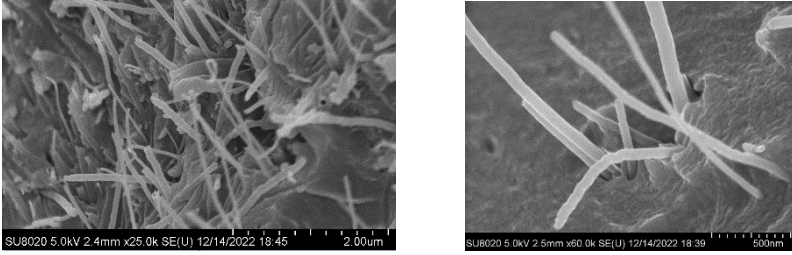


Şək. 1. Optik mikroskopla ÇDKNB-nin epoksi polimerində dispersiyası

Bu məqalədə 1-6 nm diametrli və bir neçə mikron uzunluğundakı karbon nanoboruların (KNB) epoksi qatranı içindəki dispersiyası sistematik araşdırılmışdır. Tədqiqat işindəki məqsədimiz tədqiq olunan epoksi/karbon nanoboru kompozitlərinin potensialını, təkmilləşdirilmiş mexaniki təsirlərə malik yeni nəsil yüngül liflə gücləndirilmiş plastik kimi araşdırmaqdır. İstifadə olunmuş KNB A-

CVD üsulu ilə alınmış çoxdivarlı karbon nanoborulardır (ÇDKNB). Ultrasonik vanna, maqnit qarışdırıcı və s. daxil olmaqla müxtəlif qarışdırma üsulundan istifadə edilmişdir. Optik mikroskop KNB-nin qatran ilə qarışdırılmasından bərkidici əlavə edilməsi və qurudulmasına qədər bütün proses boyunca epoksi qatranında KNB dağılma vəziyyətini sistematik olaraq xarakterizə etmək üçün istifadə edilmişdir. Bərkidici əlavə edilməmişdən əvvəl (Şəkil 1a) KNB-ların epoksi daxilində yaxşı dispersiyasızda edilmişdir. Bərkidici əlavə edildikdən sonra isə KNB-ların agglomerasiya etdikləri aydın görünür (Şəkil 1b).

Skanedici elektron mikroskopiyası (FEI Quanta 600F) nanokompozit- lərin strukturunu mikro və nanoölçü xarakterizə etmək üçün istifadə edilmişdir (Şəkil 2).



**Şək. 2.** ÇDKNB/Epoksi kompozit təbəqəsinin səthinin müxtəlif hissələrindən SEM analizi.+9

### **Ədəbiyyat**

1. Treacy et al. 1996; Wong et al. 1997; Falvo et al. 1997
2. Hamada et al. 1992; Wildoer et al. 1998; Odom et al. 1998
3. Kim et al. 2001
4. Hubert et al. 2009; Gojny et al. 2004
5. D. Puglia, L. Valentini, I. Armentano, and J.M. Kenny, *Diamond Relat. Mater.*, 12, 827 (2003).

## **YÜKSƏK TƏMİZLİK DƏRƏCƏSİNƏ MALİK SILİSİUM OKSİDİN ALINMASI TEXNOLOGİYASI**

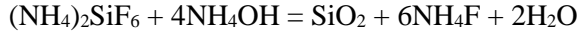
**Qurbanova F.R.**

*Bakı Dövlət universiteti, Nanoaraşdırmalar mərkəzi  
qurbanovafirengiz0@gmail.com*

Proses tərkibində silisium və onun müxtəlif birləşmələri olan çoxsaylı xammaldan yüksək təmizlik dərəcəsinə malik (99,9999) nano silisium oksidin poroşok şəklində ayrılmasından və Silisium oksiddən təmiz nano silisium poroşoku alınmasından ibarətdir. Si monokristalları günəş batareyası modulları hazırlanmasında əsas materialdır. Elmi ədəbiyyatda mövcud olan və dünya firmalarının istehsal etdiyi texnologiyalardan fərqli olan, yüksək təmizlik dərəcəsinə malik (99,9999) nano silisium oksidin alınması üçün qapalı sistemdə dövrü prosesdə ekoloji təmiz və çox çox ucuz başa gələn texnologiya nəzərdə tutulur.

Nano SiO<sub>2</sub>-nin alınan kompozitin fiziki kimyəvi xassələrinə təsirini öyrənmək

üçün **heksaftorsilikat** -  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  (HFSA) götürülmüşdür. HFSA  $300^\circ\text{C}$ -də sublimasiya edir və əsas xassəsi ondan ibarətdir ki, asanlıqla ammiyakin vasitəsilə aşağıdakı reaksiyası üzrə silisium dioksid və ammonium floridə parçalanır.

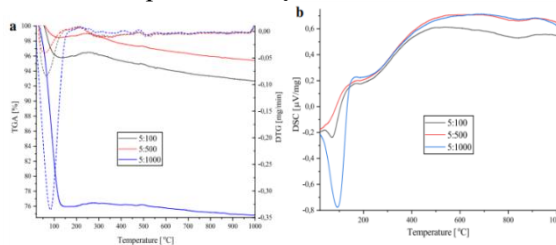


Alınmış məhlulu suda yumaqla nano  $\text{SiO}_2$  ayrılır və qurudulduqdan sonra ağ təmiz toz şəklinə düşür. Məlumdur ki, amorf  $\text{SiO}_2$ -nin fiziki-kimyəvi xassələrinə xammal, prosesin temperaturu, reaksiya mühitinin pH-ı, reagentlərin nisbəti, koagulyant əlavə edilməsi, yuyulma və qurutma rejimləri və s. təsir göstərir.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, işimizin əsas məqsədinə xidmət edən məsələlərdən biri məhz silisium tərkibli məhlulun və koagulyantın (5:100; 5:500; 5:1000) kütlə konsentrasiyalarının nisbətinin yekun məhsulun fiziki-kimyəvi xassələrinə təsirini öyrənmək idi. Nano  $\text{SiO}_2$ -nin xassələri onun sintez-ekstraksiya şərtlərindən (məsələn, sintez-ekstraksiya temperaturu, çökmə vaxtı, pH, koagulyant əlavə edilməsi, yuyulma və qurutma rejimlərindən və s.) çox asılıdır. Bu amillər nano  $\text{SiO}_2$  hissəciklərinin ölçüsünə, onların aqreqasiya və spesifik səth sahəsinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Alınmış silisium dioksid nümunələri müxtəlif fiziki-kimyəvi üsullarla tədqiq edilmişdir.

Sintez edilmiş nümunələrin rentgen diffraksiya analizləri Rigaku firmasının istehsalı olan MiniFlex 600 rentgen diffraksiya qurğusunda aparılmışdır. Diffraksiya mənzərəsi 40 kV gərginlikdə  $2\theta$  bucağı ilə  $2^\circ - 80^\circ$  intervalında Cu-K $\alpha$  şüalanma mənbəyindən istifadə edilməklə alınmışdır. Analizlərdən əldə olunmuş nəticələr göstərmişdi ki, həmin intervalda heç bir kristallaşma piki müşahidə olunmur. Diffraksiya mənzərəsində kəskin kristallaşma pikləri yalnız 0.01%-dən yuxarı kütlə nisbətələrində müşahidə oluna bilər. Toz halında olan silisiumun rentgen diffraktoqramı amorf materialların xarakterik xüsusiyyətlərini göstərir.  $2\theta=21.8^\circ$ -də ekvivalent Bragg bucağı ilə amorf hala uyğun geniş zolaqlı pik müşahidə olunmuşdur.

$\text{SiO}_2$  üçün termoqravimetrik analiz (TGA), differensial termoqravimetriya (DTG) və diferensial skanedici kalorimetriya (DSC) analizlərinin nəticələri müvafiq olaraq şəkil 1a, b-də təqdim edilmişdir.



Şəkl. 1. Çökdürmə şəraitindən asılı olaraq nano  $\text{SiO}_2$ -nin TGA, DTG və DSC əyriləri

## Ədəbiyyat

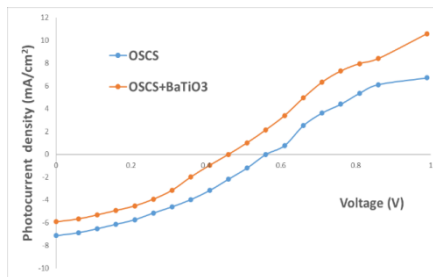
1. Tkachenko T, Yevdokymenko V, Kamenskyh D, Sheludko Y, Povazhny V, Kashkovsky V (2020) Appl Nanosci 10(12):4617–4623.
2. Dmytro Kamenskyh, Tetiana Tkachenko, Lokman Hakan Tecer, Yevgenii Sheludko Maarif Jafarov, Vitalii Yevdokymenko, Applied Nanoscience <https://doi.org/10.1007/s13204-023-02841-2>

## RESEARCH ON THE IMPACT OF BaTiO<sub>3</sub> NANOPARTICLES ON PHOTOCURRENT-VOLTAGE PROPERTIES OF ORGANIC SOLAR CELL

**Tapdıqzade A.S., Humbatov Sh.A.**

*Baku State University, Faculty of Physics  
tapdigzadea@gmail.com*

In today's globalised world all our hope is put into solar energy to be the safest and healthiest. However, the biggest obstacle we face is the low efficiency of solar cells. While scientific literature explores diverse ideas, finding a more energy efficient solution is a shared goal of such research [2]. Our research shows that the main reason for the low effectiveness is in relation to the recombination of charge carriers that were separated by light waves. The opposite movement of carrier charges can be restricted by the use of BaTiO<sub>3</sub> ferroelectric nanoparticles with monodomain polarisation. Thus, monodomain polarisation with 200 nm BaTiO<sub>3</sub> produces a strong directed electric field around itself [1]. Consequently, the opposite movement of carrier charges can be limited by a directed electric field. In this study, we have investigated the effects of 200 nm BaTiO<sub>3</sub> nanoparticles on photo-current voltage properties of organic solar cells with Polyacrylamide (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>NO)<sub>n</sub> discotic liquid crystals and poly(3,4-ethylene dioxythiophene): poly(styrene sulfonate) (PEDOT:PSS) complex systems. Sample preparation was performed in the following order: With the help of an ultrasonic cleaner, a 2% solution of 200 nm BaTiO<sub>3</sub> nanoparticles evenly dispersed in polyvinyl varnish is prepared.



**Fig. 1.** Dependence of photocurrent-voltage samples

This solution is applied evenly to a 15x20 mm optical glass with an electricaly conductive inner surface using a centrifuge. After being kept under the influence of a uniform external electric field for an hour, it is dried in an oven (80°C, 1 hour). In the following step, the (PEDOT:PSS) polymer taken in 1:1 ratio is applied as a new layer with the same method and baked for 10 minutes at 180°C. After applying the polyacrylamide layer, it is for 10 minutes at 130°C. In the end, the electro optic cell is finished with an aluminium electrode. The photocurrent-voltage properties of the samples both with BaTiO<sub>3</sub> added and its pure state were studied using Keithley 2400 device [2-3].

An increase in the current can be observed in the sample where BaTiO<sub>3</sub>. This

shows an increase in the power of the solar cell. The obtained efficiency can be explained by the monodomain electric polarisation of BaTiO<sub>3</sub>. Thus, the BaTiO<sub>3</sub> particles strongly directed field prevents the recombination of charges. [3].

## References

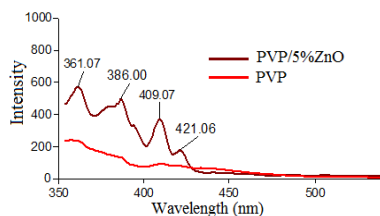
1. Imamaliyev A.R., Humbatov, Sh. A. //Size effect of submicron barium titanate particles on dielectric properties of smectic A liquid crystal 4'-decyloxy benzoate// Liquid Crystals, 50(7–10), pp. 1279–1286 (2023).
2. Kumar, M., Kumar, S. //Liquid crystals in photovoltaics: a new generation of organic photovoltaics// Polym J 49, 85–111 (2017).
3. Xinshu Luo, Yingying Li, Kun Liu, Jingbo Zhang //Electron transport enhancement of perovskite solar cell due to spontaneous polarization of Li+-doped BaTiO<sub>3</sub>// Solid State Sciences, Volume 108, 106387 (2020)

## OPTO-STRUCTURAL INSIGHTS INTO ZnO-DOPED PVP NANO-COMPOSITES: PHOTOLUMINESCENCE SPECTROSCOPY AND DEFECT ANALYSIS

**Aliyeva A.M., Hüseynova T.R.**

*Baku State University, Baku, Azerbaijan  
rahimli.almara@gmail.com*

Over the last ten years, significant research has been dedicated to exploring the dielectric and electrical characteristics of polymer nanocomposite (PNC) materials [1-3]. These PNCs consist of inorganic nanomaterials incorporated into organic polymer matrices, representing cutting-edge advancements in material science. These materials hold tremendous promise for a wide array of next-generation microelectronic devices, including optoelectronic devices, organic field-effect transistors, solar cells, gas sensors, memory devices, transient electronic antennae, electrochromic devices, and energy storage/converter devices [2,3]. Additionally, they are being considered for applications in power-conditioning equipment, pulsed-plasma thrusters, high-energy storage capacitors, insulating materials for power cables, electromagnetic pollution and interference shielding, and nanodielectric applications.



**Fig. 1.** Photoluminescence spectra of pure PVP and PVP/5%ZnO nanocomposite films

In present research work, ZnO doped polyvinylpyrrolidone (PVP) films were synthesized at room temperature via solution-cast technique and hot-pressing machine.

Photoluminescence (PL) is a significant property that provides insights into the opti-

cally active defects and relaxation pathways for excited states. This study is essential for identifying the source of sub-band-gap luminescence. Figure 1 illustrates the photoluminescence (PL) spectra of pure PVP and PVP/ZnO-based nanocomposites.

The photoluminescence spectra of both PVP polymer and PVP/5%ZnO nanocomposite exhibit wide emission bands spanning the violet and blue regions, indicative of transitions from excitonic levels, zinc interstitials (Zni), and defects such as zinc vacancies (Znv). Specifically, the violet emission at approximately 420 nm (2.95 eV) likely arises from transitions between the conduction band (CB) and localized holes associated with zinc vacancies (VZn). Additionally, contributions to the blue-green emissions may arise from transitions involving oxygen interstitials (Oi) and zinc antisites (O<sub>Zn</sub>) interacting with the valence band [4]. These insights into the origin of various emission bands provide a comprehensive understanding of the opto-structural characteristics of the materials, highlighting the complex interplay between excitonic transitions, defect states, and compositional factors within the nanocomposite system.

## Reference

1. Tommalieh M.J., Nasser S. Awwad, Hala A. Ibrahim, A.A. Menazea, Characterization and electrical enhancement of PVP/PVA matrix doped by gold nanoparticles prepared by laser ablation, Radiation Physics and Chemistry, Volume 179, February 2021, 109195
2. Judd B.R., Optical Absorption Intensities of Rare-Earth Ions, Phys. Rev. 127, 750 – Published 1 August 1962
3. Ana M. D.P., José A. L. S., Rafael P. C. and Pilar G. D. Recent Developments in Graphene/Polymer Nanocomposites for Application in Polymer Solar Cells. Polymers 2018, 10(2), 217
4. Heo, Y.W.; Norton, D.P.; Pearton, S.J. Origin of green luminescence in ZnO thin film grown by molecular-beam epitaxy. J. Appl. Phys. 98 (7) (2005), 073502.

## Fe/Ni ƏSASLI BIMETAL MAQNİT NANOHİSSƏCİKLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ QURULUŞUNUN TƏDQIQI

**Cəlilova Ə.V., Hacıyeva F.V.**

*Bakı Dövlət Universiteti  
efsanececelilova521@gmail.com*

Son zamanlar bimetal nanohissəciklərinin sintezi və fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsinə böyük maraq göstərilir. 2 metal arasındakı sinergetik effektlər onları monometal analoqlarından fərqli daha yüksək aktivliyini, selektivliyini və stabilliyini təmin edir [1-4]. Sıfır valentli dəmir xüsusi səthinin çoxluğu və yüksək reaksiya qabiliyyətinə görə çox geniş istifadə olunur. Lakin tədqiqatlar göstərir ki, dəmir nanohissəcikləri aqlomerasiya və oksidləşməyə güclü meyillidir, bu isə onların reaksiya qabiliyyətini azaldaraq onların geniş tətbiqini məhdudlaşdırır. Ədəbiyyatdan da məlum olmuşdur ki, dəmir nanohissəciklərinə ikinci metalın əlavə edilməsi onların effektivliyini və reaksiya qabiliyyətini daha da artırır.

Verilmiş işdə bimetal nanohissəciklərinin sintezi aşağıdakı kimi aparılmışdır: 0,1 M FeCl<sub>3</sub>×6H<sub>2</sub>O dəmir duzu məhlulu 0,5% natrium oleat məhlulu ilə qarışdırılır. Daha sonra ilkin məhlulə 5% NiSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O duzunun məhlulu əlavə edilir və maqnit

qarışdırıcıda bir neçə dəqiqə qarışdırılır. Ayrıca kolbada 100 ml 0,3 M natrium borohidrat məhlulu hazırlanır və damcı-damcı dəmir+nikel duzlarının məhluluna əlavə edilir. Natrium borohidrat məhlulunun artıq miqdarı sintez reaksiyasının sürətini artırmaq üçün tətbiq edilir. Reduksiya prosesinin eksperimental parametrləri, o cümlədən pH məhlulu, reagentlərin qatılığı, reaksiyanın müddəti və xarici temperatur ( $23 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ), müəyyən dərəcədə alınan nanohissəciklərin tərkibi və səth xassələrinə təsir edir. Qarışıq natrium borohidrat əlavə etdikdən sonra maqnit qarışdırıcıda reaksiyanın tam axıra qədər bitməsi üçün daha 10 dəqiqə qarışdırılır. Reaksiya tam hidrogen qazının ayrılması bitəndən sonra alınan nanohissəciklər reaksiya daxil olmayan ionlardan təmizlənməsi üçün 3 dəfə etanol ilə yuyulur. Daha sonra nanohissəciklər Petri qabına keçirilir və hava şəraitində qurudulur.

Sintez edilmiş Fe/Ni əsaslı bimetall maqnit nanohissəciklərin quruluşu rentgen diffraksiya analizi, skanedici elektron mikroskopiya və atom-qüvvət mikroskopiya vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Rentgen diffraksiya analizi göstərir ki, sintez edilmiş Fe/Ni əsaslı bimetall maqnit nanohissəciklər amorf quruluşa malikdir. Fe/Ni əsaslı bimetall nanohissəciklərin SEM analizi zamanı müəyyən olmuşdur ki, ikinci Ni metalının dəmirin səthinə əlavə edilməsi ilə Fe/Ni bimetall nanohissəciklərin ölçüləri Fe monometall hissəciklərə nisbətən azalmışdır. İkinci Ni metal iştirakında bimetall hissəcikləri yaxşı dispersiya olunur və metal-metal birləşməsi hesabına nanohissəciklərin xüsusi səthinin sahəsi artır. Fe/Ni əsaslı bimetall nanohissəciklərin AQM analizindən alınan nəticələr SEM analizi nəticələri ilə yaxşı korelyasiya edir.

#### **Ədəbiyyat**

1. Gilroy K.D., A.Ruditskiy, Peng H.C. Bimetallic nanocrystals: Syntheses, properties, and applications *Chemical Reviews*, - 2016. 116, - p. 10414–10472.
2. Liu W.J., Qian T.T., H.Jiang Bimetallic Fe nanoparticles: Recent advances in synthesis and application in catalytic elimination of environmental *Chemical Engineering Journal*, - 2014. 236, - p. 448–463.
3. G.Sharma, A.Kumar, S.Sharma [et al.] Novel development of nanoparticles to bimetallic nanoparticles and their composites: A review *Journal of King Saud University – Science*, - 2017. – p. 1-38.
4. Idris D.S., A.Roy Synthesis of bimetallic nanoparticles and applications—An updated review *Crystals*, - 2023. 13, 637, - p. 1-31.

### **$\text{Fe}_3\text{O}_4$ NANOHISSƏCİKLƏRİNİN İŞIĞIN SPEKTRAL TƏRKİBİNDƏN ASILI OLARAQ CHL A PİQMENTİNİN DEQRADASIYASINA TƏSİRİ**

**Sadıxova K.N., Əhmədov İ.S.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*konulsadiqova15@gmail.com*

Fotosintez prosesi işığın yaşıl bitki hüceyrələrində xloroplastların tilakoid membranlarında olan piqmentlər (xlorofil və karatinoidlər) adlanan xüsusi üzvi molekullar tərəfindən udulması ilə başlayır. Bu prosesin əsas piqmenti xlorofildir. Onun iki forması var; xlorofil a və xlorofil b. Hər iki piqment işığın, əsasən, göy və qırmızı intervalında olan dalğa uzunluqlarını udur. Bu dalğa uzunluqlarının

fotosintez prosesində spesifik rolu ətraflı öyrənilmişdir. Xlorofil molekulunun sintezi də işığın spektral tərkibindən ciddi asılıdır və bu prosesə ətraf mühit amillərinin təsiri də yaxşı araşdırılmışdır. Son zamanlar nanotexnologiyanın intensiv inkişafı və onun materiallarının, xüsusilə nanohissəciklərin fotosintez pigmentlərinin sintezinə təsiri az öyrənilmişdir. Təcrübələr göstərir ki, nanohissəciklər xlorofil sintezinə ölçülərindən, növündən və ekspozisiya müddətindən asılı olaraq, müxtəlif cür təsir edə bilər və bu təsirlər işığın spektral tərkibindən asılıdır. Tədqiqatımızın əsas məqsədi  $Fe_3O_4$  nanohissəciklərinin arpa bitkisinin cücərtilərində xlorofil və karotinoidlərin sintezinə işığın dalğa uzunluğundan asılı olaraq təsirini öyrənmək olmuşdur. Tədqiqat obyektini kimi arpa toxumu götürülmüşdür. Tədqiqat zamanı istifadə edilən, toz şəklində olan  $Fe_3O_4$  nanohissəcikləri Sky Spring Nanomaterials, Inc.-dən alınmışdır.  $Fe_3O_4$  nanohissəcikləri 20-30 ölçülü, 99.8% təmizlikli olmuşlar. Arpa cücərtiləri vegetativ qablarında laboratoriya şəraitində, fitatonda cücərdilmişdir. Arpa toxumları hidrogen peroksid məhlulunda dezinfeksiya edilərək, distillə suyu ilə yuyulduq-dan sonra, kontrol variantında distillə edilmiş suda, təcrübə variantında isə  $Fe_3O_4$  nanohissəciklərinin suspensiya məhlulunda 24 saat saxlanılmışdır. Bu məqsədlə, 25 mq nanohissəcik 50 ml distillə suyu ilə qarışdırılaraq, ultrasəs aparatında 10 dəqiqə ərzində işlənmişdir. Şişmiş arpa toxumları əkilib, hər 3 gündən bir suvarılıb və Plant Growth Chamber (GVS 940) cihazında, 25°C temperaturda, qaranlıq şəraitdə 3 gün ərzində cücərdilmişlər. Təcrübənin 4-ci günündən etibarən, cücərtilər 10 saat ərzində göy və qırmızı işıqda işıqlandırılmışdır. Qırmızı və göy işıq mənbəyi üçün model-B1110-B, ac220-240 V, 50/60 Hz, 9 Watt olan lampalardan istifadə edilmişdir. Qaranlıqda yetişdirilən bitkilərin hər bir variantı 3 gün, 10 saat ərzində göy və qırmızı işıqla işıqlandırılıb və işıqlandırmadan 24, 48, 72 saat sonra tərkibindəki pigmentin miqdarının müəyyən edilməsi üçün yarpaq nümunələri götürülüb. Xlorofilin və karotinoidlərin miqdarı standart spektrometrik üsulla 440, 645, 663 nm dalğa uzunluqlarında SPECORD 250 plus spektrofotometrindən istifadə etməklə müəyyən edilmişdir. Tədqiqatın nəticələri zamanı müəyyən olunmuşdur ki,  $Fe_3O_4$  nanohissəcikləri xlorofil a-nın miqdarını göy işıqda artırmış, qırmızı işıqda azaltmışdır. Karotinoidlərin miqdarı isə göy işıqda kontrol vəziyyətində artmış, qırmızı işıqda kontrol vəziyyətində azalmışdır.  $Fe_3O_4$  nanohissəcikləri vasitəsilə göy işıqda karotinoidlərin miqdarı artmış, qırmızı işıqda isə azalmışdır. Ümumilikdə isə,  $Fe_3O_4$  nanohissəciyinin tədqiqat zamanı istifadə olunan miqdarı cücərtilərə mənfi təsir göstərməmişdir.

#### **Ədəbiyyat**

1. Adelusi S & Lawanson A. (1978). Heat-induced changes in dry weight, leaf size and number of chloroplasts per cell in maize and cow-pea shoots. *Journal of Agricultural Science*, 91, p.349-357.
2. Horie Y., İto H., (2009). Participation of chlorophyll b reductase in the initial step of the degradation of light-harvesting chlorophyll a/b-protein complexes in Arabidopsis.



**BÖLMƏ 5**  
**FİZİKİ ELEKTRONİKA**

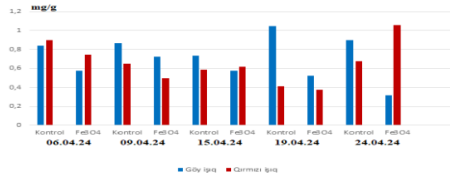
**UB ŞÜALANDIRMANIN sis-PB VƏ sis-PB+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> KOMPOZİTLƏRİNİN**  
**DİELEKTRİK XÜSUSİYYƏTLƏRİNƏ TƏSİRİ**

**Məzahimli G.C., Ələkbərov Ş.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*  
*gulnaremezahimli@gmail.com*

Müasir dövrdə verilmiş parametrlərə malik dielektrik kimi davamlı kompozit materialların yaradılması böyük elmi-praktik əhəmiyyət kəsb edir [1–3]. Bu işdə UB şüalandırmadan sonra 1,4 sis-Polibutadien (sis-PB) və müxtəlif konsentrasiyalı 1,4 sis-PB+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərin dielektrik xüsusiyyətlərinə temperaturun təsiri öyrənilmişdir.

PB (beynəlxalq nomenklaturada adı BR)-elastomer polimerlərə aid olub, əsasən trans və sis quruluşa malik olub, sıxlığı 0,89±0,92 g/cm<sup>3</sup>, istilikkeçirməsi 0,14 Bt/(m·K), xüsusi həcmi elektrik müqaviməti 10<sup>14</sup> Om·m, dielektrik nüfuzluğu ε=2,4; dielektrik itkiləri tgδ = 0,002. Şəkl.1-də 1,4 sis-Polibutadienin kimyəvi quruluş formulu verilmişdir.



Alüminium oksidi (α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)-sıxlığı 3,99 g/cm<sup>3</sup>, ərimə temperaturu 2045 °C, istilikkeçirməsi 28÷35 Bt/(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.

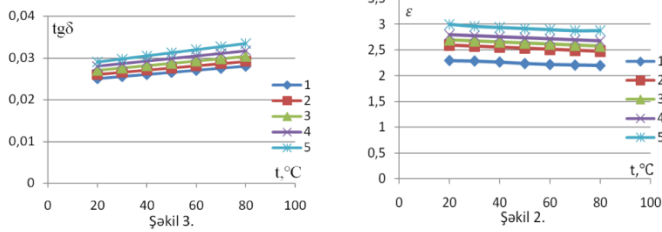
Cədvəl

Doldurucuların miqdarı, %	$\rho_e \cdot (10^{14} \text{ Om} \cdot \text{m})$	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	2,3	0,025	2,1	0,028	2,1	0,026	2,1	0,022
10	5,1	2,6	0,026	3,2	0,029	3,1	0,027	3,1	0,03
20	4,9	2,7	0,027	3,4	0,029	3,6	0,029	3,2	0,032
30	4,8	2,8	0,028	3,6	0,03	3,8	0,03	3,5	0,035
40	4,7	3,0	0,029	3,9	0,032	3,9	0,033	3,6	0,038

Cədvəldə 1,4 sis-PB və yeni üsulla qatı məhluldan alınmış 1,4 sis-PB+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit materialların 1 kHs tezlikdə UB şüalandırmadan sonra dielektrik nüfuzluğunun ölçmələr əsasında hesablanmış qiymətləri və tgδ dielektrik itkilərinin qiymətləri verilmişdir.

Bizim işdə məhluldan ayrılma üsulu ilə alınmış yüksək bircinsliyə malik 1,4

sis-PB və 0÷40% 1,4 sis-PB+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.



Şək.2-də 1,4 sis-PB və sis-PB+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı verilmişdir. Şək.3-də sis-PB və sis-PB+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik itkilərinin temperatur asılılığı verilmişdir. Şək.2 və Şək.3-də asılılıqlarda: 1-təmiz sis-PB, 2-10%, 3-20%, 4-30%, 5-40% ~50 nm ölçülü Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano zərrəciklər əlavə edilmiş sis-PB+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit. Alınmış nəticələr polimer 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.
4. 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.

## **İŞIQLANMA GÜCÜNÜN CƏRƏYAN DAŞINMASI MEXANİZMİNƏ TƏSİRİ**

**Ələkbərova R.X., Ağayev M.N.**

*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi  
agayevm50mail.ru*

Verilmiş işdə Si Günəş elementlərinin (GE) elektrofiziki xassələrini tədqiq etmək məqsədi ilə Al-Ni – Si kontaktının diod xarakteristikaları və omik xassələri öyrənilmişdir. Diod xarakteristikaları düşən şüalanmanın müxtəlif güclərində tədqiq olunmuşdur ki, bu da şüalanmanın tədqiq olunan Günəş elementlərinin elektrofiziki parametrlərinə təsirini izləməyə imkan vermişdir. Bu işdə tədqiq olunan silisium Günəş elementlərinin omik kontaktının VAX – 1 təqdim olunmuş, həmçinin onun R<sub>s</sub> kontakt müqaviməti və cərəyan daşınması mexanizmi təyin olunmuşdur.

Ölçmə aparılmamışdan əvvəl Günəş elementinə omik kontakt vurulmuşdur. Omik kontakt kimi  $Al_{80}Ni_{20}$  amorf xəlitəli metaldan istifadə edilmişdir. Kontaktın omikliyini müəyyənləşdirdikdən sonra onu tədqiq etmək üçün yığılmış qurğuya birləşdirilmişdir. Tədqiq olunan günəş elementlərinin fotoenergetik parametrlərini təyin edərkən [1.2] işində təsvir olunan üsullardan istifadə edilmişdir.

Ölçü qurğusunun köməyi ilə tədqiq olunan Silisium Günəş elementlərinin VAX – 1 çıxarılmışdır. İşıq mənbəyi etalon Günəş elementinin köməyi ilə dərəcələnməmişdir, neytral filtrlərin istifadəsi isə GE – nin üzərinə düşən şüalanmanın gücünü  $0 \div 100 \frac{mVt}{sm^2}$  intervalında dəyişməyə imkan verir.

Diod xarakteristikalarını tədqiq etmək məqsədi ilə Günəş elementi elektrik dövrəsinə adi yarımkeçirici diod kimi qoşulmuşdur. Belə qoşulma vasitəsi ilə Günəş elementinə əks sürüşmə verərək əks istiqamətdə VAX və düzünə sürüşmə verərək düznə VAX – 1 çıxarılmışdır. Bu zaman VAX ölçmələrinin hər bir tsikli düşən şüalanmanın verilmiş gücündə aparılmışdır. Təcrübənin bu cür qoyuluşu GE – nin bir sıra elektrofiziki parametrlərini ( $\Phi_0$  – doyma cərəyanının sıxlığı,  $R_s$  – şuntlayıcı müqaviməti və  $n$  – qeyri – ideallıq əmsalı) təyin etməyə imkan vermişdir. Nəticədə şüalanmanın müəyyən gücündə cərəyan daşınmasında diffuziya və ya generasiya – rekombinasiya mexanizminin üstünlük təşkil etməsi haqqında mühakimə yürütmək olar. Nəticə etibarlı ilə işıqlanmanın cərəyan daşınması mexanizminə təsirini təsdiq və ya inkar etmək imkanı yaranmışdır.

$P_s \text{ mVt} / \text{sm}^2$	$R_{sunt.} \text{ Om}$	$n$
0	6,781	1,790
20	6,780	1,789
35	6,779	1,789
70	6,780	1,788
100	6,778	1,787

Bu fakt sübut edir ki, cərəyan daşınma mexanizmi düşən şüalanmanın gücünün göstərilən intervalda dəyişməz qalır. Qeyri – ideallıq əmsalı  $n \sim 1,79$  olmuşdur və onda belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, cərəyan daşınması mexanizmində hər iki mexanizim iştirak edir, yəni həm diffuziya həm də generasiya – rekombinasiya mexanizmi öz payını verir. Axırncı mexanizmin olması və ya üstünlük təşkil etməsi  $p - n$  keçidində müxtəlif aşqar səviyyələrin olması ilə əlaqədardır. Bu səviyyələrdən əsasən qeyri əsas yükdaşıyıcıların şüalanması rekombinasiyası baş verir və  $Q$  doldurma əmsalı aşağı düşür.  $Q$  doldurma əmsalının böyük olmayan qiyməti GE – nin faydalı iş əmsalını məhdudlaşdıran əsas amillərdən biridir.

### Ədəbiyyat

1. Ağayev M.N., Səfərov V.Q., Sadixzadə G.M., Mehdiyev R.F. Si günəş elementlərinin elektrofiziki xassələrinə temperaturun təsiri // Bakı Universitetinin Xəbərləri. Bakı, 2018, № 2, s.158-163.
2. Əfəndiyeva İ.M., Ağayev M.N., Rəsulova A.R.  $Pd_2Si/n-Si$  Şottki Diodlarının Dielektrik Parametrlərinə İşığın Təsiri // Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi. Sumqayıt Dövlət Universiteti Tətbiqi Fizika Və Energetikanın Aktual Məsələləri adlı Beynəlxalq Elmi Konfrans (12-13 Noyabr 2020-ci il), Sumqayıt, 2020, №7, s.104 - 107.

## **METALLA AŞQARLANMIŞ POLİVİNİL ALKOL (PVA) LAYLI KONTAKT STRUKTURU**

**Hüseynova N.E., Əfəndiyeva İ.M.**

*Bakı Dövlət Universiteti, Fizika fakültəsi*

*huseynovanrmin21@gmail.com*

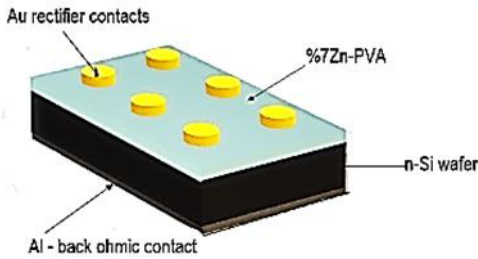
Sıx kontaktlı bircins ideal diodlardan fərqli olaraq Şottki diodlarında metal və yarımqeçirici arasında mövcud olan dielektrik aralıq bu strukturların elektrofiziki parametrlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Belə strukturlarda yarımqeçirici altlığın səthi stabilliyi müxtəlif elektron cihazların yaradılmasında mühüm rol oynayır. Bunlardan, ənənəvi metal-dielektrik-yarımqeçirici, metal-oksid-yarımqeçirici kontakt strukturlarını qeyd etmək olar [1]. Metal və yarımqeçirici arasında dielektrik aralığın mövcudluğu səbəbindən yükün toplanması, ardıcıl müqavimət, səth halları, fazalararası layın qalınlığı bu kontakt strukturların elektrik və dielektrik xarakteristikalarına təsir edərək onun funksional imkanlarını dəyişir. Son zamanlar fazalararası dioksid (SiO<sub>2</sub>) lay əvəzinə metalla aşqarlanmış polimer təbəqələr diqqəti daha çox cəlb edir. Fizika və elektronikanın aktual məsələsi yeni unikal xassələrə malik funksional materialların axtarışı və tətbiqidir. Elektrik keçirici polimerlərin elektrik keçiriciliyi polimer molekularda elektronların yürüklüyü ilə əlaqədardır. Burada aşqarlama nəticəsində bağlı rabitələr sistemi yarandıqda elektron buludu həyəcanlı hala gətirilir. Belə hal polimerdə metallik rabitəyə bənzər rabitənin yaranmasına səbəb olur. Bu baxımdan metal-dielektrik-yarımqeçirici kontakt strukturlu polivinil alkolun (PVA) istifadəsi məqsədəuyğun sayılır [2,3].

Texnoloji baxımdan asan alınan süni termoplastik polikristallik polimer PVA suda həll olunur, alınması üçün istifadə olunan əsas xammal polivinilasetatdır. Geniş tətbiq olunmasına səbəb bu polimerdə hidrogen rabitələrin olması və OH-grupunun roludur. Digər tərəfdən kontakt strukturunda keçiriciliyin və dielektrik itkilərin azaldılması məqsədilə polimer (PVA) müxtəlif metallarla aşqarlanır [2,3].

Məqsədə uyğun olaraq polimer aralıklı kontakt strukturlar haqqında elmi ədəbiyyat araşdırılmış, stabil cihazların yaradılması üçün dielektrik aralıklı Au/n-Si kontaktı seçilmişdir. Müxtəlif texnoloji metodları tətbiq etməklə Au/(%7Zn-PVA)/n-Si strukturu alınmışdır.

Təqdim olunan tədqiqatda polivinil alkol polimerin nazik təbəqəsi (PVA) metal (Au) və yarımqeçirici (Si) arasında yerləşdirilmişdir. Au/(%7Zn-PVA)/n-Si metal-polimer-yarımqeçirici (MPY) monokristallik yarımqeçirici altlıqda alınmışdır. Altlıq kimi (100) kristallik istiqamətli, 5,08 sm diametrlı, 350 mkm qalınlıqlı n-Si istifadə olunmuşdur. Lövhə RCA metodu ilə yuyulmuşdur. n-Si lövhəsi deionizə edilmiş su (müqavimət 18 Mom sm) ilə yuyulduqdan sonra otaq temperaturunda quru azot şırnağında qurudulmuşdur. Yüksək təmiz (99.999%) metallik Au termik tozlandırma üsulu ilə çökdürülmüşdür. Polimer prekursor kimi (PVA-Mw 130,000 q/mol) PVA istifadə edilmişdir. Çökdürülmə 10<sup>-6</sup> Torr vakuumda termik tozlandırma sisteminə həyata keçirilmişdir. Kiçik

müqavimətli omik kontaktın alınması üçün Au-la örtülmüş n-Si lövhəsi 550°C temperaturunda azot atmosferində tavlanmışdır. PVA nazik təbəqəsi elektrosinning metodu ilə alınmışdır.



**Şək. 1.** Au/(%7Zn-PVA)/n-Si metal-polimer- yarımkeçirici kontakt strukturunun sxematik təsviri.

### **Ədəbiyyat**

1. Бузанева Е.В., Микроструктуры интегральной электроники, Радио и связь., М-ва, 1990.
2. E. Tanrikulu, M.Ulusoy, Y.Azizian Kalandaragh, J Mater Sci: Mater Electron, (2024) 35:348.
3. Ç.Bilkan, Y.Azizian-Kalandaragh, Ş Altındal, Physica B, 500 (2016) p.154–160.

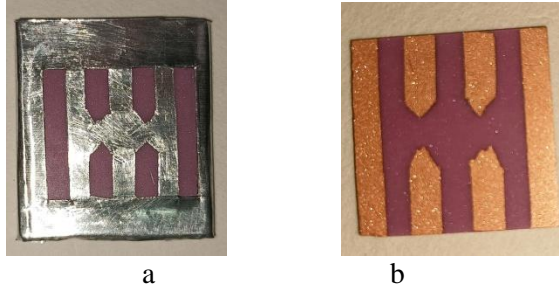
## **TƏYİN EDİLMİŞ ÖLÇÜLƏRDƏ InSb NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN DİELEKTRİK SƏTHLƏR ÜZƏRİNDƏ ALINMASI**

**Eminov Ş.O., Əliyev S.A., Məmmədov F.E.,  
Xəlilov A.C., Qurbanov İ.İ., Əkbərov E.M.**

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu  
mammadov.f.e. @ gmail.com*

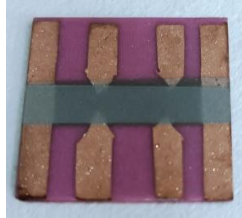
Müxtəlif elementlərin və ya birləşmələrin nazik təbəqələrinin müəyyən səthlər üzərində alınması və texnologiyada tətbiqi aktual istiqamətlərdəndir[1]. Bunun üçün bir çox üsullar mövcuddur ki, bunlardan biri də ion mənbəyi vasitəsilə yüklü zərrəciklərin səth üzərinə çökdürülməsi prosesidir[2]. Burada InSb işçi maddəsi əsasında işləyən ion mənbəyindən istifadə edilərək bu birləşmənin nazik təbəqələri müxtəlif dielektrik səthlər üzərində əvvəlcədən təyin edilmiş ölçülərdə alınmışdır. Nazik təbəqənin fiziki parametrlərinin təyini məqsədilə təcrübi nümunələrin hazırlanması zamanı çökdürülmə prosesinin təyin edilmiş ölçüdə həyata keçirilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Çünki nümunələr ölçülməsi nəzərdə tutulan fiziki parametrelərə uyğun şəkildə hazırlanmalıdır.

Nümunələrin hazırlanması bir neçə mərhələdə təşkil olunmuşdur. İlk öncə altlıqlar verilmiş ölçülərə uyğun olaraq mexaniki üsulla kəsilmişdir. Altlıq kimi şüşə və keramik materiallardan istifadə olunmuşdur.



**Şək. 1.** Keramik altlıq.  
a) alüminium falqadan hazırlanmış maska;  
b) termiki üsulla çökdürülmüş mis kontaktlar

Altılıqlar kimyəvi təmizləmədən sonra L560 tipli vakuum qurğusuna yerləşdirilmiş və alüminium falqadan əvvəlcədən hazırlanmış müvafiq maska vasitəsilə mühafizə edilərək termiki üsulla onların üzərinə mis və ya gümüş kontaktlar çökdürülmüşdür (Şəkil 1). Nümunələrin üzərinə InSb nazik təbəqəsinin çökdürülməsi A700Q tipli vakuum qurğusunda yerləşən ion mənbəyi vasitəsilə aparılmışdır. Bu zaman alüminium falqadan və yaxud da digər keçirici materiallardan hazırlanmış maskalar çökmə prosesinə əngəl olmuşdur. Buna səbəb kimi termiki çökdürmədən fərqli olaraq burada zərrəciklərin müəyyən müsbət yükə malik olması göstərilmişdir. Belə ki müsbət yüklü zərrəciyi keçirici maska mənfə qütbə birləşdiyi üçün daha çox cəzb edir və beləliklə zərrəciklər dielektrik altlıq üzərinə çökmür. Bu zaman dielektrik maskalardan istifadə etməklə müsbət yükə malik InSb zərrəciklərinin dielektrik altlıqlar üzərinə çökdürülməsi təmin edilmiş və lazımı ölçülərə malik InSb nazik təbəqələri alınmışdır (Şəkil 2).



**Şək. 2.** Dielektrik səth üzərində təyin edilmiş ölçüdə alınmış InSb nazik təbəqəsi

InSb nazik təbəqələrinin dielektrik səthlər üzərində alınması onların elektrik, maqnit, optik və sair xassələrinin ölçülməsi üçün münasib şərait yaradır.

#### **Ədəbiyyat**

1. Swanson L.W. Liquid metal ion sources: mechanism and applications. Nucl. Inst. Meth. in Phys. Res., 218, 1983, p.347
2. Hasanov I.S., Gurbanov I.I., Akbarov E.M. Ions passage through nanodroplets in a multicomponent beam. Acta Physica Polonica A., 2018, Vol.134, №3, p.119-121.

## **p-GaSe<Yb> KRİSTALLARINDA ELEKTRİK SAHƏSİNİN TƏSİRİ İLƏ YARADILMIŞ TERMOSTİMULLAŞDIRILMIŞ KEÇİRİCİLİK**

**Quliyeva A.Z., Abdinov Ə.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*Quliyeva.aysen2001@gmail.com*

Laylı quruluşa malik qallium selen (p-GaSe) kristallarının fiziki xassələri intensiv olaraq öyrənilsə də, bu yarımkeçiriciyə maraq azalmır. Çünki o material ümumiyyətlə yarımkeçiricilərdə baş verən optik və fotoelektrik hadisələrinin xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün çox maraqlı və əlverişli material olmaqla yanaşı, həm də çox zəngin fiziki xassələrə malikdir.

Təqdim olunan işdə məqsəd təmiz (aşqarlanmamış) və nadir torpaq elementləri sinfinə aid itterbium (Yb) atomları ilə müxtəlif miqdarda aşqarlanmış p-GaSe kristallarında müxtəlif şəraitlərdə qaranlıq cərəyanın temperaturdan asılılığını təcrübədə ölçüb, alınmış nəticələri müqayisəli şəkildə təhlil etməklə, aşqarlanmanın p-GaSe monokristallarında termostimullaşdırılmış keçiriciliyə təsirinin və bu materialdakı lokal tutma səviyyələrinin xüsusiyyətlərini öyrənməkdir.

Təcrübi ölçmələrdə təmiz və  $10^{-5}$ ;  $10^{-4}$ ;  $10^{-3}$ ;  $10^{-2}$ ;  $10^{-1}$  at. % miqdarında Yb-la aşqarlanmış, kristalın "C" oxu istiqamətində qalınlığı  $0.04 \div 1.00$  mm, (001) müstəvisi üzərində (eninə) ölçüləri isə  $2.0 \div 4.0 \times 2.0 \div 7.0$  mm<sup>2</sup> intervalında dəyişən düzbucaqlı paralelepiped formasına malik nümunələrdən istifadə edilmişdir. Nümunələrin qalınlığı (əks üzvlərinə çəkilmiş cərəyan kontktrları arasındakı məsafə) elə seçilmişdir ki, onun bütün həcmi kontktrlardan baş verən injeksiya prosesinə iştirak etsin.

Təcrübədə nümunələrdən axan qaranlıq cərəyanının müxtəlif hallarda (başlanğıc vəziyyətdə, injeksiya etdirici elektrik sahəsinin birbaşa təsiri atında və bu təsir kəsildəndən dərhal sonra) temperaturdan asılılığı ölçülmüşdür.

Təcrübi tədqiqatlar zamanı nümunənin temperaturunun dəyişmə sürəti  $v_T \approx 1.0$  dər/san olmuşdur.

Müəyyənləşdirilmişdir ki, son iki halda kvaziqaranlıq cərəyanın temperaturdan asılılığında  $T_1=85$  K,  $T_2=105$  K,  $T_3=200$  K temperaturlarında parlaq təzahür edən maksimumlar müşahidə olunur, itterbiumla aşqarlanma isə kvaziqaranlıq cərəyanın temperatur asılılığında ikinci ( $T_2=105$  K-dəki) maksimumla əlaqədar olan hissəyə təsir göstərir. Belə ki,  $N_{Yb}$  artdıqca, əvvəlcə ( $N_{Yb} \leq 10^{-4}$  at.% olduqda) qaranlıq cərəyanı kiçilir, onun temperaturdan asılılığı isə daha dik olur. Sonra ( $N_{Yb}$ -in daha böyük qiymətlərində yüksək səviyyələrində) isə  $N_{Yb}$  artdıqca, qaranlıq cərəyanın qiyməti kiçilir, onun temperaturdan asılılığı əyrisi ilkin qaranlıq cərəyanın temperaturdan asılılığı əyrisinə yaxınlaşır – bəzən hətta ondan da kiçik meylə malik olur.

Alınmış təcrübi nəticələrin müqayisəli təhlili imkan verir deyək ki:

- p-GaSe kristallarının qadağan olunmuş zonasında sıxlığı ( $N_i$ ), enerji dərinlikləri ( $\epsilon_i$ ), əsas yükdaşıyıcıları tutma kəsiyi ( $s_i$ ) uyğun olaraq  $N_{i1} \approx 5 \cdot 10^{20}$  sm<sup>-3</sup>;  $N_{i2} \approx 3 \cdot 10^{17}$  sm<sup>-3</sup>;  $N_{i3} \approx 2,5 \cdot 10^{20}$  sm<sup>-3</sup> və  $\epsilon_{i1} \approx 0,17$  eV;  $\epsilon_{i2} \approx 0,35$  eV;  $\epsilon_{i3} \approx 0,43$  eV;  $S_{i1} \approx 10^{-16}$  sm<sup>-2</sup>;  $S_{i2} \approx 10^{-19}$  sm<sup>-2</sup>;  $S_{i3} \approx 10^{-21}$  sm<sup>-2</sup> tərtibində olan üç qrup tutma mərkəzləri mövcuddur;

- p-GaSe kristallarının itterbiumla aşqarlanması nəticəsində başlıca olaraq birinci qrup tutma mərkəzlərinin sıxlığı ( $N_{i1}$ ) artır, həmin mərkəzlərin digər parametrləri ( $\epsilon_{i1}$  və  $S_{i1}$ ), eləcə də digər (ikinci və üçüncü qrup) tutma mərkəzlərinin parametrləri isə demək olar ki, dəyişmir.

## **TlGaSe<sub>2</sub> AMORF NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNDƏ ATOMLARIN RADIAL PAYLANMASI**

**Nərimanzadə A.M., Ələkbərov E.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*nerimanzadeaysu@gmail.com*

Yaxın nizam quruluşunu tədqiq etmək üçün yararlı olan TlGaSe<sub>2</sub> amorf nazik təbəqələri, monoklin qəfəs parametrlərinə malik sintezləşdirilmiş monokristall TlGaSe<sub>2</sub> vakuum şəraitində buxarlandırmaqla alınmışdır. Otaq temperaturunda olan yeni kəsilmiş NaCl monokristalları və kolloid nazik təbəqələri altlıq kimi istifadə olunmuşdular. Molekulyar buxarı  $\sim 10^{-5}$  Pa vakuumda 2 nm/s sürəti ilə altlıq üzərinə çökdürülmüşdür.

Amorf təbəqələrdən alınan elektronogramlarda görünən diffuz səpilmə aşağıdakı maksimumlarla xarakterizə olunur:  $S = 4\pi\sin\theta/\lambda = 21,02; 34,45; 44,73$  nm<sup>-1</sup>. Bu təbəqələrin 408-438 K temperatur intervalında termik emalı onların kristallaşma prosesini stimullaşdırır və monoklin quruluşlu TlGaSe<sub>2</sub> kristallik fazasının əmələgəlməsinə səbəb olur. TlGaSe<sub>2</sub> amorf nazik təbəqələrinin kristallaşması aşağıdakı kristallik qəfəs parametrlərinə malik polikristal fazanın yaranması ilə nəticələnir:  $a = 1,077; b = 1,077; c = 1,564$  nm; FQS  $C \frac{4}{5} - C_6$ ;  $z = 16; \beta = 100^\circ 6'$ .

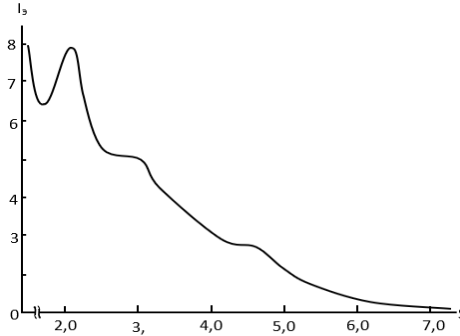
TlGaSe<sub>2</sub> amorf nazik təbəqələrinin yaxın nizam quruluşunun müəyyənləşdirilməsi zamanı, qeyri-koherent dalğaların yaratdığı fonun qeydə alınması və eksperimental intensivlik əyrisinin ( $I_e$ ) qiymətləndirilməsi Nabitoviç metodikası ilə aparılmışdır (şəkl.1). İntensivliklər və interferensiya funksiyası  $i(s)$  üzrə əldə olunan məlumatları RADIAS programında nəzərə almaqla TlGaSe<sub>2</sub> amorf nazik təbəqələr üçün atomların radial paylanma əyrisi (ARPƏ) qurulmuşdur.

Amorf TlGaSe<sub>2</sub>-nin atomların radial paylanma əyrisini analiz edərək göstərmək olar ki, onda  $r_1 = 0,239$  nm olduqda birinci koordinasiya sferasına,  $r_2 = 0,340$  nm olduqda ikinci koordinasiya sferasına və  $r_3 = 0,4670$  nm olduqda üçüncü koordinasiya sferasına uyğun gələn üç maksimum aydın görünür. Hər üç koordinasiya maksimumları altındakı sahələr müəyyən edilmişdir:  $\Delta_1 = 8,6; \Delta_2 = 24,6; \Delta_3 = 35,4$ .

TlGaSe<sub>2</sub> kristal qəfəsindəki atomların radial paylanma əyrisinin birinci koordinasiya qrupunun radiusu GaSe<sub>4</sub> tetraedrlərində Ga – Se məsafələrinin orta qiymətinə çox yaxındır, yəni  $r = 0,240$  nm. Qallium və selen atomlarının kovalent radiuslarının cəmi də  $0,125 + 0,117 = 0,242$  nm  $r_1$  qiymətinə yaxındır. Birinci koordinasiya maksimumunun altındakı sahə üzrə hesablanmış koordinasiya ədədi (KƏ)  $n_1=4$ -dür. İkinci koordinasiya qrupunun radiusu  $r_2 = 0,340$  nm, tallium və selen atomları arasındakı məsafələrə uyğun gəlir. TlGaSe<sub>2</sub> birləşməsinin kristal qəfəsində Tl ionları altı selen atomu ilə əhatə olunmuşdur. Burada Tl – Se atomları arasındakı məsafələr 0,323-dən 0,348 nm-ə qədər ola bilər. Tallium və selenin ion radiuslarının cəmi  $0,144 + 0,193 = 0,337$  nm-ə bərabər olmaqla,  $r_2$ -dən çox az fərqlənir. İkinci koordinasiya maksimumunun altındakı sahə üzrə hesablanmış KƏ  $n_2=6$ -dır. Üçüncü maksimum  $r_3 = 0,464$  nm, ola bilsin ki, eyni adlı atomlar arasındakı məsafələri göstərir. Beləliklə, demək olar ki, TlGaSe<sub>2</sub> amorf təbəqələrin-



də qallium və selen atımları arasındakı əlaqə kovalent xarakterlidir, bu isə həmin birləşmənin kristallik fazasındakı rabitəyə uyğun gəlir.



**Şək. 1.** Amorf TlGaSe<sub>2</sub>-nin intensivliyinin eksperimental əyrisi.

### **Ədəbiyyat**

1. Набитович И.Д., Стечив Я.И., Волушук Я.В., Определение когерентной интенсивности фона по экспериментальной кривой рассеяния электронов // Кристаллография, 1967, Т.12, №4, с. 584-590

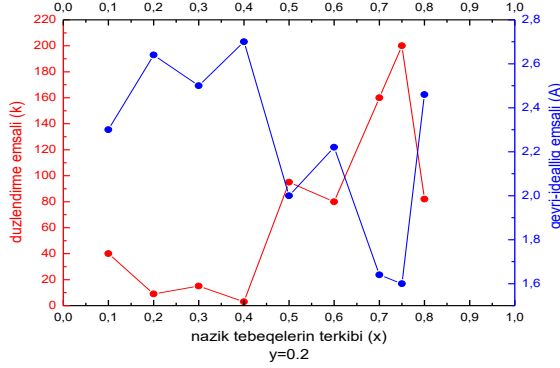
## **NAZİK TƏBƏQƏLİ p-GaAs /n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> HETEROKEÇİDLƏRİNİN ELEKTRİK XASSƏLƏRİ**

**Məmmədov M.Y., Məmmədov V.U.**

*Bakı Dövlət Universiteti,  
mammadovv@gmail.com*

Tədqiq edilən p-GaAs/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> nazik təbəqəli heteroqəçidləri məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə hazırlanmışdır. Müxtəlif tərkiblərdə hazırlanmış heteroqəçidlərin elektrik xassələri bilavasitə çökdürülmədən sonra tədqiq edilmişdir. Otaq temperaturunda sulu məhluldan bilavasitə çökdürülmüş p-GaAs/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> heteroqəçidlərinin Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> nazik təbəqələrinin tərkibindən asılı olaraq Volt-Amper xarakteristikasının (VAX) tədqiqi göstərir ki, alınmış bütün tərkib heteroqəçidlər düzləndirmə xüsusiyyətinə malikdir və, düzləndirmə istiqaməti p-GaAs-ə müsbət potensiala uyğundur. Müəyyən edilmişdir ki, düzləndirmə əmsalı (*k*) və VAX-ın qeyri xəttilik əmsalı (*A*) Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> nazik təbəqələrinin tərkibindən asılıdır. Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, nazik təbəqələrin tərkibindən asılı olaraq  $k = 1,7 \div 200$  və  $A = 1,6 \div 2,7$  intervalında dəyişir. Düzləndirmə əmsalının maksimal qiyməti ( $k=200$ ), VAX-ın qeyri-idealılıq əmsalı isə minimal qiyməti ( $A=1.6$ )  $x=0.75$  və  $y=0.2$  tərkibli nazik təbəqələr əsasında heteroqəçidlərdə müşahidə olunur. Bu da  $x=0.75$  və  $y=0.2$  tərkibli Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> nazik təbəqələr ilə GaAs kontakt materiallarının qəfəs parametrlərinin uzlaşdığını göstərir. Bilavasitə çökdürülmədən sonra heteroqəçidlərin kiçik qiymətli düzləndirmə nümayiş etdirməsi onların ardıcıl müqavimətinin böyük olmasını göstərir. Müxtəlif tərkibli Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> nazik təbəqələri

əsasındakı heteroqəçidlərin düzünə istiqamətdə VAX-nın xətti hissəsinin gərginlik oxuna ekstrapolyasiyası üsulu ilə potensial çəpərin  $\phi_k$  hündürlüyü təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, heteroqəçidlərdə potensial çəpərin hündürlüyü nazik təbəqələrin tərkibindən asılı olaraq qeyri-monoton dəyişir



**Şəkil 1.** p-GaAs/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> heteroqəçidlərində düzləndirmə əmsali (k) və VAX-nın qeyri xəttilik əmsalının (A) Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> nazik təbəqələrinin tərkibindən asılılıqları.

### Ədəbiyyat

1. Abdinov Ə.Ş., Məmmədov H.M., Məmmədov V.U., Elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> nazik təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik xassələri // Azerbaijan Journal of Physics, v.18, № 3, p.23-29, 2012
2. Мамедов Г.М., Мамедов В.У., Электрические и фотоэлектрические свойства гетеропереходов p-GaAs/n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> // Bakı Universitetinin Xəbərləri, № 4, s.138-144, 2011

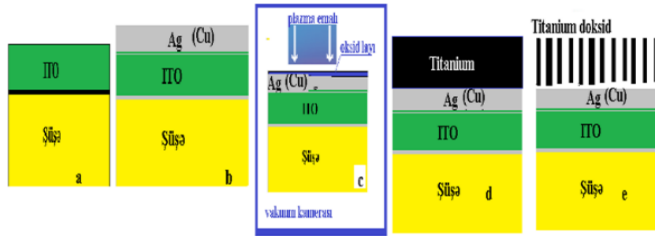
## NANOBORULU TİTANİUM DİOKSİD ƏSASLI Cu (Ag) /TiO<sub>2</sub>/ITO/Şüşə Quruluşlu PLAZMON FOTODETEKTORU

**Abdullayeva S.H., Eminov S.O., Əliyev, S.A.**

*Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu  
shikhamirem@gmail.com*

Pətəkvari qaydada öz-özünə nizamlanmış struktura malik nanoborular masivindən ibarət olan anodda oksidləşdirilmiş TiO<sub>2</sub> unikal fiziki xassələrə malikdir. Bu material Günəş enerjisinin elektrik enerjisinə çevirməsində, suyun hidrogen və oksigenə parçalanmasında, fotodetektor tətbiqlərində və s. sahələrdə istifadə olunur. Bununla belə, TiO<sub>2</sub> ftohəssaslığı yalnız spektrin ultrabənövşəyi diapazonu ilə məhdudlaşdırır. Buna görə də onun vasitəsilə günəş işığının spektrinin yalnız 4%-indən istifadə etmək mümkün olur. Amma /TiO<sub>2</sub>-nin Cu, Au və Ag kimi nəcib metallarla kontaktı nəticəsində yaranan Me-Şottki çəpəri Au/TiO<sub>2</sub>, Cu/TiO<sub>2</sub> və Ag/TiO<sub>2</sub> diodları əsasında işləyən fotodetektorlar çəpərin metal qisminə yaranan plazmon rezonansı [1,2] hesabına TiO<sub>2</sub> zəif enerjili fotonları ayırd edərək elektrik cərəyanına çevirmək qabiliyyətinə malikdirlər. Misin və gümüşün atmosfer mühi-

tində qısa zaman ərzində asanlıqla oksidləşməsi onların lokal plazmon rezonans effektivliyini zəiflədir.



Şəkil 1. Strukturun alınma mərhələləri

Bu mövzuya aid ədəbiyyat analoqlarından fərqli olaraq, tərəfimizdən işlənən Cu/TiO<sub>2</sub> və ya Ag/TiO<sub>2</sub> əsaslı plazmonik fotodetektorlarında TiO<sub>2</sub> layı optik cəhətdən şəffaf olan İTO /Şüşə strukturu üzərində maqnetron püskürdülmə və anodda oksidləşdirilmə üsullarından istifadə edilməklə alınır. Şüşə altlığı üzərində formalaşan Cu / TiO<sub>2</sub> / İTO /Şüşə və ya Ag / TiO<sub>2</sub> / İTO /Şüşə əsaslı Şottki çəpəri əsasında vakuum maqnetron püskürdülmə və anodda oksidləşdirilmə üsullarından istifadə edilməklə Ag və ya Cu layı bir tərəfdən şüşə, digər tərəfdən isə nanoborulu TiO<sub>2</sub> təbəqəsi arasında yerləşdirilərək hava mühitindən təcrid edilməklə onun oksidləşməsinin qarşısı alınır. Strukturun alınma mərhələləri şəkil 1-də göstərilmişdir və aşağıda sadalanmışdır:

- a) InO:Sn şəffaf şüşə lövhə üzərinə termiki buxarlanma üsulu ilə plazmonik Cu və ya Ag təbəqəsi püskürdülür;
- b) Ag və ya Cu layı maqnetron qurğusunun vakuum kamerasında Arqon plazması ilə emal olunaraq səthyanı oksid təbəqisindən təmizlənir;
- c) Oksid layından təmizlənmiş metal təbəqəsinin üzərində maqnetron püskürmə üsulu ilə Titan təbəqəsi yaradılır;
- d) Titan təbəqəsi anodda oksidləşmə yolu ilə nanoməsaməli –nanoboruclu təbəqəyə çevrilir.

Beləliklə, Ag və ya Cu layı vakuum şəraitində bir tərəfdən şüşə digər tərəfdən isə TiO<sub>2</sub> təbəqəsi arasında qalaraq hava mühitindən təcrid edilir və onların tədricən oksidləşməsinin qarşısı alınır. Tərəfimizdən Ti/ITO/Şüşə strukturundakı Ti təbəqəsinin anodda oksidləşdirilməsi ilə alınan, xarici diametri 250 nm və uzunluğu (hündürlüyü) təqribən 3 mkm olan nanoborular massivindən ibarət anodda oksidləşdirilmiş TiO<sub>2</sub> təbəqələrinin alınma metodikası işlənmiş, onların əsasında yaradılan Cu/TiO<sub>2</sub> və ya Ag/TiO<sub>2</sub> strukturların volt-ampere xarakteristikaları ölçülmüş, habelə və onların fotodetektor tətbiqlərinə yararlı olduğu müəyyən edilmişdir.

### Ədəbiyyat

1. Xu Dong Gao, Guang Tao (et al). Porous Ag/TiO<sub>2</sub>-Schottky-diode based plasmonic hot-electron . photodetector Nanophotonics 2019; 8(7): 1247–1254
2. Changhwan Lee, Hot electrons generated by intraband and interband transition detected using a plasmonic Cu/TiO<sub>2</sub> nanodiode RSC Adv., 2019, 9, 18371

## **İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARINDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ SƏS VƏ NİTQİN DƏYİŞDİRİLMƏSİ**

**Qocayeva L.M., Əliyev L.P.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

*lqocayeva777@gmail.com*

Son zamanlarda səs və nitqin dəyişdirilməsi müasir texnologiyanın zəngin imkanlar təqdim etdiyi bir sahədir. Kompüter alqoritmlərinin və süni intellektin yaranması və inkişafı ilə səs məlumatlarının və nitq xüsusiyyətlərinin heyratəmiz dəqiqlik və çevikliklə dəyişdirilməsinə imkan verən alətlər meydana çıxdı. Proqram təminatı və ya xüsusi cihazlardan istifadə etməklə nitq sintezi, səsin klonlaşdırılması, səsin və nitqin tembrini, sürətini, intonasiyasını və digər aspektlərini dəyişmək imkanı yaradır. Səs və nitq dəyişiklikləri tibdən tutmuş məhkəmə ekspertizasına qədər bir çox sahələrin mühüm tədqiqat mövzudur.

Səs və nitq dəyişikliklərinin müxtəlif səbəbləri ola bilər. Fizioloji amillər, emosional vəziyyət, patoloji və ya qəsdən manipulyasiya bu dəyişikliklərin səbəblərindəndir. Səs və nitqdəki dəyişikliklərin başa düşülməsi və təhlili xəstəliklərin diaqnozu, psixoloji qiymətləndirmə, məhkəmə-tibbi proseslər, nitqin tanınması və səsə nəzarət texnologiyalarının inkişafı üçün vacibdir [1].

Səsli mesajların və səs yazılarının saxtalaşdırılması kimi rəqəmsal təhlükəsizlik təhdidlərinin artması fonunda səs və nitqin dəyişdirilməsi texnologiyaları fərildəqçılıq, sui-istifadə hallarının aşkarlanması, qarşısının alınması üçün mühüm vasitəyə çevrilir.

İnformasiya texnologiyasının imkanlarından istifadə etməklə səs və nitqin dəyişdirilməsi üçün aşağıdakı üsulları tətbiq etmək mümkündür:

Səsin xarakteristikalarını “aparat kompüter texnologiyası” adlanan səsin blyutus-dəyişdirici, skrembler vasitələri ilə real vaxt ərzində dəyişdirilmələri;

Səsin xarakteristikalarını “İP-telefoniya” kompüter texnologiyasından istifadə etməklə (giriş signalında səsin tonunu və tembrini dəyişməklə yanaşı “hazır səslər” kolleksiyasından istifadə etməklə həqiqi akustik şəraiti maskalamaqla qatar, bazar, yağış və s. üçün xarakterik səslər əlavə edir) emal edilərək real vaxt ərzində dəyişdirilməsi;

- Səsin xarakteristikalarını “səsin stasionar emalı” kompüter texnologiyasının köməyi ilə (“plaqion” qismində proqram təminatına qoşulmuş xüsusi modul insanın səs traktını modullaşdıraraq səsin xarakteristikalarını dəyişir) emal edilərək dəyişdirilməsi.

- “sintez kompüter texnologiyası” vasitəsilə (“text-tu-speech”) yığılmış mətnin müxtəlif səslərlə səsləndirilməsi;

- Müxtəlif kompyuter texnologiyalarının köməyi ilə “etalon” şifahi nitqin məlum xarakteristikalarına uyğun danışanın şifahi nitqin dəyişdirilməsi (səsin klonlaşması, səsin parodiyası kimi xidmətlər göstərən internet-sayt xidmətləri) [2].

Qeyd olunan dəyişikliklərin hər biri fonogramda öz izini buraxır və bu sahədə vahid elmi-praktik metodikanın tətbiqi və kvalifikasiyalı ekspertlərin hazırlanması günümüzün tələblərindəndir. Dəyişiklik əlamətlərinin müəyyən olunmasında səs və

nitqə görə danışanın eyniləşdirilməsini müəyyənləşdirmək üçün mütəxəsislərin iştirakı lazımdır. Eyni zamanda montaj və kompüter texniki ekspertizası üzrə mütəxəsislərin iştirakı tələb olunur.

### **Ədəbiyyat**

1. Мусаев Г.А., Алиев Л.П.. Проблемы исследования цифровых записей телефонных (GSM) разговоров, измененных с помощью разных устройств. «Развитие новых видов и направлений судебной экспертизы»: материалы Всероссийского семинара. ФБУ Южный РЦСЭ Минюста России. – Ростов-на-Дону, 2011. – 130-131 с.
2. Musayev Hamlet, Əliyev Lətif. Təqlid və onun müəyyən edilməsində formantların rolu. Azərbaycan Respublikası, Ədliyyə Nazirliyi, Məhkəmə Ekspertizası, Kriminalistika və kriminologiyanın aktual məsələləri № 39, 2003-cü il, səh. 101-103.

## **YOL-NƏQLİYYAT HADİSƏSİ ZAMANI AVTOMOBİLİN SÜRƏTİNİN VİDEOYAZIYA ƏSASƏN MÜƏYYƏN OLUNMASI**

**Süleymanova L.S., Əliyev L.P., Məmmədova V.C.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

suleymanovalale722@gmail.com

Yol-nəqliyyat hadisəsi (YNH) zamanı avtomobilin sürətinin müəyyən edilməsi məsələsi son dərəcə aktual və vacib məsələlərdən biri olaraq qalır. Nəqliyyat vasitəsinin sürətinin düzgün müəyyən edilməsi yol hərəkəti qaydalarının pozulmasını və yol qəzalarının səbəbkərlərini müəyyən etməyə kömək edir ki, bu da yol hərəkəti təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmağa kömək edir. Texnologiyanın inkişafı ilə avtomobilin sürətini təyin etmək üçün video nəzarət sistemləri, sensorlar və proqram həlləri kimi yeni üsullar və vasitələr ortaya çıxır. Bu, sürətin müəyyən edilməsi prosesinin dəqiqliyini və səmərəliliyini artırır [1]. Müxtəlif ölkələrdə yol nəqliyyat hadisələri baş verən zaman avtomobilin sürətini təyin etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadəni tənzimləyən qanun və qaydalar mövcuddur. Bu sahədə daim dəyişikliklər və yeniliklər olur.

Yol-nəqliyyat hadisələrinin baş vermə səbəbini və nəqliyyat vasitələrinin sürətinin müəyyən edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. İzləmə kameralarının və nəqliyyat vasitələrində yerləşdirilən videoregistratorların çoxluğu baş verən YNH-nə obyektiv qiymət verməyə imkan verir. Videomaterial əsasında yalnız hadisənin baş vermə anını deyil həm də xronoloji ardıcılığı izləmək mümkündür.

Tədqiqatların aparılması üçün ilk növbədə YNH təsviri olan videomaterialın varlığı araşdırılır, daha sonra isə videoregistratorun və yaddaş qurğusunun tədqiqi zamanı informasiyanın zədələnməməsinə, dəyişdirilməməsinə xüsusi diqqət yetirmək lazımdır. Zədələnmiş fayllar olarsa onlar xüsusi proqram vasitəsi ilə bərpa edilir. Videomaterialın təhlili zamanı qarşıya qoyulan əsas məsələlər:

- nəqliyyatın sürətini müəyyən edilməsi;
- nəqliyyat vasitələrinin hərəkət trayektoriyasının müəyyən edilməsi;
- konkret nəqliyyat vasitələrinin qəzada iştirakının müəyyən edilməsi;

Nəqliyyat vasitəsi GPS signal qəbuledicisi ilə təchis edilmiş olarsa videoregistratordan istifadə etməklə, yəni oradakı qeydiyyatı aparılan qeydlər əsasında hadi-

sənin baş vermə tarixi, vaxtı, həmçinin nəqliyyat vasitəsinin cari sürəti haqqında məlumatlar əldə etmək mümkündür. Bu verilənlər əsasında əlavə təhlilin aparılmasına ehtiyac qalmır. Bu halda, nəqliyyatın sürətinin təyini üçün cihazla təchiz edilmiş nəqliyyat vasitəsinin videoregistratorunun video qeydinə baxmaq kifayətdir [2].

Videomaterial xarici müşahidə kamerası vasitəsi ilə qeydə alınmışdırsa o zaman nəqliyyat vasitəsinin sürətini müəyyən etmək çətin olur, belə ki, videogörüntüdə görünən zaman qeydi həqiqi zaman intervalını əks etdirmir. Əlbəttəki, bu halda zamana əsasən hesablama  $v = s/t$  düsturundan istifadə etməklə həqiqi sürəti təyin edə bilmərik. Burada  $v$  – nəqliyyatın sürəti,  $s$  - nəqliyyat vasitəsinin qət etdiyi məsafə,  $t$  – isə nəqliyyatın qət etdiyi zamandır [3].

Bu səbəbdən videomateriallarda nəqliyyatın öz ölçüsü qədər məsafəni qət etdiyi zamana görə və yaxud hərəkət edən obyektin uzunluğu qədər məsafəni qət etdiyi zamana görə sürətini təyin edə bilərik. Əgər bu metodlar əsasında zamanı dəqiq təyin mümkün olarsa o zaman nəqliyyat vasitəsinin sürətini asanlıqla müəyyən edə bilərik. Bu məsələlərin həllində DTP-expert, Kinovea kimi xüsusi proqram təminatlarından istifadə həlledici rol oynayır. Belə ki, bu proqramlar vasitəsi ilə videomateriala əsasən məsafənin və istiqamətin müəyyən olunmasında çox faydalıdırlar [4].

#### **Ədəbiyyat**

1. Стальмахов А.В., Трубицын Р.Ю. Способы определения скорости и местоположения объектов по видеозаписи. Научно-практическое пособие. 2013.
2. [ustanovlenie-skorosti-dvizheniya-transportnogostredstva-na-moment-dorozhno-transportnogo-proisshestviya.pdf](#)
3. Qocayev N.M. Ümumi fizika kursu, I cild, (Mexanika), 2011.
4. Musayev H.Ə., Əliyev L.P., Vəliyev H.T., Audio və videoyazıların məhkəmə kriminalistik ekspertizası. Bakı 2022.

## **PMMA VƏ PMMA+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> KOMPOZİTLƏRİNİN DIELEKTRİK NÜFUZLUĞUNA VƏ DIELEKTRİK İTKİLƏRİNƏ UB ŞÜALANDIRMANIN TƏSİRİ**

**Məmmədova A. A., Ələkbərov Ş.Ş.**

*Bakı Dövlət Universiteti*

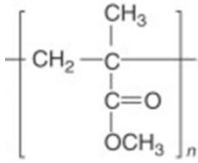
*arzumamedova362@gmail.com*

İndiki dövrdə bütün dünyada tələb olunan elektrofiziki parametrlərə malik yüksək keyfiyyətli dielektrik kompozit materialların yaradılması və tətbiqi böyük elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir [1,2]. İşimizdə Polimetimetakrilat (PMMA) və müxtəlif konsentrasiyalı PMMA+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərin dielektrik nüfuzluğuna və dielektrik itkilərinə ultra bənövşəyi (UB) şüalandırmanın, UB şüalandırmadan sonra temperaturun təsiri öyrənilmişdir.

Təcrübələrdə UB şüalanma mənbəyi olaraq xüsusi rejimdə işlədilən və lüminator təbəqəsi olan kolbadan azad olunmuş ДРЛ HPL-N 125W E27 Philips yüksək təzyiqli civə lampasının kvarsdan hazırlanmış boşalma borusu istifadə olunmuşdur.

Cədvəl

Doldurucuların miqdarı, %	$\rho_e \cdot (10^{14} \text{ Om} \cdot \text{m})$	Tezlik ,Hs							
		$10^3$		$10^6$		$5 \cdot 10^8$		$10^{10}$	
		$\epsilon$	$\text{tg}\delta$	$\epsilon$	$\text{tg}\delta$	$\epsilon$	$\text{tg}\delta$	$\epsilon$	$\text{tg}\delta$
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

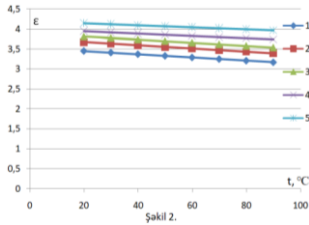


Şəkil 1.

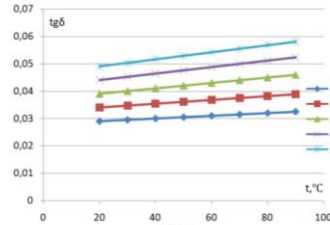
PMMA-nın kimyəvi formulu –  $(C_5O_2H_8)_n$  (Şəkil 1.), dielektrik nüfuzluğu  $2,5 \div 4,2$ , dielektrik itkiləri ( $\text{tg}\delta$ )  $0,02 \div 0,05$  intervalında olur [3], alüminium oksidi ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) dielektrik nüfuzluğu – 10; dielektrik itkiləri ( $\text{tg}\delta$ )  $0,02 \div 0,05$  intervalında olur [4].

Cədvəldə PMMA qatı məhlulundan alınmış PMMA+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit materialların 1 kHs tezlik üçün dielektrik nüfuzluğunun və  $\text{tg}\alpha$  dielektrik itkilərinin qiymətləri verilmişdir.

Bizim işdə məhluldan ayrılma üsulu ilə alınmış yüksək bircinsliyə malik və  $0 \div 40\%$  intervalında PMMA əsasında PMMA+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin 1 kHs tezlikdə  $0 \div 80$  °C temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkilərinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir.



Şəkil 2.



Şəkil 3.

Şək.1və Şək.2-də PMMA və PMMA+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 PMMA, 2-10%, 3-20%, 4-30%, 5-40% ~50 nm ölçülü Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano hissəciklər əlavə edilmiş PMMA+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit.

Alınmış nəticələr elektronika və elektrotexnikada polimerlər əsasında tələb olunan parametrlərə malik yüksək keyfiyyətli kompozitlərin alınmasında və tədqiqində istifadə oluna 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.

## Mündəricat

### PLENAR İCLAS

<b>Abushzada I.Z., Pirquliyev M.Ş., Yushkov E., Frick P., Sokoloff D.</b> Investigation of the threshold phenomenon for small-scale dynamo generation in shell approach.....	6
<b>Surxaylı Ə.E., Rəsulova A.R., Feyzullayeva T.M., Şirinova H.A.</b> PS-Si nanokompozitlərinin sinxron termik analiz metodu ilə tədqiqi .....	7

### BÖLMƏ 1

#### NƏZƏRİ FİZİKA VƏ ASTROFİZİKA REZONANS NEYTRİNO OSSİLYASIYASI

<b>İmanzadə N.A., Bayramova T.O.</b> $e - e \rightarrow ff$ prosesinin spiral amplitudları.....	9
<b>Ağasiyeva İ.Ü., Abdullayev S.Q.</b> Lager harmonik ossilyatorunun dinamik simmetriyası.....	10
<b>Əzizli N.A., Nağıyev Ş.M.</b> Ümumiləşmiş Vuds-Sakson və Kratzer-Fues potensiallarının cəmi üçün Şredinger tənliyinin əlaqəli halları.....	11
<b>Hüseynova S.M., Bədəlov V.H.</b> Neytron sellinin təsiri altında DTA metodu ilə nanokristallik BN hissəciklərinin termofiziki parametrlərinin tədqiqi.....	12
<b>Ağamaliyeva L.A., Mürsəlova A.Z.</b> (t,p) reaksiyalarında multipol keçidləri.....	13
<b>Abbasov N.R.</b> Neytron sellinin təsiri altında DTA metodu ilə nanokristallik BN hissəciklərinin termofiziki parametrlərinin tədqiqi.....	15
<b>Əbdülvahabova S.Q., Məmmədizadə K.B.</b> (t,p) Reaksiyalarında multipol keçidləri.....	16
<b>İbrahimov B.H., Nəsbli D.M.</b> Meylli maqnit sahəsində yarımkeçirici ifratqəfəslərdə fononların iştirakı ilə sərbəst yükdaşıyıcılarla işığın udulması .....	17
<b>Rəhimli M.İ., Qəribov A.A.</b> Polistiroulun neytronlarla yavaşıtma xassəsinin tədqiqi .....	18
<b>Məmmədov Ş.Ə., Hacıyeva H.C.</b> Qara dəliklərin termodinamikada öyrənilməsi.....	19
<b>Rzayeva G.M., Abdullayev S.Q.</b> Müon-kvark səpilməsinin spiral amplitudları.....	20
<b>Əbdülvahabova S.Q., Talibzadə S.G.</b> (p,t) nüvə reaksiyaları üçün qohumluq əmsalı.....	22
<b>Bayramova T.O., Yusifova R.M.</b> Neytronların maddələrdə diffuziya məsafəsi .....	25
<b>Rüstəмова A.B., Mikayılov X.M.</b> CH CYG simbiotik ulduzunun spektrində periodik dəyişmələr .....	26



<b>Cəfərzadə A.F., Rəcəbov B.A.</b> Kosmoloji sabit və Eynşteynin qravitasiya tənliklərinin Şvarşşild həllinin xüsusiyyətləri.....	27
<b>Yusufova S.F., Mikailov X.M.</b> Deneb ulduzunun spektral tədqiqi .....	28
<b>Əliyeva A.R., Rüstəmov B.N.</b> Sıx qoşa ulduz sistemlərində kütlənin təyini.....	30
<b>Hüseynova A.P., Rüstəmov B.N.</b> Alqol tipli qoşa ulduzların spektrində hidrogen xətlərinin tədqiqi .....	31
<b>Umudova İ.V.</b> Yavaş maqnitokustik dalğalar üçün dispersiya tənliyinin alınması və onun xüsusi hallarının öyrənilməsi. ....	32
<b>Xankişiyeva A.Ə., Səmədov Z.A.</b> F spektral sinifli HD 203 (F3 V) və HD 1324 (F5 V) ulduzlarının effektiv temperaturları və səthlərində ağırlıq qüvvəsi təcillərinin təyini.....	33

## **BÖLMƏ 2**

### **BİOFİZİKA VƏ MOLEKULAR FİZİKA**

<b>Rüstəмова Ü.S., Həsənova X.T., Teymurova J.Z.</b> Polietilenqlikol-dekstran-su ikifazlı sisteminə $\text{Na}_2\text{NO}_3$ duzunun təsiri .....	35
<b>Abbasov V.F., Məsimov E.Ə.</b> Suyun struktur temperaturu .....	36
<b>Aliyeva G.M., Bağirov R.M.</b> Mikrob mənşəli melaninlərin dəmir ionları ilə kompleks birləşmə əmələ gətirməsi.....	37
<b>Demirtaş E.T., Paşayev F.H., Həsənov A.Q.</b> Molekullarda elektronlar və nüvələr arasında kulon qarşılıqlı təsir enerjisi .....	38
<b>Həsənov A.Q., Paşayev F.H., Məmmədova Ü.B.</b> ZnO nanohissəciyinin energetik parametrlərinin hesablanması.....	40
<b>Əliyeva N.İ., Ağayeva L.N.</b> Orizatensin molekulunun Met-Tyr-Pro-Leu fraqmentinin fəza quruluşu .....	41
<b>Hüseynov C.İ., Nəsrullayeva J.Ə.</b> Köçürmə hadisələrinin tədrisində analogiyadan istifadə imkanları. ....	42
<b>Quluzadə L.C., Bağirov R.M.</b> Göbələk mənşəli melaninlərin dəmir ionları ilə koordinasiya rabitəli birləşmə əmələ gətirməsi .....	43
<b>Qasımzadə G.T., Vəliyeva L.İ.</b> Helicostatin 4 neyropeptidinin fəza quruluşunun təşkili.....	45
<b>Həsənova X.T., Novruzlu A.A., Atayeva N.A.</b> KCl-SU sistemində elektrik keçiriciliyinin temperaturdan və məhlulun konsentrasiyasından asılılığının öyrənilməsi .....	46
<b>Məmmədova S.Z., Abbasova G.C.</b> Tripeptid fraqmentin dayanıqlı konformasiyalarının yaranmasında hidrogen rabitələrinin rolu .....	47
<b>Vəliyeva L.İ., Mehdiyeva A.A.</b> GRB-AST A4 molekulunun PHE-GLY-LEU-NH <sub>2</sub> tripeptid fraqmentinin fəza quruluşunun tədqiqi.....	49

**Həsənov A.Ə., Camalzadə T.G., Süleymanova A.V.**  
Saxarozanınin PEQ-dekstran-su ikifazalı sistemin faza diaqramına təsiri.....50

**Rəhimzadə S.Q., Haqverdiyeva G.Ə.**  
VAL-TRP dipeptidinin təsir mexanizminin molekulyar doking araşdırmaları.....51

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

**Bakhtiyarlı E.R., Afandiyeva İ.M.**  
The voltage dependent electrical characteristics of Au/n-GaAs Schottky barrier diode using I–V measurements.....53

**Cəfərova S.Ş., Həsənova L.H.**  
TlInSe<sub>2</sub> monokristalının elektrikkeçiriciliyinin anomaliyası .....54

**Figarova S.R., Mahmudov M.M., Damirov R.Y.**  
Magnetization of diluted magnetic semiconductor superlattices .....55

**Daşdəmirov A.O., Ələkbərov A.S.**  
GeSe:Nd laylı monokristalında eksiton effekti .....56

**Dashdamirova G.E., İsmayilov C.İ.**  
Formation of solid solutions of CuIn<sub>5</sub>S<sub>8</sub> triple compounds .....57

**Şikarova N.V., Məmmədov R.Q.**  
İkiölçülü enerji quruluşlu Şottki keçidində cərəyan .....58

**Sultanova G.R., Məmmədov R.Q.**  
Şottki keçidlərində iki potensial çəpərli energetik quruluşun formalaşması.....60

**Məmmədova S.E., Hüseynov Ə.H.**  
Cu<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>Se<sub>9</sub> nazik təbəqəsi əsasında fotokatalizatorun suyun elektrolitik parçalanmasında istifadəsi .....61

**Abbaszadə J.M., Kasumova R.J.**  
Degenerate four-wave mixing in optical fiber. effects of self-modulation and cross-modulation.....63

**İsmayilov T.H., Aslanlı A.F.**  
Spin susceptibility of two-dimensional electron gas.....64

**Həsənov E.R., Əliyev S.R.**  
Yarımkəçiricilərdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyalarının rəqs amplitudu.....64

**Aliyeva A.Y., Abasova A.Z.**  
Volt-Farad characteristics of the heterojunction obtained on the basis of TLGASE<sub>2</sub>-TLSE(GE) .....66

**Ализаде С.С., Салманов В.М.**  
Получение тонких пленок CdS методом химической пульверизации с последующим пиролизом.....67

**Niftiyev N.N., Daşdəmirov A.O., Kərimli F.K.**  
FeIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> birləşməsinin dəyişən elektrik sahəsində elektrikkeçiriciliyinin tədqiqi.....68

**Гарагезлю Н.И.**  
Безопасный для глаз перестраиваемый оптический параметрический генератор .....69

**Həsənov E.R., Rzayeva Ü.H.**  
İki dərəli yarımkəçiricilərdə cərəyan rəqsləri .....71

**Əliquliyeva X.V., Rzayeva A.X., Abdullayev N.A.**  
MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> və MnSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> monokristallarında Raman səpilməsi.....72

<b>Mehdiyeva S.İ., Ələkbərov R.İ., Sadıxlı R.F.</b> Sb-Se xalkogenid şüşəvari sistemində şüşəyə keçid və kristallaşma proseslərinin tədqiqi.....	73
<b>Sұлтанова Н.Э.</b> Эффективность преобразования компоненты ВРМБ с учетом фазовых эффектов .....	74
<b>Tarıverdiyeva Ş.C., Ələkbərov R.İ.</b> SE-AS xalkogenid şüşəvari sisteminin nazik təbəqələrində fotosəffaflaşma .....	76
<b>Vəlizadə R.R., Qədirova İ.R.</b> Kvant məftilində elektronların zonadaxili optik keçidləri halında dielektrik qavrayıcılığı.....	77
<b>Dadaşova İ.İ., Orucov A.K.</b> Elektrik gərginliyinin sezium atomlarının grafit monotəbəqəsi ilə örtülmüş renium lentə (RE-C) interkalyasiyasına və diffuziyasına təsiri .....	78
<b>Qurbanova V.H., Qasımova R.C.</b> Nonlinear optical effects in quadratically nonlinear media. ....	80
<b>Dadashova V.V., Aliyeva A.M.</b> Structural insights into ZNO-polymer nanocomposites: fabrication and characterization .....	81
<b>Azadov M.R., Alizade E.H.</b> Spectroscopic ellipsometry characterization of ternary NiRh <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> compound.....	82
<b>Məmmədova R.E., Məhəmmədov Ə.Z.</b> TiGaS <sub>2x</sub> Se <sub>2(1-x)</sub> bərk məhlullarının fotokeçiriciliyi.....	83
<b>Əliyeva A.İ.</b> AgSbTe <sub>1.5</sub> Se <sub>0.5</sub> bərk məhlulunun termoelektrik effektivliyi .....	84
<b>Əmirli N., Əliyev K.</b> ZnS-Eu <sub>2</sub> S <sub>3</sub> sistemində faza tarazlığının öyrənilməsi.....	86
<b>Əmirova G.S., Qəhrəmanov N.F.</b> Cu <sub>3</sub> İN <sub>5</sub> SE <sub>9</sub> monokristalının alınma texnologiyası.....	87
<b>Ismailova E.B., Figarova S.R.</b> Mobility of low-energy conduction electrons in graphene .....	88
<b>İsmayılova M.T., İsmayılov T.H.</b> Yarımkəçirici əsaslı kvant quyulu lazerlərdə optik güclənmə əmsalı.....	89
<b>İmaməliyev A.R., Kələntərov N.Ş.</b> Submikron ölçülü barium titanat hissəciklərinin quruluş və xassələrinin onların ölçülərindən asılılığı .....	90
<b>Мамедова Г.Дж., Фигарова С.Р.</b> Подвижность электронов в сверхрешетках, обусловленное внутризонным и межзонным рассеянием на шероховатостях в сильном магнитном поле .....	91
<b>Məmmədova X.M., Yusifov V.V., Allahverdiyev E.Ə.</b> PbTe – PbSe sistemi bərk məhlulları monokristallarının elektrik xassələri.....	92
<b>Məmmədova S. H., Əbilov Ç.İ., İsmayılov Z.İ.</b> ErBiSe <sub>3</sub> birləşməsinin termoelektrik xassələri.....	94
<b>Məmmədova X.N., Orucov A.K.</b> CSCL molekullarının təmiz və grafitli renium səthində dissosiasiyası .....	95
<b>Muxtarlı L.N., Qəhrəmanov N.F.</b> Cu <sub>3</sub> GA <sub>5</sub> S <sub>9</sub> monokristallarının udma əmsali spektri .....	96

## BÖLMƏ 4

### NANOQURULUŞLARIN FİZİKASI VƏ TEXNOLOGİYASI

**Əlizadə M.A., Hübətov Ş.Ə.**

Homoetrop teksturalı 5CB nematik maye kristalin dielektrik xassələrinə  $\text{BaTiO}_3$  nanohissəciklərinin təsiri ..... 98

**Bəkmirzəyev R.R.**

Polipropilen əsaslı  $\text{PP/MnO}_2$  nanokompozitində termik xassələr ..... 99

**Cavadova A.N., Muradov M.B., Gulahmadov O.G.**

Application of triboelectric nanogenerators based on origami structure in wave energy harvesting ..... 100

**Nuriyeva S.Q., Cəfərova S.R.**

Cu əsaslı strukturların mikroskopik və spektroskopik tədqiqi ..... 102

**Əhmədov T.C., Qəribov A.A.**

İstilik və sürətli neytronların təsiri altında uran dioksiddə baş verən nüvə prosesləri ..... 103

**Əhmədova N.A.**

$\text{MoS}_2$  kristalının elektron spektrinin *Ab-Initio* tədqiqi ..... 104

**Əliyeva Ə.N.**

$\text{ZnO}$  nanohissəciklərinin bitkilərdə fotosintez prosesinin aktivliyinə təsiri ..... 105

**Abaszadə R.G., Khanmamedova E.A.**

Analysis of some thermal properties of carbon nanotubes ..... 107

**Abaszadə R.G., Aliyev E.M., Stetsenko M.O., Khanmamedova E.A.**

Thermal properties of gadolinium-doped carbon nanotubes ..... 108

**Eminova A.R.**

Cascade creation process in the nanocrystalline silicon carbide ( $3\text{C-SiC}$ ) particles under neutron irradiation ..... 109

**Hasanov R.F.**

Formation and characterization methods of carbon nanotubes using sulphur. .... 111

**İsmayılova F.İ., Muradov M.B.**

$\text{Ag-Ag}_2\text{S}$  nüvə-örtük tipli strukturların alınması və optik spektrlərinin tədqiqi ..... 112

**Mehdiyeva A.R., Kərimova A.H., Şirinova H.A.**

5,7-DHF yüklənmiş funksional dəmir oksid nanohissəciklərinin infraqırmızı spektroskopiyaya üsulu ilə tədqiqi ..... 113

**Mehdiyeva S.Z., Hacıyeva F.V.**

Alınma texnologiyasından asılı olaraq polivinilidenflüorid (PVDF) və sink oksid ( $\text{ZnO}$ ) nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitlərin quruluş və xassələri ... 114

**Kərimova Aynura, Məmmədova A.A.**

X-RAY structure analysis of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @DEXTRAN/5,7-DHF nanosystem ..... 116

**Muradov M.B., Bağırov M.Ə., Mirməmmədov A.A.**

Buxar fazalı sulfidləşmə prosesi ilə anizotrop  $\text{AGNN/PVS/Ag}_2\text{S}$  nanokompozitlərinin hazırlanması ..... 117

**Nəcəfzadə Ş.Z., Tağıyeva F.F., Ağamalyev Z.Ə.**

Sink sulfat heptahidratdan  $\text{ZnO}$  nanohissəciklərinin sintezi ..... 118

**Novruzlu F.İ., Kərimova A.H.**

Yaşıl çay yarpağı ekstraktı ilə gümüş nanohissəciklərinin sintezi və UB spektral analizi ..... 120

**Orucova T. Rasim Cabbarov**

Çoxdivarlı karbon nanoborunun epoksi polimerində dispersiyasının

optik mikroskop və SEM analizi ilə araşdırılması .....	121
<b>Qurbanova F.R.</b>	
Yüksək təmizlik dərəcəsinə malik silisium oksidin alınması texnologiyası .....	122
<b>Tapdıqzadə A.S., Humbatov Sh.A.</b>	
Research on the impact of BaTiO <sub>3</sub> nanoparticles on photocurrent-voltage properties of organic solar cell.....	124
<b>Aliyeva A.M., Hüseynova T.R.</b>	
Opto-structural insights into ZnO-doped pvp nanocomposites: photoluminescence spectroscopy and defect analysis .....	125
<b>Cəlilova Ə.V., Hacıyeva F.V.</b>	
Fe/Ni əsaslı bimetall maqnit nanohissəciklərinin sintezi və quruluşunun tədqiqi.....	126
<b>Sadıxova K.N, Əhmədov İ.S.</b>	
<b>Fe3O4</b> nanohissəciklərinin işığın spektral tərkibindən asılı olaraq ChL a piqmentinin deqradasiyasına təsiri .....	127

## **BÖLMƏ 5**

### **FİZİKİ ELEKTRONİKA**

#### **Məzahimli G.C., Ələkbərov Ş.Ş.**

UB şüalandırmanın sis-PB və sis-PB+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik xüsusiyyətlərinə təsiri .....

129

#### **Ələkbərova R.X., Ağayev M.N.**

İşıqlanma gücünün cərəyan daşınması mexanizminə təsiri .....

130

#### **Hüseynova N.E., Əfəndiyeva İ.M.**

Metalla aşqarlanmış polivinil alkol (PVA) laylı kontakt strukturu.....

132

#### **Eminov Ş.O., Əliyev S.A., Məmmədov F.E., Xəlilov A.C., Qurbanov İ.İ.,**

#### **Əkbərov E.M.**

Təyin edilmiş ölçülərdə InSb nazik təbəqələrinin dielektrik səthlər üzərində alınması.....

133

#### **Quliyeva A.Z., Abdinov Ə.Ş.**

p-GaSe<Yb> kristallarında elektrik sahəsinin təsiri ilə yaradılmış

termostimullaşdırılmış keçiricilik .....

135

#### **Nərimanzadə A.M., Ələkbərov E.Ş.**

TlGaSe<sub>2</sub> amorf nazik təbəqələrində atomların radial paylanması .....

136

#### **Məmmədov M.Y., Məmmədov V.U.**

Nazik təbəqəli p-GaAs /n-Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S<sub>1-y</sub>Te<sub>y</sub> heteroqeyidlərinin elektrik xassələri.....

137

#### **Abdullayeva S.H., Eminov Ş.O., Əliyev, S.A.**

Nanoborulu titanium dioksid əsaslı Cu (Ag) /TiO<sub>2</sub>/ITO/Şüşə Quruluşlu Plazmon

fotodetektoru.....

138

#### **Qocayeva L.M., Əliyev L.P.**

İnformasiya texnologiyalarından istifadə etməklə səs və nitqin dəyişdirilməsi.....

140

#### **Süleymanova L.S., Əliyev L.P., Məmmədova V.C.**

Yol-nəqliyyat hadisəsi zamanı avtomobilin sürətinin videoyaziya əsasən

müəyyən olunması .....

141

#### **Məmmədova A. A., Ələkbərov Ş.Ş.**

PMMA və PMMA+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozitlərinin dielektrik nüfuzluğuna və dielektrik

itkilərinə UB şüalandırmanın təsiri.....

142

**Kompüter tərtibatı:** Azadə İmanova  
**Üz qabığının dizaynı:** Sahib Ədilov

Çapa imzalanmışdır: 11.07.2024  
Formatı: 70x100 1/16. Həcmi 9,5 ç.v. Sayı 100.

---

Bakı Dövlət Universitetinin Nəşr Evinə çap olunmuşdur.  
AZ 1148, Bakı ş., ak. Z.Xəlilov küçəsi, 33.  
Tel: (+99412) 538 87 39 / 538 50 16  
e-mail:bduneshrevi@bsu.edu.az  
www.bsu.edu.az