



ISSN 1028-8546

Volume XVI, Number 3-4

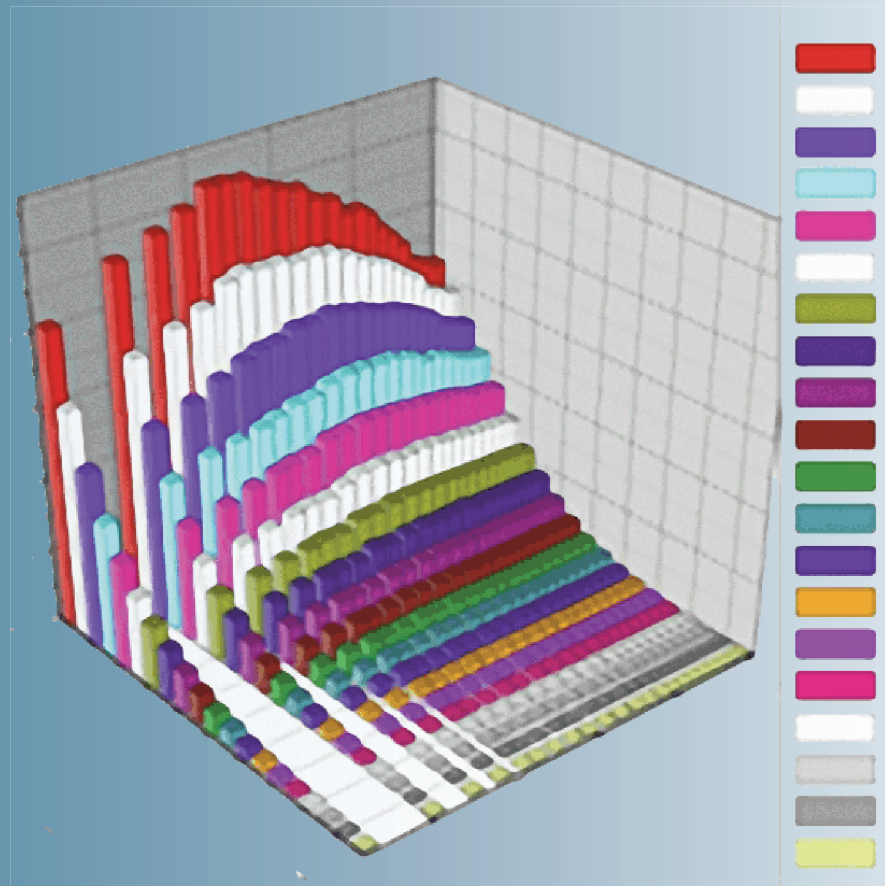
Series: Az

December, 2010

Azerbaijan Journal of Physics

Fizika

www.physics.gov.az



G.M. Abdullayev Institute of Physics
Azerbaijan National Academy of Sciences
Department of Physical, Mathematical and Technical Sciences

Azerbaijan Journal of Physics

Fizika

*G.M.Abdullayev Institute of Physics
Azerbaijan National Academy of Sciences
Department of Physical, Mathematical and Technical Sciences*

HONORARY EDITORS

Arif PASHAYEV

Mahmud Kerimov

EDITORS-IN-CHIEF

Arif Hashimov
Chingiz Qajar

SENIOR EDITOR

Talat Mehdiyev

INTERNATIONAL REVIEW BOARD

Ivan Scherbakov, Russia
Kerim Allahverdiyev, Turkey
Mehmet Öndr Yetiş, Turkey
Gennadii Jablonskii,
Buelorussia
Rafael Imamov, Russia
Vladimir Man'ko, Russia
Eldar Salayev, Azerbaijan
Dieter Hochheimer, USA
Victor L'vov, Israel
Vyacheslav Tuzlukov, South
Korea

Firudin Hashimzadeh, Azerbaijan
Majid Ebrahim-Zadeh, Spain
Anatoly Boreysho, Russia
Mikhail Khalin, Russia
Hasan Bidadi, Tebriz, East
Azerbaijan, Iran
Mamed Emin Shahtakhtinskii,
Azerbaijan
Maksud Aliyev, Azerbaijan
Bahram Askerov, Azerbaijan
Vali Huseynov, Azerbaijan
Javad Abdinov, Azerbaijan

Bagadur Tagiyev, Azerbaijan
Tayar Djafarov, Azerbaijan
Natiq Atakishiyev, Mexico
Talat Mehdiyev, Azerbaijan
Nazim Mamedov, Azerbaijan
Emil Guseynov, Azerbaijan
Ayaz Baramov, Azerbaijan
Tofiq Mammadov, Azerbaijan
Rauf Guseynov, Azerbaijan
Shakir Naqiyev, Azerbaijan

TECHNICAL EDITORIAL BOARD

Talat Mehdiyev, Elmira Akhundova, Narmin Babayeva, Nazli Guseynova, Sakina Aliyeva, Nigar Akhundova

PUBLISHING OFFICE

33 H.Javid ave, AZ-1143, Baku
ANAS, G.M.Abdullayev Institute of Physics

Tel.: (99412) 439-51-63, 439-32-23
Fax: (99412) 447-04-56
E-mail: joph@physics.ab.az; joph2009@rambler.ru
Internet: www.physics.gov.az

Published at: "MƏTBƏƏ-PF"

Typographer :R.Ə. Əsgərova

It is authorized for printing: 12.20.2010

Sent for printing on: __.12. 2010
Printing approved on: __.12. 2010
Physical binding: _____
Number of copies: _____200
Order: _____

$\text{Sn}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Te}$ KRİSTALLARININ ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİ

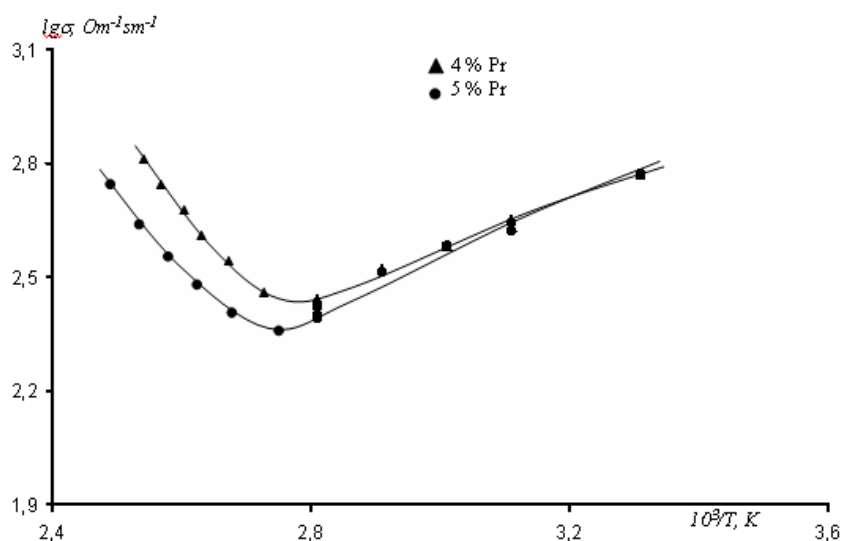
İ.M. MƏMMƏDOV
ADPU, Ü. Hacıbəyov, 34

Təqdim olunan işdə $\text{Sn}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Te}$ ($x=0,04; 0,05$) kristallarının elektrofiziki xassələrinin (50-450)K temperatur intervalında tədqiqinin nəticələri verilmişdir.

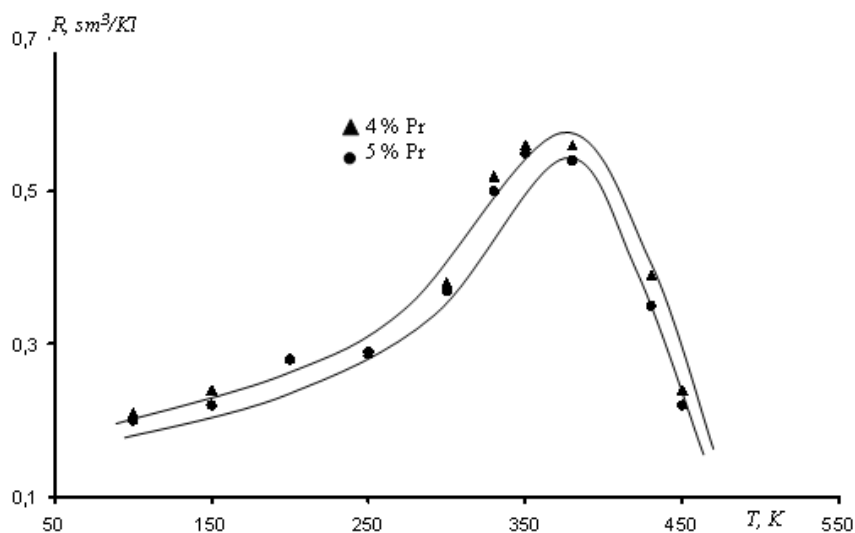
[1] işində Sn Te – Pr Te sisteminin differensial termik rentgenofaza və mikrostruktur analizləri ilə hal diaqramları qurularaq müəyyən edilmişdir, həmin sistemdə 0-6 mol % Pr Te intervalında həllolma müşahidə edilir. Göstərilən intervalda aşkar edilmiş kristalların bəzilərinin elektrofiziki xassələrinin öyrənilməsi barədə məlumat

verilmişdir. Həmin işlərə əlavə olaraq bu işdə biz $x=0,04$ və $x=0,05$ kristallarının elektrofiziki xassələrinin tədqiqini aparmışıq.

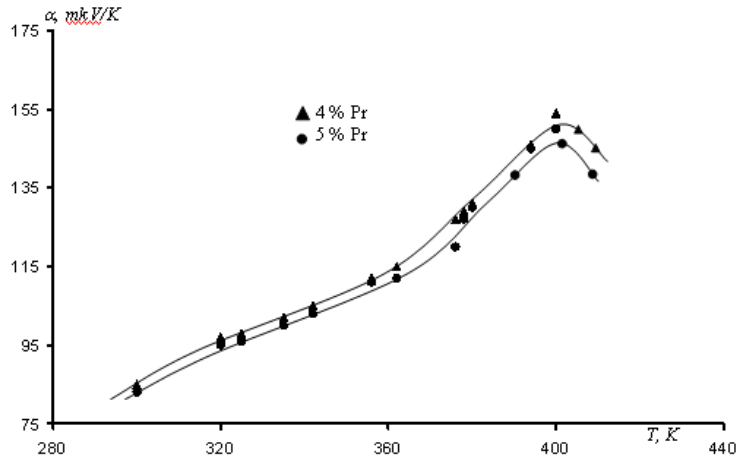
Elektrofiziki xassələrinin öyrənilməsi [2]-də təsvir olunan üsulla aparılmışdır.



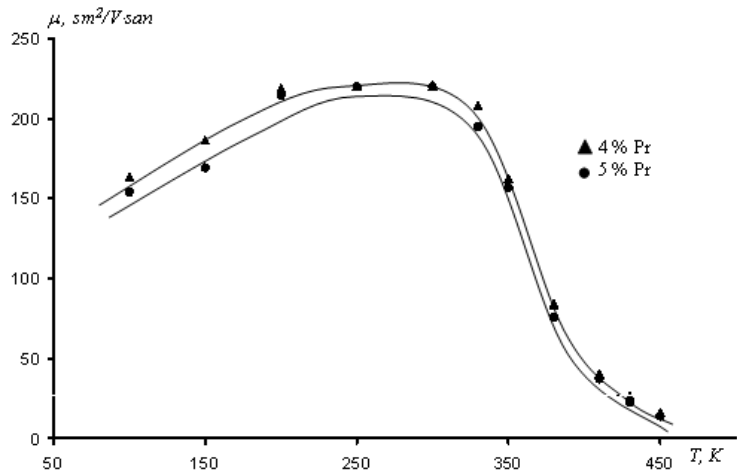
Şəkil 1a. $\text{Sn}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Te}$ bərk məhlullarının xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı.



Şəkil 1b. $\text{Sn}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Te}$ bərk məhlullarının Hall əmsalının temperatur asılılığı.



Şəkil 2a. $\text{Sn}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Te}$ bərk məhlullarının termo. e.h.q. əmsalının temperatur asılılığı.



Şəkil 2b. $\text{Sn}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Te}$ bərk məhlullarının yüklüklüyünün temperatur asılılığı.

Xüsusi elektrik keçiriciliyinin (σ), Holl (R), termo-elektrik hərəkət qüvvəsi (α) və istilikkeçirmə χ əmsallarının temperatur asılılıqları 50÷450K temperatur intervallında ölçülmüsdür. σ və R -in tədqiqinin nəticələri şəkil 1-də verilib. Şəkil 1.a-dan görüldüyü kimi tədqiq olunan $\text{Sn}_{0.95}\text{Pr}_{0.05}\text{Te}$ və $\text{Sn}_{0.96}\text{Pr}_{0.04}\text{Te}$ kristallarının hər ikisi üçün aşqar keçiriciliyi oblastında temperatur artdıqca σ -nın azalması məxsusi keçiriciliyin başlanması, yəni, valent zonasından keçiricilik zonasına məxsusi elektronların keçməsi səbəbindən artması bas verir. Bu

kristallarda Holl əmsalının (şəkil 1 b) və qismən də termoelektrik hərəkət qüvvəsi əmsalının (şəkil 2 a) temperatur asılılıqlarında mürəkkəb zona quruluşlu maddələrə xas olan anomalialar, R -in və α -nın artması müşahidə edilir.

Bu artma tədqiq olunan kristalların mürəkkəb zona quruluşuna, yəni valent zonasının ağır və yüngül dəşiklərinin əmələ gətirdiyi iki əlavə zonadan təşkil olunması mülahizəsinə əsasən izah oluna bilər.

Ağır dəşiklərin mövcud olduğu halda, Holl əmsalı

$$R = \frac{A}{ec_0} \cdot \frac{p_1\mu_1^2 + p_2\mu_2^2}{(p_1\mu_1 + p_2\mu_2)^2} = R_0 \frac{(1 + p_2/p_1)[1 + (p_2/p_1)b']^2}{[1 + (p_2/p_1)b']^2} \quad (1)$$

$$b' = \mu_2 / \mu_1$$

kimi təyin edilir. Harada ki, $R_0 = \frac{A}{pec_0}$ -aşağı tempera-

turlarda Holl sabiti, $p = p_1 + p_2$, p_1 və p_2 müvafiq olaraq ağır və yüngül dəşiklərin konsentrasiyalarıdır. Qeyd edək ki, R_{max}/R_0 yalnız zonalardakı yürüklüklərin nisbətindən asılı olub, onların enerji fərqiindən asılı olmur. Əgər b' temperaturdan zəif asılıdırsa, onda Holl sabiti əsasən valent zonasını təşkil edən əlavə zonalarda

yük daşıyıcıların paylanmasından asılı olur. İkinci zonaladakı dəşiklərin yürüklüklərinin çox kiçik olması $\mu_2 < \mu_1 \ll 1$ Holl effektinə az təsir edir və dəşiklərin ikinci zonaya keçməsi üzündən sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası

$$R = \frac{A}{ecp_2} \quad (2)$$

azalır və beləliklə də Holl sabiti kəskin artır. Holl sabiti özünün maksimal qiymətini $p_1 = p_2$ -də aldığı üçün

$$R_{max} = R_0 \frac{4b'^2}{(1+b')^2} \quad (3)$$

münasibəti iki zonalı modelə əsasən asanlıqla alınır.

Tədqiq etdiyimiz birləşmələrin mürəkkəb zona quruluşuna malik olmaları onların termo e.h.q. əmsallarının tədqiqində də özünü büruzə verir (şəkil 2 a). Belə ki, hər iki kristal üçün temperaturun artması ilə əvvəlcə termo e.h.q.-nin artması, sonra isə azalması baş verir. Bu asılılığı aşağıdakı kimi izah etmək olar. İki zonalı modelə görə termo e.h.q. əmsalı aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$\alpha = \frac{\alpha_{p_1} \cdot b' \cdot p_1 + \alpha_{p_2}}{b'p_1 + p_2} \quad (4)$$

α_{p_1} və α_{p_2} müvafiq olaraq bir yüngül, bir də ağır deşik zonaların olması ilə əlaqədar yaranan termo-e.h.q. əmsallarıdır. Əgər ağır deşiklərin elektrikkeçiricilikləri yüngül deşiklərinkindən kiçikdirsə, (4) ifadəsində kəsrin məxrəcindəki p_2 -ni atmaq olar. Bundan əlavə əgər $\alpha_{p_2} \cdot p_2 \ll \alpha_{p_1} \cdot p_1 \cdot b'$ olarsa, onda tam termo e.h.q. əmsalı yüngül deşiklərin termo e.h.q. əmsalına bərabər olar ($\alpha \approx \alpha_{p_1}$).

Sadə parabolik zona quruluşu üçün termo-e.h.q. əmsalı

$$\alpha = \frac{k}{e} \left[\frac{(r+2)F_{r+2}(\eta^*)}{(r+1)F_r(\eta^*)} - \eta^* \right] \quad (5)$$

Burada $F_r(\eta^*)$ və $F_{r+2}(\eta^*)$ Fermi inteqralıdır [3].

$$F_r(\eta^*) = \int_0^\infty \frac{x^r dx}{e^{x-\eta^*} + 1}$$

Cırlaşmamış elektron qazı üçün ($\eta^* < -2$) (5) düsturu sadələşərək aşağıdakı şəkllə düşür.

$$\alpha = \frac{k}{e} \left[r + 2 + \ln \frac{2(2\pi mkT)^{3/2}}{h^3 n} \right] \quad (6)$$

burada

$$m = N^{2/3} (m_1 \cdot m_2 \cdot m_3)^{1/3}$$

hal sıxlıqlarının effektiv kütləsi, N -ellipsoidlərin sayı, m_1, m_2, m_3 effektiv kütlə tenzorunun baş qiymətləridir.

(5) Fermi enerjisinin funksiyası olub, ağır deşiklərin zonaların təpəsinə qədər çatmış olduğu ana qədər artır, bundan sonra isə sabit qalır. Bu da öz növbəsində termo e.h.q. əmsalının sabit qalmasına səbəb olur.

Əgər $\alpha_{p_2} \cdot p_2, \alpha_{p_1} \cdot p_1 \cdot b'$ -lə müqayisə olunan tərtibdədirsə, onda

$p_2 \ll p_1 \cdot b'$ olur (çünki ağır deşiklərin yürüklüyü çox kiçikdir) və termo-e.h.q. əmsalı

$$\alpha = \alpha_{p_1} \left(1 + \frac{\alpha_{p_2} \cdot p_2}{\alpha_{p_1} p_1 b'} \right) \quad (7)$$

kimi təyin edilir. Bu kəmiyyət α_{p_1} -dən böyükdür, ikinci hədd konsentrasiya artdıqca artdığından onun böyük qiymətlərində tam termo-e.h.q.əmsalının artması, ağır deşiklərin konsentrasiyasının sonrakı artması ilə termo-e.h.q. əmsalının azalması bas verir.

Yürüklüyün temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi şəkil 2 b-də verilib. Göründüyü kimi aşqar keçiricilik oblastında yükdaşıyıcıların aşqar ionlardan səpilməsi nəticəsində μ -nün 250K-ə qədər artması, səpilmənin istilik rəqslərindən səpilməsi halında isə azalması bas verir. Bütövlükdə σ, R, α və μ -nün temperatur asılılıqları bir-birini təsdiq edir.

[1] E.M. Qocayev, M.İ. Murqozov, İ.M. Mamedov, A.A. Abdurraqimov. Neorqanicheskiye materialı, 2010, t. 46, № 10, s.1-4. (Rusca)

[2] İ.M. Mamedov. Fundamental elmlər. №2, cild VIII (30) 2009. s. 88-89.

[3] F. Blatt. Fizika elektronnoy provodimosti v tvyordix telax. Moskva: Mir, 1971,-470s. (Rusca)

И.М. Мамедов

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ Sn_{1-x}Pr_xTe

В работе излагаются результаты исследований электрофизических свойств кристаллов Sn_{1-x}Pr_xTe (x=0,4; 0,05) в температурном интервале 50-450К.

I.M. Mammadov

ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF Sn_{1-x}Pr_xTe CRYSTALS

In the article the investigation results of Sn_{1-x}Pr_xTe (x=0,4; 0,05) crystal electrophysical properties in temperature interval 50-450K are given.

29.08.2010

BaGa₂Se₄:Pr və BaGa₂Se₄:Pr,Ce KRİSTALLARININ FOTOLÜMINESSENSİYASI

S.A. ABUSHOV

Azərbaycan M E A H.M.Abdullayev adına Fizika institutu,
Bakı, H. Cavid prosp., 33, Azərbaycan

BaGa₂Se₄, BaGa₂Se₄:Pr və BaGa₂Se₄:Pr,Ce kristallarının fotoluminesensiyası (FL) 77 – 300K temperatur intervalında öyrənilmişdir. Aşqarlanmamış BaGa₂Se₄ kristallarında 77K temperaturda maksimumları 531, 586 və 676nm olan genişzolaqlı FL aşkar edilmiş və onun donor – akseptor rekombinasiyası ilə bağlı jlvfsi göstərilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, BaGa₂Se₄:Pr kristallarında müşahidə edilən maksimumları 481, 493, 532, 542, 599, 603, 629, 650, 667, 677nm olan çox dar zolaqlı şüalanma Pr³⁺ ionlarının mərkəzdaxili keçidləri ilə, BaGa₂Se₄:Pr,Ce kristallarında isə həm Pr³⁺, həm də Ce³⁺ ionlarının mərkəzdaxili keçidləri ilə bağlı şüalanma müşahidə edilmişdir.

GİRİŞ

Yarımkeçirici elektronikanın, optoelektronikanın, lazer texnikasının çox sürətli inkişafı yeni daha effektiv yarımkeçirici materialların yaradılması və onların fiziki xassələrinin tədqiq edilməsini tələb edir. Yeni materialların yaradılması üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Belə üsullardan biri də mövcud yarımkeçirici birləşmələrin onların parametrlərinin proqnozlaşdırılabilən idarəsinə imkan verən aşqarlanmasıdır.

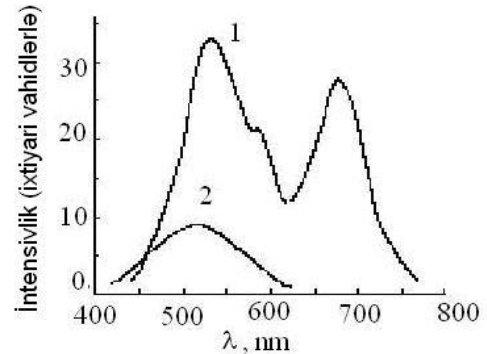
Son zamanlar yarımkeçiricilərə aşqar kimi nadir torpaq elementlərini (NTE), onların oksidləri və ya fluoridləri daxil edilir. Nadir torpaq ionlarının (NTİ) bitməmiş *f* qalflarının electron səviyyələri [1] yarımkeçiricilərdə matrisin kristal sahəsinin təsiri ilə əsas və həyəcanlanmış səviyyələrə parçalanır. Əgər *f* qalflarının əsas və həyəcanlanmış electron səviyyələri yarımkeçiricinin qadağan olunmuş zolağının daxilində olarsa, onda xarici həyəcanlandırıcı mənbənin təsiri ilə həyəcanlaşma səviyyələrindən birinə keçmiş electronun əsas səviyyəyə əks keçdi elektromaqnit şüalanması ilə müşayiət olunur. BaGa₂Se₄ geniş qadağan olunmuş zolağa malik yarımkeçiricidir ($E_g \approx 3$ eV) [2,3]. Bu birləşməyə ayrılıqda Eu və Ce nadir torpaq elementlərinin daxil edilməsi Eu²⁺ və Ce³⁺ ionlarının uyğun olaraq $4f^65d \rightarrow 4f^7(^8S_{7/2})$ və $5d \rightarrow ^2F_{7/2}$, $5d \rightarrow ^2F_{5/2}$ mərkəzdaxili keçidləri ilə bağlı şüalanmaya səbəb olur. Eu²⁺ və Ce³⁺ NTİ BaGa₂Se₄ birləşməsinə birlikdə daxil edilməsi birincinin fotoluminesensiyasının intensivliyini artırır ki, bunun da səbəbi həyəcanlanma enerjisinin üçvalentli serium ionundan ikivalentli evropium ionuna şüalanmasız ötürülməsidir, yəni Ce³⁺ ionu Eu²⁺ ionunun luminesensiyasının sencibilizatorudur [4]. Ədəbiyyat araşdırmaları göstərir ki, Pr və Pr+Ce cütliyünün luminesens xassələri BaGa₂Se₄ kristallarında öyrənilməmişdir. Ona görə də Pr və Pr+Ce cütliyi ilə aktivləşdirilmiş bu kristalların luminescent xassələrinin tədqiqi həm elmi, həm də işıq mənbələrinin yaradılması üçün praktiki əhəmiyyətə malikdir.

EKSPERİMENT

BaGa₂Se₄, BaGa₂Se₄:Pr, BaGa₂Se₄:Pr,Ce birləşmələri [4] verilmiş texnologiya ilə sintez edilmişdir. Fotoluminesensiya ölçmələri SDL -1 spektrometrində aparılmışdır. Luminesensiyanı həyəcanlandırıcı mənbə kimi DRŞ-250 civə lampasının 365 nm dalğa uzunluqlu şüalanmasından, şüalanma qəbuledicisi olaraq FEU -39 A fotoelektron gücləndiricisindən istifadə edilmişdir.

NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏ

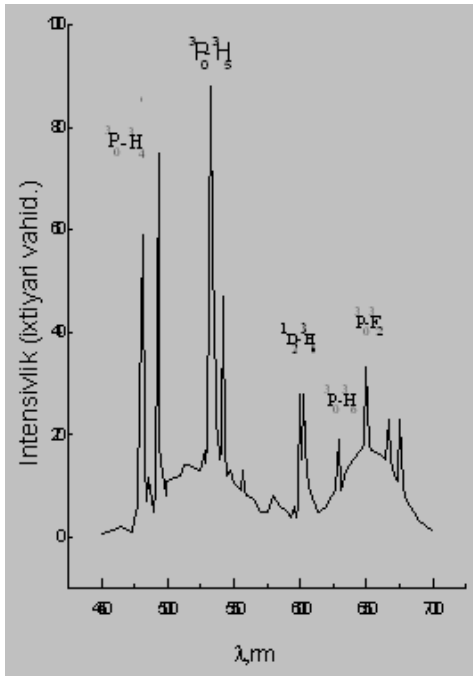
Aşqarlanmamış BaGa₂Se₄ birləşməsinin FL spektrləri 300(1) və 77K(2) temperaturlarda şəkl. 1-də verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, spektr maksimumu 521 nm ətrafında olan 420 – 600nm dalğa uzunluqları oblastını əhatə edən bir geniş zolaqdan (yarımını 63 nm) ibarətdir. 77K temperaturda spektr 435 – 760 nm dalğa uzunluqları oblastını əhatə edən və maksimumları 531, 586 və 676nm olan bir – birini örtən üç zolaqdan ibarətdir. Bu zolaqların intensivliyi 300K temperaturlardakı FL zolağının intensivliyindən böyükdür.



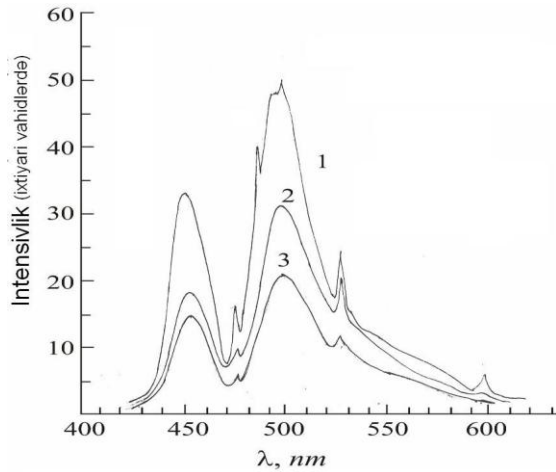
Şəkl. 1. BaGa₂Se₄ polikristalının 77 (1) və 300K (2) temperaturlarda fotoluminesensiya spektrləri.

Bu spektrdə maksimumları 530 və 651 nm ətrafında olan iki geniş zolaq, maksimumları 481, 493, 532, 542, 599, 603, 629, 650, 667, 677nm olan çox dar zolaqlar və 486nm –də zəif pik müşahidə edilir. Temperaturun artması ilə intensivlik kəskin azalır və otaq temperaturunda yalnız matrisin genişzolaqlı spektri müşahidə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, BaGa₂Se₄:Pr polikristallarında müşahidə edilən dar zolaqlı şüalanma aşqarlanmamış nümunələrdə özünü biruzə vermir.

Şəkl. 3-də BaGa₂Se₄:Pr,Ce birləşməsinin 77(1), 104(2) və 157K(3) temperaturlarda FL spektrləri verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, 77K temperaturda spektr maksimumları 456 və 506nm olan bir-birini örtən iki geniş zolaqdan, maksimumları 478, 492, 506, 533 və 602nm olan dar zolaqdan, 500 nm bir “çiyindən” ibarətdir. Temperaturun artması ilə geniş zolaqların intensivlikləri azalır. 104K –də 492 və 506nm maksimumlu zolaqlar və 500 nm “çiyin” yox olur. Spektrinin maksimumları 456 və 506 nm olan genişzolaqlı şüalanma



Şək. 2. BaGa₂Se₄:Pr polikristallarının 77K temperaturda fotoluminensensiya spektri.

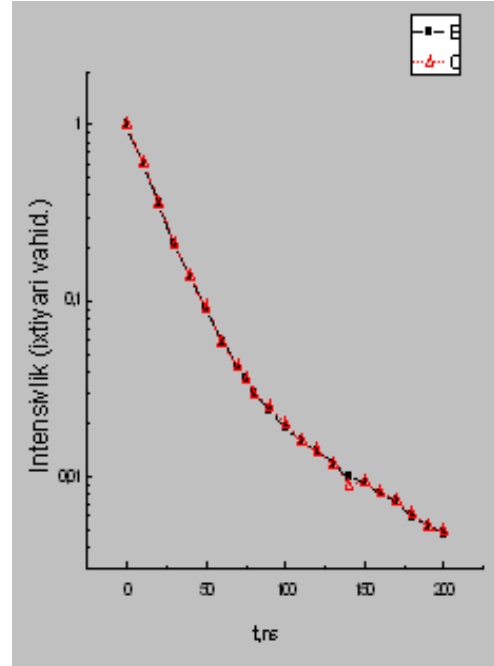


Şək. 3. BaGa₂Se₄:Pr polikristallarının 77K, 104K, 157K temperaturda fotoluminensensiya spektri.

BaGa₂Se₄:Ce polikristallarında da [4] müəllifləri tərəfindən müşahidə edilmiş və onların Ce³⁺ ionlarının 5d → ²F_{7/2}, 5d → ²F_{5/2} mərkəzdaxili keçidləri ilə bağlı olduğu müəyyən edilmişdir.

BaGa₂Se₄:Pr və BaGa₂Se₄:Pr,Ce polikristallarının FL spektrlərinin aşqarlanmamış polikristalların spektrləri ilə müqayisəsi göstərir ki, aşqarlanmamış nümunələrdə prazeodimlə aşqarlanmış nümunələrdə müşahidə edilən darzolaqlı şüalanmanın müşahidə edilməməsi bu şüalanmanın Pr aşqarının daxil edilməsi ilə bağlı olduğuna işarə edir. Yəni müşahidə edilən darzolaqlı şüalanma Pr³⁺ ion-

larının mərkəzdaxili keçidlərinin nəticəsi ola bilər. Belə FL spektrləri bir çox müəlliflər tərəfindən tərkibində prazeodim ionları olan müxtəlif kristal quruluşuna malik yarımkeçirici və dielektrik poli- və monokristallarında müşahidə edilmiş və onların Pr³⁺ ionlarının mərkəzdaxili keçidlərinin nəticəsi olduğu təsdiq olunmuşdur [5-7].



Şək. 4. BaGa₂Se₄:Pr,Ce polikristalında Ce³⁺ ionunun 456(1) və 506(2) nm FL zolaqlarının sönmə kinetikasi

BaGa₂Se₄:Pr,Ce polikristallarında maksimumları 456 və 506nm olan, Ce³⁺ ionunun mərkəzdaxili 5d → ²F_{7/2}, 5d → ²F_{5/2} keçidləri ilə bağlı olan FL zolaqlarının intensivliyinin sönmə kinetikasi öyrənilmişdir. Hər iki zolağın sönmə sinin əyriləri lg I~t miqyasında eynidir. Başlanğıc hissədə (0 -100ns) asılılıq xətti. t > 100ns olduqda qeyri xətti quyuq müşahidə olunur. Bu əyrilərdən aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar: başlanğıc hissədə sönmə eksponensial, 100 ns –dən sonar isə qeyri esponensialdır. Bu əyrilərin ekshonensial hissələrindən Ce³⁺ ionunun ən aşağı 5d səviyyəsi üçün tapılmış yaşama müddəti ~ 24 ns tərtibindədir.

Beləliklə, BaGa₂Se₄ birləşməsinə Pr və Pr + Ce cütü ilə aşqarladıqda FL spektrlərində, aşqarlanmamış birləşmənin spektrlərindən fərqli olaraq, yeni darzolaqlı şüalanma müşahidə olunur. Müəyyən edilmişdir ki, BaGa₂Se₄:Pr kristallarında müşahidə edilən maksimumları 481, 493, 532, 542, 599, 603, 629, 650, 667,677nm 486nm olan çox dar zolaqlı şüalanma Pr³⁺ ionlarının mərkəzdaxili keçidləri ilə, BaGa₂Se₄:Pr,Ce kristallarında isə həm Pr³⁺, həm də Ce³⁺ ionlarının mərkəzdaxili keçidləri ilə bağlıdır.

[1] D.T.Sviridov, R.K. Sviridova, Yu.F. Smirnov. Optičeskiye spektri ionov perexodnix metallov v kristallax. M. Nauka, 1976, 432s. (Rusca).
[2] W.Klee, H.Z.Schajer anorgan and allgem. Chem., 1981, 479, p.125.

[3] M.-Y.Kim, W.-T.Kim, M.-S.Jin,S.-A.Park, N.-O.Kim, and H.- G.Kim. J.Korean Phys.Soc., 2002, 41, 5, p.774-777.
[4] B.Q. Taqiyev, S.A. Abuşov, O.B. Taqiyev. Luminescenciyaaktivirovannix ionami Eu²⁺ i Ce³⁺ kristallov BaGa₂Se₄. JPS, 2010, 77, 1, s.124-128.(Rusca).

S.A. ABUSHOV

- [5] *P.A. Rodniy, A.N. Mişin, A.S. Potapov.* Lumines-sensiya tryoxvalentnoqoprazeodima v oksidax i ftoridax. Opt. i spektr., 2002, 93,5, s.775 – 782. (Rusca).
[6] *P.A. Rodniy, İ.V. Berezovskaya, A.S. Voloşinovskiy, Q.B. Striqanyuk, A.S. Potapov.* Luminescentniye karakteristiki iona Pr^{3+} v SrB_4O_7 SrB_6O_{10} . Opt. i spektr., 2003, 94, 4, s.759 – 764. (Rusca).
[7] *C.Anedda, D.Carboraro, R.Chiriu, R.Corpino, M.Marceddi, P.Ricci, A.Georgobiani, S.Abushov, M.Tiginyanu.* Photoluminescence of Ce and Pr codoped Calcium Thiogallate. Phys.stat. sol.(c) 2006, 3, 8, p.2717 – 2721.

С.А. Абушов

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ $BaGa_2Se_4:Pr$ И $BaGa_2Se_4:Pr,Ce$ КРИСТАЛЛОВ

Исследована фотолюминесценция (ФЛ) кристаллов $BaGa_2Se_4:Pr$ и $BaGa_2Se_4:Pr,Ce$ в интервале температур 77 – 300 К. В нелегированных кристаллах $BaGa_2Se_4$ при температуре 77 К обнаружена широкополосная люминесценция с максимумами 531, 586 и 876 нм и показано, что она связана с донорно – акцепторной рекомбинацией. Установлено, что узкие полосы излучения с максимумами при 481, 493, 532, 542, 599, 603, 629, 650, 667 нм, наблюдаемые в спектре ФЛ кристаллов $BaGa_2Se_4:Pr$ обусловлены внутрицентровыми переходами иона Pr^{3+} , а в спектре излучения кристаллов $BaGa_2Se_4:Pr,Ce$ узкие и широкие полосы связаны с внутрицентровыми переходами соответственно ионов Pr^{3+} и Ce^{3+} .

S.A. Abushov

PHOTOLUMINESCENCE OF $BaGa_2Se_4:Pr$ AND $BaGa_2Se_4:Pr,Ce$ CRYSTALS

We study photoluminescence (PL) of $BaGa_2Se_4:Pr$ and $BaGa_2Se_4:Pr,Ce$ crystals in the temperature range 77 - 300 K. The undoped $BaGa_2Se_4$ crystals at temperature of 77 K the broadband luminescence with maximums at 531, 586 and 876 nm is observed and it is shown that it is associated with donor - acceptor recombination. It is established that narrow radiation band with maximums at 481, 493, 532, 542, 599, 603, 629, 650, 667 nm observed in the PL spectra of $BaGa_2Se_4:Pr$ crystals is caused by intracenter transitions of Pr^{3+} ions and in the emission spectrum of $BaGa_2Se_4:Pr,Ce$ crystals the narrow and broad bands are associated with intracenter transition of Pr^{3+} and Ce^{3+} ions correspondingly.

22.06.2010.

QƏLƏVİ METAL HİDROKSİDLƏRİNİN SULU MƏHLULLARININ İON ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN AKTİVLƏŞMƏ PARAMETRLƏRİ

E.Ə. MƏSİMOV, H.Ş. HƏSƏNOV, B.G. PAŞAYEV, Ç.İ. İBRAHİMOV

Bakı Dövlət Universitetinin Fizika Problemləri İnstitutu

AZ-1148, Z. Xəlilov, 23

İşdə litium, natrium və kalium hidrokksidlərinin duru sulu məhlullarının 283.15-333.15 K temperatur intervalında elektrik keçiriciliyinin təcrübi qiymətlərinə əsasən molyar elektrik keçiriciliyinin limit qiymətləri tapılmışdır. Elektik keçiriciliyinin additivliyi prinsipindən istifadə edərək ionların hər birinin ayrılıqda elektrik keçiriciliyinin limit qiymətlərinin temperaturdan asılılığı hesablanmışdır. Alınan nəticələrə və elektrolitlərdə ion elektrik keçiriciliyinin Eyrinq nəzəriyyəsinə əsaslanaraq ionların elektrolitdə miqrasiyasının aktivləşmə Gibbs enerjisinin, entalpiyasının və entropiyasının dəyişməsi hesablanmışdır. Hər bir ion üçün aktivləşmə parametrlərinin temperaturdan asılılıqlarında müşahidə olunan fərq ionların hidratlaşma dərəcələrinin müxtəlifliyi ilə izah olunmuşdur.

Təmiz suyun elektrik keçiriciliyə malik olması (18°S -də $\sigma_{18} = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{Om}^{-1} \text{m}^{-1}$) onun molekullarının qismən H^+ və OH^- ionlarına dissosiasiya etməsi ilə əlaqədardır. Elektrik keçiriciliyinin təcrübədən tapılmış qiymətlərinə görə müəyyən olunmuşdur ki, 25°S -də H^+ və OH^- ionlarının konsentrasiyaları bərabər olub $([\text{H}^+] = [\text{OH}^-]) 1.004 \cdot 10^{-7} \text{mol/l}$ tərtibindədir [1]. Suda yaxşı həll olan qeyri üzvi maddələr (qələvilər, duzlar, qüvvətli turşular və s.) asanlıqla dissosiasiyaya uğrayaraq kationlara və anionlara ayrılırlar. Duru məhlullarda bu ionların konsentrasiyaları suyun məxsusi H^+ və OH^- ionlarının konsentrasiyasından çox-çox böyük olduğundan məhlulların elektrik keçiriciliyini öyrənərkən suyun məxsusi elektrik keçiriciliyini nəzərə almamaq olar. Məhlul elektrik sahəsinə daxil edildikdə, yəni məhlula salınmış elektrodlar arasında potensial fərqi yaratdıqda, ionlar su molekullarının arasından keçərək istiqamətlənmiş hərəkət edərək (miqrasiya olunaraq) cərəyan yaradırlar. Elektrolitlərdə ionların miqrasiya prosesini aktivləşmə parametrləri ($\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}$, $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$, $\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}$) ilə xarakterizə etmək olar.

İşdə LiOH , NaOH və KOH qələvilərinin duru sulu məhlullarında molyar ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrlərinin temperaturdan asılılıqları öyrənilmişdir.

Təcrübədə $0.001-0.01 \text{ mol/l}$ konsentrasiya və $283,15-333,15 \text{ K}$ temperatur intervalında LiOH , NaOH və KOH qələvilərinin sulu məhlullarında molyar elektrik keçiriciliyi ölçülmüşdür (cədvəl 1). Molyar elektrik keçiriciliyinin konsentrasiyadan asılılığının Kolrauş qanunundan [2, 3] istifadə edərək molyar elektrik keçiriciliyinin limit qiymətləri tapılmışdır (cədvəl 1). Kationların və anionların elektik keçiriciliyinin additivlik qanunundan [2]

$$\Lambda_m^0 = \lambda_+^0 + \lambda_-^0$$

(λ_+^0 və λ_-^0 uyğun olaraq kationların və anionların molyar elektrik keçiriciliyinin limit qiymətləridir) istifadə edərək ionların elektrik keçiriciliyinin limit qiymətlərinin temperaturdan asılılığı müəyyən edilmişdir (cədvəl 2). Təcrübədən alınan nəticələrdən və elektrolitlərdə ion elektrik keçiriciliyinin Eyrinq nəzəriyyəsinə [4] istifadə

edərək, baxılan temperaturlarda hər bir ion üçün aktivləşmə parametrləri təyin edilmişdir.

Molyar ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrləri Eyrinq nəzəriyyəsinə [4] istifadə olunmaqla hesablanmışdır. Eyrinq məhlullarda ionların elektrik sahəsinin təsiri ilə istiqamətlənmiş hərəkətini qazlarda kimyəvi reaksiya zamanı qaz molekullarının hərəkəti ilə eyniləşdirərək ionların molyar elektrik keçiriciliyinin limit qiymətinin (λ_{\pm}^0) temperaturdan asılılığı üçün

$$\lambda_{\pm}^0 = \lambda_0 \exp\left(-\frac{\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}}{RT}\right) \quad (1)$$

ifadəsini almışdır. Burada $\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}$ -1 mol ionun keçidi (daşınması) zamanı Gibbs enerjisinin dəyişməsi, R -universal qaz sabiti, T -mütləq temperaturdur. Eyrinq [3] nəzəriyyəsinə görə

$$\lambda_0 = \frac{|z_{\pm}| e F}{6 h} L^2 \quad (2)$$

Burada $|z_{\pm}|$ ionun valentliyi, e -elektronun yükü, F -Faraday ədədi, h -Plank sabiti, L -ionun iki kvazistasionar halları arasındakı məsafədir. Qeyd edək ki, $\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}$ və L -ə ion elektrik keçiricilik prosesinin kinetik parametrləri kimi baxmaq olar, bu parametrlərin qiymətləri həlledicinin strukturundan kəskin asılıdır və olduqca duru məhlullarda maksimal qiymətlərini alır. L -in qiymətini hesablamaq üçün ən yaxşı halda hesab edilir ki, onun uzunluğu həlledicinin molekulunun həcminə uyğun olan kubun tilinə bərabərdir [5, 6, 7]:

$$L = \sqrt[3]{\frac{V_m}{N_A}} \quad (3)$$

Burada V_m -həlledicinin molyar həcmi, N_A -Avoqadro ədədidir. Həlledicinin molyar həcmi

$$V_m = \frac{M}{\rho} \quad (4)$$

düsturu ilə hesablamaq olar: Burada ρ -həllədicinin sıxlığı, M -isə həllədicinin molekulların kütləsidir. (2), (3) və (4) ifadələrindən

$$\lambda_0 = \frac{|z_{\pm}|eF}{6h} \left(\frac{M}{\rho N_A} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

olduğunu alırıq.

(1) ifadəsindən göründüyü kimi molyar elektrik keçiriciliyinin limit qiyməti (λ_{\pm}^0) $\Delta G_{\lambda}^{\neq}$ -nin eksponensial funksiyasıdır və buradan

$$\Delta G_{\lambda}^{\neq} = RT \ln \frac{\lambda_{\pm}^0}{\lambda_0} \quad (6)$$

olduğunu alırıq. Təcrübədən müxtəlif temperaturalarda λ_{\pm}^0 -ni təyin etməklə və (5) ifadəsi ilə λ_0 -ı hesablamaqla (6) ifadəsinə əsasən ionların elektrolitdə miqrasiyası zamanı aktivləşmə Gibbs enerjisinin ($\Delta G_{\lambda}^{\neq}$) temperaturdan asılılığını müəyyən edə bilərik.

$\Delta G_{\lambda}^{\neq}$, ΔH_{η}^{\neq} və $\Delta S_{\lambda}^{\neq}$ termodinamik funksiyaları arasındakı mövcud olan [5]

$$\Delta G_{\lambda}^{\neq} = \Delta H_{\lambda}^{\neq} - T\Delta S_{\lambda}^{\neq} \quad (7)$$

münasibətindən istigad edərək (1) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\lambda_{\pm}^0 = \lambda_0 \exp \left(\frac{\Delta S_{\lambda}^{\neq}}{R} - \frac{\Delta H_{\lambda}^{\neq}}{RT} \right) \quad (8)$$

(8) ifadəsinin hər iki tərəfindən natural loqarifma alsaq

$$\ln \frac{\lambda_{\pm}^0}{\lambda_0} = \frac{\Delta S_{\lambda}^{\neq}}{R} - \frac{\Delta H_{\lambda}^{\neq}}{RT} \quad (9)$$

alırıq. (9) ifadəsindən görünür ki, ionların elektrolitdə miqrasiyası zamanı aktivləşmə entalpiyası (ΔH_{η}^{\neq})

$\ln \frac{\lambda_{\pm}^0}{\lambda_0} = f\left(\frac{1}{T}\right)$ funksiyasının qrafikinə ixtiyari nöqtədə çəkilən toxunanın bucaq əmsəlidir. Onda molyar elektrik keçiriciliyinin limit qiymətinə görə aktivləşmə entalpiyasını (ΔH_{η}^{\neq})

$$\Delta H_{\lambda}^{\neq} = R \frac{d \ln \frac{\lambda_{\pm}^0}{\lambda_0}}{d\left(\frac{1}{T}\right)} \quad (10)$$

ifadəsi ilə təyin etmək olar. Bu məqsədlə $\ln \frac{\lambda_{\pm}^0}{\lambda_0}$ -in temperaturdan asılılıq qrafiki qurulmuş və hər xəttə uyğun onu kifayət qədər yaxşı təsvir edən tənlik seçilmişdir:

$$\ln \frac{\lambda_{\pm}^0}{\lambda_0} = a_0 + a_1 \left(\frac{1}{T} \right) + a_2 \left(\frac{1}{T} \right)^2 + a_3 \left(\frac{1}{T} \right)^3 \quad (11)$$

Burada a_0 , a_1 , a_2 və a_3 temperaturdan asılı olmayan kəmiyyətlər olub riyazi optimallaşma üsulu ilə təyin edilir. (11)-i (10)-da nəzərə alsaq $\Delta H_{\lambda}^{\neq}$ üçün

$$\Delta H_{\lambda}^{\neq} = R \left(a_1 + 2a_2 \left(\frac{1}{T} \right) + 3a_3 \left(\frac{1}{T} \right)^2 \right) \quad (12)$$

ifadəsini alırıq. Beləliklə (6) ifadəsinə görə $\Delta G_{\lambda}^{\neq}$, (12) ifadəsinə görə $\Delta H_{\lambda}^{\neq}$ hesablanmışdır. Müxtəlif temperaturalarda $\Delta G_{\lambda}^{\neq}$ və ΔH_{η}^{\neq} parametrlərinin qiymətləri məlum olduğdan sonra isə (7) termodinamik ifadəsinə əsasən ionların elektrolitdə miqrasiyası zamanı aktivləşmə entropiyasının ($\Delta S_{\lambda}^{\neq}$) temperaturdan asılılığı təyin edilmişdir.

Li^+ , Na^+ , K^+ və OH^- ionlarının elektrolitdə miqrasiyası zamanı aktivləşmə Gibbs enerjisinin temperaturdan asılılığı cədvəl 3-də və şəkil 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3 və şəkil 1-dən göründüyü kimi, baxılan temperatur intervalında hər bir ion üçün $\Delta G_{\lambda}^{\neq}$ -nin qiyməti temperaturun artması ilə azalır. Bunu aşağıdakı kimi izah etmək olar: Məlumdur ki, temperaturun artması ilə su molekullarının istilik hərəkəti artır. Bu isə öz növbəsində ionun ətrafında hidratlaşma örtüyü yaradan su molekullarının sayının azalmasına səbəb olur və bunun nəticəsində ionların miqrasiyası asanlaşır. Beləliklə, temperaturun artması ilə məhlulun özlülüyünün azalması, ionun hidrat örtüyündə su molekullarının sayının azalması və həllədicinin molekullarının istilik hərəkətinin artması ilə vakans yerlərin yaranması ionun miqrasiyasını asanlaşdırır ki, bu da yekunda $\Delta G_{\lambda}^{\neq}$ -nin qiymətinin temperaturun artması ilə azalmasına səbəb olur.

Cədvəl 1

LiOH, NaOH və KOH-ın müxtəlif temperatur və konsentrasiyalarda molyar elektrik keçiriciliyi ($\Lambda_m \cdot 10^3, (Om^{-1}m^2mol^{-1})$) və müxtəlif temperaturlarda molyar elektrik keçiriciliyinin limit qiymətləri ($\Lambda_m^0 \cdot 10^3, (Om^{-1}m^2mol^{-1})$).

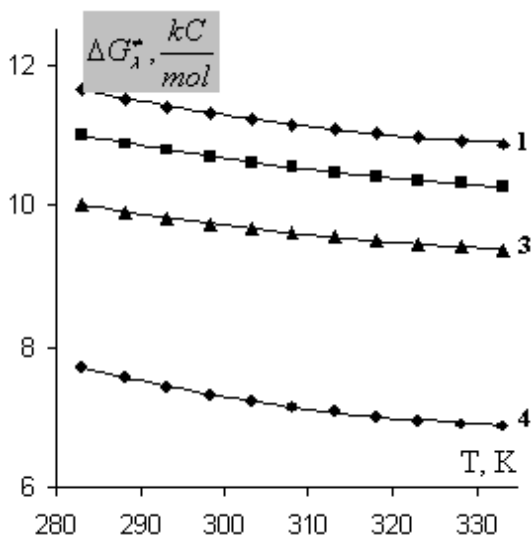
LiOH						
T, K	Limit qiyməti	Konsentrasiya, C (mol/l)				
	Λ_m^0	0.001	0.003	0.005	0.008	0.01
283,15	17,054	15,032	13,669	12,764	11,704	11,217
288,15	19,329	16,779	15,166	14,039	12,973	12,369
293,15	21,490	18,585	16,924	15,322	13,856	13,356
298,15	23,636	20,262	18,132	16,723	15,125	14,512
303,15	25,924	22,325	19,973	18,463	16,663	15,937
308,15	28,100	24,298	21,828	19,946	17,876	17,015
313,15	30,378	26,179	23,332	21,502	19,267	18,288
318,15	32,524	28,122	25,248	22,936	20,372	19,353
323,15	34,838	30,036	26,715	24,351	21,871	20,392
328,15	37,022	31,920	28,313	25,825	22,769	21,353
333,15	39,288	33,991	30,141	27,469	24,263	22,579
NaOH						
T, K	Limit qiyməti	Konsentrasiya, C (mol/l)				
	Λ_m^0	0.001	0.003	0.005	0.008	0.01
283,15	17,897	17,778	17,682	17,629	17,565	17,513
288,15	20,262	19,995	19,778	19,663	19,458	19,379
293,15	22,518	22,263	22,075	21,941	21,775	21,693
298,15	24,774	24,457	24,230	24,072	23,895	23,792
303,15	27,164	26,811	26,565	26,388	26,176	26,080
308,15	29,454	28,953	28,625	28,389	28,119	28,009
313,15	31,835	31,269	30,879	30,615	30,294	30,151
318,15	34,093	33,481	33,032	32,751	32,402	32,209
323,15	36,494	35,684	35,078	34,773	34,316	34,091
328,15	38,778	37,893	37,313	36,878	36,427	36,202
333,15	41,182	40,069	39,301	38,837	38,292	37,998
KOH						
T, K	Limit qiyməti	Konsentrasiya, C (mol/l)				
	Λ_m^0	0.001	0.003	0.005	0.008	0.01
283,15	19,728	19,226	18,875	18,560	18,258	18,071
288,15	22,266	21,667	21,204	20,892	20,517	20,283
293,15	24,702	24,015	23,487	23,115	22,715	22,422
298,15	27,115	26,313	25,697	25,267	24,723	24,432
303,15	29,684	28,791	28,115	27,735	27,217	26,931
308,15	32,121	31,109	30,396	29,887	29,318	29,006
313,15	34,689	33,657	32,896	32,361	31,708	31,369
318,15	37,069	35,917	35,092	34,567	33,912	33,582
323,15	39,679	38,487	37,634	37,048	36,402	36,009
328,15	42,060	40,728	39,789	39,185	38,435	38,075
333,15	44,660	43,251	42,217	41,453	40,584	40,089

Cədvəl 2
Müxtəlif temperaturalarda molyar ion elektrik keçiriciliyinin limit qiymətləri

$\lambda_{\pm}^0 \cdot 10^3, (Om^{-1}m^2mol^{-1})$				
T, K	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	OH ⁻
283,15	2,642	3,485	5,316	14,412
288,15	3,039	3,972	5,976	16,290
293,15	3,451	4,479	6,663	18,039
298,15	3,876	5,014	7,355	19,760
303,15	4,327	5,567	8,087	21,597
308,15	4,800	6,154	8,821	23,300
313,15	5,292	6,749	9,603	25,086
318,15	5,804	7,373	10,349	26,720
323,15	6,333	7,989	11,174	28,505
328,15	6,882	8,638	11,920	30,140
333,15	7,432	9,326	12,804	31,856

Cədvəl 3
Müxtəlif temperaturalarda molyar ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə Gibbs enerjisi.

$\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}, \frac{kC}{mol}$				
T, K	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	OH ⁻
283,15	11,65	11,00	10,01	7,71
288,15	11,53	10,89	9,91	7,56
293,15	11,42	10,78	9,82	7,44
298,15	11,33	10,69	9,74	7,33
303,15	11,24	10,61	9,67	7,24
308,15	11,16	10,53	9,61	7,16
313,15	11,10	10,46	9,54	7,09
318,15	11,03	10,40	9,50	7,02
323,15	10,97	10,35	9,45	6,96
328,15	10,92	10,30	9,42	6,91
333,15	10,88	10,25	9,37	6,86



Şəkil 1. İonların aktivləşmə Gibbs enerjisinin tempe-

raturdan asılılığı. 1-Li⁺, 2-Na⁺, 3-K⁺, 4-OH⁻.

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, baxılan temperatur intervallında $\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}(Li^+) > \Delta G_{\lambda}^{\ddagger}(Na^+) > \Delta G_{\lambda}^{\ddagger}(K^+) > \Delta G_{\lambda}^{\ddagger}(OH^-)$ olur.

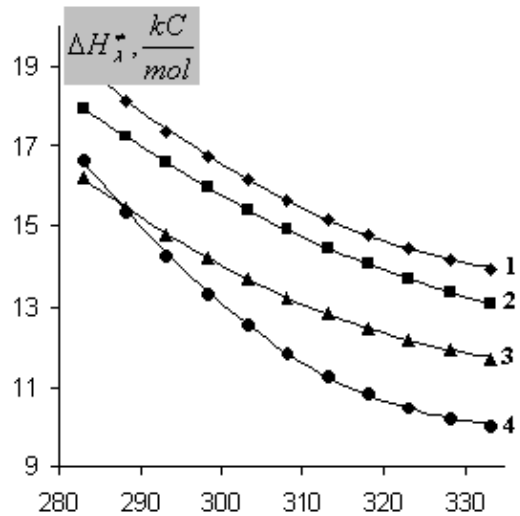
Bunu ionların hidratlaşma dərəcəsinin müxtəlifliyi ilə izah etmək olar. Li⁺, Na⁺ və K⁺ ionlarının yükləri eynidir, kristalloqrafik ion radiusları isə $R(Li^+) < R(Na^+) < R(K^+)$ kimidir [3]. Odur ki, Li⁺ ionu Na⁺ ionuna, Na⁺ ionu isə K⁺ ionuna nisbətən daha böyük hidratlaşmaya malikdir. Bu səbəbdən məhlulda ionların effektiv radiusları $R_{ef.}(Li^+) > R_{ef.}(Na^+) > R_{ef.}(K^+)$ kimidir. Qeyd

edək ki, OH⁻ ionu su molekulundan bir o qədər də fərqlənmir və o, Li⁺, Na⁺, K⁺ ionlarına nisbətən daha az hidratlaşmaya malikdir.

Li⁺, Na⁺, K⁺ və OH⁻ ionlarının elektrolitdə miqrasiyası zamanı aktivləşmə entalpiyasının temperaturdan asılılığı cədvəl 4-də və şəkil 2-də göstərilmişdir.

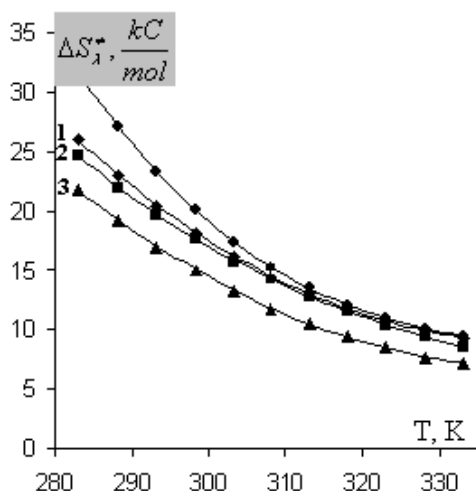
Cədvəl 4
Müxtəlif temperaturalarda molyar ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə entalpiyası.

$\Delta H_{\lambda}^{\ddagger}, \frac{kC}{mol}$				
T, K	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	OH ⁻
283,15	19,03	17,98	16,19	16,63
288,15	18,17	17,24	15,44	15,37
293,15	17,40	16,56	14,78	14,28
298,15	16,73	15,95	14,20	13,34
303,15	16,14	15,40	13,68	12,53
308,15	15,62	14,91	13,22	11,85
313,15	15,17	14,46	12,82	11,29
318,15	14,78	14,05	12,48	10,84
323,15	14,45	13,69	12,18	10,48
328,15	14,17	13,36	11,93	10,20
333,15	13,94	13,07	11,72	10,01



Şəkil 2. İonların aktivləşmə entalpiyasının temperaturdan asılılığı. 1-Li⁺, 2-Na⁺, 3-K⁺, 4-OH⁻.

Elektrolitlərdə elektrik keçiricilik prosesini enerji baxımından xarakterizə etmək üçün $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ kəmiyyətini təhlil etmək lazımdır. $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ ionun öz ətraf mühitindən ayrılmasına və başqa (qonşu) hala miqrasiya etməsinə sərf olunan enerjidir. Cədvəl 4 və şəkil 2-dən görüldüyü kimi, baxılan temperatur intervalında hər bir ion üçün $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ -in qiyməti müsbətdir və temperaturun artması ilə azalır və $\Delta H_{\lambda}^{\ddagger}(Li^+) > \Delta H_{\lambda}^{\ddagger}(Na^+) > \Delta H_{\lambda}^{\ddagger}(K^+) > \Delta H_{\lambda}^{\ddagger}(OH^-)$ olur. Bu fakt bir daha göstərir ki, ionun hidratlaşma ədədi nə qədər böyük olarsa, onu ətraf mühitdən ayırmaq üçün bir o qədər çox enerji tələb olunur.



Şəkil 3. İonların aktivləşmə entropiyasının temperaturdan asılılığı. 1-Li⁺, 2-Na⁺, 3-K⁺, 4-OH⁻.

Güclü struktura malik olan həlledicilərdə, məsələn suda, aktivləşmə entropiyasının qiyməti müsbətdir, çünki həlledicinin molekullarının aktivləşmiş hala keçməsi həlledicinin strukturunun müəyyən dərəcədə dağılmasına səbəb olur və nəticədə entropiya artır, fərq müsbət olur. Suda həllolan qələvilər suyun strukturunu müəyyən dərəcədə dəyişir. Bu halda məhlulun entropiyasına, həlledicinin (suyun) entropiyası ilə ionların (kationların və anionların) entropiyalarının cəmi kimi baxmaq olar:

$S_m = S_{su} + S_{kation} + S_{anion}$). Bunu ionlarının (kationlarının və ya anionlarının) suda miqrasiyasına aid etsək $S_m^{\ddagger} = S_{su}^{\ddagger} + S_{ion}^{\ddagger}$ ($S_m^{\ddagger} = S_{su}^{\ddagger} + S_{kation}^{\ddagger}$ və ya $S_m^{\ddagger} = S_{su}^{\ddagger} + S_{anion}^{\ddagger}$) alarıq. Beləliklə, elektrolitdə ixtiyari ionun miqrasiyası zamanı entropiyanın dəyişməsinə

$$\Delta S_{\lambda}^{\ddagger} = \Delta S_{su}^{\ddagger} + \Delta S_{ion}^{\ddagger} \quad (13)$$

kimi yazmaq olar. Yuxarıda qeyd etdik ki, suyun aktivləşmə entropiyasının temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi müsbətdir. Cədvəl 5 və şəkil 3-dən görüldüyü kimi, baxılan temperatur intervalında tədqiq olunan ionlar (Li⁺, Na⁺, K⁺ və OH⁻) üçün $\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}$ -in qiyməti müsbətdir, lakin temperaturun artması ilə azalır. $\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}$ -in temperaturdan asılı olaraq azalması yəqin ki, (13) ifadəsindəki toplananların hesabına olur.

Li⁺, Na⁺, K⁺ və OH⁻ ionlarının elektrolitdə miqrasiyası zamanı aktivləşmə entropiyasının temperaturdan asılılığı cədvəl 5-də və şəkil 3-də göstərilmişdir.

Cədvəl 5
Müxtəlif temperaturlarda molyar ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə entropiyası.

$\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}, \frac{C}{K \cdot mol}$				
T, K	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	OH ⁻
283,15	26,04	24,62	21,82	31,51
288,15	23,05	22,04	19,22	27,10
293,15	20,42	19,72	16,94	23,34
298,15	18,12	17,66	14,94	20,16
303,15	16,15	15,82	13,23	17,47
308,15	14,45	14,20	11,73	15,24
313,15	13,00	12,75	10,47	13,43
318,15	11,78	11,48	9,36	12,00
323,15	10,75	10,33	8,46	10,88
328,15	9,90	9,33	7,65	10,04
333,15	9,19	8,47	7,05	9,45

[1]. Fiziçeskiy entciklopediçeskiy slovar. T. 1, M. 1960. (Rusca).
 [2]. P. Atkins, De Paula. J. Physical chemistry. Oxford University press. 2006. 1067 p.
 [3]. V.V. Yeryomin, S.I. Karqov, I.A. Uspenskaya, N.Ye.Kuzmenko, V.V. Lunin. J. Fiziçeskoj ximii. İzd. «Ekzamen» Moskva 2005, 479 s. (Rusca).
 [4]. S. Qlesston, K. Leydler, Q. Eyrinq. Teoriya absolyutnix skorostey. M.: İzd-vo inostr. lit., 1948. 600 s. (Rusca).
 [5]. B.P. Artamanov, M.S. Qrilixes. J. Fiz. ximii. 1970. t. 44. №2. s.306. (Rusca).
 [6]. Yu.Ya. Fialkov, A.N. Jitomirskiy. İzv. Vuzov. Ximiya i xim. texnologiya. 1983. t. 26. №9. s.1086. (Rusca).
 [7]. A.N. Jitomirskiy. J. Fiz. Ximii. 1987. t. 61. №7. s.1748. (Rusca).

Э.А. Масимов, Г.Ш. Гасанов, Б.Г. Пашаев, Ч.И. Ибрагимов

ПАРАМЕТРЫ АКТИВАЦИИ ИОННОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ГИДРОКСИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

По результатам измерений электропроводностей разбавленных водных растворов гидроксидов лития, натрия и калия в температурном интервале 283,15-333,15 К были найдены предельные значения молярных электропроводностей. Используя

принцип аддитивности электропроводности установлены температурные зависимости значений предельных молярных электропроводностей для каждого иона. На основании полученных данных и теории Эйринга ионной проводимости электролитов вычислены значения изменения энергии Гиббса, энтальпии и энтропии активации ионной электропроводности каждого иона. Обнаруженные различия в температурных зависимостях перечисленных параметров объяснены различной гидратацией ионов.

E.A. Masimov, H.Sh. Hasanov, B.G. Pashayev, Ch.I. Ibrahimov

**ACTIVATION PARAMETERS OF IONIC ELECTRO CONDUCTIVITY
IN WATER SOLUTIONS OF ALKALINE METALS HYDROXIDS**

The limiting values of molar electroconductivities have been found by results of electroconductivity measurements of the diluted water solutions for lithium, sodium and potassium in the temperature interval 283,15-333,15 K. Using the additivity principle of electroconductivity the temperature dependences of the limiting values of molar electroconductivities for each ion are established. The values of Gibbs energy change, enthalpy and entropy of activation of ionic electroconductivity for each ion have been calculated on the basis of obtained data and Eyring theory of electrolyte ionic conductivity.

09.03.2010

PtSi KONTAKTI ƏSASINDA ŞOTTKI FOTODİODLARININ (ŞFD) EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASININ FİZİKİ ƏSASLARI

E.Ə. KƏRİMOV

Milli Aerokosmik Agentliyi Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu

Ş.Ə. BAYRAMOVA

*Milli Aerokosmik Agentliyi Kosmik Cihazqayırma Məxsusi Konstruktor Bürosu
AZ 1106, C.C. Axundov küç. 1, korpus 2*

Tədqiqatlar zamanı müəyyən edilmişdir ki, fotoeffektin qırmızı sərhəddinin 16,5 % artırılması ŞFD – nin kvant effektivliyini dalğa uzunluğunun 4,5 – 6,4 mkm intervalında 1,5 – 2,5 dəfə artırır.

Müasir mikroelektronikanın ən perspektivli materialları silisidlər – silisiumun daha böyük elektromənfiyyə malik elementlərlə birləşmələri sayılır. Bu birləşmələr təxminən, verilmiş metalın mütləq şkala üzrə ərimə temperaturunun yarı qiymətindən ərimə temperaturuna qədər olan intervalda bərk fazada reaksiya nəticəsində alınır [1]. Bu halda alınan silisidlər metal xarakterli keçiriciliyə malik olur. Ona görə də silisid alınan zaman metal – yarımkeçirici kontaktının istilik işləməsi zamanı metal – yarımkeçirici kontaktında müşahidə olunan xarakteristikalara uyğun silisium – metal silisidi keçidi alınır və Şottki çəpəri (ŞÇ) faktiki olaraq fazalararası sərhəddə yaranır. Belə çəpərin üstünlüyü silisiumun səthində ŞÇ hündürlüyündə kənar birləşmələrin təsirinin olmamasıdır belə ki, bu çür ŞÇ silisiumun başlanğıc səthindən bir qədər aşağıda formalaşır. Belə kontaktlar adətən stabil elektrik və mexaniki xarakteristikalara malik olur ki, bu da onların MOP – tranzistorlar, optik informasiyanın saxlanması və İQ – oblastda işləyən fotoqəbuledicilər üçün lazım olan materiallarda geniş istifadəsini təmin edir [2].

PtSi – p – Si və PdSi – p – Si kontaktları əsasında ilk fotodiodlar (FD) nisbətən qalın metal təbəqəsinə (~ 600 Å) və Fauler formulu ilə ifadə olunan kiçik kvant effektivliyinə malik idilər:

$$\gamma = c_1 \left(\frac{h\nu - \psi}{h\nu} \right)^2,$$

burada $c_1 = \frac{AG}{8\psi} = A \frac{Sl}{d}$.

A – silisiddə udulan İQ – şüalanmanın gücünün düşən şüalanma gücünə olan nisbəti ilə təyin olunan udulma əmsalı, l – silisidin səthinə normal istiqamətdə dəşiklərin sərbəst qaçış yolunun orta uzunluğu, d – silisid təbəqənin qalınlığıdır.

ŞOTTKI ÇƏPƏRLİ STRUKTURLARIN HAZIRLANMASININ ÜMUMİ PRİNSİPLƏRİ

Maqnetron tozlandırma prosesi “Oratoriya - 5” qurğusunda həyata keçirilib. Plazma yaradılması üçün arqon qazından istifadə olunub. Tozlandırma kamerasında vakuum $10^{-4} - 10^{-5}$ mm.c.s. təşkil edir.

Pt təbəqələrinin çəkilmə rejimi:

- hədəfə verilən gərginlik $U = 470$ V;

- anod cərəyanı $I = 0,35$ A;

- tozlandırma zamanı $\tau = 50-250$ san.

Pt metallik təbəqəsinin çəkilməsindən sonra 10 dəq. müddətində 510°C temperaturda vakuumda və 510°C temperaturda $\text{N}_2 + \text{H}_2$ təsirsiz qazlar atmosferində 10-60 dəq. müddətində tabalma həyata keçirilir.

Diffuziya – çəpər təbəqəsi kimi Ti və W metallarının ərintisi istifadə olunub. Hədəf VT1 – 00 markalı titandan, içliklər isə VMP tipli volframdan hazırlanıb. 10 dəq. müddətində peroksid - ammiak qarışığında təbəqə - təbəqə təmizləndikdən və 15 dəq. müddətində ionlaşdırılmış suda yuyulduqdan sonra silisium lövhələri “Oratoriya - 5” qurğusunun vakuum kamerasına yerləşdirilir. Lövhə - altlıqların ilkin qızdırılma temperaturu $200-250^{\circ}\text{C}$, qızdırılma müddəti isə 2-3 dəqiqədir.

Təbəqənin çəkilmə rejimi:

- hədəfə verilən gərginlik $U = 350$ V;

- anod cərəyanı $I = 3$ A;

- tozlandırma zamanı $\tau = 50-320$ san.

Metallik təbəqə çəkildikdən sonra TiW ərintisinin biricins olması üçün işlək kamerada 10 dəq. müddətində 500°C temperaturda lövhələrin tabılması həyata keçirilir.

Si - da omik kontaktların formalaşması üçün aşağıda göstərilən rejimdə çəkilən alüminium istifadə olunub:

- hədəfə verilən gərginlik $U = 510$ V;

- anod cərəyanı $I = 11$ A;

- tozlandırma zamanı $\tau = 500$ san.

Vahid texnoloji rejimdə alınmış Al/TiW/PtSi sendviç - struktur 450°C temperaturda, 15 dəq. müddətində N_2 atmosferində termoişlənməyə məruz qalıb.

EKSPERİMENTAL NƏTİCƏLƏR

Fotokeçiriciliyin ölçülməsi maksimal həssaslıq rejimində - yükün müqavimətinin təxminən tədqiq olunan nümunənin müqavimətinə bərabər olduqda həyata keçirilib. Modullaşmış işıq seli ilə işıqlandırılan nümunədə yaranan dəyişən gərginlik:

$$U = (I - I_0)R_Y,$$

burada I_0 – istilik cərəyanı, I – fotocərəyandır:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_Y + R_0 - \Delta R}$$

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R_{\gamma} + R_0}$$

R_0 – nümunənin istilik müqaviməti, ΔR – işığın təsiri ilə müqavimətin dəyişməsidir. Dəyişən U – gərginliyi gücləndirildikdən və dedektə olunduqdan sonra özüyazan potensiometrə yazılır. $R(A/Vt)$ – həssaslığını təyin etmək üçün monoxromatordan çıxan işığın hər bir dalğa uzunluğunda U (və ya $I = U/R_{\gamma}$) qiymətini İQ – şüalanmanın gücünə bölmək lazımdır.

$$R = \frac{U}{P} \quad \left(\frac{V}{Vt} \right)$$

$$R = \frac{I}{P} \quad \left(\frac{A}{Vt} \right)$$

$R = f(\lambda)$ asılılığından ŞÇ – nin hündürlüyünü təyin etmək olar ki, bu metod ŞÇ – nin hündürlüyünü ölçmək üçün düzgün və ən dəqiq metoddur. Fauler nəzəriyyəsinə Şottki diodlarının ftohəssaslığı aşağıdakı formul ilə təyin edilir:

$$R \sim \frac{(h\nu - \psi_{ms})^2}{h\nu^2}$$

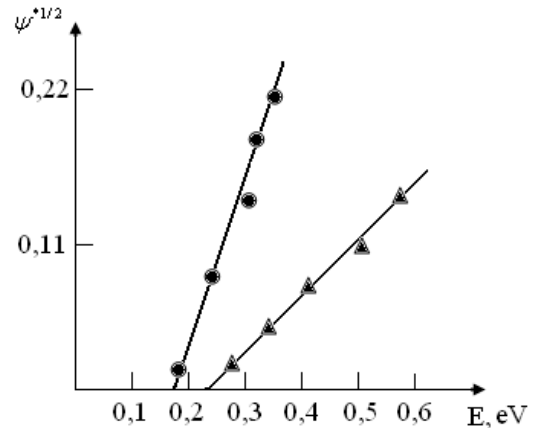
$$\sqrt{R}h\nu \sim (h\nu - \psi_{ms})$$

$\sqrt{R}h\nu = f(h\nu)$ asılılığını enerji oxuna ekstrapolyasiya etməklə çəpərin hündürlüyü tapılır. Bundan əlavə ŞÇ – li strukturların nümunələr işıqlandırıldıqda və şüalanma olmadıqda volt - amper xarakteristikaları ölçülmüşdür.

Bu halda ölçmələr nöqtələr üzrə və ya S1 – 83 ossilloqrafın köməyi ilə aparılmışdır.

- [1] Tekhnologiya SBIS pod redaktsiey S. Zu v dvukh knigakh, Moskva, «Mir», 1986. (Rusca)
 [2] I.M. Efendiyeva, L.K. Abdullayeva, V.Kh. Sharbatova, Sh. Altundal. «Fluktuatsii potentsiala diodov (Al – TiW + PtSi) – n - Si», Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, 2006, № 2.

Şək. 1- də PtSi – Si çəpərlərində PtSi – nin 120 A və 700 A qalınlıqlarında (ψ^*) kvant çıxışının eksperimental asılılığı göstərilmişdir.



Şək. 1. PtSi – Si fotodiodları üçün $\psi^{*1/2}$ kəmiyyətinin fotonun enerjisindən asılılığı:
 ● – $d = 120$ A, ▲ – $d = 700$ A.

Otaq temperaturunda termik və maqnetron tozlandırma üsulları ilə alınmış PtSi – p – Si əsasında strukturların volt – amper xarakteristikaları özlərini omik xarakteristikalar kimi aparır. VAX – nın (volt – amper xarakteristikaları) düz və əks qanadları praktiki olaraq xətti və simmetrikdir. Strukturun 80K temperatura qədər soyudulması zamanı VAX unipolyar şəkil alır. PtSi – p – Si sərhədində potensial çəpərin hesablanmış qiyməti 0,193eV ($d = 100A$ üçün) və 0,225 eV ($d = 700A$ üçün) alınır. Ftohəssaslığın qırmızı sərhədi 5,51-dən 6,42 mkm-ya kimi sürüşüb. Uzun dalğalı sərhədin cəmi 16,5 % - ə qədər artırılması 4,5 – 6,4 mkm diapazonunda ŞFD – nin kvant effektivliyinin 1,5 – 2,5 dəfə artırır.

Э.А. Керимов, Ш.А. Байрамова

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОДИОДОВ ШОТТКИ (ФДШ) НА ОСНОВЕ КОНТАКТА PtSi

При исследованиях выявлено, что повышение красной границы фотоэффекта на 16,5 % приводит к увеличению квантовой эффективности в 1,5 – 2,5 раза ФДШ в интервале длины волны 4,5 – 6,4 мкм.

E.A. Kerimov, Sh.A. Bayramova

PHYSICAL FOUNDATIONS OF QUANTUM EFFICIENCY INCREASE IN ShPhD ON THE BASIS OF PtSi CONTACT

At investigations it is revealed that the increase of photoeffect red boundary on 16,5% leads to increase of effective quantum efficiency of ShPhD in 1,5 – 2,5 times in wave length interval 4,5 – 6,4 mcm.

02.07.10

GeS_{0,5}Se_{0,5} BƏRK MƏHLULUNUN FİZİKİ-KİMYƏVİ XASSƏLƏRİNƏ La ATOMLARININ TƏSİRİ

M.İ. MURQUZOV, A.S. ƏLƏKBƏROV, R.B. BAYRAMOV

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Bakı, Ü.Hacıbəyov, 34

Fiziki –kimyəvi analiz metodları (DTA, RFA, MQA, həmçinin xüsusi çəkinin və mikrobərkliyin ölçülməsi) vasitəsilə GeS_{0,5}Se_{0,5} bərk məhlulunun xassələrinə La atomlarının təsiri öyrənilmiş və onun mikrodiqramı qurulmuşdur.

Müəyyən edilmişdir ki, GeS_{0,5}Se_{0,5} nümunəsində 4 at. % La həll olur. (GeS_{0,5}Se_{0,5})_{1-x}(La)_x sisteminin ərintilərinin mikrobərkliyinin tərkibdən asılılığı öyrənilmişdir.

Ədəbiyyatdan məlumdur ki, germanium xalkogenidləri və onlar əsasında alınmış bərk məhlullar fətohəssas, termoelektrik xassələrinə malik olub, yarımkeçiricilər texnikasının müxtəlif sahələrində istifadə olunur [1-3]. Elementar və binar yarımkeçiricilər texnikanın artmaqda olan tələblərini tam ödəyə bilmirlər. Odur ki, yeni mürəkkəb tərkibli yarımkeçirici materialların alınması və onların fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Tədqiqat işinin əsas məqsədi (GeS_{0,5}Se_{0,5})_{1-x}(La)_x sisteminin ərintilərini sintez etməkdən, alınmış ərintilərin fiziki-kimyəvi xassələrinə La atomlarının təsirini öyrənməkdən və homogenlik sahəsini müəyyən etməkdən ibarətdir.

Aldığımız nəticələrə əsasən GeS_{0,5}Se_{0,5} bərk məhlulu 625°S-də əriyir, onun mikrobərkliyi 1000 MPa, sıxlığı $\rho = 4,82 \text{ q/sm}^3$ -dir.

TƏCRÜBİ HİSSƏ

(GeS_{0,5}Se_{0,5})_{1-x}(La)_x sisteminin ərintilərini sintez etmək üçün əvvəlcə GeS_{0,5}Se_{0,5} birləşməsi sintez edilmişdir. Daha sonra sistemin üçlü ərintilərinin sintezi GeS_{0,5}Se_{0,5} komponentindən və elementar La –in 0,133 Pa təzyiqinə qədər havasızlaşdırılmış kvars ampulada birgə əridilmişdir.

Sintez zamanı temperatur intervalı 650÷1000°S olmuşdur. Ərintilər aşağıdakı təmizlikli elementlərdən sintez edilmişdir : Ge-99,998; S- OSC; Se – 99,99; La –99,9. Sistemin ərintiləri sintez olunduqdan sonra onlar 500°S-də 120 saat müddətində homogenləşdirilmişdir.

Daha sonra (GeS_{0,5}Se_{0,5})_{1-x}(La)_x sisteminin ərintiləri diferensial termiki (DTA), rentgenfaza (RFA), mikroquruluş (MQA) analiz aparılmış, sıxlığı və mikrobərkliyi ölçülmüşdür.

Ərintilərin diferensial-termiki analizi (DTA) alçaq tezlikli HTR-73 pirometrdə aparılmış, etalon olaraq Al₂O₃-dən istifadə edilmiş, qızma sürəti 10 dər/dəq olmuşdur.

Rentgenfaza analizi (RFA) DRON-3 rentgen difraktometrində aparılmış, bu zaman CuK α -şüalanmadan və Ni- filtrindən istifadə edilmişdir.

Nümunələrin mikroquruluşu MİM-8 mikroskopunda aparılmış, yaxşı cilalanmış nümunələrdə fazaları ayırd etmək üçün aşılamaq məhlul kimi 10 ml HNO₃ + 5 ml HF + 30 mq I₂ qarşılığından istifadə edilmişdir.

Mikrobərklik PMT-3 markalı metalloqrafik mikroskopla ölçülmüşdür. Sıxlığı isə piknometrik üsulla təyin edilmiş, doldurucu maye kimi toluol götürülmüşdür.

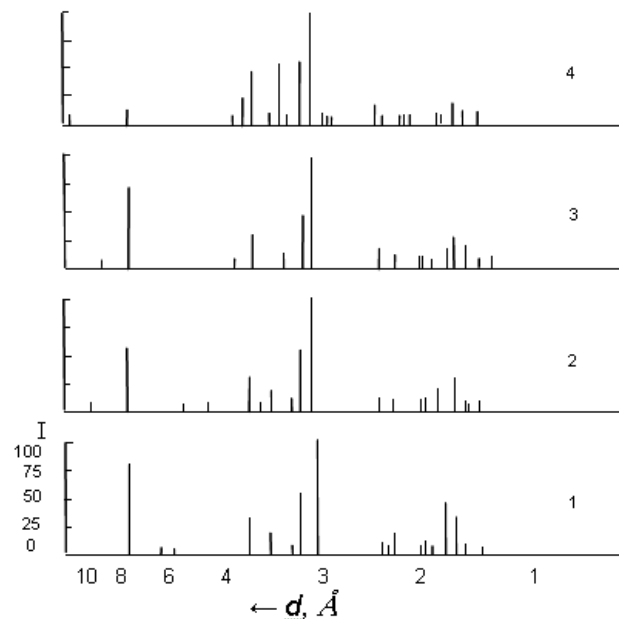
NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

(GeS_{0,5}Se_{0,5})_{1-x}(La)_x sistem ərintilərinin sintezi zamanı ampulanın sınımasını, sonradan nümunələrin oksidləş-

məsinin qarşısını almaq üçün kvars ampula daxildən qrafitlənir, və yaxud ikiqat ampuladan istifadə olunur. Fasiləsiz əritmə üsulu ilə alınmış polikristallar gümüşü-ağ rəngli maddələrdir.

Alınmış polikristalın termoqrafik təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ərintilərin termoqramlarında iki endotermik effekt müşahidə edilir. Mikroquruluş təhlil nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sistem ərintiləri ikifazlıdır.

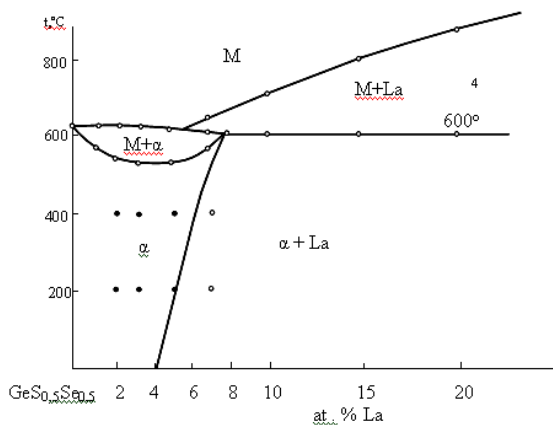
Bərk məhlul sərhəddini dəqiqləşdirmək üçün 1, 3, 4 və 5 tərkibli nümunələr sintez edilmiş, sonra müvafiq olaraq 200 °S və 400 °S –də 800 saat müddətində saxlanıb birbaşa buzlu suya salınmışdır. Daha sonra onların quruluşuna baxılmış və aşkar edilmişdir ki, GeS_{0,5}Se_{0,5} nümunəsində 4 at. % La həll olur.



Şəkil 1. (GeS_{0,5}Se_{0,5})_{1-x}(La)_x sisteminin ərintilərinin rentgenoqramlarının sxemi.

0 – (1), 2 – (2), 3 – (3), 15 – (4) at. % La .

Sistemdə bərk məhlul sahəsini müəyyən etmək məqsədi ilə nümunələrin rentgen analizi aparılmışdır. Rentgenoqrafik analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, 2 və 4 at. % La olan nümunələrin rentgenoqramlarında alınmış difraksiya maksimumları öz intensivliklərinə və müstəvilər arası məsafələrinə görə ilkin maddə olan GeS_{0,5}Se_{0,5}-in difraksiya xətlərindən fərqlənir.



Şəkil 2. $(\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5})_{1-x}(\text{La})_x$ sisteminin mikrodiqramı.

Yalnız 15 at. % La tərkibli nümunələrin difraksiya maksimumları fərqlənir. (şəkil 1). $(\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5})_{1-x}(\text{La})_x$ sisteminə 4 at. % La həll olur.

Beləliklə, fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə $(\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5})_{1-x}(\text{La})_x$ sisteminin mikrodiqramı tərəfimizdən qurulmuşdur (şəkil 2).

Mikrobərkliyin öyrənilməsi nəticəsində onun iki müxtəlif qiyməti alınmışdır. Mikrobərkliyin (1000-1250) MPa qiyməti $\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5}$ əsasında əmələ gələn α - bərk məhlulun mikrobərkliyinə (2300) MPa, qiyməti isə La elementinin mikrobərkliyinə uyğun gəlir.

Ərintilərin bəzi fiziki-kimyəvi parametrləri cədvəldə verilmişdir.

Cədvəldən görüldüyü kimi, $(\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5})_{1-x}(\text{La})_x$ sistemi tərkibdən asılı olaraq, sıxlıqları, mikrobərklikləri bərk məhlula xas olduğu kimi artır.

Cədvəl.

$(\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5})_{1-x}(\text{La})_x$ sisteminin ərintilərinin termiki effektlərinin, sıxlığın və mikrobərkliklərinin tərkibdən asılılığı

Tərkib, mol %		Termiki qızma effekti, °S	sıxlıq, q / sm ³	Fazaların mikrobərkliyi, MPa	
GeS _{0,5} Se _{0,5}	La			I (α)	II (La)
				P=0,20 N	P=0,25 N
100	0,0	625	4,82	1000	-
99	1,0	590, 625	4,84	1050	-
98	2,0	560, 620	4,89	1100	-
97	3,0	540, 610	4,90	1150	-
95	5,0	539, 605	4,96	1250	-
93	7,0	550, 616, 650	4,98	-	-
92	8,0	600	5,04	evtektika	evtektika
90	10	600, 690	5,10	-	2300
85	15	600, 800	5,12	-	2300
80	20	600, 875	5,15	-	2350

- [1] K.F. Lider, L.U. Solovyov. FTT, 1962, t.4, №6, s.1500-1504.
 [2] A.S. Okhotin, A.N. Krestovnikov, A.A. Ayvazov, A.S. Pushkarsky. Phus. Status.Solidi. 1969, v.31, № 2, p.485-489.

- [3] N.A. Yerasova, V.I. Kaydanov, I.A. Chernik, L.M. Sisoeva, E.Ya. Lev, N.V. Kolomoets. Phys. i tekh. poluprovodnikov. 1969, t. 3, № 9, s. 1289-1293.

M.I. Murquzov A.S. Alekperov, R.B. Bayramov

INFLUENCE OF LANTHANUM ATOMS ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS $\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5}$

By the methods of physical-chemical analysis (DTA, X-ray, MSA, as well as measurement of microhardness and density determination) the influence of La on the physico-chemical properties of solid solutions $(\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5})_{1-x}(\text{La})_x$ was studied and its microdiagram was plotted. At room temperature the $\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5}$ based solid solution extent to 4 at. % La. The dependence of lanthane microhardness was studied.

М.И. Мургузов, А.С. Алекперов, Р.Б. Байрамов

ВЛИЯНИЕ АТОМОВ ЛАНТАНА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5}$

Методами физико-химического анализа (ДТА, РФА, МСА, а также измерением микротвердости и определением плотности) изучены влияние La на физико-химических свойства твердых растворов $(\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5})_{1-x}(\text{La})_x$ и построена микродиаграмма состояния. Установлено, что в составе $\text{GeS}_{0,5}\text{Se}_{0,5}$ растворяется 4 ат.% La. Изучены зависимость микротвердости от состава лантана.

25.05.2010

AZƏRBAYCANIN XAÇMAZ RAYONUNUN “4-CÜ ŞÖBƏ” GEOTERMAL SUYUNUN SIXLIĞININ TEMPERATUR VƏ TƏZYİQDƏN ASILILIĞI

N.D. NƏBİYEV

Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı,
AZ-1073, H. Cavid pr., 25

Təqdim olunan məqalədə Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun ərazisində yerləşən və “4-cü şöbə” adlanan geotermal suyun sıxlığının temperatur və təzyiqdən asılılığı araşdırılmışdır.

Ənənəvi enerji mənbələrinin tükənmə təhlükəsizliyi, qlobal iqlim dəyişmələri və ətraf mühitin çirklənməsi bu günün əsas ekoloji problemlərindəndir. Bu problemlərin həlli istiqamətində müxtəlif tədbirlər görülür ki, bunlardan da bu gün üçün önəmli bərpa olunan və alternativ enerji mənbələrindən istifadədir. Bunları nəzərə alaraq, dünyanın inkişaf etmiş ölkələrində ekoloji cəhətdən təmiz alternativ enerji mənbələrindən (günəş və külək enerjisi, kiçik SES-lər, termal sular, biokütlə enerjisi) geniş istifadə olunur.

Azərbaycan Respublikası coğrafi mövqeyinə və iqlim şəraitinə görə alternativ enerji mənbələrindən istifadə üçün əlverişli imkanlara malik olan ölkələrdən biridir. Azərbaycan Respublikası ərazisində 200-dən çox ümumi məhsuldarlığı 100 mln. l/gün-dən çox olan müxtəlif mineral maddələr ilə zəngin yeraltı, termal, mineral və içməli bulaq su ehtiyatları qrupu vardır. Bu suların da 1000-dən artıq çıxışı vardır [1]. Kimyəvi tərkibinə görə Azərbaycanın mineral suları 10 qrupda cəmləşmişlər: hidrokarbonat, hidrokarbonat-xlorid, hidrokarbonat-xlorid-sulfat, hidrokarbonat-sulfat, xlorid-hidrokarbonat, xlorid, xlorid-sulfat, sulfat-xlorid, sulfat-hidrokarbonat, göydaşlı.

Azərbaycan Respublikasının Prezidentinin "Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı"nın təsdiq edilməsi haqqında 21 oktyabr 2004-cü il tarixli Sərəncamından sonra Respublikamızda bu sahədə geniş miqyaslı tədbirlər həyata keçirilir. Azərbaycan Texniki Universitetində bu sahə yeni elmi istiqamət kimi öyrənilməyə başlanılmışdır [2-6]. Təqdim olunan məqalədə Azərbaycanın şimalında (Xaçmaz rayonu) yerləşən “4-cü şöbə” geotermal suyun sıxlığı yüksək temperatur və təzyiqlərdə araşdırılmışdır. Bu araşdırmaların əsas məqsədi Azərbaycanın şimal bölgələrinin alternativ enerji ehtiyatlarının potensialının aşkara çıxarılmasıdır. Bu bölgənin sularında H₂S, sulfat ionları və s. qaz tərkibli birləşmələr mövcuddur. Minerallaşma çoxdur. Sular təxminən bir-birinə yaxın temperaturda yer səthinə çıxırlar. “4-cü şöbə” geotermal suyu T=317.15 K çıxış temperaturuna malikdirlər. Xaçmaz bölgəsinin geotermal suları əsasən müalicəvi və isti su məqsədləri üçün istifadə edilir.

Təcrübələr T=(278.15÷373.15) K temperatur və p=(0.1÷40) MPa təzyiq intervalllarında yüksək təzyiq – yüksək temperatur DMA HPM vibrasiya edən densimetr qurğusunun köməyi ilə aparılmışdır [4]. Qurğunun ölçü hissəsi əsasən maqnit-ölçmə sistemi, Hastelloy C-276 tipli vibrasiyaedən borusu olan DMA HPM Density Meter ölçmə yuvasından, interferometerdən və yüksək-təzyiq yüksək temperatur mPDS2000V3 nəzarət sistemindən ibarətdir (Anton-Paar, Avstriya). DMA HPM Density Meter ölçmə sistemi rəqsetmə müddətini və temperaturu

ölçərək onu IBM PC kompüter-hesablama sisteminə verir və hər an bu parametrlərə nəzarət edilir. Eyni zamanda P-10 təzyiqləşdirici cihazının siqnalları da mPDS2000V3 nəzarət sisteminə və oradan da IBM PC kompüter-hesablama sisteminə verilir. Təcrübə zamanı ölçü yuvasında temperatur F32-ME termostatı vasitəsilə (Julabo, Almaniya) 0.01K dəqiqliklə yaradılır. Temperaturun ölçülməsi üçün kalibrləşdirilmiş və xətası ±3 mK olan (ITS-90) Pt100 platin termometrlərindən istifadə edilir.

Nümunə bir-başla mənbədən götürülmüş, filtredən keçirilmiş və deqazlaşdırılmışdır. Belə ki, geotermal suyun tərkibindəki hava və qaz qabarcıqları sıxlığın ölçülməsinə mənfi təsir göstərir. İlk olaraq “4-cü şöbə” geotermal suyunun tərkibinin kimyəvi analizi IRIS II optik emissiyalı və ikiqat arqon plazmalı spektrometer vasitəsilə aparılmışdır [2]. Daha sonra isə sıxlığın geniş temperatur və təzyiq intervalında təcrübə analizi aparılmışdır. Alınmış nəticələr cədvəl 1-də və şəkil 2-3 – də verilmişdir.

Alınmış nəticələr hal tənliyinin [4] köməyi ilə yazılmışdır:

$$p = A(T) \rho^2 + B(T) \rho^8 + C(T) \rho^{12}, \quad (1)$$

burada: (1) tənliyinin A(T), B(T) və C(T) əmsalları temperaturdan asılıdır:

$$A(T) = \sum_{i=1}^3 a_i T^i, \quad B(T) = \sum_{i=0}^2 b_i T^i, \quad C(T) = \sum_{i=0}^2 c_i T^i, \quad (2)$$

a_i, b_i və c_i əmsallarını qiymətləri cədvəl 2-də verilmişdir.

(1) hal tənliyi sıxlığın təcrübə qiymətlərini Δρ/ρ=0.012 % orta faiz xətası ilə yazmağa imkan verir və bu xəta hər təcrübə qiymət üçün şəkil 3-də verilmişdir.

Hal tənliyinin köməyi ilə müxtəlif hal parametrləri hesablanmışdır: isotermik sıxılma k_T/MPa⁻¹ sabit temperaturda təzyiq dəyişməsi zamanı baş verən həcm dəyişməsini nəzərə alır və aşağıdakı klassik tənliyin köməyi ilə hesablanır:

$$k_T = (1/\rho)(\partial p/\partial \rho)_T^{-1}, \quad (3)$$

(1) hal tənliyini (3)-ün köməyi ilə aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$k_T = 1/(2A\rho^2 + 8B\rho^8 + 12C\rho^{12}). \quad (4)$$

İsotermik sıxılmanın k_T/MPa⁻¹ hesablanmış qiymətləri cədvəl 1-də verilmişdir və şəkil 4-də göstərilmişdir.

“4-cü Şöbə” geotermal suyunun təcrübi təzyiqi p , sıxlığı ρ , temperaturu T , isotermiki sıxılması k_T , izobaric termiki genişlənməsi α_p , izobarik və izoxorik istilik tutumlarının fərqi $c_p - c_v$.

p/MPa	$\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	T/K	$k\cdot 10^6/\text{MPa}^{-1}$	$\alpha\cdot 10^6/\text{K}^{-1}$	$(c_p - c_v)/(\text{Jkq}^{-1}\text{K}^{-1})$
0.201	1007.44	278.15	464.2	176.5	18.5
5.006	1009.65	278.15	455.6	180.9	19.8
10.006	1011.92	278.16	447.0	185.4	21.1
15.214	1014.26	278.14	438.3	189.7	22.5
20.004	1016.39	278.15	430.6	193.8	23.9
25.301	1018.72	278.16	422.4	198.1	25.4
29.986	1020.76	278.15	415.4	201.8	26.7
35.114	1022.97	278.13	408.0	205.6	28.2
39.997	1025.04	278.15	401.3	209.3	29.6
0.690	1006.06	288.16	453.6	235.4	35.0
5.061	1007.95	288.11	446.4	237.7	36.2
10.162	1009.96	288.10	438.9	240.5	37.6
15.166	1011.85	288.13	432.0	243.2	39.0
19.942	1014.07	288.11	424.1	246.1	40.6
24.996	1016.13	288.13	416.9	248.9	42.1
30.010	1018.40	288.11	409.2	251.7	43.8
34.744	1020.45	288.13	402.4	254.4	45.4
40.002	1022.67	288.13	395.2	257.1	47.1
0.798	1002.95	298.19	450.1	292.8	56.6
5.132	1004.77	298.19	443.1	294.4	58.0
9.979	1006.82	298.19	435.5	296.2	59.7
14.879	1009.03	298.14	427.6	297.7	61.3
20.098	1011.23	298.13	419.8	299.5	63.0
25.123	1013.33	298.13	412.5	301.1	64.7
30.022	1015.38	298.12	405.6	302.7	66.3
34.932	1017.28	298.13	399.4	304.2	67.9
39.846	1019.24	298.14	393.0	305.7	69.5
0.385	997.61	313.07	448.0	381.1	101.7
5.158	999.87	313.08	439.4	381.4	103.7
10.079	1002.12	313.08	431.1	381.6	105.5
15.112	1004.32	313.08	423.2	381.8	107.4
19.962	1006.44	313.06	415.8	381.9	109.1
25.287	1008.74	313.06	408.0	382.1	111.0
29.992	1010.62	313.07	401.7	382.3	112.7
35.037	1012.69	313.06	395.0	382.3	114.4
40.130	1014.69	313.08	388.6	382.5	116.2
0.214	991.53	328.15	448.4	475.0	166.5
5.006	993.57	328.17	440.6	473.9	168.3
10.301	995.81	328.16	432.4	472.5	170.1
15.921	998.17	328.15	423.9	471.0	172.0
20.152	999.93	328.14	417.8	469.9	173.4
25.008	1001.94	328.15	410.9	468.7	175.1
30.102	1004.03	328.13	403.9	467.3	176.7
35.026	1006.03	328.15	397.4	466.2	178.4
39.996	1008.03	328.15	391.0	465.0	180.0
0.302	983.52	343.15	455.7	574.8	253.0
5.014	985.64	343.17	447.5	572.2	254.7
10.006	987.85	343.15	439.3	569.2	256.2
15.308	990.14	343.16	431.0	566.4	258.0
20.410	992.30	343.15	423.3	563.6	259.5
25.008	994.21	343.16	416.7	561.3	261.0

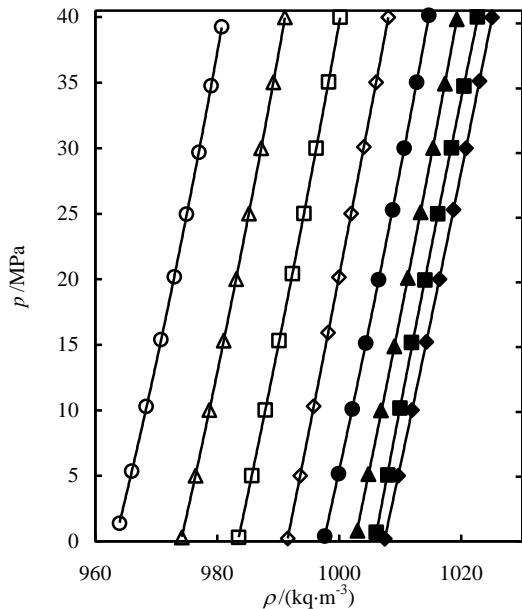
Cədvəl 1-in davamı

p/MPa	$\rho/(\text{kq}\cdot\text{m}^{-3})$	T/K	$k\cdot 10^6/\text{MPa}^{-1}$	$\alpha\cdot 10^6/\text{K}^{-1}$	$(c_p-c_v)/(\text{Jkq}^{-1}\text{K}^{-1})$
29.998	996.23	343.16	409.9	558.8	262.4
35.047	982.30	343.15	403.3	556.3	263.8
39.995	1000.14	343.15	397.1	554.0	265.1
0.304	974.18	358.15	467.3	682.0	366.0
5.008	976.40	358.14	458.6	677.6	367.3
10.009	978.69	358.16	449.8	673.3	368.9
15.308	981.04	358.15	441.1	668.8	370.2
20.008	983.07	358.15	433.7	664.9	371.4
25.021	985.18	358.16	426.3	661.1	372.7
29.987	987.20	358.17	419.3	657.4	374.0
35.030	989.19	358.15	412.6	653.7	375.0
39.994	991.08	358.15	406.4	650.3	376.0
1.393	963.97	373.08	481.2	795.7	509.2
5.416	965.99	373.08	473.1	790.4	510.1
10.407	968.36	373.08	463.7	784.3	511.1
15.587	970.77	373.09	454.5	778.2	512.2
0.420	972.95	373.09	446.3	772.8	513.1
25.274	974.97	373.09	439.0	767.8	513.9
30.049	977.01	373.09	431.8	762.9	514.7
35.201	978.99	373.09	424.9	758.1	515.5
39.745	980.72	373.10	419.1	754.1	516.2

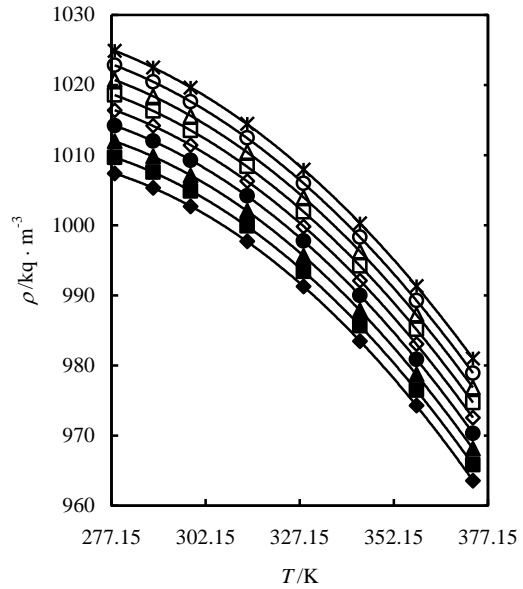
Cədvəl 2

“4-cü Şöbə” geotermal suyunun hal tənliyinin a_i , b_i və c_i əmsalları.

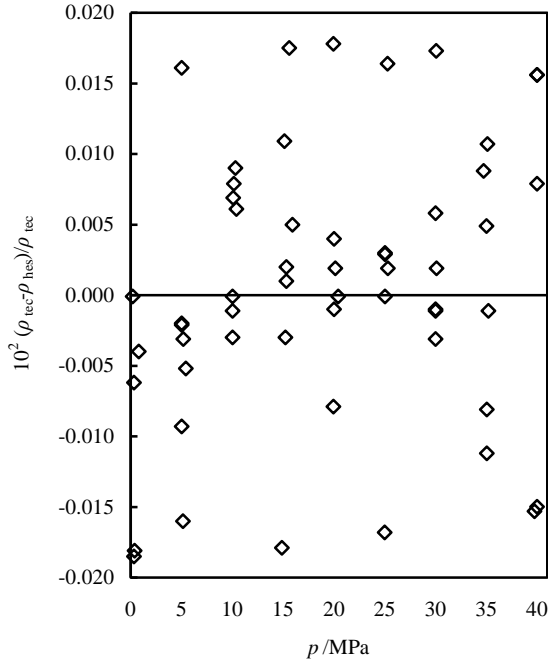
$$\begin{array}{lll}
 a_i & b_i & c_i \\
 a_1 = -1.2533813 & b_0 = 736.75489731 & c_0 = -488.2859137 \\
 a_2 = -0.339952 \cdot 10^{-2} & b_1 = -3.43166265 & c_1 = 3.2130145 \\
 a_3 = 0.96906297 \cdot 10^{-5} & b_2 = 0.87206243 \cdot 10^{-2} & c_2 = -0.61334197 \cdot 10^{-2}
 \end{array}$$



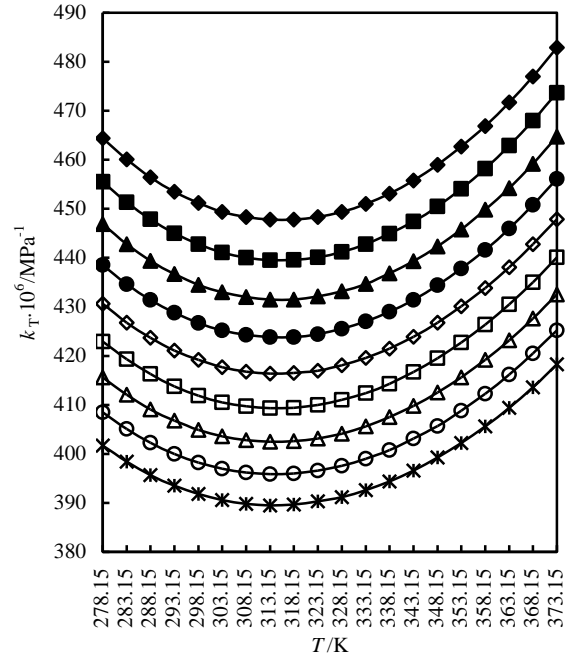
Şəkil 1. “4-cü Şöbə” geotermal suyunun təzyiqinin p sıxlıqdan ρ asılılığı: \blacklozenge , 278.15 K; \blacksquare , 288.12 K; \blacktriangle , 298.15 K; \bullet , 312.95 K; \blacklozenge , 328.15 K; \square , 343.16 K; \blacktriangle , 358.15 K; \circ , 373.09 K; — hal tənliyi ilə hesablanmış nəticələr.



Şəkil 2. “4-cü Şöbə” geotermal suyunun sıxlığının ρ temperaturdan T asılılığı: \blacklozenge , 0.101 MPa; \blacksquare , 5 MPa; \blacktriangle , 10 MPa; \bullet , 15 MPa; \blacklozenge , 20 MPa; \square , 25 MPa; \blacktriangle , 30 MPa; \circ , 35 MPa; $*$, 40 MPa.



Şəkil 3. Təcrübədən alınmış sıxlığın $\rho_{\text{təcr}}$ hal tənliyi vasitəsilə hesablanmış sıxlıqdan ρ_{hes} faiz fərqi.



Şəkil 4. “4-cü Şöbə” geotermal suyunun isotermiki sıxılmasının $k_T \cdot 10^6 / \text{MPa}^{-1}$ temperaturdan T asılılığı \blacklozenge , 0.101 MPa; \blacksquare , 5 MPa; \blacktriangle , 10 MPa; \bullet , 15 MPa; \diamond , 20 MPa; \square , 25 MPa; Δ , 30 MPa; \circ , 35 MPa; $*$, 40 MPa.

“4-cü şöbə” geotermal suyunun izobarik termiki genişlənmə α_p / K^{-1} əmsalı aşağıdakı kimi hesablanmışdır.

$$\alpha_p = (1/\rho)(\partial p / \partial T)_\rho (\partial \rho / \partial p)_T^{-1}, \quad (5)$$

$$\alpha_p = [A'(T) + B'(T)\rho^6 + C'(T)\rho^{10}] / [2A(T) + 8B(T)\rho^6 + 12C(T)\rho^{10}], \quad (6)$$

burada: $A'(T)$, $B'(T)$ və $C'(T)$ kəmiyyətləri $A(T)$, $B(T)$ və $C(T)$ əmsallarının törəmələri olub aşağıdakı kimi hesablanır:

$$A'(T) = \sum_{i=1}^3 ia_i T^{i-1}, \quad B'(T) = \sum_{i=1}^2 ib_i T^{i-1}, \quad (7)$$

$$C'(T) = \sum_{i=1}^2 ic_i T^{i-1}.$$

İzobarik termiki genişlənmə α_p / K^{-1} əmsalının hesablanmış qiymətləri cədvəl 1-də verilmişdir.

Sabit təzyiqdə və sabit həcmdə xüsusi istilik tutumlarının fərqi $(c_p - c_v) / \text{Jkq}^{-1}\text{K}^{-1}$ aşağıdakı kimi hesablanmışdır:

$$c_p = c_v + T \frac{(\partial p / \partial T)_\rho^2}{\rho^2 (\partial \rho / \partial p)_T}, \quad (8)$$

burada: c_p və c_v sabit təzyiqdə və sabit həcmdə xüsusi istilik tutumudur. (3) və (5) tənliklərindən istifadə etməklə aşağıdakı asılılığı almaq olar:

$$c_p - c_v = \frac{\alpha_p^2 T}{\rho k_T}, \quad (9)$$

Sabit təzyiqdə və sabit həcmdə xüsusi istilik tutumlarının fərqi $(c_p - c_v) / \text{Jkq}^{-1}\text{K}^{-1}$ hesablanmış qiymətləri cədvəl 1-də verilmişdir.

Təcrübələrin analizi nəticəsində “4-cü şöbə geotermal suyunun sıxlığının və hesablanmış termiki xassələrinin asılılıqlarının anomaliyaları müşahidə olunmuşdur. Belə ki, isotermik sıxılma əmsalının temperaturdan asılılığı suda olduğu kimi əvvəlcə azalır və təxminən $T=(313.15-318.15)\text{K}$ -dən sonra artmağa başlayır. Bu anomaliyalar əsasən geotermal suların tərkibinin əsasını (96-97 %) təşkil edən təmiz suya görədir. Belə ki, suyun molekulyar qəfəsi aşağı temperaturlarda genişlənmiş açıq quruluşa malikdir. Bu da sıxılmanın artmasına imkan yaradır. Sonra isə molekulyar qəfəsin quruluşu dəyişir, daha sıxılmış və yığcam olur. Bu da sıxılmanı zəiflədir.

[1] A.M. Babayev. Mineralnie void gorno-skladchatikh oblastey Azerbayjana. Chashiogli, Baku, 2000, 384 str. (Rusca)

[2] N.D. Nəbiyev, M.M. Bəşirov, C.T. Səfərov, A.N. Şahverdiyev. Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun

geotermal sularının tərkibinin kimyəvi analizi, AzTU-nun elmi əsərləri, 2008, 7, 2, 10-13.

[3] N.D. Nəbiyev Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun geotermal enerji mənbələrinin sıxlığının

- temperaturdan asılılığı, Energetikanın problemləri, 2009,1, 119-122.
- [4] *N. Nəbiyev, M. Bəşirov, J. Safarov, A. Şahverdiyev, E. Hassel.* Thermodynamic Properties of the Geothermal Resources (Khachmaz and Sabir-oba) of Azerbaijan, *J. Chem. Eng. Data* 2009, 54, 1799-1806.
- [5] *N.D. Nəbiyev, M.M. Bəşirov.* Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun geotermal sularının özlülüyü, AzTU-nun professor-müəllim heyətinin və aspirantların 54-cü elmi-texniki və tədris-metodiki konfransı, II hissə, 2009, 142-145.
- [6] *N.D. Nəbiyev.* Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun geotermal sularının özlülüyünün araşdırılması, Aspirantların və gənc tədqiqatçıların XIII Respublika Elmi konfransının materialları, Bakı 2009, 73-74.

N.D. Nəbiyev

TEMPERATURE AND PRESSURE DEPENDENCE OF THE GEOTHERMAL WATER “4-CÜ ŞÖBƏ” OF THE KHACHMAZ REGION OF AZERBAIJAN

The detailed experimental analysis of geothermal water density “4-cü Şöbə” of Khachmaz region of Azerbaijan is given. The constitutive equation is constructed using the experimental data. The thermodynamical properties of investigated geothermal water are calculated and analyzed.

Н.Д. Набиев

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ВОДЫ «4-СҮ ШӨБӘ» ХАЧМАЗСКОГО РАЙОНА АЗЕРБАЙДЖАНА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЕ

Приводится подробный экспериментальный анализ плотности геотермальной воды «4-cü şöbə» Хачмазского района Азербайджана. Уравнение состояния была построена с использование экспериментальных данных. Термодинамические свойства исследованной геотермальной воды вычислены и проанализированы.

12.03.2010

POLIETİLENQLİKOLUN DURU SULU MƏHLULUNUN STRUKTUR XASSƏLƏRİNƏ K^+ , Na^+ İONLARININ TƏSİRİ

E.Ə. MƏSİMOV, H.F. ABBASOV

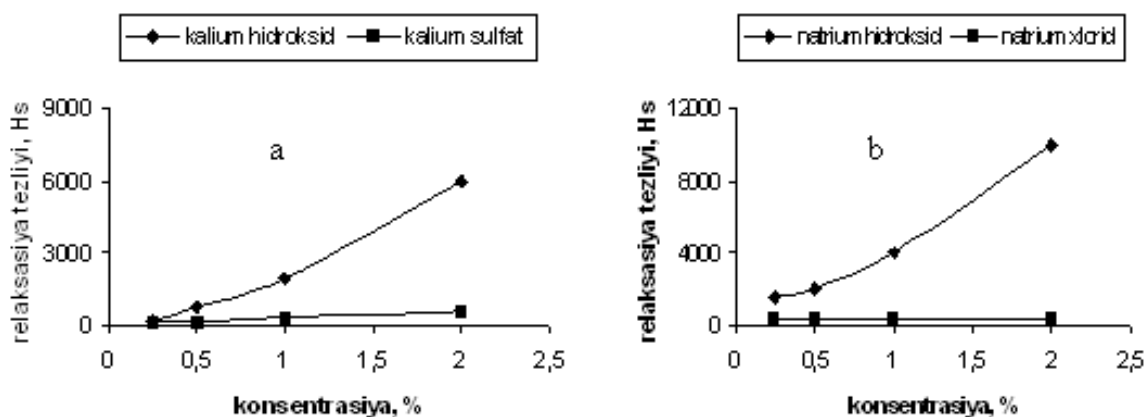
Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri İnstitutunun
"Bioloji Sistemlər Fizikası" şöbəsi, AZ-1148, Z. Xəlilov, 23

K^+ və Na^+ ionlarının polietilenqlikolun duru sulu məhlulunda suyun strukturuna təsiri aşağı tezlikli dielektrik spektroskopiya metodu ilə tədqiq edilmişdir. Polietilenqlikol 1500-ün KOH, K_2SO_4 , NaOH və NaCl daxil edilmiş müxtəlif konsentrasiyalı sulu məhlulunun termodinamik halının dəyişməsində bu ionların oynadığı rol müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir.

Polietilenqlikollardan təbabətdə, kimya, neft, qida və kosmetika sənayesində və digər sahələrdə bağlayıcı, qatılaşdırıcı, stabilləşdirici, məmulatın matrisi kimi, hidrofob molekullarla kovalent əlaqə yaratmaqla qeyri-ion səthi aktiv maddələrin alınmasında, asılqan hissəciklərinin koagulyasiyası üçün, inyeksiya zamanı hidrodinamik müqavimətin azaldılması məqsədilə, yeyinti məhsullarının, aqroximikatlarmın suda həlloluna bilən örtüklə örtülməsi üçün, boya və latekslərdə bağlayıcı və qatılaşdırıcı kimi geniş istifadə olunur. Həmçinin, məlumdur ki, polietilenqlikolun sulu məhlulu canlı orqanizmdə baş verən prosesləri öyrənmək baxımından optimal mühit modeli rolunu oynayır [1-3]. Belə mühitdə mövcud olan bioloji orqanların funksional fəaliyyəti bu mühitdəki suyun termodinamik halı, yəni strukturundan kəskin asılıdır. Bu səbəbdən müxtəlif duzların, əsasların, turşuların və digər maddələrin suyun halını necə dəyişdirməsini öyrənmək vacib məsələlərdən hesab olunur. K^+ və Na^+ ionları hüceyrənin

fəaliyyətində önəmli yer tutduğundan (K , Na nasosları) bu işdə göstərilən ionların polietilenqlikolun duru sulu məhlulunda suyun strukturuna təsiri müqayisəli şəkildə aşağı tezlikli dielektrik spektroskopiya metodu ilə tədqiq edilmişdir.

Ölçmələr xüsusi düzəldilmiş yuvacıqda körpü üsulu ilə aparılmışdır. Yuvacıq üzərinə qızıl çəkilmiş, arasına tədqiq olunan məhlul doldurulmuş köynəkləri olan müstəvi kondensatordan ibarət olub, nümunənin elektrik tutumunu və keçiriciliyini $20 \div 200000$ Hs tezlik və 293-323 K temperatur intervalında intervalında ölçməyə imkan verir. Məhlulların hər biri üçün Koul-Koul diaqramları [4] qurulmuş və diaqramlardan Debay modeli əsasında məhlullarda mövcud olan aqreqlərə uyğun relaksasiya tezlikləri [5-6] təyin edilmişdir və uyğun relaksatorların ölçüləri aqreqləri sferik formalı qəbul edərək təqribi olaraq qiymətləndirilmişdir.



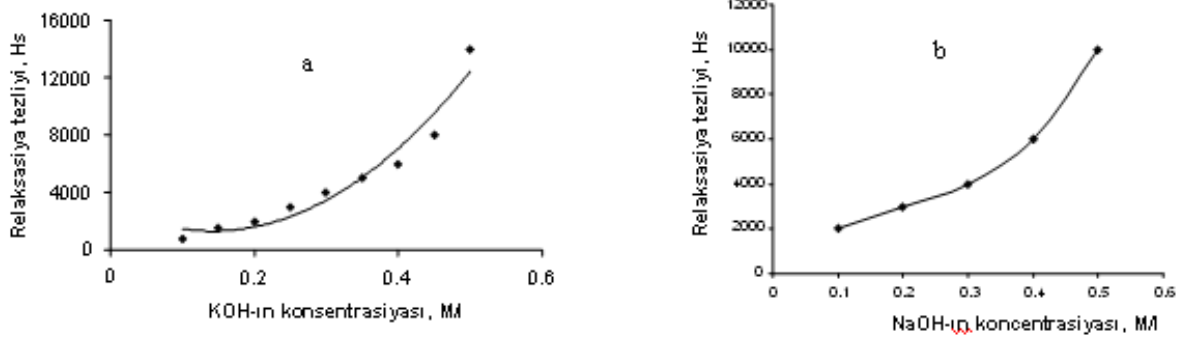
Şəkil 1. Polietilenqlikol 1500-un sulu məhlulunun relaksasiya tezliyinin məhlula daxil edilmiş KOH və K_2SO_4 maddələrinin (a), NaOH və NaCl maddələrinin (b) konsentrasiyasından asılılığı

Şəkil 1-də polietilenqlikol 1500-un sulu məhlulunun relaksasiya tezliyinin məhlula daxil edilmiş KOH və K_2SO_4 maddələrinin (a), NaOH və NaCl maddələrinin (b) konsentrasiyasından asılılığı göstərilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, həm K^+ , həm də Na^+ ionları suyun strukturuna dağıdıcı təsir göstərir. Belə ki, su molekulları məhlulda mövcud olan su klasterlərindən, hidratlaşmış polimer makromolekullarından qoparaq K^+ və Na^+ ionlarının hidratasiyasında iştirak edir. Bu təsir baxılan məhlula KOH və NaOH daxil etdikdə daha güclü olur. Belə ki, həmin məhlullara K_2SO_4 və NaCl daxil etdikdə dissosiasiya nəticəsində yaranan K^+ və Na^+ ionları KOH və NaOH halındakına nisbətən məhlulun termodinamik halına zəif

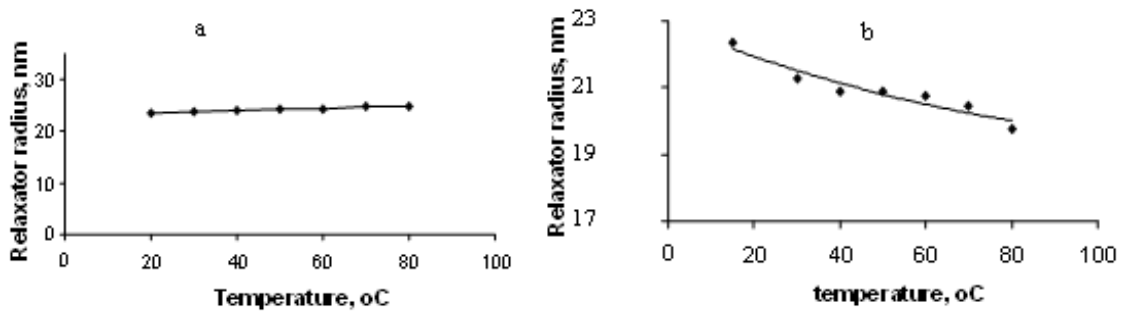
təsir göstərir. Fikrimizcə buna səbəb K^+ və Na^+ ionlarının OH^- anionları mühitində SO_4^{2-} və Cl^- anionları mühitdəki nisbətən daha sərbəst olmasıdır. K^+ və Na^+ SO_4^{2-} və Cl^- anionları ilə güclü bağlılığı göstərilən ionların suyun strukturuna təsir fəallığını azaldır. Maraqlı faktlardan biri də odur ki, NaCl suyun strukturuna demək olar ki, təsir göstərmir. Bu nəticə baxılan məhlulların hidrofobluqları üzrə aparılan təcrübələrdə də təsdiqlənmişdir [7]. Bu canlı aləmin NaCl - la zəngin okeanlarda yaranmasına daha bir bariz sübutdur, belə ki bütün növ hüceyrələrin daxilində olan xörək duzu burada baş verən bioloji-kimyəvi proseslərdə birbaşa iştirak etmir, lakin hüceyrə membranının səthləri arasında potensial fərqi yaranmasında mühüm

rol oynayır. Müqayisə üçün şəkil 2-də KOH və NaOH-ın duru sulu məhlullarının dielektrik spektroskopiya metoduyla ölçülmüş relaksasiya tezliklərinin KOH və NaOH-ın konsentrasiyalarından asılılıq qrafikləri göstərilmişdir.

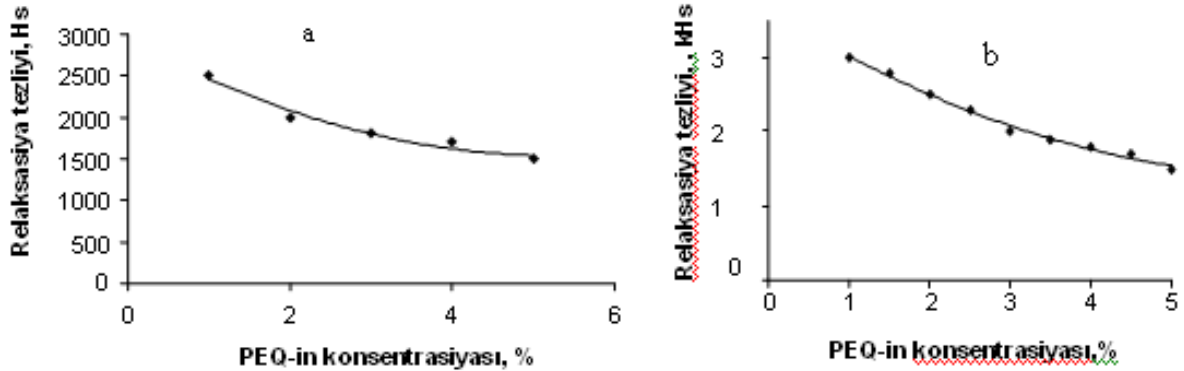
Relaksasiya tezliyinin artması məhlulun strukturunun dağılmasına dələlət edir. Göründüyü kimi polietilenqlikol olmadıqda da K⁺ və Na⁺ ionları suyun strukturuna dağıdıcı təsir göstərirlər.



Şəkil 2. Relaksasiya tezliyinin konsentrasiyadan asılılığı: 0.1M KOH + su (a) və NaOH + su sistemləri üçün (b)



Şəkil 3. Relaksatorların ölçülərinin temperaturdan asılılığı: 0.1M KOH + PEG 1500 + su sistemi üçün (a) və 0.1M KOH + su sistemi üçün (b)



Şəkil 4. Relaksasiya tezliyinin PEQ-in konsentrasiyasından asılılığı: 0.1M NaOH + PEG 1500 + su (a) və 0.1M NaOH + PEG 3000 + su sistemləri üçün (b)

Həmçinin, 0.1M KOH+PEG 1500+su və 0.1M KOH+su sistemləri üçün relaksatorların ölçülərinin temperaturdan asılılığı da tədqiq edilmişdir (Şəkil 3). Şəkil-dən göründüyü kimi temperatur artdıqca polimer məhlullarındakı aqreqatların ölçüləri dəyişir (Şəkil 3a), yəni polimer məhluldakı aqreqatların temperaturun dəyişməsi ilə dağılmasına mane olur, stabilləşdirici təsir göstərir. Polimerin stabilləşdirici təsiri yüksək temperaturalarda özünü daha qabarıq şəkildə biruzə verir. Onu da qeyd edək ki, polimer olmadıqda KOH və NaOH – ın sulu məhlullarındakı aqreqatlar temperaturun artması ilə dağılırlar (Şəkil 3b). Maraqlıdır ki, PEQ-in molekulyar kütləsinin çox böyüməsi (20000) onun stabilləşdirici təsirini

zəiflədir. Fikrimizcə makromolekulun orta kvadratik uzunluğu suda mövcud olan relaksatorların (klasterlərin) çevrəsinin uzunluğu ilə eyni olduqda polietilenqlikol makromolekulu öz zənciri ilə relaksatoru əhatə edərək daxilinə alır. Beləliklə, makromolekul relaksatoru temperaturun təsirindən qoruyur. Makromolekul zənciri böyüdükcə onun daxilinə birdən çox relaksator girdiyindən temperaturun artmasından onlar rahatca dağılırlar. Polietilenqlikolun müşahidə edilən stabilləşdirici təsirindən standart ölçülü və temperaturadavamlı nanohissəciklərin alınması məqsədilə istifadə etmək olar.

Baxılan sistemlərdə polietilenqlikolun konsentrasiyasının artması məhlulu strukturlaşdırır (Şəkil 4). Güman

etmək olar ki, buna səbəb polietilenqlik makromolekullarının uclarındakı OH qruplarının sərbəst su molekulları ilə hidrogen rabitəsinə girərək suyu daha çox strukturlaşdırmasıdır [8-10]. Məhlulda PEQ-in konsentrasiyası, yəni vahid həcmdəki makromolekulların sayı artdıqca OH qruplarının sayı artdığına görə strukturlaşma

daha da güclənir. Makromolekulun daxilindəki oksigen atomları molekulun uclarındakı oksigen atomlarına nisbətən daha çox ekranlaşdığından onların su molekulları ilə hidrogen rabitəsi yaratması nisbətən çətindir.

-
- [1]. *E.Ə.Məsimov, H.Ş. Həsənov*. "Bioloji sistemlərin termodinamikası", Bakı, 2007, 411 s.
- [2]. *E.Ə.Məsimov, H.F. Abbasov*. Bakı Universitetinin Xəbərləri, fiz.-riy. elmləri ser., BDU, № 2, 2007, s.21-40.
- [3]. *E.Ə.Məsimov, H.F. Abbasov*. J.of Qafqaz University, № 23, 2008, s.59-61.
- [4]. *G. Schwarts*. J.Phys. Chem., 66, 1962, 2636-2642.
- [5]. *E. A. Məsimov, X.F. Abbasov*. XVII Rossiyskaya Mejdunarodnaya Konferensiya po Ximiçeskoy Termodinamike "RCCT-2009", Kazan, RCCT, 29 iyunya – 03 iyulya 2009 q., Materiali konferensii, çast II, s.187, 2009. (Rusca).
- [6]. *İ.G. Martinsen, S. Grimnes, J. Karlsen*. Low frequency dielectric dispersion of micro porous membranes in electrolyte solution. J. Colloid Interface Sci. 1998, 199, 107–110.
- [7]. *E.Ə. Məsimov*. Bioloji sistemlərdə suyun rolu. Hidrofobluq, Bakı, 2008, 327 s.
- [8]. *M.A. Stuchly and S.S. Stuchly*. Dielectric properties of biological substances—tabulated international, Int. J. Microwave Power EM Energy 15: 1980,19–26
- [9]. *J.B. Hasted*. Aqueous dielectrics, Chapman and Hill, New York, 1973.
- [10]. *S.P. Gabuda*. "Svyazannaya voda: fakti i gipotezi", İzd."Nauka", 1982, s.105. (Rusca).

E.A. Masimov, H.F. Abbasov

INFLUENCE OF IONS K^+ , Na^+ ON THE STRUCTURAL PROPERTIES OF THE DILUTED AQUEOUS SOLUTION OF POLYETHYLENEGLYCOL

The influence of K^+ and Na^+ ions on water structure in the diluted aqueous solution of polyethyleneglycol was investigated by the method of low-frequency dielectric spectroscopy. The role of these ions in the change of the thermodynamic state of aqueous solutions of polyethyleneglycol 1500 and 3000 with different concentrations of KOH, K_2SO_4 , NaOH and NaCl substances introduced into these solutions was explained.

Э.А. Масимов, Х.Ф. Аббасов

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ K^+ , Na^+ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА РАЗБАВЛЕННОГО ВОДНОГО РАСТВОРА ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Влияние ионов K^+ и Na^+ на структуру воды в разбавленном водном растворе полиэтиленгликоля было исследовано методом низкочастотной диэлектрической спектроскопии. Была выяснена роль этих ионов в изменении термодинамического состояния водных растворов полиэтиленгликоля 1500 и 3000 с различными концентрациями веществ KOH, K_2SO_4 , NaOH и NaCl, введенных в эти растворы

23.04.2010

HERMETİK PORŞENLİ KOMPRESSOR SİSTEMİNDƏ FİZİKİ PROSESLƏRİN RİYAZİ EKSPERİMENT METODU İLƏ TƏDQIQININ BƏZİ NƏTİCƏLƏRİ

S. QƏZƏNFƏRİ, H.M. QULİYEV, A.B. BAXŞIYEV

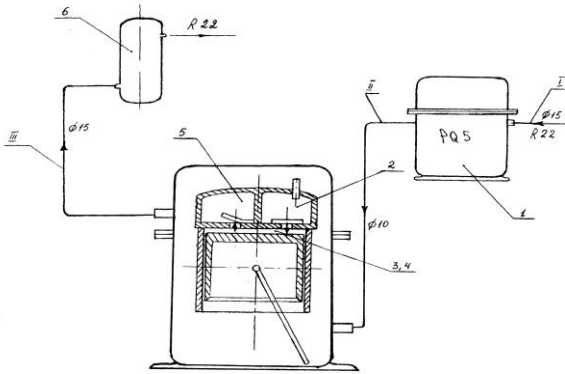
AMEA-nın H.B. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
Azərbaycan, Bakı, Az-1143, H. Cavid pr., 33

Məqalədə ikisilindrlı hermetik porşenli kompressor sistemində fiziki proseslərin modelləşdirilməsində son parametrlərin təyini metodikası verilmişdir.

Məlum olduğu kimi kiçik soyuducu maşın sistemlərinin istənilən nöqtəsində axın parametrlərinin və onların dəyişmə qanunlarının fiziki eksperiment metodları ilə təyini nadir avadanlıqlar tələb etməklə xeyli vaxt və maddi ehtiyatlar sərfi lazım gəlir, bəzi hallarda isə, onların təyini heç mümkün olmur. Odur ki, belə məqsədlər üçün riyazi metodlardan istifadə edilməsi qaçılmaz olur və böyük əhəmiyyət kəsb edir.

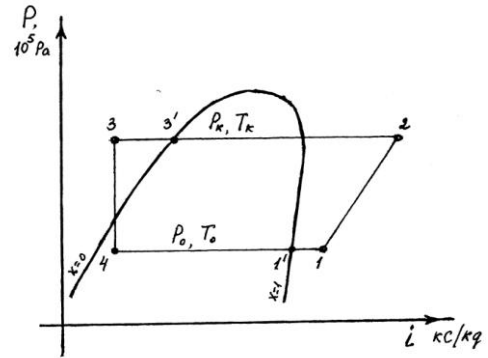
AMEA - nın Fizika institutunda hermetik, çoxsilindrlı porşenli soyuducu maşın kompressoru sistemində termo - qazodinamik proseslərin parametrlərinin hesablanması və tədqiqi üçün riyazi model və onun alqoritmi işlənilib hazırlanmış və müasir kompüterdə reallaşdırılmışdır. Modelin adekvatlığı alınan nəticələrin, AzTU - da rotoşion kompressorlu, məişət kondisionerinin soyuducu maşın və istilik nasosu rejimlərində işi zamanı onların qapalı sistemində, həmçinin, rotoşion və porşenli kompressorların açıq tsikllə iş sxemlərində baş verən termo - hidro və qazodinamik proseslərin hesabı və tədqiqinin nəticələri ilə müqayisə nəticəsində müəyyən edilmişdir [1, 2, 3].

Riyazi model kompressorun şəkil 1 - də göstərilən açıq tsikllə – qaz həlqəsi üzrə işini əks etdirir.



Şəkil 1. Kompresorun açıq tsikllə iş sxemi: 1 - hermetik örtük boşluğu; 2 – sorma klapanı boşluğu; 3, 4 – silindr boşluğu (sorma və sıxma boşluqları); 5 – vurma klapanı boşluğu; 6 – resiver (çən); I, II, III - borular.

İşlənilib hazırlanmış modeldə yekun parametr olaraq kompressorun həqiqi həcmi məhsuldarlığı hesablanır. Soyuducu maşın sistemində kompressorun həqiqi həcmi məhsuldarlığı, maşının baxılan şərait üçün (məs. «standart» rejimdə $T_0=258$ K; $P_0=2,97 \cdot 10^5$ Pa; $T_k=303$ K; $P_k=11,9 \cdot 10^5$ Pa, $T_u=298$ K və $T_{km}=293$ K) qurulmuş tsiklinə görə təyin edilir. Şəkil 2 - də R22 üçün i - P diaqramında maşının tsikli təsvir edilmişdir.



Şəkil 2. i - P diaqramında maşının tsikli

Kompresorun həqiqi həcmi məhsuldarlığı aşağıdakı ifadələrdən tapılır:

$$V_d = G_d \cdot \mathcal{G}_1; \quad (1)$$

$$G_d = \frac{Q_0}{q_0}; \quad (2)$$

$$q_0 = i_i - i_4 \quad (3)$$

Burada:

V_d - kompressorun həqiqi həcmi məhsuldarlığı, m^3/san ;
 G_d - kompressorda dövr edən agentin kütlə sərfi, kq/san ;
 \mathcal{G}_1 - kompressora daxil olan buxarın xüsusi həcmi, m^3/kq ;
 q_0 - tsiklin xüsusi kütlə soyuqluq məhsuldarlığı, kC/kq ;
 Q_0 - baxılan rejimdə maşının soyuqluq məhsuldarlığı, kVt ;
 i_1, i_4 - buxarlandırıcının girişi və çıxışı nöqtələrində işçi cismnin entalpiyalardır, kC/kq .

Riyazi modeldə resiverdəki (şəkil 1) jiklyordan (koli-birlənmiş deşik) çıxan axının sərfi kompressorun həqiqi məhsuldarlığını təmin etməlidir.

Tsikl ərzində jiklyordan çıxan axının kütlə sərfi cəmi

$$G = \sum_{i=1}^n \mu f_d w_2, \rho_r \cdot \Delta \tau \text{ kq/san} \quad (4)$$

kompressorun həqiqi həcmi məhsuldarlığı isə

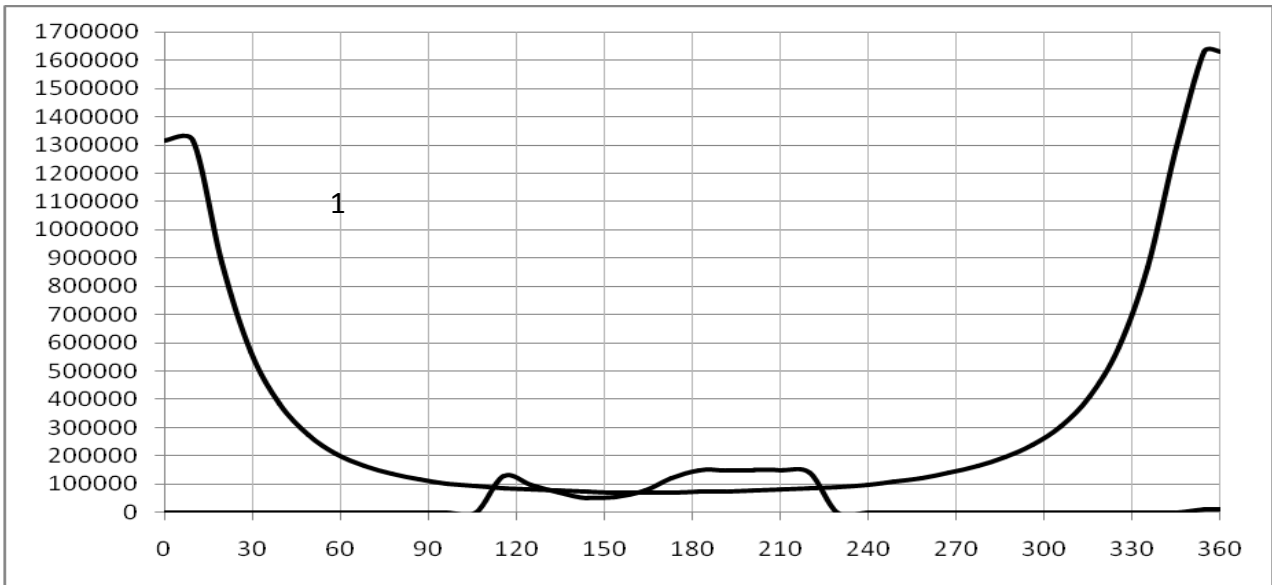
$$V_h = \frac{I}{\tau_t} \cdot \frac{GRT_0}{P_0} m^3/\text{san} \quad (5)$$

olur.

Burada:

μf_d - kolibrələnmiş dəşiyin keçid sahəsi, m²;
 w_γ - resiverdən çıxan işçi cismin sürəti, m/san;
 ρ_γ - resiverdəki işçi cismin sıxlığı, kq/m³;
 $\Delta\tau$ - zamana görə hesablama addımı, san;
 P_0, T_0 - resiverdən çıxan işçi cismin axdığı mühitin təzyiq və temperaturu, Pa, K;
 R - işçi cismin qaz sabiti, C/kq k;
 τ_1 - bir tsiklin müddəti, san.
 Aydındır ki, $V_d = V_h$ şərtindən kolibrələnmiş dəşiyin en kəsiyi təyin edilməlidir.
 Qeyd etmək lazımdır ki, sistemdə qoyulan resiverin həcmnin düzgün seçilməsi tsiklin parametrlərinin stabil olması və alınan nəticələrin nəzəri mülahizələrə uyğun gəlməsi üçün çox vacibdir. Belə ki, resiverin həcmnin kiçik götürülməsi ondakı təzyiqin çox artmasına və beləliklə də, jiklyordan çıxan axın sürətinin və sərfinin artma-

sına səbəb olur. Oudur ki, başlanğıc yoxlama hesablamaları resiverin həcmnin optimallaşdırılmasına həsr edilmişdir.
 Cədvəl 1 - də resiverin həcmnin kiçik, cədvəl 2 - də isə normal olduğu halda kompres-sorun işçi boşluqlarında tsikl ərzində təzyiqlərin, valın fırlanma bucağından asılı olaraq, dəyişən qiymətləri verilmişdir (P_{Bp} - hermetik örtük daxilindəki, P_{Bk} - sorma klapanı boşluğundakı, P_s - silindr boşluğundakı, P_{Hk} - vurma klapanı boşluğundakı, P_{Rs} - resiverdəki təzyiqlərdir). Hesablamalarda zamana görə addım $\Delta\tau=0,1\div 0,5$, boruların uzunluğu boyu isə $\Delta\tau=0,06m$ götürülmüşdür.
 Cədvəl 2 - də verilmiş (nominal rejimə müvafiq) qiymətlər əsasında kompressorun silindrində təzyiqin dəyişməsi – hesabi indikator diaqramı şəkil 3 - də təsvir edilmişdir.



Şəkil 3. Kompresorun hesabi indikator diaqramı: 1 – silindr təzyiq dəyişməsi; 2 – sorma klapanının qalxma əyrisi.

Cədvəl 1

φ^0	P_{Bp}, Pa	P_{Bk}, Pa	P_s, Pa	P_{Hk}, Pa	P_{Rs}, Pa
19,5	506186	88707,82	1315894	4472711	4662293
39,1	508535	88710,8	384233,1	1471941	4670606
58,6	510051	88713,15	2080377	1467118	4686495
77,6	511537,6	88715,46	136674,2	1458811	4690211
96,6	513000,1	88717,77	102592,9	1444801	4697370
115,6	514453	88667,64	85029,82	1432596	4704061
134,6	515901,1	88340	75836,44	1442604	4710173
153,6	517341	88084	71732,13	1950091	4715941
172,6	518769	87638	71256,63	1463094	4721837
191,6	520199	86906,71	73942,19	1484085	4727972
210,6	521634,2	86314,49	80066,12	1500612	4734535
229,6	523072,2	86117,28	90930,07	1495641	4741625
248,6	524506,2	86119	108871,9	1474848	4798909
267,6	525950,6	86121,7	139158,2	1460854	4755874
286,6	527406,8	86124	194156,1	1452322	4762042
305,7	528915,3	86126,4	306709,6	1447751	4767689
325,3	530728	86129,3	584799,3	14457,04	4773272
344,4	531957	86132,2	1274718	1444972	4778628
354,7	532746	86133,63	1636523	1444784	4781274

Cədvəl 2

ϕ^0	P_{Bp} , Pa	P_{Bk} , Pa	P_s , Pa	P_{Hk} , Pa	P_{Rs} , Pa
19,5	506480	88744	891235,3	1471307	1272419
39,1	508539	88746,92	388908,7	1469947	1272996
58,6	510055,1	88749,27	210569,5	1466108	1278552
77,6	511541,2	88751,58	138261,3	1457486	1274087
96,6	513004,2	88753,9	103702,1	1444262	1274617
115,6	514457,8	88720,91	85896,4	1430213	1275131
134,6	515905,8	88390,62	76659,07	1440395	1275620
153,6	517346	88126	72367,09	1448165	1276085
172,6	518774,6	87722,88	71841,79	1460043	1277813
191,6	520205,3	87018,87	74507,1	1480363	1279751
210,6	521640,5	86440,91	80638,54	1497338	1281737
229,6	523079	86263,43	91547,43	1491408	128602
248,6	524513,2	86265,68	109567	1471102	1291277
267,6	525957,8	86267,92	140008,1	1457427	1293431
286,6	527414,2	86270,16	145301,2	1449065	1294156
305,7	528922,9	86272,75	308456,6	1444586,6	1299814
325,3	530436,5	86275,48	587913,4	1442578	1295786
344,9	531964,9	86278,37	1279825	1441858	1297144
354,7	532755,2	86279,82	1634840	1441671	1299117

Göründüyü kimi silindr boşluğunda təzyiğin (sorma və sıxma təzyiqlərinin) dəyişməsi nəzəri tsikldə təsəvvür edilən kimidir. Bu ona dəlalət edir ki, işlənilən – hazırlanmış modellə soyuducu agentin axın parametrlərinin həqiqi dəyişmə xarakterini müəyyən etmək olar.

Silindr boşluğunda təzyiqlik porşen a.ö.n. -yə doğru hərəkət etdikcə sürətlə azalır, minimum qiymət alır, sonra isə, a.ö.n. -yə qədər az dəyişir (praktik olaraq sabit qalır). A.ö.n.-dən sonra təzyiqlik tədricən yüksəlir. Gözlənilməli kimi sorma klapanının bağlanması, a.ö.n.-dən sonra (bəzi hallarda xeyli sonra) baş verir və bundan sonra təzyiqlik sürətlə artır.

Qeyd etmək lazımdır ki, sorma klapanının açılması da y.ö.n.-dən bəzən xeyli keçmiş açılır, belə ki, silindrdəki təzyiqlik sorma təzyiqlikə qədər kiçilməsi gecikir. Bizcə buna və eləcə də vurma klapanının açılmasının gecikməsinin səbəbi çarx – sürgüqolu mexanizminin xüsusiyyəti ilə əlaqədardır, belə ki, silindrdə porşenin hərəkəti qeyri müntəzəm olur ki, bu da başlanğıcda silindrin həcminin az dəyişməsinə səbəb olur. Bu zaman təzyiqlik düşməsi də kiçik sürətlə olur. Bu səbəbdən, a.ö.n.-dən sonra da təzyiqlik

qin qalxma sürəti əvvəlcə kiçik, sonra isə böyük olur. Bundan əlavə, R22 -nin adiabat göstəricisi kiçikdir və hər an dəyişir.

Şəkil 3–dən göründüyü kimi, vurma klapanı sıxmanın sonuna çox yaxın (10° –yə yaxın) açılmağa başlayır və sonrakı tsiklin sorma prosesi zamanı bir müddət ($10-15^\circ$) açıq qalır. Bu sorma klapanının bağlı olması və silindrdəki, təzyiqlik vurma klapanı boşluğundakı təzyiqlikdən yüksək olması sayəsində baş verir. Bu hal, nəzəri tsikldəkindən bir qədər fərqlənir. Odur ki, lazım gəldikdə klapanların keçid sahələrini və yayın parametrlərini optimallaşdırmaqla klapanların açılıb-bağlanma anını arzu olunan hədlərdə dəyişmək o qədər də mürəkkəb məsələ deyil.

Sistemin digər boşluqlarında təzyiqlik kəskin dəyişməsi müşahidə olunmur (cədvəl 2). Yalnız klapanların açılıb – bağlanma anlarında sorma və vurma klapanları boşluqlarında təzyiqlik nəzərə çarpan dəyişməsi baş verir.

Beləliklə, aparılan ilkin tədqiqatlar onu deməyə əsas verir ki, işlənilən – hazırlanmış riyazi modelə kompressor sistemində axın parametrlərinin dəyişmə xarakteri aşkar edilə bilər ki, bunun da böyük praktik əhəmiyyəti vardır.

[1] *N.A Kerimov, Q.M. Kuliyeu, O.M. Eybatov.* Deystvitelnie protsessi v xolodilnoy maşine bitovoqo kondisionera. Xolodilnaya texnika, №8, 1988, s.23-25. Moskva. (Rusca).
 [2] *N.A Kerimov, Q.M. Kuliyeu, F.M.Kerimov.* Metod optimizatsii parametrov rotosionnix kompressorov

bitovix kondisionerov. Moskva. Xolodilnaya texnika, №11, 1990.s. 33-36. (Rusca).
 [3] *Q.M.Kuliyeu, A.B. Baxşiyev.* Modelirovaniye prosesov, protekayuşşix v germetičnix porşevix kompressorax xolodilnix maşin. Uçeniyе zapiski AzTU, №4, 1996, s.165-171. (Rusca).

С. Газанфари, Г.М. Кулиев, А.Б. Бахшыев

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ГЕРМЕТИЧНОГО ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В статье приводятся методика определения конечных параметров при моделировании физических процессов в системе двухцилиндрового герметичного поршневого компрессора и результаты вычислений по определению параметров номинального режима.

S. Qəzənfəri, H.M. Quliyev, A.B. Baxşiyev

INVESTIGATIONS OF THE PHYSICAL PROCESSES IN RECIPROCATING HERMETIC KOMPRESSORS BY MATHEMATIC EKSPERIMENT

The technique of final parameter obtaining at physical process modeling in the system of two-cylinder hermetic reciprocating compressor and calculation results on definition of nominal condition parameters are given in the paper.

29.03.2010

YSPE + x HƏCM % TlGaSe₂ KOMPOZİTLƏRİNİN SƏTHİNİN RELYEFİNİN ATOM QÜVVƏT MIKROSKOPU ÜSULU İLƏ ÖYRƏNİLMƏSİ

E.M. QOCAYEV, Ş.Ə. ZEYNALOV

Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı,
AZ-1073, H. Cavid pr., 25

Təqdim olunan işdə yüksək sıxlıqlı polietilen əsaslı müxtəlif miqdarda TlGaSe₂ əlavəli kompozitlərin səthinin relyefinin Atom Qüvvət mikroskopu üsulu ilə tədqiqinin nəticələri verilir.

Hazırda polimerlərin elektroaktiv xassələrinin müxtəlif əlavələrin təsiri, polimer qarışıqlarının yaradılması və müxtəlif ionlaşdırıcı qarışıqların təsiri ilə formalaşması istiqamətində intensiv tədqiqat işləri aparılır [1].

Qeyri-üzvi mənşəli əlavələrin polimer matrisasına daxil edilməsi polimerin modifikasiyasının universal üsulu hesab edilir. Bunu nəzərə alaraq yüksək və aşağı sıxlıqlı polietilenin tətbiq olunma imkanlarını genişləndirmək məqsədi ilə ilk dəfə olaraq əlavələr kimi $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ tip birləşmələrdən istifadə olunması sınaqdan keçirilmişdir [2, 3].

Bu, göstərilən tip birləşmələrin məxsusi kristallik və zona quruluşlara malik olmaları, spektrin görünən və yaxın infraqırmızı hissəsində yüksək fəthəssaslığa malik olmaları, kifayət qədər yüksək tenzohəssaslığa və yaddaşlı çevirici xassəyə malik olmaları ilə əlaqədardır. Göstərilən tip birləşmələrin digər birləşmələrdən fərqli, nadir təsadüf olunan xassələri kimi onların xüsusiyyətlərinin elektromaqnit və akustik dalğalarını, mexaniki deformasiyanın, temperaturun təsiri lazımı istiqamətdə idarə oluna bilməsidir. Göstərilən tip birləşmələr əlavəli kompozitlər maraqlı fiziki – mexaniki, elektro-fiziki, elektro lüminesent və s. xassələrə malik ola bilərlər.

Bundan əlavə, belə kompozitlərin öyrənilməsi yüklərin daşınması, polimer- keçirici heterogen sistemlərində enerji paylanması, polimer -metal sistemlərində fazalararası hadisələrin öyrənilməsində, həmçinin polimerlərin özlərində struktur dəyişmələrinin radiasiya və digər təsirlərlə baş vermə səbəblərinin araşdırılmasında xüsusi yəhəmiyyət kəsb edir. Bu kompozit materialların alınması və öyrənilməsi barədə də ədəbiyyat materialları artıq mövcuddur. [2-5]

Bu tədqiqatlar göstərmişdir ki, YSPE /TlInSe₂ və ASPE /TlInSe₂ kompozitləri yüksək yaşama müddətinə malik keyfiyyətli elektret materiallarıdır. Təbidir ki, yuxarıda göstərilən $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ tip yarımkəçirici

əlavəli polimer əsaslı yeni kompozit materialların alınması, tədqiq olunması və tətbiq olunma imkanlarının araşdırılması dövrümüzün aktual problemlərindədir.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq bu işdə biz YSPE+x şəcm % TlGaSe₂ (x=0; 0,01; 0,05; 0,20) kompozisiya materiallarının səthinin Atom Qüvvət Mikroskopu (AQM) üsulu ilə tədqiqinin nəticələri barədə məlumat veririk. Səthin öyrənilməsi bu yaxınlarda təklif olunmuş AQM “MD mode” rejimindən istifadə etməklə həyata keçirilir [4]. Bu rejimin əsas xüsusiyyətləri odur ki, həmin rejimdə standart AQM rejimindən fərqli olaraq, zondun tədqiq olunan səth üzrə müxtəlif istiqamətlərdə hərəkət

trayektoriyaları bir-birindən kəskin fərqlənir. Zondun irəliyə doğru hərəkəti zamanı o, birbaşa səthlə təmasda olur və səthin topoqrafiyasının koordinatlarını müəyyən edir.

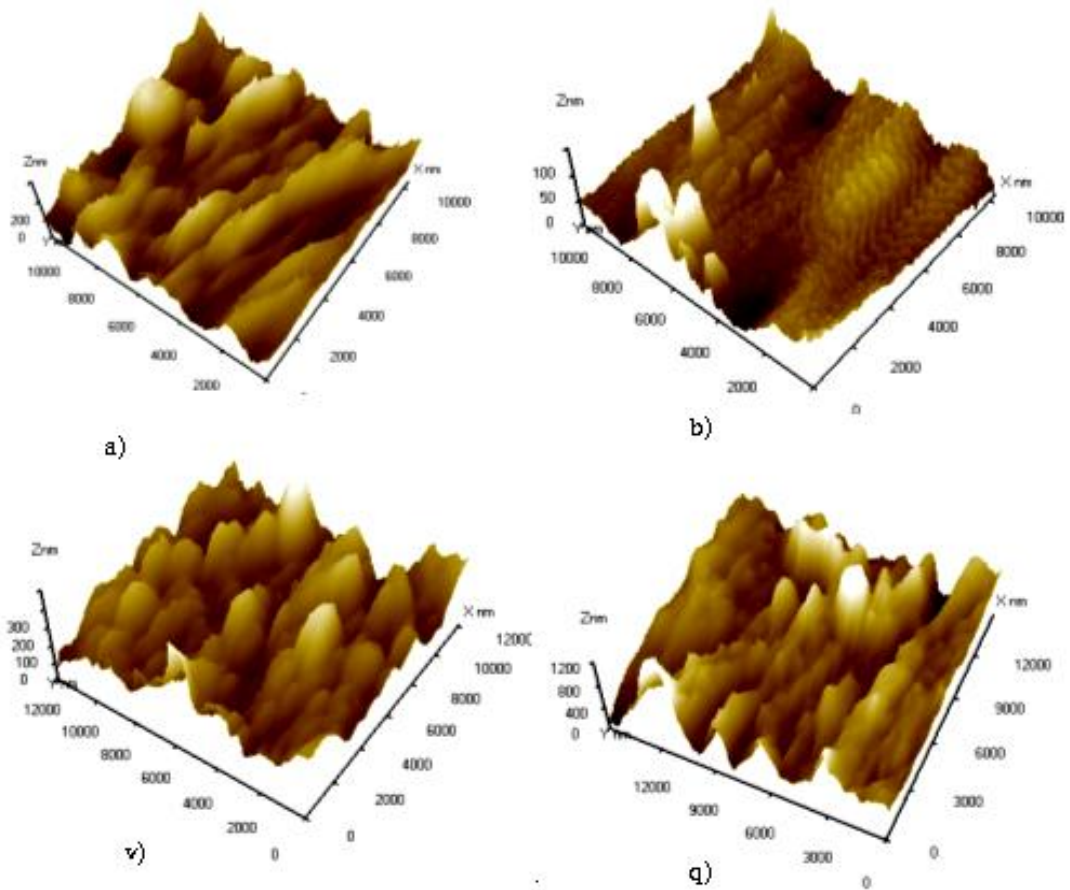
Bundan sonra zond səthdən uzaqlaşdırılır və növbəti nöqtədən başlayaraq səthlə təmasa girməklə ölçməni həyata keçirir. Bu yəhəmiyyət zondun itiliyini korlamır və mürəkkəb relyefə malik səthlərin topoqrafiyasının alınmasına imkan verir.

Biz təcrübədə elastikliyi 15 nm, konusluq bucağı 27° olan volfrmdan hazırlanmış konus şəkilli zondun istifadə etmişik. YSPE +x şəcm % -li TlGaSe₂-nin ölçüləri 5x5 mm, qalınlığı 0,5 mm olan nümunələr 1mm gəlinliyi metal lövhə üzərində yerləşdirilir. Bu üsulda xəyal alınarkən xüsusi skanirətmə prosesindən istifadə edilir. Bu proses zamanı zond YSPE /TlGaSe₂ kompoziti üzəri ilə hərəkət edir və icraedici elementdə siqnalın qiyməti səthin relyefi ilə mütənasib olub, kompyuterin yaddaşına yazılır. Bundan sonra zond başlanğıc vəziyyətinə qaytarılaraq skanirətmənin ikinci xəttinə keçirilir və proses yenidən təkrar edilir. Nəticədə biz kompozitlərin bircinsli səthlərinin xəyalını almış oluruq (şəkil.1). Qeyd edək ki, tədqiqatlar birbaşa alınmış nümunələrdən mexaniki işlənmədən aparılmışdır. Şəkil 2-də, şəkil 1-də təsvir olunan nümunələrin səthlərinin həcmi xəyalları verilmişdir. Kompozitlərin AQM histoqramları 3-cü şəkildə verilib.

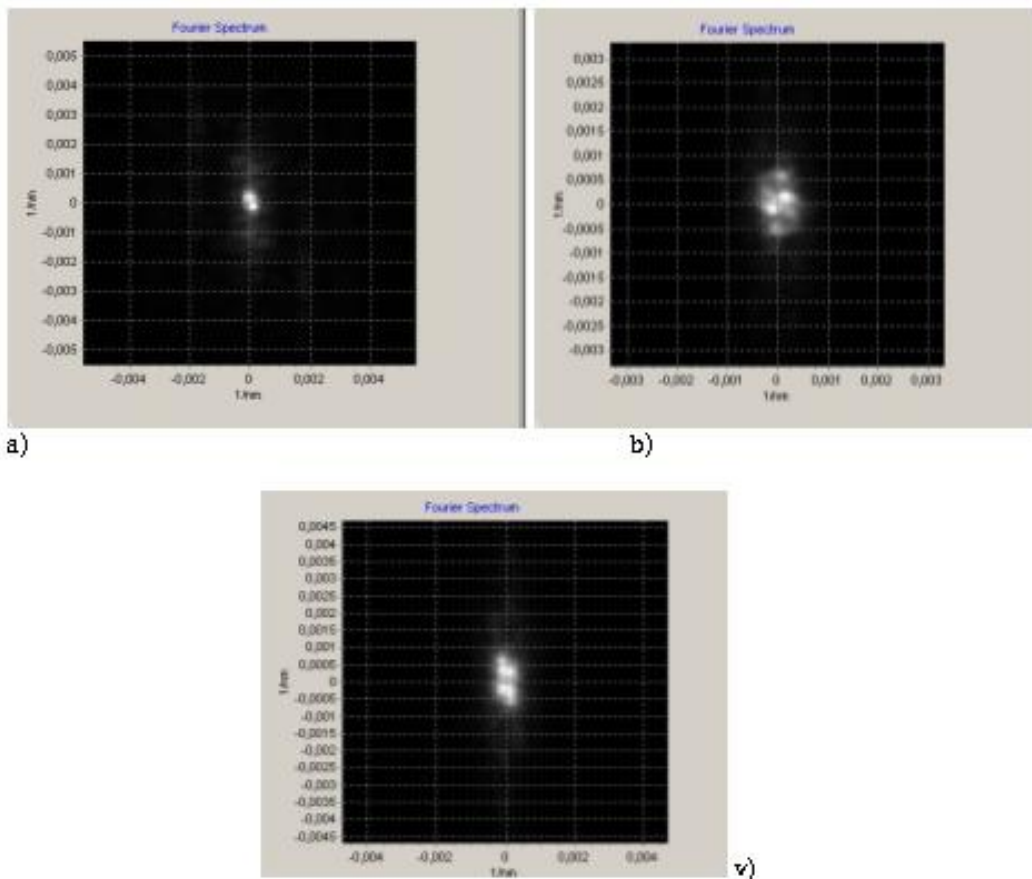
AQM üsulu ilə alınmış Furu spektrinin yayılması sərhədə yaxın klasterlərdə müxtəlif kimyəvi elementlərin iştirak etməsini göstərir. Təmiz polietilen səthinin AQM üsulu ilə öyrənilməsi materialın sərhədə yaxın hissəsinin qeyri-bircinsliyini göstərir. Burada kənaracımlar təxminən ~ 100nm tərtibində olur. Furu spektrinin tədqiqi göstərir ki, sərhədə yaxın təbəqə mürəkkəb həndəsi ölçülü atomlardan təşkil olunan klasterlərdən formalaşır.

Alınmış nəticələrin təhlili göstərir ki, 1; 5; 20 həcm %-li TlGaSe₂-nin YSPE-yə əlavə edilməsi həmin materialların səthinin morfoloqiyanın dəyişməsinə kəskin təsir edir və onun səthinin defektlərinin hamarlaşmasına səbəb olur. Həqiqətən də həcmi xəyallarda bu aydın müşahidə edilir. Buna baxmayaraq, səthin qeyri-bircinsliyi təmiz polietileninkindən 200nm-ə qədər cox olur (şəkil 3), amma aşkar edilən təciklər səlis olaraq bir-birini əvəz edir.

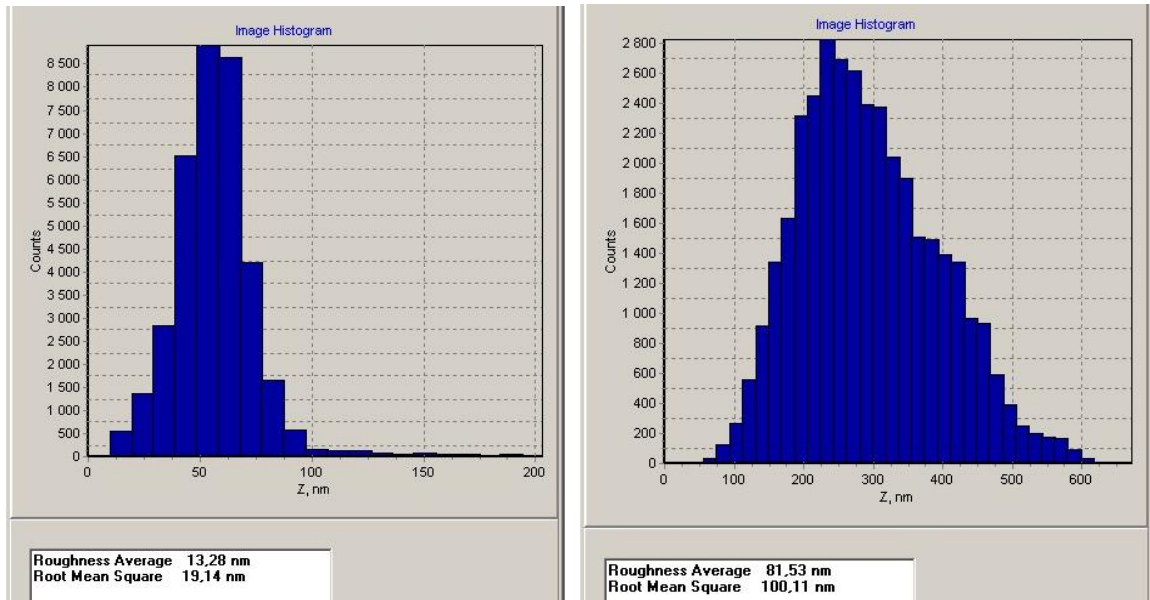
Alınmış xəyalların müqayisəli təhlili göstərir ki, kompozitlərin səthindəki klasterlərin böyüməsi alınmış materialların mexaniki möhkəmliyinin artmasına səbəb olur.



Şəkil 1. Təmiz polietilenin (a) və kompozitlərin YSPE+1 həcm % TiGaSe₂ (b), YSPE+5 həcm % TiGaSe₂ (v), YSPE+20 həcm % TiGaSe₂ (q) səthlərinin həcmi AQM xəyalları.

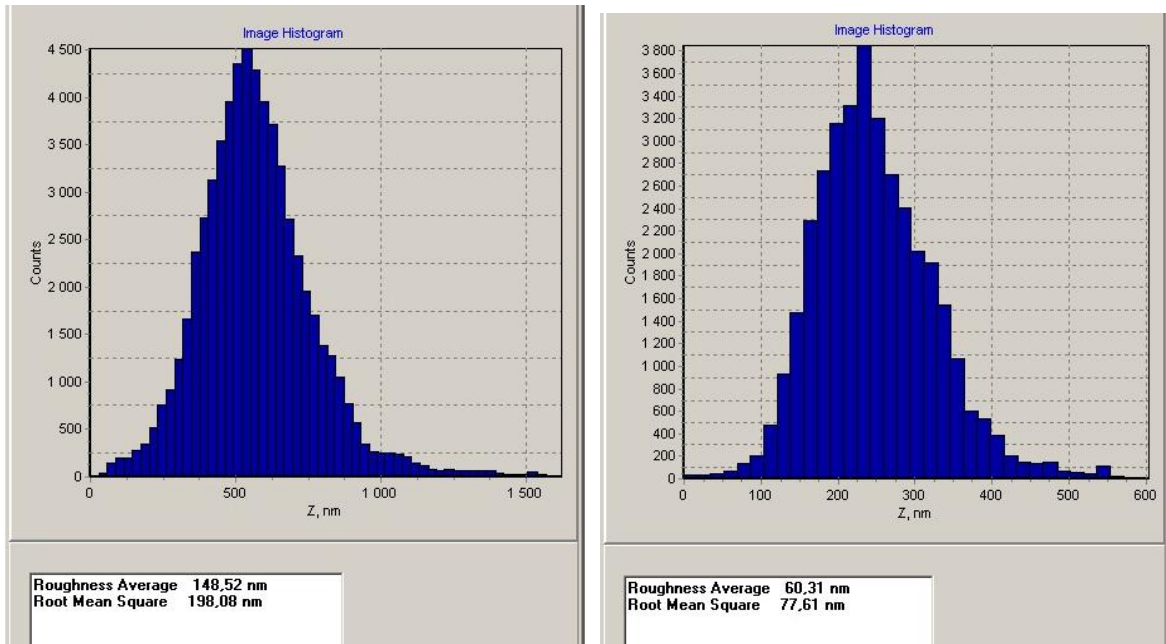


Şəkil 2. Təmiz polietilenin (a) və YSPE+5 həcm % TiGaSe₂ (b), YSPE+20 həcm % TiGaSe₂ (v) səthlərinin Furiye spektrləri.



a)

b)



v)

q)

Şəkil 3. Təmiz polietilenin (a) və kompozitlərin YSPE+1 həcm % TiGaSe2 (b), YSPE+5 həcm % TiGaSe2 (v), YSPE+20 həcm % TiGaSe2 (q) kompozitlərin səthlərinin histqrammaları.

- [1] A.M. Magerramov, A.M. Lobanov, M.A. Bagirov F.G. Gilimyanov i dr. *Plasticheskie massi*, 1993, №5, s.19-21.
- [2] E.M. Godjajev, A.M. Magerramov, S.S. Osmanova, M.A. Nuriyev, E.A. Allakhyarov. *Elektronnaya obrabotka materialov. Akademiya Respubliki Moldova. Institut Prikladnoy Fiziki. №2*, 2007, s. 84-88.
- [3] E.M. Godjajev, A.M. Magerramov, S.I. Safarova, M.A. Nuriyev, R.S. Ragimov *Elektronnaya obrabotka materialov. Akademiya Respubliki Moldova. Institut Prikladnoy Fiziki. №6*, 2008, s. 66-70.
- [4] M.A. Ramazanov, O.B. Tagiyev, A.A. İsmailov i dr. *Prikladnaya fizika*, 2003, №2, s. 52-53.
- [5] A.C.539215 (SSSR). *Sposob regulirovaniya chuvstvitelnosti tenzodatchikov* (G.B. Abdullayev, V.D. Rustamov, M.Z. İsmailov, K.M. Bannayev, S.M. Bidzinova). Opublikovano v M.I. 1976, №46.
- [6] A.C. 607502 (SSSR). *Poluprovodnikoviy pereklyuchatel* (G.B. Abdullayev, A.G. Abdullayev, G.D. Guseynov, Z.A. Azimov i A.M. Karnaukhov) 1978.
- [7] A.C. 272986 (SSSR). *Poluprovodnikoviy fotorezistor* (G.B. Abdullayev, G.D. Guseynov,

M.Kh. Aliyev, I.B. Alekseev, E.M. Kerimov i V.L. Burman) 1970.

[8] *V. Mironov. Osnovi skaniruyushey zondovoy mikroskopii. Izd. «Tekhnosfera», Moskva, 2004, s. 197-201.*

Е.М. Годжаев, Ш.А. Зейналов

**ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПЭВП + x объем % TiGaSe₂
КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА**

В предъявленной работе излагаются результаты исследования рельефа поверхности композитов на основе полиэтилена высокой плотности с добавкой TiGaSe₂ методом атомно- силового микроскопа.

E.M. Godjayev, Sh.A. Zeynalov

**INVESTIGATIONS OF COMPOSITE SURFACE GEOMETRY OF PEVP +x vol % TiGaSe₂ BY THE
METHOD OF ATOMIC-FORCE MICROSCOPE**

In the present work the investigation results of composite relief surface on the basis of high density polyethylene with addition TiGaSe₂ by the method of atomic-force microscope are given.

12.07.2010

RELYATIVİSTİK KVANT ZƏRRƏCİYİNİN İKİÖLÇÜLÜ KULON SAHƏSİNDƏ HƏRƏKƏTİ

Ş.M. NAĞIYEV

AMEA Fizika İnstitutu, AZ 1143 Bakı ş., H.Cavil pr.,33

M.Y. ƏFƏNDİYEV

Azərbaycan Kooperasiya Universiteti, AZ 1106 Bakı ş., N.Nərimanov pr.,86

Relyativistik sonlu-fərq kvant mexanikası çərçivəsində kvant zərrəciyinin ikiölçülü Kulon sahəsində hərəkətinə baxılmışdır. Məsələ dəqiq həll olunur. Zərrəciyin enerji spektri və dalğa funksiyaları tapılmış və onların qeyri-relyativistik limitləri hesablanmışdır.

1. GİRİŞ

Qeyri-relyativistik kvant zərrəciyinin ikiölçülü və üçölçülü Kulon sahəsində hərəkəti elmi ədəbiyyatda ətraflı öyrənilmişdir. (məs., bax [1-4]). Hər iki məsələ dəqiq həll olunur və geniş tətbiqə malikdir. Məsələn, hidrogenəbənzər atomlarda elektron nüvənin Kulon sahəsində hərəkət edir. Atomun enerji spektri əsasən Kulon potensialı $V_{kul}(r) = -\alpha/r$ ilə müəyyən olunur.

İkiölçülü qeyri-relyativistik Kulon məsələsi üzərində dayanaraq. Bu halda Şredinger tənliyi polyar koordinatlarda aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$H_N \psi_N(\vec{r}) \equiv \left(H_{0N} - \frac{\alpha}{r} \right) \psi_N(\vec{r}) = E_N \psi_N(\vec{r}), \quad (1)$$

burada $\vec{r} = (\vec{x}, \vec{y})$, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, $tg \varphi = \frac{y}{x}$, H_{0N} - isə sərbəst Hamilton (kinetik enerji) operatorudur:

$$H_{0N} = -\frac{\hbar^2}{2M} \left(\partial_r^2 + \frac{1}{r} \partial_r + \frac{1}{r^2} \partial_\varphi^2 \right), \quad \partial_r = \frac{\partial}{\partial r}. \quad (2)$$

(1) tənliyini həll etməzdən əvvəl onu nəzərə alaraq ki, H_N və $\hat{L} = -i\partial_\varphi$ operatorları bir-biri ilə kommutasiya etdiyindən, tənlik öz dəyişənlərinə ayrılır, yəni

$$u_N''(r) + \left(\frac{2\delta + 1}{r} - 2b \right) u_N'(r) + \left(\frac{\delta^2 - m^2}{r^2} + \frac{\alpha_1 - b - 2\delta b}{r} + b^2 + e_1 \right) u_N(r) = 0$$

tənliyini ödəyəcəkdir. Burada δ və b parametrlərini

$$\delta = |m|, \quad b = \frac{\sqrt{2M|E_N|}}{\hbar}, \quad (b^2 = -e_1) \quad (7)$$

kimi seçsək, tənlik cırlaşmış hiperhəndəsi tənliyə çevrilir

$$r u_N''(r) + (2|m| + 1 - 2br) u_N'(r) + (\alpha_1 - b(2|m| + 1)) u_N(r) = 0.$$

Bu tənliyin $u_N(0) = u_N(\infty) = 0$ sərhəd şərtini ödəyən həlləri Lager çoxhədliləri ilə ifadə olunur

$$\psi_N(\vec{r}) = R_N(r) \phi_m(\varphi), \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3)$$

Burada $\phi_m(\varphi) = (2\pi)^{-1/2} \exp(im\varphi)$ funksiyaları \hat{L} operatorunun məxsusi funksiyalarıdır və

$$\int_0^{2\pi} \phi_m^*(\varphi) \phi_{m'}(\varphi) d\varphi = \delta_{mm'} \quad (4)$$

ortonormalıq şərtini ödəyir.

Nəticədə $R_N(r)$ radial dalğa funksiyası üçün aşağıdakı tənliyi alırıq:

$$\left(\partial_r^2 + \frac{1}{r} \partial_r - \frac{m^2}{r^2} + \frac{\alpha_1}{r} + e_1 \right) R_N(r) = 0, \quad (5)$$

$$\alpha_1 = \frac{2M\alpha}{\hbar^2}, \quad e_1 = \frac{2ME_N}{\hbar^2}.$$

(5) tənliyinin həllini

$$R_N(r) = r^\delta e^{-br} u_N(r) \quad (6)$$

şəklində axtaraq. Onda $u_N(r)$ funksiyası

$$u_{Nn|m|}(r) = L_n^{2|m|} \left(\frac{2M\alpha r}{\hbar^2(n + |m| + 1/r)} \right). \quad (8)$$

(8)-ə uyğun enerji spektri

$$E_{Nn|m|} = -\frac{M\alpha^2}{2\hbar^2(n+|m|+1/2)^2}, \quad m = 0,1,2,\dots \quad (9)$$

Beləliklə, qeyri-relyativistik ikiölçülü Kulon sahəsində hərəkət edən zərrəciyin radial dalğa funksiyaları

$$R_{Nn|m|}(r) = r^{|m|} e^{-br} L_n^{2|m|}(2br), \quad (10)$$

$$b = \frac{M\alpha}{\hbar^2(n+|m|+1/2)}, \quad n = 0,1,2,\dots$$

şəklində olur.

Bu məqalədə məqsədimiz [5-12] işlərində inkişaf etdirilmiş sonlu-fərq relyativistik kvant mexanikası çərçivəsində ikiölçülü Kulon məsələsinin relyativistik hala ümumiləşməsinə tədqiq etməkdir. [12] məqaləsində ikiölçülü kvant ossilyatorunun relyativistik sonlu-fərq modeli qurulmuş və tədqiq edilmişdir. Sonlu-fərq relyativistik kvant mexanikası çərçivəsində üçölçülü Kulon məsələsi [7, 10, 11] məqalələrində araşdırılmışdır.

2. SONLU-FƏRQ RELYATİVİSTİK KVANT MEXANİKASI

Sonlu-fərq relyativistik kvant mexanikasında relyativistik konfigurasiya fəzası anlayışı əsas rol oynayır. İkiölçülü relyativistik $\vec{r} = (x, y)$ konfigurasiya fəzasına keçid

$$\psi(\vec{r}) = \frac{1}{2\pi\hbar} \int \xi(\vec{p}, \vec{r}) \psi(\vec{p}) d\Omega_p \quad (11)$$

ikiölçülü Lobaçevski fəzasının hərəkət qurupunun gətiriləməyən təsvirinin

$$\xi(\vec{p}, \vec{r}) = \left(\frac{p_0 - \vec{p}\vec{n}}{Mc} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{ir}{\lambda} \quad (12)$$

matris elementləri üzrə ayrılışından istifadə etməklə yerinə yetirilir. Burada $\vec{r} = r\vec{n}$, $0 \leq r < \infty$, $\vec{n} = (\cos \varphi, \sin \varphi)$,

$$p_0 = \frac{E_p}{c} = \sqrt{\vec{p}^2 + M^2 c^2}, \quad \lambda = \frac{\hbar}{Mc} \quad \text{isə zərrəciyin}$$

Kompton dalğa uzunluğudur. Konfigurasiya fəzasında lokal qarşılıqlı təsir potensialı halında relyativistik sistemin dalğa funksiyası aşağıdakı sonlu-fərq tənliyini ödəyir:

$$[H_0 + V(\vec{r})]\psi(\vec{r}) = E\psi(\vec{r}). \quad (13)$$

Relyativistik sərbəst H hamilton operatorunun aşkar şəkli belədir:

$$H_0 = Mc^2 \left[ch(i\lambda\partial_r) + \frac{i\lambda}{2r} sh(i\lambda\partial_r) - \frac{\lambda^2}{r(2r+i\lambda)} \partial_\varphi^2 e^{i\lambda\partial_r} \right]. \quad (14)$$

Bu operator addımı zərrəciyin λ - Kompton dalğa uzunluğuna bərabər olan sonlu-fərq operatorudur. Bizə ümumiləşmiş qüvvət anlayışı da lazım olacaq:

$$x^{(\delta)} = i^\delta \frac{\Gamma(-ix + \delta)}{\Gamma(-ix)}. \quad (15)$$

Göstərmək olar ki, (12), (14) və (15) ifadələri düzgün qeyri-relyativistik limitə malikdir, yəni

$$\lim_{c \rightarrow \infty} \xi(\vec{p}, \vec{r}) = \exp\left(\frac{i\vec{p}\vec{r}}{\hbar}\right),$$

$$\lim_{c \rightarrow \infty} (H_0 - Mc^2) = H_{0N},$$

$$\lim_{c \rightarrow \infty} \lambda^\delta (r/\lambda)^{(\delta)} = r^\delta.$$

3. RELYATİVİSTİK KVANT ZƏRRƏCİYİNİN

$$V(r) = -\frac{\alpha}{r} \text{ SAHƏSİNDƏ HƏRƏKƏTİ}$$

İkiölçülü Kulon sahəsində relyativistik zərrəciyin hərəkəti

$$H\psi(\vec{r}) = \left(H_0 - \frac{\alpha}{r} \right) \psi(\vec{r}) = E\psi(\vec{r}) \quad (17)$$

tənliyi ilə təsvir olunur. Qeyri-relyativistik halda olduğu kimi, (17) tənliyində də H və $\hat{L} = -i\partial_\varphi$ operatorları kommutasiya edir və ona görə də H Hamilton operatorunun $\psi(\vec{r})$ məxsusi funksiyalarının φ - bucağından asılılığı standart xarakter daşıyır

$$\psi(\vec{r}) = \left[\left(-\frac{r}{\lambda} \right)^{1/2} \right]^{-1} R(r) \phi_m(\varphi), \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (18)$$

Beləliklə, ikiölçülü məsələ (17) Hamilton operatorunun radial hissəsinin məxsusi funksiyalarının və məxsusi qiymətlərinin tapılmasına gətirilir:

$$\tilde{H}^{rad} R(\rho) = ER(\rho), \quad (19)$$

$$\tilde{H}^{rad} = Mc^2 \left[chi\partial_\rho + \frac{m^2 - 1/4}{2\rho^{(2)}} e^{i\partial_\rho} - \frac{\tilde{\alpha}}{\rho} \right], \quad \tilde{\alpha} = \frac{\alpha}{\hbar c}, \quad \rho = \frac{r}{\lambda}.$$

(19) tənliyinin $R(0)=R(\infty)=0$ sərhəd şərtini ödəyən həllərini tapmalıyıq. $R(\rho)$ dalğa funksiyasının uyğun olaraq $\rho=0$, $\rho=\infty$ nöqtələrində davranışını müəyyən edən $(-\rho)^{|m|+1/2}$ və $e^{-\lambda\rho}$ vuruqlarına ayıraraq, (19) tənliyinin həllini

$$R(\rho) = (-\rho)^{|m|+1/2} e^{-\lambda\rho} \Omega(\rho) \quad (20)$$

şəklində axtaraq. Burada χ parametri enerji ilə bağlıdır: $E = mc^2 \cos \chi$. Onda $\Omega(\rho)$ funksiyası aşağıdakı sonlu-fərq tənliyini ödəyəcək

$$\left[e^{i\chi} \left(|m| + \frac{1}{2} + i\rho \right) e^{-i\partial_\rho} - e^{-i\chi} \left(|m| + \frac{1}{2} - i\rho \right) e^{i\partial_\rho} \right] \Omega(\rho) = 2i(\rho \cos \chi + \tilde{\alpha}) \Omega(\rho). \quad (21)$$

Bu tənliyin həlli sonsuzluqda ρ -nun sonlu qüvvətindən sürətlə dağılmamalı və $\rho = 0$ olduqda sonlu olmalıdır. Bu şərtlər daxilində (21) tənliyinin

$$E_{n|m|} = Mc^2 \cos \chi_n = Mc^2 \sqrt{1 - \frac{\alpha^2}{\hbar^2 c^2 (n + |m| + 1/2)^2}}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (22)$$

enerji spektrinə uyğun çoxhədli şəklindəki həlləri

$$y(x) = P_n^\nu(x; \varphi) = \frac{(2\nu)_n}{n!} {}_2F_1(-n, \nu + ix; 2\nu; 1 - e^{-2i\varphi}) \quad (23)$$

Meyksner-Pollaçek çoxhədliləri ilə ifadə olunur, yəni

$$\Omega(\rho) \equiv \Omega_{n|m|}(\rho) = P_n^{|m|+\frac{1}{2}}(-\rho; \chi_n) \quad (24)$$

Meyksner-Pollaçek çoxhədliləri aşağıdakı sonlu-fərq tənliyini ödəyir [13]

$$\left[e^{-i\varphi} (\nu + ix) e^{-i\partial_x} - e^{-i\varphi} (\nu - ix) e^{i\partial_x} \right] y(x) = 2i[x \cos \varphi - (n + \nu) \sin \varphi] y(x). \quad (25)$$

(21) və (25) tənliklərinin müqayisəsindən $\varphi = -\chi_n$,
 $\nu = |m| + 1/2$ və

$$\tilde{\alpha} = \left(n + |m| + \frac{1}{2} \right) \sin \chi_n, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (26)$$

alırıq. (26) şərti enerjinin kvantlanması şərtidir.

Beləliklə, radial dalğa funksiyaları aşağıdakı şəkllə malik olur

$$R_{n|m|}(\rho) = C_{n|m|} (-\rho)^{|m|+\frac{1}{2}} e^{-\chi_n \rho} P_n^{|m|+\frac{1}{2}}(-\rho; \chi_n). \quad (27)$$

İndi (22) relyativistik enerji spektrinin və (27) radial dalğa funksiyalarının qeyri-relyativistik limitlərinə baxaq.

$$\lim_{c \rightarrow \infty} P_n^{|m|+\frac{1}{2}}(-\rho; \chi_n) = \lim_{\chi_n \rightarrow 0} P_n^{|m|+\frac{1}{2}}\left(-\frac{br}{\chi_n}; \chi_n\right) = L_n^{2|m|}(2br).$$

Enerjinin (22) ifadəsindən görünür ki, baxılan relyativistik halda, uyğun qeyri-relyativistik halda olduğu kimi [2], təsadüfi cırlaşma mövcuddur. Bu onunla bağlıdır ki, enerji n və m kvant ədədlərindən ayrı-ayrılıqda yox, onların $n + |m|$ kombinasiyasından asılıdır. Əgər $N = n + |m| + 1$ kvant ədədi daxil etsək, onda (22) enerji

Aydındır ki, $c \rightarrow \infty$ limitində $E_{n|m|} - Mc^2$ ifadəsi (9) ifadəsinə keçir. $R_{n|m|}(\rho)$ radial dalğa funksiyalarının $c \rightarrow \infty$ limitində (10) funksiyalarına keçdiyini göstərmək üçün nəzərə almaq lazımdır ki, x -in kiçik qiymətlərində [14]

$$\arccos(1-x) = \sqrt{2x + \frac{1}{3}x^2 + \dots},$$

həmçinin [13]

$$\lim_{\phi \rightarrow 0} P_n^{\frac{\alpha+1}{2}}\left(-\frac{x}{\phi}; \phi\right) = L_n^\alpha(x).$$

Nəticədə

$$\lim_{c \rightarrow \infty} \chi_n \rho = br,$$

səviyyəsinin cırlaşma dərəcəsi üçün $g(N) = 2N - 1$ ifadəsini alırıq, burada $N = 1, 2, 3, \dots$

4. YEKUN

Biz burada dəqiq həll olunan ikiölçülü relyativistik Kulon məsələsinə baxdıq. Enerji spektrini və dalğa funksiyalarının aşkar şəklini tapdıq və göstərdik ki, alınmış ifadələr uyğun qeyri-relyativistik ifadələrin relya-

RELYATIVİSTİK KVANT ZƏRRƏCİYİNİN İKİÖLÇÜLÜ KULON SAHƏSİNDƏ HƏRƏKƏTİ

tivistik hala ümumiləşməsidir. Relyativistik məsələ qeyri-relyativistik məsələnin bir çox xassələrinə (simmetriyaya, təsadüfi cırılmağa və.s) malikdir. Baxılan Kulon

məsələsi relyativistik nüvə fizikası və elementar zərrəciklər fizikasının müxtəlif problemlərinin həllində tətbiq oluna bilər.

- [1]. Z. *Flugge*. Zadachi po kvantovoy mexanike. T.1, M.: Mir., 1974. (in Russian)
- [2]. V.M. *Galickiy*, B.M. *Karnakov*, V.I. *Kogan*. Zadachi po kvantovoy mexanike. M.: Nauka, 1981. (in Russian)
- [3]. L.D. *Landau*, E.M. *Lifshic*. Kvantovaya mexanika, M.:Nauka, 1989. (in Russian)
- [4]. A.S. *Davidov* Kvantovaya mexanika. M.:Nauka, 1973. (in Russian)
- [5]. V.G. *Kadyshevsky*., R.M.*Mir-Kasimov*., N.B.*Skachkov*., Nuovo Cimento 55A,1968, 233.
- [6]. V.G.*Kadishevskiy*,R.M.*Mir-Kasimov*,H.B. *Skachkov*. EChAYA 2, 1972, 636. (in Russian)
- [7]. M. *Freeman*., M.D. *Mateev*., R.M. *Mir-Kasimov* ., *Nucl. Phys.* B12 (1969) 197.
- [8]. H. M. *Атакишиев*., P.M.*Мир-Касимов*., Ш.М. *Нагиев*, ТМФ 44 (1980) 47.
- [9]. N.M. *Atakishiyev*, R.M. *Mir-Kasimov*, Sh.M. *Nagiyev*., *Ann.Phys.Lpz.* 42, 1985, 25.
- [10]. Sh.M. *Nagiyev*. *J.Phys.A.: Math.Gen.* 21, 1988, 2559.
- [11]. Sh.M. *Nagiyev*. ТМФ 80, 1989, 40.
- [12]. Sh.M. *Nagiyev*., E.I. *Jafarov*., M.Y. *Efendiyev*. *Nuova Cimento*, 124B, 2009, 395.
- [13]. R.*Koekoek*, R.F. *Swarttouw* 1998 Report no, 98-17 (Delft University of Technology)
- [14]. G.B. *Dvayt*. Tablici integralov i drugiye matematicheskiye formuli, M. Nauka, 1977. (in Russian)

Sh.M. Nagiyev, M.Yu. Efendiyev

RELATIVE QUANTUM PARTICLE IN TWO-DIMENSIONAL COULOMB FIELD

Motion of a quantum particle in the framework of the relativistic finite-difference quantum mechanics is considered. This problem is exactly solvable. The energy spectrum and wave functions of the particle are found and there nonrelativistic limits are calculated.

Ш.М. Нагиев, М.Ю. Эфендиев

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ КВАНТОВАЯ ЧАСТИЦА В ДВУМЕРНОМ КУЛОНОВСКОМ ПОЛЕ

В рамках релятивистской конечно-разностной квантовой механики рассмотрено движение квантовой частицы в двумерном кулоновском поле. Задача точно решается. Найдены энергетический спектр и волновые функции частиц и вычислены их нерелятивистские пределы.

25.05.2010

M.A. Muxtarov

YANQ-MİLLS AVTODUAL TƏNLİKLƏRİNİN DƏQİQ HƏLLƏRİNİN ALINMASI METODLARI

Bu iş Yang-Mills avtodual tənliklərinin dəqiq həllərinin alınması üzrə müəllif tərəfindən hazırlanmış effektiv qrup-nəzəri metodlarının nəzərdən keçirilməsidir.

M.A. Mahmudova, S.Z. İmaməliyeva, A.S. Abbasov, M.B. Babanlı, R.A. Həsənova

E.H.Q METODU İLƏ Yb-S SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK TƏDQIQI

İşdə e.h.q metodu ilə Yb-S sisteminin termodinamik tədqiqatlarının nəticələri göstərilmişdir. İki növ konsentrasiya zəncirinin e.h.q-in ölçmələrinin nəticələrini birləşdirərək, xəlitələrdə Yb-nin nisbi parsial molyar və Yb_2S_3 , Yb_3S_4 , Yb_3S_5 və YbS birləşmələrinin standart inteqral termodinamik funksiyaları hesablanmışdır.

S.Q. Abdullayev, A.İ. Muxtarov, M.Ş. Qocayev

YARIİNKLÜZİV PROSESLƏRDƏ B-BARİONUN UZUNUNA POLYARİZASİYASI

Standart model çərçivəsində yarıinklüziv $e^+N \Rightarrow e^+BX$, $\nu_\mu(\bar{\nu}_\mu)N \Rightarrow \nu_\mu(\bar{\nu}_\mu)BX$, $\nu_\mu(\bar{\nu}_\mu)N \Rightarrow \mu^-(\mu^+)BX$, $\mu^-(\mu^+)(\lambda)N \Rightarrow \nu_\mu(\bar{\nu}_\mu)BX$ proseslərə baxılmışdır. B-barionun uzununa polyarlaşma dərəcəsi üçün ifadələr alınmış və x, y, z dəyişənlərindən asılılığı tədqiq edilmişdir.

E. İ. VƏLİYEV, T.M. ƏHMƏDOV

KƏSİRLİ SƏRHƏD ŞƏRTLƏRİNƏ MALİK MÜSTƏVİ EKTRANDA DALĞALARIN DİFRAKSİYASI MƏSƏLƏLƏRİNİN HƏLLİ ÜSULU

İşdə xüsusi inteqro-differensial tənliyin həllinin müstəvi ekranda difraksiya olunan kəsrinin törəmə tərtibi ∞ 0-la 1 arasında dəyişən kəsirli sərhəd şərti (KSS) daxilində verilən məsələlərin həllinə gətirmək təklif olunur. Üsul KSS daxilində zolaq və yarımüstəvidə ikiölçülü difraksiya məsələlərinin modeli üzərində baxılmışdır. $a=0$ və $a=1$ xüsusi hallarında KSS ideal elektrik, ideal maqnit keçirici sərhədlərini özündə birləşdirir. Üsul ortoqanal polinomların tətbiqinə əsaslanıb. Bu halda $(-1,1)$ intervalında zolaq üçün Qeçenbauer polinomu yarımüstəvi halı üçün $(0,8)$ intervalında ortoqanal olan Laqerra polinomu tətbiq olunur işdə əsas xüsusiyyət ondan ibarətdir ki, bu üsul difraksiya məsələlərinin $\alpha=0,5$ xüsusi halı üçün həllinə aşkar şəkildə nail olmağa imkan verir.

**Z. Vəzir, M. K. Süleymanov, O.B. Abidinov,
E. U. Xan, Mahnaz Q. Haseeb, M. Ayaz, K. H. Xan, Ş.Qənbərova**

MƏRKƏZİ AĞIR İON TOQQUŞMALARININ BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Ağır ion mərkəzi toqquşmalarında alınan eksperimental nəticələrə baxılıb. Bu təcrübələr rejimin və doyma dərəcəsinin dəyişməsi mərkəzliyinin qiymətindən asılıdır. Bunu da yüksək enerjilərdə ağır ion toqquşmalarında perkalyasiya klasterin formalaşmasının siqnalı kimi hesab etmək olar.

F.Ə. Rüstəmov, N.H. Dərvişov, M.Z. Məmmədov, Y.Y. Bobrova, H.O. Qafarova

MƏSAMƏLİ SİLİSİYUMUN FORMALAŞMA PROSESİNƏ OKSIDLƏŞDİRİCİNİN ÇATIŞMAMAZLIĞI REJİMİNDƏ SİRKƏ TURŞUSUNUN TƏSİRİ

Oksidləşdiricinin çatışmamazlığı rejimində sirkə turşusunun məsaməli silisiumun formalaşma prosesinə təsiri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, sirkə turşusunun konsentrasiyasının 5%-dən yuxarı qiymətlərində məsamə yaranma prosesi kəskin dəyişərək həm prosesin təkrarlanmasını, həm də lateral biricinsliyi yaxşılaşdırır. Alınmış bütün nümunələr otaq temperaturunda görünən oblastda fotolyuminesensiyaya malikdir.

Ş.M. Abbasov, R.M. Məmişova, T.İ. Kərimova, G.İ. İsmaylova, H.R. Nuriyev, R.A. İbrahimova

Pb_{1-x}Mn_xSe VƏ Pb_{1-x}Mn_xTe NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN FOTO VƏ ELEKTROLÜMİNESENSİYA SPEKTRİNİN TƏYİNİ

Təqdim olunan işdə riyazi modelləşmə metodu ilə molekulyar epitaksiya üsulu ilə BaF₂(111) altlıq üzərində alınmış Pb_{1-x}Mn_xSe və Pb_{1-x}Mn_xTe nazik təbəqələrinin foto və elektrolüminesensiya xassələri tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, epitaksial təbəqələrin qadagan olunmuş zolagının eni tərkibində Mn-nin miqdarı dəyişdikcə böyüyür.

H.F. Abbasov

POLIETİLENQLİKOL – SU SİSTEMİNDƏ MAKROMOLEKULLARIN HƏLLEDİCİ MOLEKULLARI İLƏ QARŞILIQLI TƏSİRİ BARƏDƏ

Müxtəlif molekulyar kütləli polietilenqlikolların duru sulu məhlullarının refraksiya xassələri tədqiq edilmişdir. Eksperimental nəticələrin izahı üçün ümumi polyarizasiyaya həm sərbəst su molekullarının, həm də hidratlaşmış polimer makromolekullarının payını nəzərə almaqla Lorens-Lorens tənliyindən istifadə olunmuşdur. KOH-ın polietilenqlikolu suda həllolmasına təsiri dielektrik spektroskopiyaya metodu ilə tədqiq edilmişdir.

A.A. Ağasıyev, M.Z. Məmmədov, E.M. Məhərrəmov, C.H. Cabbarov, H.O. Qafarova

Bi₄Ti₃O₁₂ AMORF NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN VOLT-AMPER, VOLT-FARAD XARAKTERİSTİKALARI

Bi₄Ti₃O₁₂ nazik təbəqələrinin volt-ampere ($I-V$), volt-farad ($C-V$) xassələri və keçiriciliyin gərginlikdən asılılığı ($G-V$) otaq temperaturunda ölçülmüşdür. Təcrübə alınmış nəticələr ədəbiyyatda verilənlərlə yaxşı uzlaşır. Lakin kondensatorun simmetrik struktura malik olmasına baxmayaraq, volt-ampere asılılığı özünü düzləndirici kimi biruzə verir. Həmin nəticələr isə BTO kondensatorlarında polyarizasiyanın, fazalararası halın mövcudluğuna və kondensatorların qeyri-mükəmməl struktura malik olmasına əsas verir. Fazalararası halın xarakteristik parametrləri E_c-E_{ss} funksiyası kimi otaq temperaturunda volt-ampere asılılığından alınmışdır. Fazalararası halın N_{ss} ədədi qiyməti $2 \times 10^{11} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ tərtibindədir. Volt-ampere asılılığından qeyri-ideallıq əmsalı $n=1,5$ tapılmışdır. Güclü akkumulyasiya edən oblastda elektrik keçiriciliyinin ölçmələrindən müəyyən edilmişdir ki, otaq temperaturunda $R_s = 350 \Omega$.

A.A. Ağasıyev, E.M. Məhərrəmov, Ç.Q. Axundov, M.Z. Məmmədov, S.N. Sərməsov, H.M. Məmmədov

SrTiO₃ NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ

Amorf və monokristal SrTiO₃ nazik təbəqələrinin optik udulma sərhədləri 105K, 300K, 400K, temperaturalarında tədqiq edilmişdir. Udulma sərhəddinin dikliyinin, qadağan olunmuş zonanın eninin və Urbax qanununun xarakterik sabitinin temperaturadan asılılıq qrafiki qurulmuşdur. SrTiO₃ monokristal nazik təbəqəsinin qadağan olunmuş zonasının eni $E_g \approx 3.2 \text{ eV}$ və udulma sərhəddinin orta sürüşməsinin $dE_g / dT = -8 \cdot 10^{-4} \text{ eV / dər.}$ təyin edilmişdir. Göstərilmişdir ki, SrTiO₃ nazik təbəqəsi üçün optik udulma sərhəddi Urbax qanununa tabe olur. Tədqiq edilən oblastda udulma, fononlarla qarşılıqlı təsirdə olan elektronların keçidi hesabına baş verir.

R.M. Sardarlı, O.Ə. Səmədov, İ.İ. Aslanov, A.P. Abdullaev, N.A. Eyubova, F.T. Salmanov

γ -ŞÜALARININ TlInS₂<Cr> KRİSTALLININ DİELEKTRİK VƏ ELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

γ -şüalarla şüalanmış TlInS₂<Cr> kristallının $\epsilon(T)$, $\sigma(T)$ və $P_s(T)$ asılılıqlarının kompleks tədqiqi aparılmışdır. Göstərilmişdir ki, şüalanma dozəsindən aslı olaraq, aktivasiya enerjisi, radiasiya defekllərinin konsentrasiyası, sıçrayışın uzunluğu, tələ hallarının enerjisi, spontan polyarizasiyanın maksimal qiyməti, Foqel-Fulçer (T_f) və Berns (T_d) temperaturları dəyişikliklərə məruz qalır. Şüalanma dozasının artması ilə seqnetoaktiv dipolların konsentrasiyası azalması hesabına spontan polyarizasiyanın maksimal qiyməti azalır.

M.Ə. Mehrabova

KVANT QUYUSUNDA İSTİ ELEKTRONLARIN TERMODİNAMİK VƏ ELEKTRON XASSƏLƏRİ

Konkret paylanma funksiyasından istifadə etməklə heterokontaktda isti ikiölçülü elektron qazının termodinamik və elektron parametrləri: konsentrasiya, kimyəvi potensial, istilik tutumu və termoe.h.q. hesablanmışdır. Alınmış ifadələr istilik tutumu və termoe.h.q.-nin lövhənin qalınlığı və elektronların temperaturundan asılılığını yaxşı təsvir edir. Müəyyən edilmişdir ki, baxılan model üçün hesablanmış parametrlər Maksvell paylanması əsasında hesablanmış nəticələrdən kəskin fərqlənir.

Fizika

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası
Fizika-Riyaziyyat və Texnika Bölməsi
H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu*

MÜNDƏRİCAT

Sn _{1-x} Pr _x Te kristallarının elektrofiziki xassələri.	İ.M. Məmmədov	3
BaGa ₂ Se ₄ :Pr və BaGa ₂ Se ₄ :Pr,Ce kristallarının fotoluminenssiyası.	S.A. Abushov	6
Qələvi metal hidroksidlərinin sulu məhlullarının ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrləri.	E.Ə. Məsimov, H.Ş. Həsənov, B.G. Paşayev, Ç.İ. İbrahimov	9
PtSi kontaktı əsasında Şottki fotodiodlarının (ŞFD) effektivliyinin artırılmasının fiziki əsasları.	E.Ə. Kərimov, Ş.Ə. Bayramova	15
GeS _{0,5} Se _{0,5} bərk məhlulunun fiziki-kimyəvi xassələrinə La atomlarının təsiri.	M.İ. Murquzov, A.S. Ələkbərov, R.B. Bayramov	17
Azərbaycanın Xaçmaz rayonunun "4-cü şöbə" geotermal suyunun sıxlığının temperatur və təzyiqdən asılılığı.	N.D. Nəbiyev	19
Polietilenqlikolun duru sulu məhlulunun struktur xassələrinə K ⁺ , Na ⁺ ionlarının təsiri.	E.Ə. Məsimov, H.F. Abbasov	24
Hermetik porşenli kompressor sistemində fiziki proseslərin riyazi eksperiment metodu ilə tədqiqinin bəzi nəticələri.	S. Qəzənfəri, H.M. Quliyev, A.B. Baxşiyev	27
YSPE + x həcm % TiGaSe ₂ kompozitlərinin səthinin relyefinin atom qüvvət mikroskopu üsulu ilə öyrənilməsi.	E.M. Qocayev, Ş.Ə. Zeynalov	30
Relyativistik kvant zərrəciyinin ikiölçülü Kulon sahəsində hərəkəti.	Ş.M. Nağıyev, M.Y. Əfəndiyev	34
İngilis dilində dərc olunan məqalələrin qısa xülasəsi.		38



www.physics.gov.az