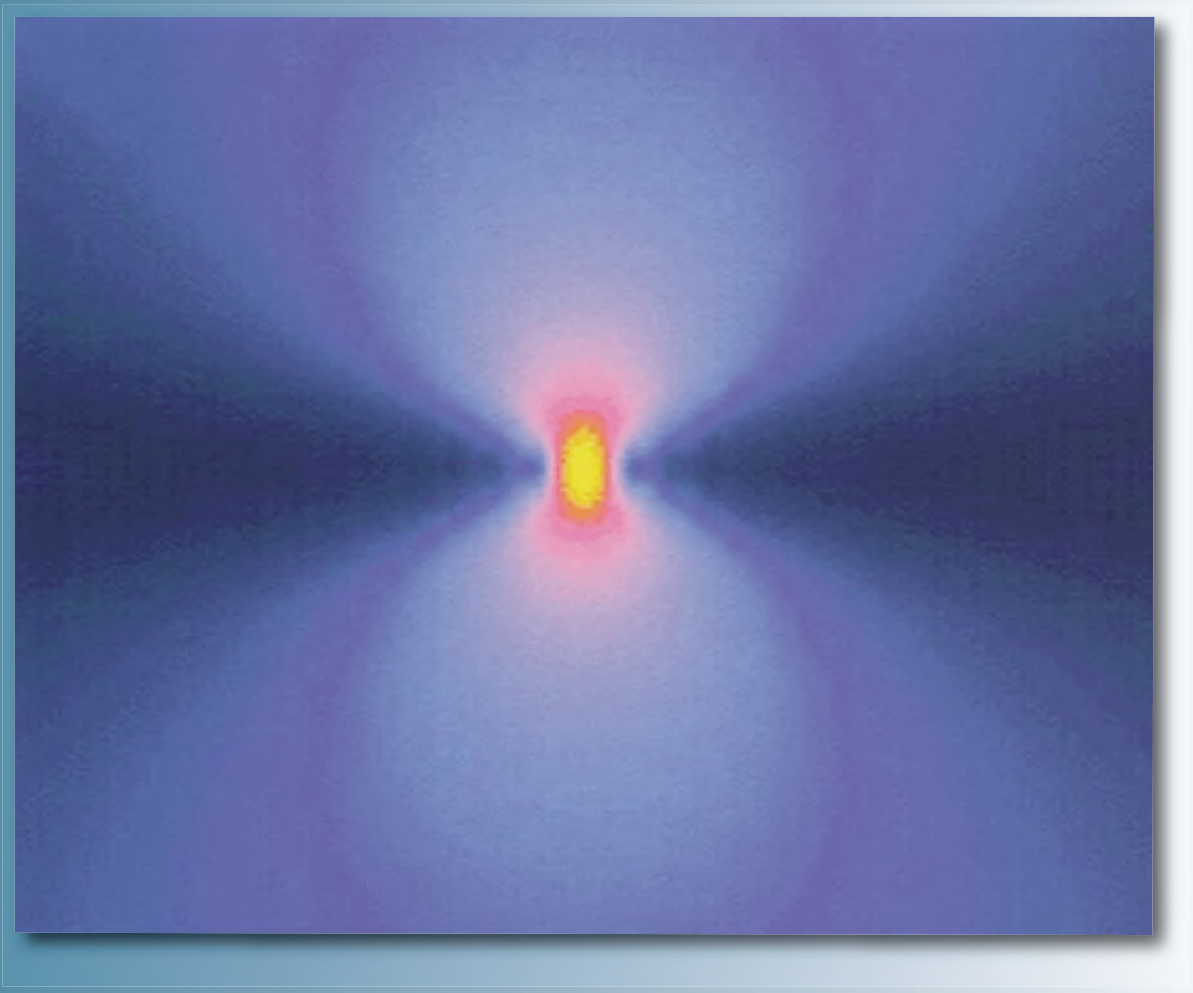
ISSN 1028-8546

Volume XIX, Number 1
Section: Az
April, 2013

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

Published from 1995

ISSN 1028-8546
vol. XIX, Number 1, 2013
Series: Az

Azerbaijan Journal of Physics

FİZİKA

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

HONORARY EDITORS

Arif PASHAYEV

EDITORS-IN-CHIEF

Nazim MAMEDOV 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
Majid Ebrahim-Zadeh, Spain
Firudin Hashimzadeh, Azerbaijan
Anatoly Boreysho, Russia
Mikhail Khalin, Russia
Hasan Bidadi, Tebriz, East Azerbaijan, Iran
Natiq Atakishiyev, Mexico
Maksud Aliyev, Azerbaijan
Bahram Askerov, Azerbaijan
Arif Hashimov, Azerbaijan
Vali Huseynov, Azerbaijan
Javad Abdinov, Azerbaijan
Bagadur Tagiyev, Azerbaijan
Tayar Djafarov, Azerbaijan
Talat Mehdiyev, Azerbaijan
Emil Guseynov, Azerbaijan
Ayaz Baramov, Azerbaijan
Tofiq Mammadov, Azerbaijan
Salima Mehdiyeva, Azerbaijan
Shakir Nagiyev, Azerbaijan
Rauf Guseynov, Azerbaijan
Almuk Abbasov, Azerbaijan
Iskender Djafarov, Azerbaijan
Yusif Asadov, Azerbaijan

TECHNICAL EDITORIAL BOARD

Senior secretary Elmira Akhundova, Nazli Guseynova, Sakina Aliyeva, Nigar Akhundova, Elshana Aleskerova

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: jophphysics@gmail.com
Internet: www.physics.gov.az

It is authorized for printing:

Published at "**SƏRQ-QƏRB**"
17 Ashug Alessger str., Baku
Typographer : Aziz Gulaliyev

Sent for printing on: __.__. 201_
Printing approved on: __.__. 201_
Physical binding:_____
Number of copies:_____200
Order:_____

AŞAĞIMOLEKULLU RƏNGLƏYİCİ ƏLAVƏLƏRLƏ MODİFİKASİYA OLUNMUŞ POLİOLEFİNLƏRDƏ YÜK HALININ TƏDQİQİ

M.Ə. RAMAZANOV
Bakı Dövlət Universiteti, AZ-1145, Bakı ş., Z. Xəlilov, 23

A.S. HÜSEYNOVA
Azərbaycan MEA-nın H.B. Abdullayev adina Fizika İnistitutu, AZ-1143, Bakı ş., pr. H. Cavid, 33

Təcrübi nəticələrin analizi göstərir ki, polimerin tipi və kompozitin ilkin komponentlərinin tərkibi yük halına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Polyarlaşmış nümunələrdən alınmış elektretlərdə yeni depolyarlaşma mərkəzləri yaranmağa başlayır. Bu effekt polyarlaşma sahəsinin yüksək gərginlikli təsirindən asılı olaraq daha dərin tələlərə elektronların təkrar zəbt olunması ilə bağlı ola bilər. Bundan əlavə, TSD piklərinin intensivliklərindən görünür ki, polyarlaşmış nümunələrin stabil yüklərinin miqdarı polyarlaşma şərtindən asılıdır.

UOT: 537.521
Açar sözlər: poliolefin, polyarlaşma, rəngləyici əlavə, termostimulə depolyarlaşma, polietilen, polipropilen.

Polimerlər və aşağımolekullu rəngləyici əlavələr əsasında yeni elektroaktiv kompozitlərin alınmasında onun xassələrini geniş diapazonda variyasiya edə bilən etibarlı, nəzəri və təcrübi modellər tələb olunur. Kifayət qədər böyük miqdarda aşağımolekullu rəngləyici əlavələr əlavə etməklə polimer materialın xassəsi həm polimer matrisdəki quruluş dəyişikləri ilə, həm də əlavə təbəqənin səthindəki dəyişikliklərlə müəyyən olunur [1-4]. Əlavələr kristallaşma və bərkimə sürətinə, relaksasiya keçidlərinin sürətinə, elektrik, mexaniki, termofiziki və digər xassələrə də təsir göstərir. Elektret yüklərinin stabilliyini proqnozlaşdırmaq və onların yaranma mexanizmini tədqiq etmək üçün termostimulə olunmuş depolyarlaşma metodundan istifadə olunur. Həmçinin bu metodla dielektriklərdə yüklənmə hallarını və relaksasiya proseslərini tədqiq etmək olar. [2-5].

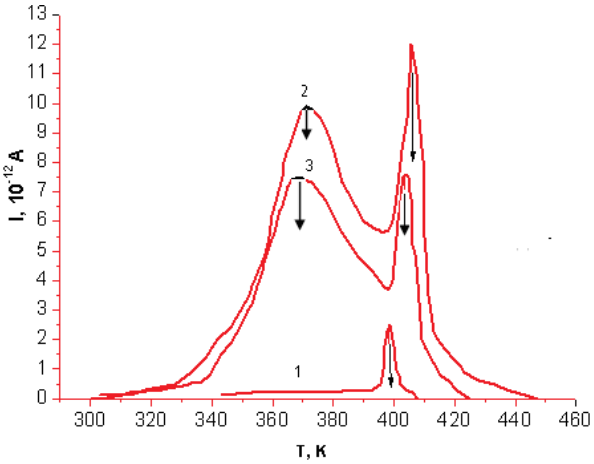
Polimer kompozitlər (PE+Cr, PE+$PbCrO_4$ və PP+MnO_2) T_p=353-413K temperaturlarda və elektrik sahəsinin intensivliyi E_p=(3-12)·10^6V/m olmaqla 1 saat ərzində elektrik sahəsinin təsiri ilə otaq temperaturuna qədər soyutmaqla elektrotermopolyarlaşmaya məruz edilib.

Nümunənin polyarlaşması zamanı toplanmış yüklərin qiyməti TSD sahəsindən hesablanıb. Fazalararası sərhəddə strukturun yaranması nəticəsində elektrik yükləri üçün dərin tələlər yaranır. Bunu TSD əyrilərində temperatur maksimumlarından da görmək olar.

TSD cərəyan əyrilərindən yüklərin relaksasiya aktivləşmə enerjisinin təyini üçün müxtəlif metodlar təklif olunmuşdur. Bu işdə aktivləşmə enerjisinin maksimumu TSD əyrilərinin cərəyan maksimumlarının temperatur vəziyyətinə görə hesablanıb:

$$E = k\frac{T_m(T_m - \Delta T)}{\Delta T}$$

Baxılan işdə elektrotermopolyarlaşmanın PE+Cr, PE+$PbCrO_4$ və PP+1%MnO_2 kompozitlərinin yük hallarına təsiri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, polyarlaşma sahəsinin intensivliyinin E_p=5·10^6V/m-ə qədər artması ilə kompozit materialda polyarlaşma prosesi yaxşılaşır, amma E_p>5·10^6V/m olduqda, həcmi yüklərin konsentrasiyası azalır. Müşahidə olunan effekt daxili elektrik sahəsinin təsiri ilə daha dərin tələlərdə elektronların təkrar zəbti ilə bağlı ola bilər.



Şəkil 1. T=373K temperaturda 1saat ərzində, elektrotermopolyarlaşmaya məruz qalmış PE+Cr kompoziti üçün çəkilmiş TSD əyriləri: 1. E_p=1·10^6V/m; 2. E_p=5·10^6V/m; 3. E_p=6·10^6V/m

TSD əyrilərindən (şəkil 1) görünür ki, PE+Cr kompozitində 2 maksimum (370K və 403-410K) müşahidə olunur (2,3 əyriləri). Şəkil 1-dən görünür ki, yüklərin miqdarı artır, sonra isə tədricən azalır. Yüksək gərginliklərdə polyarlaşmış elektret nümunələrdə (2,3 əyriləri) yeni polyarlaşma mərkəzləri müşahidə olunur.

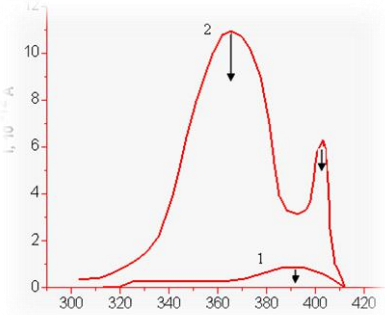
Bundan əlavə, TSD maksimumlarının intensivliklərindən görünür ki, yüksək gərginliklərdə polyarlaşmış stabil yüklərin miqdarı aşağı gərginliklərdə polyarlaşmış yüklərin miqdarından böyükdür. Cədvəl 1-də PE+Cr kompozitinin maksimumların aktivləşmə enerjisi və elektrotermopolyarlaşma gərginliyindən asılı olan yüklərin miqdarı gösrətilmişdir.

Cədvəl 1

E_p, 10^6 V/m	1	4		6	
		$T_{мах}$=370K	$T_{мах}$=403-10K	$T_{мах}$=370K	$T_{мах}$=403-410K
E_a, eV	2,6	0,27	1,25	0,24	4,6
Q, 10^{-10} Kl	1,89	60,5	23	46	15
σ,10^{-6}Kl/m^2	0,27	8,64	3,29	6,53	2,12

Şəkil 2-də 1 saat ərzində, T=373K temperaturda elektrotermopolyarlaşmaya məruz qalmış PE+$PbCrO_4$ kompoziti üçün çəkilmiş TSD əyriləri göstərilmişdir. TSD cərəyan əyrilərindən elektret halı xarakterizə edə bilən yüklərin sıxlığı, relaksasiya müddəti və aktivləşmə enerjiləri haqqında təfsilatı ilə məlumat alınır. TSD əyrilərindən görünür ki, E_p-dən asılı olaraq polyarlaşmış yüklərin miqdarı müəyyən edilə bilən TSD əyrilərinin sahəsi dəyişir.

E_p=1·10^6V/m gərginlikdə elektrotermopolyarlaşmaya məruz qalan PE+$PbCrO_4$ kompozitin TSD cərəyan əyrilərində 393K temperaturda maksimum müşahidə edilir (əyri 1), amma E_p=6·10^6V/m gərginlikdə isə, 365K və 402K temperaturlarda 2 maksimum müşahidə olunur (əyri 2). Polyarlaşmış nümunədə (əyri 2) 406-410K temperaturda depolyarlaşma oblastı yaranmağa başlayır.



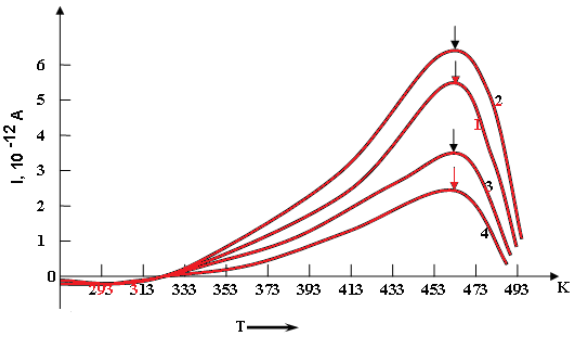
Şəkil 2. T=373K temperaturda 1saat ərzində, elektrotermopolyarlaşmaya məruz qalmış PE+$PbCrO_4$ kompoziti üçün çəkilmiş TSD əyriləri:
1. E_p=1·10^6V/m; 2. E_p=6·10^6V/m

Cədvəl 2-də PE+$PbCrO_4$ kompozitinin maksimumlarının aktivləşmə enerjisi və elektrotermopolyarlaşma gərginliyinin qiymətindən asılı olaraq yüklərin miqdarı göstərilmişdir.

Cədvəl 2

E_p, 10^6 V/m	1	6	
		T_{max}=365K	T_{max}=406K
E_a, eV	0,52	0,25	1,3
Q, 10^{-10} Kl	5,41	56	10,1
σ,10^{-6} Kl/m^2	0,77	8,12	1,4

E_p sahəsindən asılı olaraq PP+1%MnO_2 kompozitində (şəkil 3) TSD əyrilərindən hesablanmış polyarlaşma yüklərinin miqdarı dəyişir. Belə ki, E_p=5·10^6V/m qiymətinə qədər yüklərin miqdarı artır, sonra isə tədricən azalmağa başlayır. Təcrübələr sübut edir ki [5], elektret yüklərinin səthi sıxlığı TSD əyrilərindən hesablanmış yüklərin səthi sıxlığı ilə uzlaşır. Elektrotermopolyarlaşma zamanı faza sərhədinə yük yığılır ki, bu da doldurucu əlavənin ətrafında polimerin xassəsini dəyişdirir.



Şəkil 3. T=373K temperaturda 1saat ərzində, elektrotermopolyarlaşmaya məruz qalmış PP+1%MnO_2 kompoziti üçün çəkilmiş TSD əyriləri:
1. E_p=3·10^6V/m; 2. E_p=5·10^6V/m;
3. E_p=7·10^6 V/м; 4. E_p=10·10^6 V/м

Təcrübi nəticələrin analizi göstərir ki, polimerin tipi və kompozitin ilkin komponentlərinin tərkibi yük halına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Yüksək gərginlikdə və temperaturda polyarlaşmaya məruz edilmiş nümunələrdə yeni daha dərin polyarlaşma mərkəzləri formalaşır. Bundan əlavə, TSD piklərinin intensivliklərindən görünür ki, yüksək gərginliklərdə polyarlaşmış stabil yüklərin miqdarı alçaq gərginliklərdə polyarlaşmış yüklərin miqdarından böyükdür.

Cədvəl 3

E_p, 10^6 V/m	3	5	7	10
E_a, eV	1,5	2	1,3	1,29
σ,10^{-6} Kl/m^2	1,1	1,35	0,6	0,5

[1] *S.Q. Qax, Ye.D. Roqaq, Ye.V. Sviridov*. J. Texnicheskoy fiziki, 2001, t.71, vip.1, s. 49-52. (Rusca).

[2] *E.M. Qocayev, A.M. Maqerramov, S.S. Osmanova, M.A. Nuriyev, E.A. Allaxyarov*. Elektronnaya obrabotka materialov, 2007, №2, s. 84-88. (Rusca).

[3] *Chen Gang-Jin, Xiao Hui-Ming, Xia Zhong-Fu*. Charateristics of change accumulatron in hybrid elektret films of porons PTFE and PP with negative corona chage. China: Wuli

xuebao. Acta phys. sin., 2006, 55, №5, p. 2464-2469.

[4] *M.A. Ramazanov, S.A. Abasov, S.Sh. Bedirxanova, Z.E. Mustafayev*. Plastichniye massi, 2004, № 2, s. 22-24. (Rusca).

[5] *M.A. Ramazanov, A.S. Guseynova*. Moskva: J. Plasticheskiye massi, 2009, №8, s. 36-37. (Rusca)

M.A. Ramazanov, A.S. Huseynova

INVESTIGATION OF POLYOLEFINE CHARGE STATE MODIFIED BY ADDITIONS OF LOV-MOLECULAR DYE-STUFFS

Analysis of experimental results indicates that the component composition has a substantial influence on the charge state. The new region of depolarization initiates to be manifested by the electrets from polarized films. Given effect can be related to the repeated electron capture into deeper traps at the expense of internal electric field. Besides TSD peak intensity, and hence the number of stabilized charges for polarized samples depends on polarization condition.

М.А.Рамазанов , А.С.Гусейнова

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАРЯДОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛИОЛЕФИНОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДОБАВКАМИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Анализ экспериментальных результатов свидетельствует о том, что состав компонентов композиции существенно влияет на зарядовое состояние. У электретов из поляризационных пленок начинает проявляться новая область деполяризации. Этот эффект может быть связан с повторным перезахватом электронов в более глубокие ловушки за счет внутреннего электрического поля. Кроме того, интенсивность пиков ТСД, а следовательно, количество стабилизированных зарядов у поляризованных образцов зависит от условии поляризации.

Qəbul olunma tarixi: 24.01.2013

$CuCr_2S_4$ BİRLƏŞMƏSİNİN VƏ $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ BƏRK MƏHLUL ƏRİNTİLƏRİNİN İSTİLİK KEÇİRİCİLİYİ

Ə.F. QULİYEV, E.Ə. EYVAZOV, Ş.S. İSMAYILOV
Azərbaycan Texniki Universiteti, Az-1073, Bakı, H.Cavid pr., 25

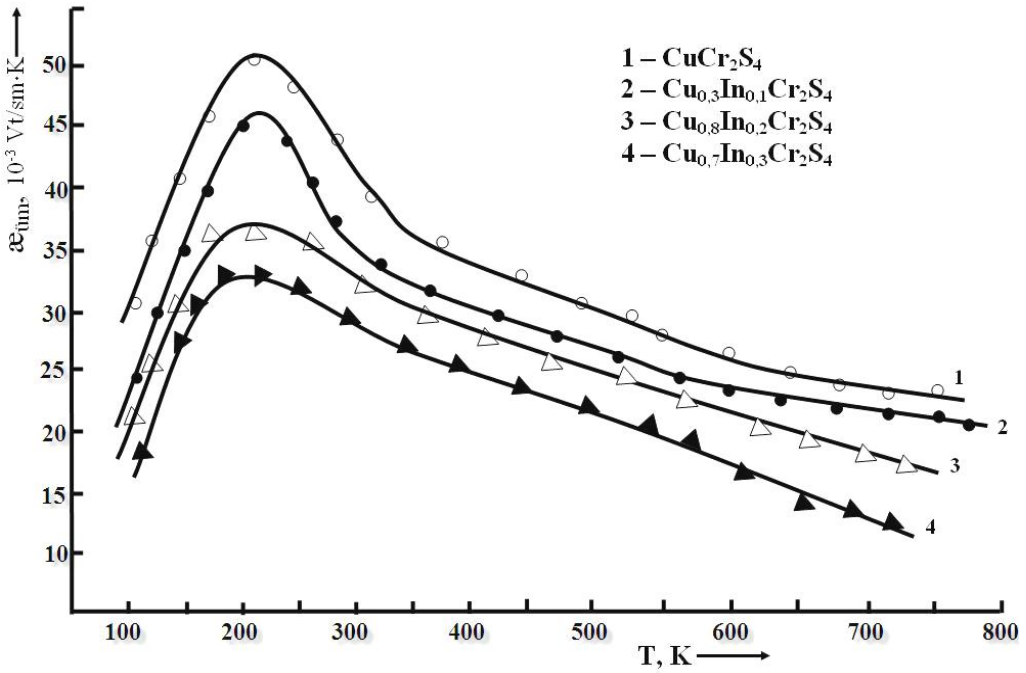
Ç.İ. ƏBİLOV
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Az-1000, Bakı, Ü. Hacıbəyov küç. 34

Aşqarsız $CuCr_2S_4$ birləşməsinin və $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlul ərintilərinin 80-750 K aralığında istilik keçiriciliyinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, nümunələrdə istiliyin daşınması qarışıq mexanizmlər üzrə baş verir. Bu mexanizmlərin mövcudluğuna səbəb, bir tərəfdən şpinellərə xas elementar özəkdə çox sayda atomların olması ilə əlaqədar yaranan kristallik quruluşun mürəkkəbliyi, digər tərəfdən isə dislokasiya və boşluq tipli defektlərin mövcudluğudur. Tərkibdəki xromun (elecə də misin) valentliyinin dəyişməsinin fonon səpilməsində təsiredici rolu vardır.

UOT: 537.311.33
Açar sözlər: fonon səpilməsi, üçfononlu mexanizm, əlavə qəfəs istilik müqaviməti

$CuCr_2S_4$ tətbiqi və elmi cəhətdən maraqlı birləşmə olmasına baxmayaraq, onun istilik xassələri geniş tədqiq edilməyib. Belə hal, bir tərəfdən bu birləşmənin çətin alınması səbəbindəndirsə, digər tərəfdən onun əsasən maqnit xassələrinin daha böyük maraq kəsb etməsi ilə əlaqədardır. Ümumiyyətlə, bu birləşmənin və onun əsasında alınan bərk məhlul kristallarının xassələri haqqındakı mövcud məlumatlar ziddiyyətlidir. Onun istilik keçiriciliyinin temperatur asılılığının tədqiqinə dair ədəbiyyat məlumatlarına rast gəlinmir. Məsələyə aydınlıq gətirmək məqsədilə tərəfimizdən $CuCr_2S_4$ birləşməsinin və onun əsasında alınan $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlul ərintilərinin 80-750K intervalında istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Nümunələrin sintez texnologiyası [1]-də verilmişdir. İstilik keçiriciliyinin ölçülməsi stasionar metodla [2] yerinə yetirilmişdir və ölçmələrdə buraxıla bilən xəta ~8% tərtibində olmuşdur.

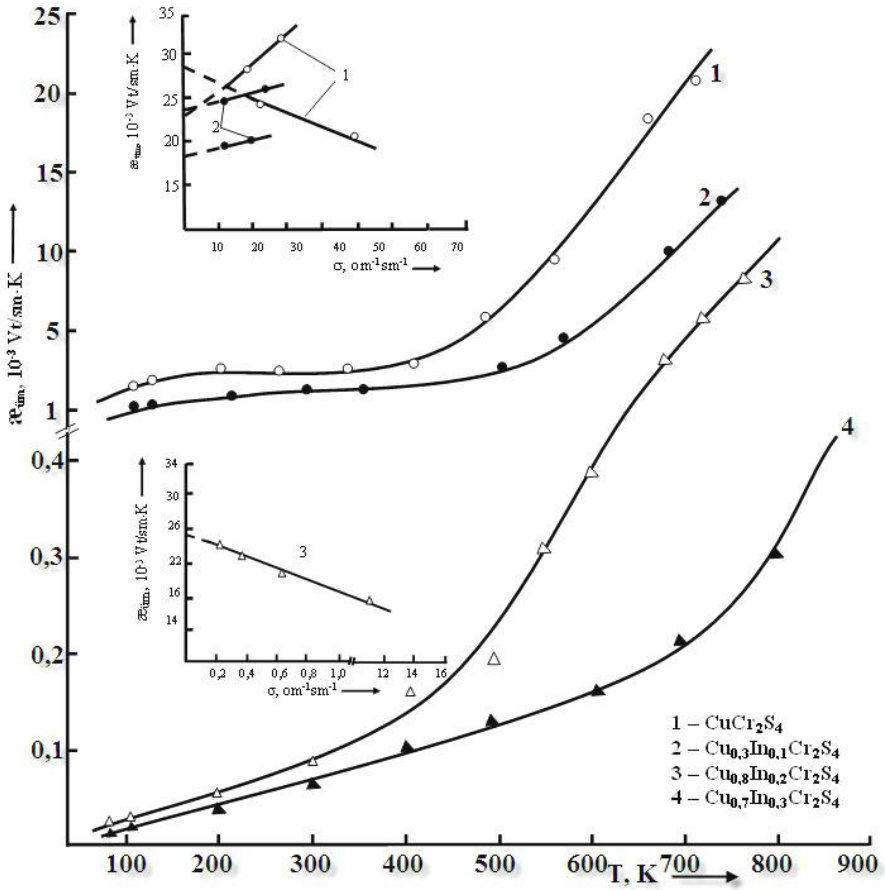
Şəkil 1-də aşqarsız $CuCr_2S_4$ birləşməsinin və onun əsasında aşkar edilmiş $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlul ərintilərinin ümumi istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılıqları verilmişdir.



Şəkil 1. $CuCr_2S_4$ birləşməsinin və onun əsasında olan $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlul ərintilərinin ümumi istilik keçiriciliyinin temperatur asılılığı (1- $CuCr_2S_4$; 2- $Cu_{0,9}In_{0,1}Cr_2S_4$; 3- $Cu_{0,8}In_{0,2}Cr_2S_4$; 4- $Cu_{0,7}In_{0,3}Cr_2S_4$)

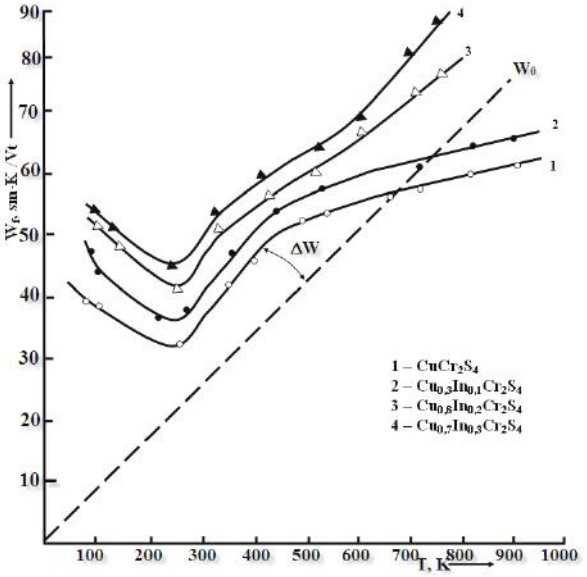
Maye azot temperaturlarında (~153 K-ə qədər) bütün nümunələrdə istilik keçiriciliyinin artması müşahidə edilir. $æ_{üm.}$ əmsalı maksimum qiymətə çatdıqdan sonra, temperaturun yüksəlməsi ilə istilikkeçiriciliyi adi üçfononlu hadisələrə uyğun olaraq dəyişir. İstilik keçiriciliyinin temperaturla belə dəyişməsi əvvəllər istər sadə yarımkeçirici materiallarda, istərsə də mürəkkəb tərkibli birləşmələrdə (o cümlədən mis sulfidində) müşahidə edil-

mişdir [3,4] və müəlliflər belə vəziyyəti istiliyin daşınmasında mürəkkəb mexanizmlərin mövcudluğu ilə əlaqələndirirlər. Məsələyə aydınlıq gətirmək məqsədilə, Videman-Frans qanunundan istifadə etməklə ümumi istilik keçiriciliyinin elektronlara görə olan hissəsi ayrılmışdır. Məlumdur ki, burada Lorens ədədinin düzgün seçilməsinin rolu böyükdür. Eyni zamanda, $æ_{üm} – æ_{el}$ fərqinə əsasən (əlbəttə, istilikkeçiriciliyinin $æ_{foton}$, $æ_{bipolyar}$ və s. komponentləri də nəzərə alınmalıdır. Lakin tədqiq edilən materiallarda şəffaflıq dərəcəsi çox zəifdir və bu səbəbdən fotonların ümumi istilikkeçiriciliyindəki payı nəzərəalınacaq səviyyədə deyil. Həmçinin, yüksək temperaturlarda $æ_{üm}$-nin temperatur asılılığı əyrilərindən görünür ki, nümunələrdə bipolyar istilikkeçiriciliyi hiss edilmir) kristallik qəfəs istilikkeçiriciliyinin də payı tapılmış və $æ_{üm}$-nın elektrikkeçiriciliyindən asılılığına görə bu payın dəqiqlik dərəcəsi müəyyənləşdirilmişdir. Belə ki, [5]-ə əsasən $æ_{üm} \sim f(\sigma)$ asılılıq əyrisinin σ_0-a ekstrapolyasiyası $æ_f$-nun qiymətlərinə uyğun gəlməlidir. Şəkil 2-dəki kiçik qrafiklərdən $CuCr_2S_4$ birləşməsi və onun əsasındakı $Cu_{0,9}$, $In_{0,1}$, Cr_2S_4 tərkibli bərk məhlul ərintisi (üst hissədəki asılılıqlar) üçün $æ_{üm} \sim f(\sigma)$ asılılığı verilmişdir.



Şəkil 2. $CuCr_2S_4$ birləşməsinin və $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlul ərintilərinin elektronlara görə olan istilik keçiriciliyinin temperatur asılılığı (kiçik qrafiklərdə nümunələrin ümumi istilik keçiriciliyinin xüsusi elektrik keçiriciliyindən asılılığı verilmişdir. Tərkiblərin işarəsi əsas qrafikdə olduğu kimidir) (1- $CuCr_2S_4$; 2- $Cu_{0,9}In_{0,1}Cr_2S_4$; 3- $Cu_{0,8}In_{0,2}Cr_2S_4$; 4- $Cu_{0,7}In_{0,3}Cr_2S_4$)

Asılılıqlarda σ_0-a ekstrapolyasiya iki qaydaya uyğun aparılmışdır. Birincisi, ayrılıqda aşağı (300 K-ə qədər) və yuxarı (500-700 K aralığı) temperaturlar üçün aparılan ektrapolyasiya. İkincisi, bütün temperaturlar üçün nöqtələr birləşdirilərək əyri σ_0-a ekstrapolyasiya olunur. Hər iki halda ordinat oxundakı rəqəmlər $æ_f$-nun hesablanan qiymətlərinə uyğun gəlmişdir. Şəkil 2-dəki əsas qrafiklər isə $CuCr_2S_4$ və $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlul ərintilərinin elektronlara görə olan istilik keçiriciliyinin temperatur asılılığını əks etdirir. Göründüyü kimi, bütün temperatur intervalında elektronlara görə olan istilik keçiriciliyi yüksəlir. Burada $CuCr_2S_4$ və $Cu_{0,90}In_{0,10}Cr_2S_4$ tərkibləri üçün elektronlara görə olan istilik keçiriciliyi yüksək qiymətlərə, $Cu_{0,8}In_{0,2}Cr_2S_4$ və $Cu_{0,7}In_{0,3}Cr_2S_4$ tərkibləri üçün isə nisbətən kiçik qiymətlərə malikdir. Ümumilikdə electronlara görə istilik keçiriciliyinin yüksək olması, elementar özəkdə atomların (elektronların) çoxluğu ilə əlaqədar olaraq kristallik qəfəsin mürəkkəbləşməsinin nəticəsi kimi səciyyələndirilə bilər. Digər tərəfdən, görünür tərkibdə indiumun miqdarı artdıqca, elektronların lokallaşma dərəcəsi güclənir ki, nəticədə də onların daşınma hadisələrindəki iştirakı zəifləyir. Bu səbəbdən, $Cu_{0,8}In_{0,2}Cr_2S_4$ və $Cu_{0,7}In_{0,3}Cr_2S_4$ tərkiblərində elektronlara görə olan istilik keçiriciliyi kiçikdir. [6] mənbəyinə əsasən atom və elektronların lokallaşması stexiometrik vakansiyalar tərəfindən yarana bilir. Lakin tədqiq edilən $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlullarında indiumun miqdarı artıqca bu vakansiyaların zəbt olunması prosesi baş verir və nəticədə yükdaşıyıcılarının lokallaşması zəifləyir. Qeyri-adi temperatur asılılığı kristallik qəfəsin istilik müqavimətində də müşahidə edilir (şəkil 3).



Şəkil 3. $CuCr_2S_4$ birləşməsinin və $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlul ərintilərinin kristallik qəfəs istilik müqavimətinin temperatur asılılığı (1- $CuCr_2S_4$; 2- $Cu_{0,9}In_{0,1}Cr_2S_4$; 3- $Cu_{0,8}In_{0,2}Cr_2S_4$; 4- $Cu_{0,7}In_{0,3}Cr_2S_4$)

Lakin W_f-in oxşar temperatur asılılığı kükürdlü yarımkeçirici birləşmələrə xas olan xüsusiyyətdir [7]. Ədəbiyyatlarda verilən məlumatlara görə bu birləşmələrdə istiliyin daşınması bir neçə mexanizm üzrə baş verir. Onların bəzilərini tədqiq etdiyimiz nümunələrlə müqayisə etsək, onda belə bir qənaətə gəlmək olar ki, 80-180 K temperatur intervalında mövcud olan fonon istilik müqaviməti istiliyin dislokasiyalardan səpilməsi ilə əlaqədardır. Buradakı asılılıqlarda $\sim T^{0,1}$ qanunu müşahidə edilir. Lakin bu halda istilik müqavimətinin dəyişilməsi yalnız dislokasiya ilə əlaqədar deyil, çünki qrafiklərdəki sonrakı dəyişilmələrdə fonon səpilməsində nöqtəvi defektlərdən (vakansiyalardan) səpilmə mexanizminin də rolunun olduğu hiss edilir [8]. ~200 K-dən başlayaraq W_f-nün artması baş verir və istiliyin daşınmasında $\sim T^{0,07}$ qanunu dominantlıq edir. Ümumi nöqteyi-nəzərdən, -200 K temperaturundan yuxarıda fonon müqavimətinin dəyişməsi bu kəmiyyətin nəzəri hesablanan (W_0) asılılığı ilə keyfiyyətlə uzlaşır. 220-500K intervalında nümunələrdə əlavə qəfəs istilik müqavimətinə də (ΔW_f) rast gəlinir. Yaranan əlavə qəfəs istilik müqavimətinin kəmiyyətcə qiymətini $\Delta W_f = W_f - W_{üçfonon}$ fərqi ilə qiymətləndirmək olar. Əlavə fonon müqavimətinin yaranması, qeyd edilən temperaturlarda nümunələrdəki istiliyin daşınmasında optiki-akustik mexanizminin də payının olduğunu göstərir. Lakin temperaturun yüksəlməsi ilə əlavə qəfəs istilik müqavimətinin zəifləməsi və istilikkeçiriciliyinin $\sim T^{0,1}$ qanununa tabe olması, nümunələrdə istilik daşınmasının üçfononlu mexanizm üzrə baş verdiyinin göstəricisidir. Qeyd etmək lazımdır ki, qəfəs istilik müqavimətinin temperatur asılılıqlarında elə temperatur intervalı mövcuddur ki, (məs. 550-650 K) orada fonon səpilməsi «atılma» prosesləri kimi özünü biruzə verir.

Beləliklə, tədqiq edilən nümunələrdə istiliyin daşınmasının göstərilən mexanizmlərlə baş verməsi, onların kristallik quruluşunun mürəkkəbliyi və müxtəlif növ defektlərin mövcudluğu ilə əlaqədar ola bilər. Digər tərəfdən, mövcud ədəbiyyat məlumatlarına görə [9-11], $CuCr_2S_4$ birləşməsi və onun əsasındakı bərk məhlullarda xromun (eləcə də misin) valentliyinin dəyişilməsi baş verir. Bunun nəticəsində kristallik qəfəsdə müəyyən deformasiyalar yaranır ki, onlar da öz növbəsində, fonon səpilməsində mexanizmlərin müxtəlifliyinə səbəb olur.

[1] *Ə.F. Quliyev, H.İ. Həşimov.* $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlullarının alınması və fiziki-kimyəvi xassələri. Fiziki-kimyəvi analiz və qeyri-üzvi materialşünaslıq VI Respublika elmi konfransının məqalələr toplusu. Bakı, 2000, BDU-nun mətbəəsi, s. 235-239.

[2] Teploprovodnost tverdıx tel (spravoçnik). Pod. red. *A.S.Oxotina*. M., Enerqoatomizdat, 1984, 320s. (Rusca)

[3] *A.S. Oxotin, A.S. Puşkarskiy, V.V. Qorbaçev.* Teplofiziçeskiye svoystva poluprovodnikov. M., Atomizdat, 1972, 200 s. (Rusca).

[4] *İ.A. Smirnov, L.S. Parfenyeva, A. Yejovskiy, X. Miserek, S. Krempel-Xesse, F.Ritter.* Fizika tverdoqo tela, 1999, Tom 41, №9, s. 1548-1551. (Rusca)

[5] *V.S.Oskotskiy, İ.A.Smirno*v Defektı v kristallax i teploprovodnost. 1972, L., Nauka, 160 s. (Rusca)

[6] *Y.D. Tretyakov, İ.V. Qordeyev, V.A. Alferov, Y.Q. Saksonov.* Neorqaniçeskiye materialı, 1972, tom 8, №12, s. 2215-2216. (Rusca)

[7] Y.*İ. Raviç, B.A.Yefimova, İ.A. Smirnov.* 1968, M., Nauka, 330 s. (Rusca)

[8] *M.İ. Aliyev* Teploprovodnost poluprovodnikov. 1963, Baku, İzdatelstvo AN Azerb.SSR, 148 s. (Rusca)

[9] *L.İ.Koroleva, M.A.Şalimova*. Fizika tverdoqo tela. 1979, Tom 21, №2, s. 449-456. (Rusca)

[10] *Z. Metfessel, D. Mattis.* Maqnitnıye poluprovodniki. 1972, M., Mir, 362 s. (Rusca)

[11] *T.Q. Aminov, Q.Q. Şabunina, D.İ. Kirdyankin, Y.V.Buşeva, V.M.Novotorsev.* Jurn. Kondensirovannıye sredı i mejfaznıye qranitı, 2011, Tom 13, №1, s. 105-110. (Rusca)

A.F. Quliyev, E.A. Eyvazov, CH.I. Abilov, SH.S. Ismailov

THE THERMAL CONDUCTIVITY OF $CuCr_2S_4$ COMPOUND AND ALLOYS SOLID SOLUTIONS $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$

Temperature dependence of the thermal conductivity invariably connection compounds $CuCr_2S_4$ and alloys solid solutions $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ in interval 80-750K is studied. Found that the heat transfer in the samples are mixed mechanisms. When the cause of the existence of these mechanisms on the one hand due to the set of atoms characteristic of spinel, leading to the complexity of the

unit cell, on the other hand, the presence of defects such as dislocations and vacancies. Variable valence of chromium in the composition also plays the important role of phonon scattering.

А.Ф. Кулиев, Э.А. Эйвазов, Ч.И. Абилов, Ш.С. Исмаилов

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ $CuCr_2S_4$ И СПЛАВОВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$

В интервале 80-750К изучена температурная зависимость теплопроводности беспримесного соединения $CuCr_2S_4$ и сплавов твёрдых растворов $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$. Выявлено, что перенос тепла в образцах осуществляется смешанными механизмами. Причиной существования этих механизмов, с одной стороны связано множеством числа атомов в элементарной ячейке характерной шпинелям, приводящей к сложности структуры, с другой, присутствием дефектов типа дислокации и вакансий. Переменная валентность хрома в составе также имеет влияющую роль в рассеянии фононов.

Qəbul olunma tarixi: 28.01.2013

SiO_2 NANOTOZUNUN XÜSUSİ SƏTH SAHƏSİNİN HESABLANMASI VƏ NANO SiO_2 - H_2O SİSTEMLƏRİNİN ALINMASI

E.M. HÜSEYNOV, A.A. QƏRİBOV, R.N. MEHDİYEVA
AMEA - nın Radiasiya Problemləri İnstitutu
AZ 1143, Bakı şəh. B.Vahabzadə 9
elchin55@yahoo.com

Nanotozlarda xüsusi səth sahəsini birbaşa və ya dolayı yolla müəyyən etmək mümkündür. Bunun üçün geniş istifadə olunan bir neçə metod vardır ki, bunlardan da "hissəciyin ölçülərinin həcmdə paylanması" üsulu, Brunauer–Emmet–Teller metodu, Blain metodu və s. göstərmək olar. Biz burada xüsusi səth sahəsini hesablamaq üçün əsasən "hissəciyin ölçülərinin həcmdə paylanması" metodunu daha geniş nəzərdən keçirmişik və uyğun üsulla müvafiq hesablamaları aparmışıq. Belə ki, tərəfimizdən müxtəlif ölçülərdə nano SiO_2 tozunun xüsusi səth sahəsi "hissəciyin ölçülərinin həcmdə paylanması" üsulu ilə hesablanmışdır. Hesablamalar toz halında olan nümunənin müxtəlif ölçüləri üçün aparılmışdır (20nm, 40nm və 60nm). Uyğun nəticələrə müvafiq olaraq nanotoz səthində yerləşən SiO_2 birləşmələrinin sayı hesablanmış və H_2O molekulları müvafiq miqdarda toza vurulmuşdur. Hesablamalar nəticəsində alınan qiymətlərə uyğun olaraq nanotoza adsorbsiya ediləcək suyun miqdarı elə seçilmişdir ki, qatışıqda bir SiO_2 birləşməsinə bir,üç və beş su molekulu uyğun gəlsin.

Açar sözlər: nanotoz, xüsusi səth sahəsi, nano SiO_2, nano SiO_2 – su sistemləri, SiO_2 nanotozu
PACS: 81.16.-c; 81.07.Bc; 61.46.Df

1. Giriş.

Xüsusi səth sahəsi (specific surface area - SSA) dedikdə vahid kütlədə hissəciklərin bütün mümkun tam səth sahəsi başa düşülür ($m^2 \cdot q^{-1}$). Bundan əlavə həcmi xüsusi səth sahəsi də vardır ki, bu da vahid həcimdə yerləşən SSA miqdarıdır (m^2/m^3). Təqdim olunan işdə sadəcə su ilə təmasda ola biləcək səth sahəsi daha çox maraq kəsb edir. Toz və bərk kütlə halından əlavə, SSA müxtəlif qatışıqlar və qatışıqın xüsusi hissəsi üçün də hesablana bilər.

Nanotozlarda SSA–nı birbaşa və ya dolayı yolla müəyyən etmək mümkündür. Bunun üçün geniş istifadə olunan bir neçə metod vardır ki, bunlardan da "hissəciyin ölçülərinin həcmdə paylanması", BET (Brunauer–Emmet–Teller) metodu, Blain metodu və s. göstərmək olar. Öncə qısa olaraq Blaine metodunu nəzərdən keçirək. Belə ki, bu metod ayrı-ayrılıqda qurudulmuş və sıxılmış tozun təzyiq fərqinə əsaslanır ki, bu da tozun və havanın kinematik qatılığından asılıdır. Bu üsulla təyin edilən SSA real SSA qiymətindən müəyyən qədər çox olur. Belə ki, bu ölçmələrdə (məsələn standart ölçmələr zamanı) mövcud artıqlıq nəzərə alınmalıdır. Ümumiyyətlə bu metodlar içərisində nisbətən dəqiq üsul "hissəciyin ölçü paylanması" üsuludur ki, biz də burada bu metodu ətraflı nəzərdən keçirəcəyik və müvafiq hesablamaları bu üsulla aparacağıq. Burada müxtəlif ölçülərdə alınmıış [1] nano SiO_2 tozunun SSA–sı hesablanmışdır. Uyğun nəticələrə müvafiq olaraq səthdə yerləşən SiO_2 birləşmələrinin sayı hesablanmış və H_2O molekulları müvafiq miqdarda toza vurulmuşdur. Belə ki, nanotoza adsorbsiya edilən suyun miqdarı elə seçilmişdir ki, qatışıqda bir SiO_2 birləşməsinə bir,üç və beş su molekulu uyğun gəlsin.

2. PSD üsulu ilə SSA-nın hesablanması.

Bu üsulla verilən nanotoz üçün SSA birbaşa hesablanmır, o "hissəciyin ölçü paylanması" (particle size distribution - PSD) məlumatlarına əsasən hesablanır. Bu yanaşma ilə, nanotozun hissəcik ölçülərinin paylanmasını qiymətləndirmək hər halda mümkündür və hissəciyin ölçüsünün minimallığına heç bir məhdudiyyət yoxdur. Beləliklə də, Blaine üsulundan fərqli olaraq, bu üsulla SSA daha kiçik nanotozlar üçün nisbətən dəqiq hesablana bilər.

Daha dəqiq SSA üçün dolayı hissəcik ölçüsü paylanmasından (PSD) istifadə edilir [2]. Fərz etsək ki, bütün hissəciklər kürə formasındadır, onda aşağıdakı hesablamaları apara bilərik. Belə ki, kürələrin həcmi V_{sfera} və səth sahəsi S_{sfera} uyğun olaraq belə təyin edilə bilir: $V_{sfera}=(\pi d^3)/6$ və $S_{sfera}=\pi d^2$ (burada d kürənin diametridir). Son iki düsturdan səth sahəsinin həcmə nisbətini hesablayaq:

$$\frac{S_{sfera}}{V_{sfera}} = \frac{6}{d} \qquad (1)$$

Qəbul etsək ki, bütün hissəciklərin diametri d qədərdir, onda ümumi hissəciklərin həcmi m/ρ_n kimi təyin etmək olar (burada m ümumi kütlə, ρ_n isə nümunənin xüsusi sıxlığıdır). Bir hissəciyin həcmindən istifadə edərək, nümunədə olan ümumi hissəciklərin sayını aşağıdakı kimi təyin edə bilərik:

$$n = \frac{m_{numune}}{\frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho_n} \qquad (2)$$

Buradan nümunənin ümumi SSA-sı aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$S = n \cdot S_{hissecik} = \frac{6 \cdot m_{numune}}{d \cdot \rho_n} \qquad (3)$$

Malvern 2000 nümunə (nümunələrin ölçü diapazonu 10nm÷10μm aralığında olmuşdur) üzərində hesablamalar apararaq müəyyən etmişdir ki, səth sahəsinin artım faktoru $d_{i+1}/d_i=1,14815$ kimidir və bu faktor bəzən diametrlər nisbəti də adlandırılır (u kimi işarə olunur). Bu yolla

n=100 fraksiyada *i*={1,.....,*n*} olduqda *n+1* sayda hissəcik diametri d_i nəzərdən keçirilmişdir. Alınan diametrlər nisbəti dar diapazonda xarakteristikdir ki, bu da PSD modelləşməsində öz həllini tapmışdır. Xarakteristik hissəcik ölçüsünün *i* fraksiyasının d_i və d_{i+1} diametrlərində (3) tənliyinin köməyilə SSA asanlıqla hesablana bilər. Hurt orta ölçüləri tətbiq etdiyi halda, digər tədqiqatçılar həndəsi orta yanaşmasından istifadə etmişlər [4,5]. Fraksiyanın (ω_i) orta diametri $d_{i,orta}$ aşağıdakı kimi hesablana bilər:

$$\overline{d_{i,\,orta}} = \frac{d_i + d_{i+1}}{2} \qquad (4)$$

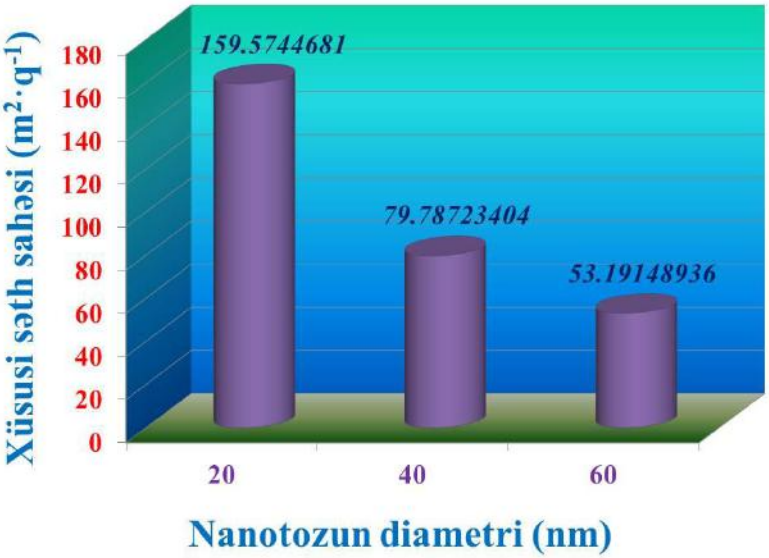
Nümunənin *i* nömrəli kütlə fraksiyasını kütlə ilə əvəz etsək və d_i və d_{i+1} aralığında kütlə fraksiyasını nəzərə alsaq ümumi səth sahəsini tək *i* fraksiyası ilə aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$S_i = \frac{\omega_i \cdot m_{numune} \cdot 6}{\overline{d_{i,\,orta}} \cdot \rho_n} \qquad (5)$$

və bütün nümunələr üçün ardıcıl olaraq cəmlənmə aparsaq alarıq:

$$S_{sfera} = 6\sum_{i=1}^{n} \frac{\omega_i \cdot m_{numune}}{\overline{d_{i,\,orta}} \cdot \rho_n} \qquad (6)$$

(6) bərabərliyinə həmçinin ədəbiyyatlarda rast gəlmək olar [3]. S_{sfera} ilə SSA hesablana bilər, buna oxşar olaraq S_{Blain} Blain səth sahəsi də hesablana bilər ki, bunlara uyğun sıxlıq ρ_n vasitəsilə həcmi səth sahəsi *a* (m^2/m^3) hesablanır.



Şəkil 1. SiO_2 nanotozunda SSA – nın hissəciyin diametrindən asılılıq diaqramı

Buradan görünür ki, (5) bərabərliyinin köməyilə nümunənin hissəciklərinin orta ölçüsü məlum olarsa onun xüsusi səth sahəsini asanlıqla hesablamaq olar (S_i-ni ümumi qəbul edərək). Məhz biz də (5) düsturundan istifadə edərək 20nm, 40nm və 60nm ölçülərdə SiO_2 nanotozunun xüsusi səth sahəsini hesablamışıq (qeyd edək ki, nano SiO_2 tozunun sıxlığı 0,94q/sm^3, ω_i sabiti isə 0.5 qəbul edilmiş və burada $m_{nümunə}$ kütlənin kiloqramlarla ifadəsidir, biz bunu qramla ifadə etmişik. Hesablamalar normal şəraitdə aparılmışdır). Alınmış uyğun səth sahələri şəkil 1-də təsvir edilmişdir.

Qeyd edək ki, reallıqda nümunələr nadir hallarda ideal sferik formaya malik olur ki, kvars da bu nümunələrdəndir. Amma buna baxmayaraq kürələrin forma faktoru sayılan ξ düzəlişini tənliyə daxil etmək zəruridir. Beləliklə düzəliş verildikdən sonra alınan yekun tənlik aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$S = 6 \cdot \xi \sum_{i=1}^{n} \frac{\omega_i \cdot m_{numune}}{\overline{d_{i,\,orta}} \cdot \rho_n} \qquad (7)$$

Bu nəticələr bir çox ədəbiyyatlarda qeyd edilib və Almaniyanın DIN 66141 standartlarına uyğundur [2,5].

Həmçinin, (5) bərabərliyindən istifadə edərək nanotozun xarakteristik hesabi (ədədi) orta diametrini hesablamaq olar. Qeyd edək ki, "həndəsi orta diametr" anlayışından daha intensiv istifadə olunur. Amma nəzərə almaq lazımdır ki, hesabi və həndəsi orta diametrlərindən istifadə edərək hesablanmış SSA-nın qiymətləri bir az fərqli olur. Diametrlərin ölçüləri nisbəti (*u*) aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$u = \frac{d_{i+1}}{d_i} \qquad (8)$$

(8) münasibətini (4) münasibətində nəzərə alsaq,alarıq:

$$\overline{d_{i,\,orta}} = \frac{d_i(1+u)}{2} \qquad (9)$$

(8) münasibətini həndəsi orta qiymətinə uyğunlaşdırsaq alarıq:

$$\overline{d_{i,\,hendesi}} = \sqrt{d_i \cdot d_{i+1}} = d_i\sqrt{u} \qquad (10)$$

(9) və (10) ifadələrindən istifadə edərək, hesabi və həndəsi orta qiymətlərin nisbətini aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$\frac{\overline{d}_{i,\,hesabi}}{\overline{d}_{i,\,hendesi}} = \frac{1+u}{2\sqrt{u}} \qquad (11)$$

Son münasibət nanohissəciklərin diametrinin hesabi və həndəsi orta qiymətlərin SSA hesablamalarında meydana gətirə biləcəkləri fərq faktorunu ifadə edir. Buradan görünür ki, bu aradakı fərq u-nun qiymətinin artması ilə artır. Buna görə də, $u=\sqrt{2}$ kimi ifadə edilərsə demək olar ki, ən kiçik mümkün artım dəyəri alarıq və bu da nisbətin ardıcıl saxlanmasını xarakterizə edir (98%). Digər tərəfdən əgər biz u=2 qədər qəbul etsək, demək olar ki, yayınma hələ də kiçik olur (94%). Bu maddələr üçün hesabi orta qiymət demək olar ki, nano hissəciyin real ölçülərini ifadə edir. Əgər biz həndəsi ortadan istifadə ediriksə, onda PSD üsulu ilə hesablamalarda (11) düsturunu (7) düsturunda nəzərə almaq lazımdır. Dəqiq SSA hesablamalarına nail olmaq üçün hissəcik ölçüləri və formaları müvafiq olmalıdır. Sonda qeyd edək ki, bütün hallarda aparılan hesablamalar müəyyyən dəqiqliklə yerinə yetirilir və xətaları vardır.

3. Nano SiO_2 – H_2O sistemlərinin alınması

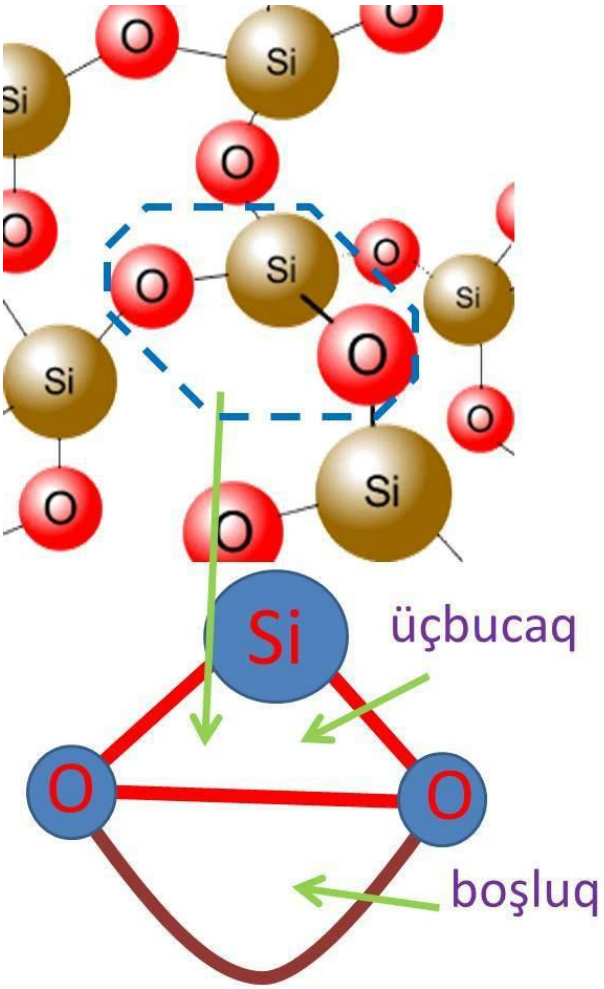
Molekullararası qarşılıqlı təsir və su qatışıqları müasir elmi tədqiqatın geniş maraq dairəsinə malikdir [6-8]. Materialşünaslıq, ekoloji və bioloji elmdə bir çox fiziki proseslər kiçik su molekullarının təsiri altındadır. Tərkibində su olan qatışıqlar və məhlul molekulları təbii hidrogen rabitəni, qatışıqda olan hissəciklərin strukturunu, proton və ya hidrogen atomlarının hərəkətini, ümumiyyətlə struktur və dinamika arasındakı qarşılıqlı təsiri öyrənmək üçün ideal sistemdir. Son onillikdə, molekul/ion-su çoxluqlarında müxtəlif dəyişikliklər təcrübi və nəzəri olaraq öyrənilmişdir [6-8].

Çox önəmli texniki material sayılan silisium 4- oksid bir neçə tədqiqat işlərində tədqiq olmuşdur. Xüsusilə, su molekulları ilə onun qarşılıqlı təsiri geofizika və materialşünaslıq elmində son zamanlar diqqət mərkəzindədir [8-15]. Təsir altında materialda yayılma və çatların çoxalma səbəbi ehtimal olunur ki, "hidrolitik zəifləmə effekti" (hydrolytic weakening effect) adlandırılan effektin nəticəsidir [14,15]. Müəyyən olundu ki, su SiO_2 birləşməsində olan Si-O rabitəsində mövcud qarşılıqlı təsir qüvvəsini azaldır.

Hidrolitik zəifləməni başa düşmək, materialların məlum mexaniki xassələrinə əlavə olaraq, lazımdır ki, kimyəvi preparatın və reaksiya dinamikasının dəqiq təsviri məlum olsun. Kvant mexanikasının tədqiqatları rabitə, rabitə zəifləməsi və rabitə qırılması proseslərini tam başa düşmək üçün zəruridir. Bu hissəciklərin trayektoriyaları üzrə sistemin elektron strukturunun kvant təsviri ilə molekulyar dinamika modelləşdirmələrini tələb edən prosesin dinamikasını araşdırmaq vacib məsələdir. Məlum birləşməni modelləşdirmək üçün müvəffəqiyyətlə istifadə edilən adi klassik molekulyar dinamika, yüksək dəqiqliklə kimyəvi reaksiyaları öyrənmək üçün müvafiq deyildir.

Bu sistemlərin tədqiqi üçün "çox miqyaslı" (multiscale) modelləşmə metodları inkişaf etdirilmişdir [17] və məlum olmuşdur ki, qrup modeli hələ də bu modellər arasında daha çox faydalıdır. Məsələn, səthin formasını və ya çatın tipini ardıcıl təsvir etmək üçün, şəffaf strukturdan əldə edilən informasiyadan istifadə etmək müvafiq deyildir. Bəzi tələbləri müəyyən qədər ödəyən, nisbətən böyük ölçülü nümunəvi səthi struktura malik nümunə "klassik molekulyar dinamika" (classical molecular dynamics) modelləşməsinə əsasən son 20 illikdə alınmışdır [13-15]. Bu struktur bir neçə nümunəvi qatışıqlarda və gələcək optimallaşmada hesablamaları nisbətən azaldır. SiO_2 səthinin xüsusiyyətlərini əks etdirən bu modellər səthdə reaktiv sahələrinin olduğunu təklif etməyə əsas verir. Kvant mexanikası vasitəsi ilə SiO_2 nanohissəcikləri və su arasındakı qarşılıqlı təsirin öyrənilməsi, SiO_2 nanohissəciklərinin səthində suyun parçalanma prosesini izah edir.

Bu günə qədər aparılan tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, bir SiO_2 birləşməsi özündə maksimum üç su molekulunu dipol olaraq saxlaya bilir [16]. Digər əlavə olunmuş su molekulları demək olar ki, SiO_2 birləşməsi ilə qarşılıqlı təsirdə olmur. Biz bu nano sistemləri xüsusi nisbətlərdə almışıq, belə ki, hesablanmış SSA-nın qiymətindən və bir SiO_2 molekulunun səth sahəsindən istifadə edə-



Şəkil 2. Bir SiO_2 birləşməsinə düşən səth sahəsinin Hesablanması

rək səthdə yerləşən SiO_2 birləşmələrinin sayını hesablaya bilərik. Şəkil 2-də hesablama fəzası əyani olaraq göstərilmişdir. Sadəcə 40nm ölçülü nümunə üçün aparılan ölçmələri qısa olaraq nəzərdən keçirək (digər ölçülü nanotozlar

üçün də ölçmələr analoji qaydada aparılmışdır). Bu ölçmələr üç addımdan ibarətdir:

1. Bir SiO_2 birləşməsinə düşən səth sahəsi=0.04994nm^2 (boş fəza ilə birlikdə O-Si-O üçbucağının sahəsi)+0.02186nm^2 (bir Si atomunun yarımsferasının sahəsi d_{Si}~1,18Å)+0.00663nm^2 (bir O atomunun yarımsferasının sahəsi,d_O ~ 0,65Å)=0.07843nm^2

2. Bir qram SiO_2 nano tozunun səthdə olan SiO_2 birləşmələrinin sayı (40nm üçün) =79,78723m^2/0,07843·10^{-18}m^2=1017,304985·10^{18}= 10,17305·10^{20}sayda SiO_2 birləşməsi

3. Bir qram SiO_2 nanotozuna qatılacaq suyun miqdarı (bir SiO_2 birləşməsinə bir su molekulu) = =18·10,17305·10^{20}/6,022·10^{23} =

4. 30,407655·10^{-3}q= 0,0304077q. Buradan bir SiO_2 birləşməsinə üç və beş su molekulu düşən birləşmə almaq üçün uyğun olaraq 0,091223q və 0,152039q su ilə qatışdırmaq kifayətdir (nəzərə alsaq ki, nanotoz səthində olan birləşmələrin yarısı qarşılıqlı təsirdə iştirak edir, onda hesablanmış su miqdarlarının yarsının götrülməsi məqsədyönlü olar).

Baxmayaraq ki, bu tədqiqatlar bir neçə xüsusi sistemlərdə qiymətli məlumatları əldə etməyə kömək edir, SiO_2-H_2O sistemlərində qarşılıqlı təsirin fiziki və kimyəvi xassələrini tam şəkildə izah etmir. Lokal strukturda suyun effektini tam başa düşmək üçün ilkin fundamental addım $(SiO_2)_n$–H_2O qatışıqlarına müxtəlif ölçü və konfiqurasiyalarda sistematik yanaşmaqdır. Bu yanaşma qatışıq və amorf SiO_2 birləşməsinin lokal strukturunu öyrənmək üçün istifadə oluna bilər. Qeyd edək ki, sistematik yanaşmada $(SiO_2)_n$–H_2O qatışıqlarında SiO_2 nanohissəciyinin fərqli ölçülərdə su molekulları ilə qarşılıqlı təsiri ilk prinsip deyil. Əvvəllər bu qarşılıqlı təsir nisbətən spesifik model ilə bir su molekulunun SiO_2 hissəciyinin səthinə təsiri tədqiq edilib [14].

3. Nəticə

Biz bu işdə müxtəlif ölçülər üçün nano SiO_2 tozunun SSA-nı hesablamışıq. Hesablamalar toz hissəcikləri ölçüsünün 20nm, 40nm və 60nm qiymətləri üçün aparılmışdır və gözlənilən nəticə alınmışdır. Belə ki, 20nm, 40nm və 60nm ölçülü hissəciklər üçün SSA uyğun olaraq təqribən 160m^2·q^{-1}, 80m^2·q^{-1} və 53m^2·q^{-1} kimi müəyyən edilmişdir. Uyğun nəticələrə müvafiq olaraq səthdə yerləşən SiO_2 birləşmələrinin sayı hesablanmış (10,17305·10^{20}sayda SiO_2 birləşməsi, 40nm üçün) və H_2O molekulları müvafiq miqdarda toza vurulmuşdur. Hesablama qiymətlərinə uyğun olaraq nanotoza adsorbsiya edilən suyun miqdarı elə seçilmişdir ki, qatışıqda bir SiO_2 birləşməsinə bir,üç və beş su molekulu uyğun gəlir.

---

[1] *R.N.Mehdiyeva, A.A.Qəribov, E.M.Hüseynov*. AMEA XƏBƏRLƏRİ, Fizika-Riyaziyyat və Texnika elmləri seriyası, Fizika və Astronomiya, ISSN 0002-3108, Vol. XXXII, №5, 83/148, Bakı 2012

[2] *W. McCabe, J.C. Smith.* Unit operations of chemical engineering. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.; 1956.

[3] *L.P. Hunt, C.W. Elspass*. "Particle-size properties of oilwell cements" Cem Concr Res 1986;16(6):805–12.

[4] Sympatec GmbH. "Software algorithm for the derivation of the PSD-based specific surface area for WINDOX/HELOS-DOS 4.7". Germany: Clausthal - Zellerfeld; 2001

[5] *Taylor* HFW. Cement chemistry. 2nd ed. London: Thomas; 1997.

[6] *L. Poth, Z. Shi, Q. Zhong, and A. W. Castelman*. Jr., Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes 154, 35, 1996*; H. Wincel, E. Mereand, and A. W. Castelman*, Jr., J. Phys. Chem. 98, 8606, 1994.

[7] *K. Honma, L. S. Sunderlin, and P. B. Armentrout.* Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes 117, 237, 1992; *J. F. Garvey, W. J. Herron, and G.Vaidyanathan*, Chem. Rev. 94, 1999, 1994.

[8] *C. J. Gruenloh, J. R. Carney, C. A. Arrington, T. S. Zwer, S. Y. Fredericks, and K. D. Jordan*. Science 276, 5319, 1997.

[9] *L. Zhao, L. Zhu, L. Liu, J. Zhang, Y. F. Li, B. Zhang, J. Shen, and J.Wang*. Chem. Phys. Lett. 255, 142, 1996.

[10] *C. Xu, W. N. Wang, W. H. Zhang, J. Zhuang, L. Liu, Q. Y. Kong, L. Zhao, Y. C. Long, K. N. Fan, S. X. Qian, and Y. F. Li*. J. Phys. Chem. A 104, 9518, 2000.

[11] *J. R. Banavar and J. C. Phillips*. Phys. Rev. B 28, 4716, 1983.

[12] *S. Villette, M. P. Valignat, A. M. Cazabat, L. Jullien, and F. Tiberg*. Langmuir 12, 825, 1996.

[13] *S. K. Ignatov, P. G. Sennikov, B. S. Ault, A. A. Bagatur'yants, I. B.Simdynov, A. G. Razuvaev, E. J. Klimov, and O. Gropen*. J. Phys. Chem. A 103, 8328, 1999.

[14] *T. R. Walsh, M. Wilson, and A. P. Sutton*. J. Chem. Phys. 113, 9191, 2000; N. H. de Leeuw (preprint, 2001).

[15] *M. I. Heggie, R. Jones, C. D. Latham, S. C. P. Maynard, and P. Tole*. Philos. Mag. B 65, 463, 1992; C. K. Gurumurthy, E. J. Kramer, and C.Y. Hui, Int. J. Fract. 109, 1, 2001.

[16] *Hai-Ping Cheng, Robert N. Barnett and Uzi Landman*. "Structure, collective hydrogen transfer, and formation of $Si(OH)_4$ in SiO_2–$(H_2O)_n$ clusters" JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, Vol. 116, No. 21, USA, Florida 32605, 2002

[17] *Mao-Hua Du, Andrew Kolchin, and Hai-Ping Cheng*, 2002.

E.M.Huseynov, A.A.Garibov, R.N.Mehdiyeva

CALCULATION OF THE SPECIFIC SURFACE AREA OF SiO2 NANOPOWDER AND GETTING NANO-SiO2-H2O SYSTEMS

We are measured SSA for different size of nano SiO_2 powder in this work. Measurements of powder fractions for marks of 20nm, 40nm and 60nm Counts have been carried out, and we have get expected results. So, according to 20nm, 40nm and 60nm fractions SSA have been determined approximately $160m^2 \cdot q^{-1}$, $80m^2 \cdot q^{-1}$ and $53m^2 \cdot q^{-1}$. For the results, SiO_2 compositions respectively have been counted in the surface (10. $17305 \cdot 10^{20}$ counts SiO_2 composition for 40nm) and H_2O molecules have been added to the powder. For one SiO_2 composition in the mixture one, three and five waters molecule compatible according to amount of the nanopowder absorption water has been selected.

Э.М. Гусейнов, А.А. Гарибов, Р.Н. Мехтиева

РАСЧЕТ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ SIO_2 НАНОПОРОШКОВ И ПОЛУЧЕНИЯ НАНО-SiO_2-H_2O СИСТЕМЫ

Мы измеряли SSA для различных размеров нано-SiO_2 порошок в этой работе. Измерения порошка фракций для маркировки 20 нм, 40 нм и 60 нм графы были проведены, и мы получим ожидаемые результаты. Так, согласно 20 нм, 40 нм и 60 нм фракции SSA были определены около $160м^2 \cdot г^{-1}$, $80м^2 \cdot г^{-1}$ и $53м^2 \cdot г^{-1}$. Для того чтобы результаты, SiO_2 композиции соответственно были подсчитаны на поверхности ($10.17305 \cdot 10^{20}$ рассчитывает SiO_2 композицию для 40-нм) и молекул H_2O, которые были добавлены к порошку. С одной SiO_2 состава в смеси один, три и пять молекул воды совместимость в соответствии с количеством водопоглощение нанопорошка был выбран.

Qəbul olunma tarixi: 06.02.2013

IrSı – Sı QURULUŞLARINDA YADDAŞ ELEMENTLƏRİ İLƏ YÜK ƏLAQƏLİ CİHAZ (YƏC) ƏSASINDA İNFORMASİYANIN SAYILMASI

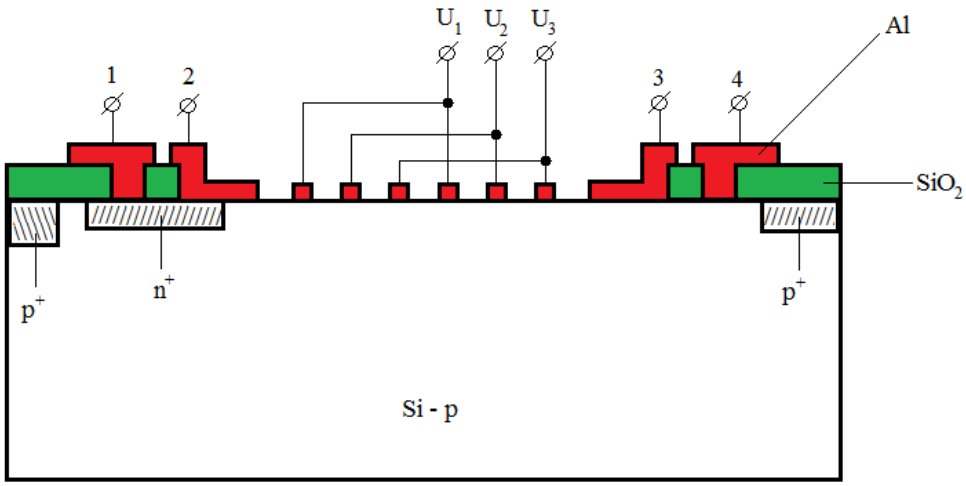
E.Ə. KƏRİMOV
Milli Aerokosmik Agentliyi Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu
AZ 1106, S.S. Axundov küç.1, korpus 2.

İnfraqırmızı şüalara həssas iridium silisidi – silisium quruluşların köməyi ilə yük əlaqəli cihazlı (YƏC) multipleksorla birgə monolit fotomatrisalar əldə etmək olur ki, bunların vasitəsilə də 3 – 5 mkm infraqırmızı oblastda təsvir almaq mümkündür. Belə fotoqəbuledicilər kiçik kvant effektivliyinə malik olmalarına baxmayaraq çox cüzi küyə malik olurlar. IrSi – Si əsasında fotoqəbuledicilərin ən böyük üstünlüyü onların vahid kristalda həm YƏC – in, həm aktiv elementlərin, eləcə də gücləndirici sxemlərin alınmasının mümükünlüyüdür.

UOT: 621.383.5
PACS: 73.40.Ns, 73.40.Sx, 78.20.-e
Açar sözlər: Yük əlaqəli cihaz, Şottki çəpəri, iridium silisidi, multipleksor, MOY – kondensator, potensial çuxur.

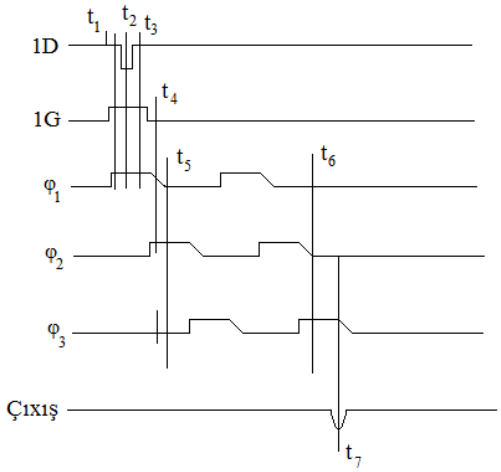
IrSi – Si əsasında yaradılan teplovizorlar xalq təsərrüfatında geniş tətbiq sahələrinə malikdir: xərçəng və digər xəstəliklərin erkən aşkar olunmasında, təyyarə və yaxud kosmosdan təbii ehtiyatların yataqlarının aşkar edilməsində, isti və soyuq su borularının zədələnmələrinin aşkar edilməsində, meşə yanğınlarının vaxtında xəbərdarlıq olunmasında, yeraltı suların çirklənməsinin xəbardarlığında, eləcə də vulkan püskürmələrinin qabaqcadan təyin olunmasında və s. Hazırda bu istiqamətdə Rusiyada və dünyanın bir sıra qabaqcıl ölkələrində aktiv tədqiqat işləri aparılır.

YƏC (yük əlaqəli cihaz) bir – birinə çox yaxın yerləşmiş metal – oksid – yarımkeçirici (MOY) kondensatorların matrisalarından ibarətdir. Yüklər matrisanın elektrodları altında saxlanıla bilər və nəzərət altında olaraq kristalın səthi üzrə matrisanın bir elektrodunun altından qonşu elektrodlara axaraq hərəkət edə bilər. YƏC üzərində konkret mikroelektron qurğuların konstruksiyası zamanı takt qida mənbəyini və idarəedici elektrodların qarşılıqlı yerləşməsini təşkil edən müxtəlif sxemlər tətbiq edilir. Yük əlaqəli cihazların əsas tipləri: səthi kanallı YƏC və gizli kanallı YƏC. Səthi kanallı YƏC – də yüklər yarımkeçirici – dielektrik sərhədində saxlanılır və daşınır [1]. Üçfazalı n – kanallı YƏC şəkil.1 – də göstərilmişdir. Burada YƏC – i U_1, U_2, U_3 takt qida mənbəyinin şinlərinə birləşdirilmiş üç cüt daşınma elektrodu təşkil edir.

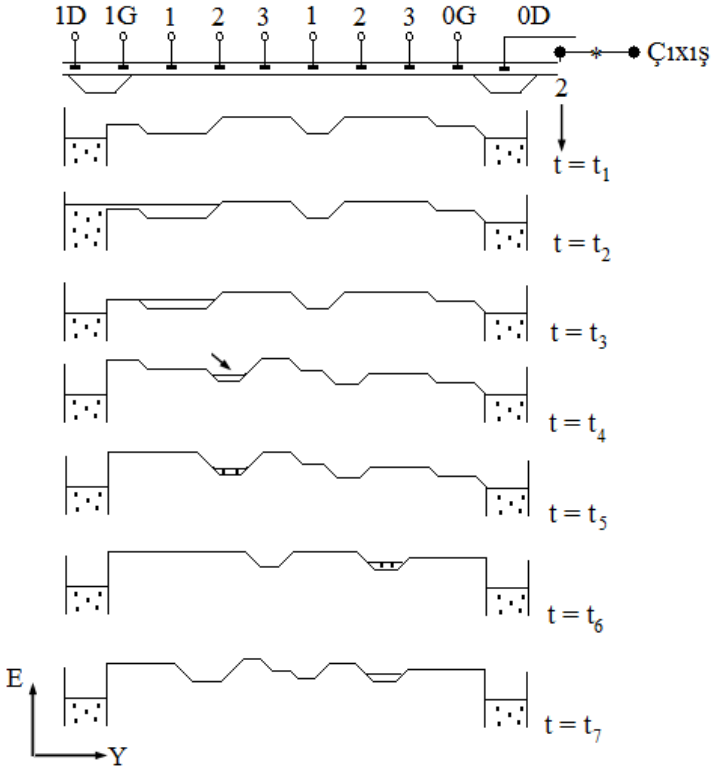


Şəkil 1. Üçfazalı, *n* – kanallı YƏC.

Giriş diodu (1), giriş idarəedici elektrodundan (2) ibarət giriş qurğusu siqnal yük paketlərini registrin birinci daşıma elektrodunun altına daxil edilməsini təmin edir. Yük paketlərinin ekstraksiyası və detektə olunması çıxış idarəedici elektrodu (3) və diodla (4) həyata keçirilir. Takt qida mənbəyinin şinlərində gərginliyin zaman diaqramı və giriş həmçinin də çıxış siqnalları şəkil.2 – də göstərilmişdir. Potensial çuxurların yerləşməsi və siqnal yükünün paylanması isə şəkil.2 – də göstərilib. Başlanğıc $t = t_1$ anında φ_1 – takt şininə yüksək, U_2 və U_3 – şinlərinə isə alçaq gərginlik verilmişdir. Aydındır ki, idarəedici elektrodun U_1 – fazasının altındakı potensial çuxur daşınmanın digər elektrodları altındakı potensial çuxurlardan daha dərin olacaqdır. Giriş və çıxış diodları böyük müsbət gərginliklə bağlıdır ki, bu da elektronların giriş və çıxış idarəedici elektrodları altındakı kanallara və deməli, həm də YƏC – registrin daşınma elektrodlarının altına injeksiyasını istisna edir.



Şəkil 2. YƏC – də takt impulslarının və çıxış siqnalının diaqramı.



Şəkil 3. Takt diaqramında qeyd olunmuş müxtəlif zaman anlarında YƏC boyunca yük və potensialın paylanması.

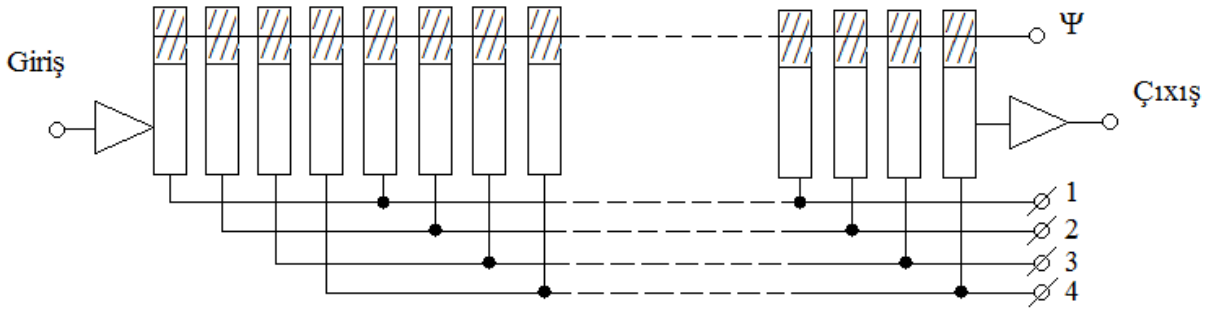
Başqa sözlə desək, $t = t_1$ olduqda registrdə bütün potensial çuxurlar boşdur. t_2 – anında giriş diodunda gərginlik azalır, giriş idarəedici elektrodu açır və elektronları giriş idarəedici elektrodundan keçmək şərti ilə φ_1 – fazasının birinci idarəedici elektrodunun altınakı potensial çuxura injeksiya edir. İnjeksiya prosesinin sonunda U_1 fazasının birinci elektrodunun və giriş idarəedici elektrodunun altındakı səthi potensiallar giriş diodundakı potensiala bərabər olur. $t = t_3$ olduda giriş diodu yenidən yüksək gərginlik vasitəsi ilə bağlanır, φ_1 – fazasının birinci elektrodunun altındakı artıq yüklər giriş idarəedici elektrodu vasitəsi ilə yenidən dioda axır. Nəticədə U_1 – fazasının birinci idarəedici elektrodunun altında müəyyən miqdarda elektron - qiyməti U_1 – fazası və giriş idarəedici elektrodunun potensialları fərqi ilə təyin olunan siqnal yükü qalır. t_4 – anında U_2 – fazasında gərginlik yüksək qiymət alır, U_1 – fazasında isə gərginlik azalmağa başlayır. Bu zaman U_1 – idarəedici elektrodunun altındakı siqnal yükü U_2 – fazasının səthi potensialı φ_1 – fazasının potensialından böyük olan birinci idarəedici elektrodunun altına axır. Bu proses daşınma prosesi adlanır. Qeyd edək ki, yükün bir idarəedici elektrodun altından digərinin altına daşınması üçün lazım olan zaman sonlu olduğundan takt impulslarının arxa cəbhəsini xüsusi olaraq kifayət qədər maili edirlər. Daşınma prosesin sonunda t_5 – zaman anında bütün siqnal yükü U_2 – fazasının birinci elektrodunun altında saxlanılır. Uyğun sayda bu daşınma tsikllərindən sonra (t_6 - anında) siqnal yükü U_3 – fazasının axırıncı idarəedici elektrodunun altında toplanır və bundan sonra t_7 – anında

bu fazada gərginlik azalmağa başlayanda siqnal yükü çıxış idarəedici elektrodu vasitəsi ilə çıxış dioduna "itələnir". Bu zaman çıxış qurğusu yük paketinin qiymətinə mütənasib olan cərəyan və ya potensial çıxış siqnalı yaradır. Optik təsvirin qeyd olunması sistemlərində yük paketləri yarımkeçirici altlığa düşən işıq vasitəsi ilə yaranan elektron – deşik cütlərinin generasiyası nəticəsində formalaşır. Bu halda çıxış siqnalları lokal işıqlanmaya mütənasibdir. Müasir praktikada YƏC – in konstruksiyası və hazırlanması zamanı müxtəlif elektrod strukturlar və takt qidalanması sxemləri istifadə olunur. Onların üstün və çatışmayan cəhətləri mövcuddur. Üçfazalı eılektrod strukturlar elə üstünlüklərə malikdirlər ki, onların hazırlanması zamanı kiçik (1 – 2 mkm) elektrodlararası məsafələrin təmin edilməsi problemi monosəviyyəli elektrod sistemlərə nisbətən daha asan həll olunur. Polisilisium elektrod strukturların başlıca üstün cəhətləri ondan ibarətdir ki, bu strukturlar səviyyələrarası qısa qapanmalara az həssasdırlar. İdarəedici elektrodların yan sərhədlərindən siqnal yükünün daşınmaya perpendikulyar istiqamətdə axmasının qarşısının alınması üçün praktikada müxtəlif üsullar istifadə olunur: daşınma kanalının yan məhdudiyyəti – ion implantasiyası vasitəsi ilə qalın oksid təbəqəsi altındakı altlığın zəif aşqarlanması; stop diffuziya – kənar yüksək aşqarlanmış diffuziya oblastlarının yaradılması; yarımkeçiricinin sərhəd oblastını akkumulyasiya rejiminə sürüşdürən əlavə ekranlaşdırıcı elektrodlardan istifadə edilməsi.

Səthi kanallı YƏC – də siqnal paketlərinin qeyri - əsas daşıyıcıları idarəedici elektrodlarda takt impuls gərginliklərinin təsiri altında bilavasitə oksidlə sərhəddə hərəkət edirlər. Bu zaman onlar səthi tələlərlə siqnal yükünün daşınmasının effektivliyini məhdudlaşdıran əsas faktorlardan biri olan güclü qarşılıqlı təsirdə olurlar. Belə səthi tələlərdə informasiya yükünün tutulmasının qarşısını almaq və beləliklə daşınmanın effektivliyini artırmaq üçün gizli kanallı YƏC konstruksiyası təklif olunmuşdur. Gizli kanallı YƏC – də altlığın xüsusi aşqarlanması nəticəsində saxlanma və daşınma prosesləri yarımkeçiricinin dielektrikin sərhədindən uzaqlaşmış qalınlığında gedir [2]. Bu cihazda yük paketlərinin hərəkəti oksidlə sərhəddə yerləşmiş həcmi kanal sərhədində məhdudlaşmışdır. Bu cihaz n – tip keçiricilikli səth qatına malik p – tip silisium altlıqdan və n – kanalın hər iki ucunda n^+ - tip kontaktdan ibarətdir.

Metal – oksid – yarımkeçirici (MOY) özəklərin YƏC – lə uzlaşması enerji asılılığı olmayan yüksək sıxlıqlı informasiya yazılışı olan yaddaş qurğularının (YQ) yaradılması üçün geniş imkanlar yaradır. Saxlama elementi kimi MOY – kondensator olan qurğuların yaradılması zamanı həll ediləcək mühüm məsələlərdən biri strukturda saxlanılan yükün miqdarının qeyd olunmasıdır. Bu zaman yazılmış informasiya dağılmamalı, sərf olunan güc minimal, sayma tempi isə lazımi qədər yüksək olmalıdır.

Eksperimental olaraq sayma rejimi hər bir elektrodunun yanında MOY – kondensator yerləşən p – tip silisium əsasında 4 taktlı YƏC – registr əsasında doldurucuda öyrənilmişdir. Yükün registrə daxil edilməsi üçün diffuziya oblastı istifadə edilmiş, çıxış siqnalı xətti gücləndirici vasitəsi ilə qeyd edilmişdir (şəkil 4).



Şəkil 4. MOY – YƏC əsasında YQ – doldurucusunun sxemi.

MOY – struktura yazılan istənilən işarəli yük silisium nitriddə olan tələlərdə istənilən müddət saxlanıla bilər. Hesab edəcəyik ki, kifayət qədər amplituda malik mənfi gərginlik verildikdə tələlər tərəfindən tutulan müsbət yüklər məntiqi sıfır, müsbət gərginlik verildikdə isə mənfi yükün (qeyri - əsas yük daşıyıcıları) tutulması məntiqi vahid halına uyğun gəlir [3]. Yazılan yük MOY – strukturun sərhəd gərginliyini dəyişir, ona görə də struktura yoxsullaşdırıcı gərginlik verildikdə yaranan potensial çuxurun tutumu məntiqi sıfır və məntiqi vahid hallarında müxtəlif olacaq. MOY – strukturda saxlanıla bilən qeyri - əsas daşıyıcıların maksimal yükü:

$$Q_{\max} = c_g S\left(U - U_{ser}\right) \qquad (1)$$

burada, U – struktura tətbiq edilən gərginlik, $U_{sər}$ – MDY (metal – dielektrik - yarımkeçirici) – strukturun sərhəd gərginliyi, c_g – dielektrikin xüsusi tutumu, S – elementin sahəsidir. Məntiqi vahid və məntiqi sıfır hallarında saxlanılan yüklər arasındakı fərq aşağıdakı qiyməti ala bilir:

$$\Delta Q_{\max} = c_g S\left(U_{ser}^{1} - U_{ser}^{0}\right) \qquad (2)$$

MOY – YƏC – də informasiyanın sayılması üçün yaddaş elementinin saxlama qabiliyyətinin qiymətləndirilməsinə əsaslanan bir neçə üsul göstərilir. Məqalədə doldurucunu YƏC – in köməyi ilə yüklə tam

dolduqrmaq, sonra isə yoxsullaşdırıcı gərginlik verməklə doldurucunu MOY – elementlərinin altına gətirmək təklif olunur. Belə ki, yoxsullaşdırıcı gərginlik elə seçilə bilər ki, məntiqi vahid halında yük elektrod altında qala bilmir və rekombinasiya olunur. Bir müddət sonra uyğun ardıcıllıqla takt impulsları tətbiq edərək informasiya yükünü YƏC – dən çıxarmaq və gücləndiricinin köməyi ilə saymaq olar. Bu üsulun əsas çatışmazlıqlarından biri çox kiçik teztəsirə malik olması və yük rekombinasiya etməyibsə onun tutulmasının mümkünlüyüdür. Digər üsullar strukturda injektor və idarəedici elektrod kimi əlavə elementlərin olmasını tələb edir ki, bu da sxem tərəfindən tutulan sahənin böyüməsinə gətirir.

İ.A. Glebov, F.G. Rutberg. Moshshnıye generatorı plazmışı. M.: Energoatomizdat, 1985, 153 s. (Rusca).
E.B. Kaganovich, E.G. Manoylov, S.V. Svechnikov. 1999, tom 33, vip. 3, s. 327-331. (Rusca).
E,Ə, Kərimov, Ş.Ə. Bayramova. Fizika, cild XVI, 3-4, dekabr, 2010, s. 15-16.

E.A. KERIMOV

READING OF THE INFORMATION ON THE BASIS OF MEMORIES DEVICES WITH CHARGING COMMUNICATION IN STRUCTURES IRSI - SI

With the help sensitive to infra-red radiations of structures iridium silicide - silicon together multiplexer with devices charging communication (DCC) it is possible will receive monolithic photomatrixes with which receive images in infra-red areas 3 - 5 microns of a range. Not looking, on smaller quantum efficiency, such photodetectors possess insignificant noise. The superiority of such photodetectors on the basis of IrSi - Si consists in reception possibility in a uniform crystal and DCC, and active elements and including intensifying schemes.

Э.А. КЕРИМОВ

СЧИТЫВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С ПРИБОРАМИ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ В СТРУКТУРАХ IRSI-SI

С помощью чувствительными к инфракрасным излучениям структур силицид иридия – кремний вместе мультиплексором с приборами зарядовой связью (ПЗС) можно получит монолитные фотоматрицы с которыми получают изображения в инфракрасном области 3 – 5 мкм диапазона. Не смотря, на меньшую квантовую эффективность, такие фотоприемники обладают незначительным шумом. Превосходство таких фотоприемников на основе IrSi – Si заключается в возможности получения в едином кристалле и ПЗС, и активных элементов и в том числе усилительных схем.

Qəbul olunma tarixi: 17.02.2013

γ -ŞÜASININ TƏSİRİNDƏN SONRA $CuGaSe_2$ MONOKRİSTALINDA MƏNFİ FOTOVOLTAİK EFFEKTİN YARANMASI

İ. GASIMOĞLU
Azərbaycan MEA-nın H.B. Abdullayev adına Fizika İnstitutu
Bakı şəh.AZ-0143, H.Cavid pr.,33
E-mail: gasimoglu@yahoo.com

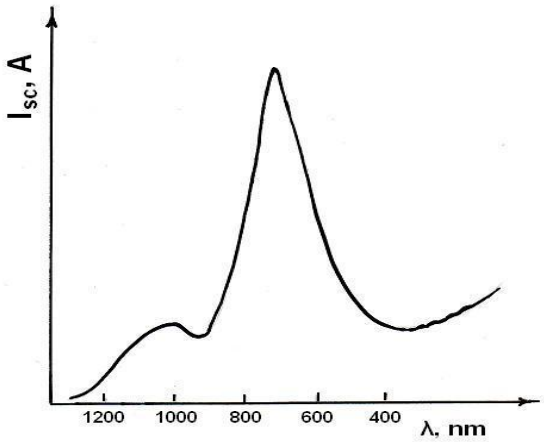
γ-şüalarının təsirindən sonra $CuGaSe_2$ monokristallarında yaranan mənfi fotovoltaik effektin qiyməti və işarəsinin dəyişməsi müşahidə olunmuşdur. Alınan nəticələrdən istifadə edərək lokal səviyyələr və kristalın enerji səviyyələri haqqında məlumat almağın mümkün olduğu göstərilmişdir.

PACS : 61.80.Ed
Açar sözlər: qısa qapanma cərəyanı, fotovoltaik effekt, $CuGaSe_2$

$CuGaSe_2$ monokristalı $A^{I}B^{III}C^{VI}_2$ qrupuna daxil olan yarımkeçirici birləşmələr ailəsinə mənsubdur və xalkopirit strukturunda kristallaşır (fəza qrupu D^{12}_{2d}). Obyektin qadağan olunmuş zonası, günəş elementləri üçün optimal olan qiymətə yaxındır (300K-də E_g=1,65eV). Bu birləşmə yarımkeçirici cihazqayırmada, xüsusilə fotoelementlərin, işıqqeydedici cihazların hazırlanmasında böyük üstünlüyə malikdir. Texniki məqsədlər üçün istifadəyə yararlıdır. Bizim tərəfimizdən həmin nümunədə müsbət fotovoltaik effekt öyrənilmişdir [1]. Hazırki işdə isə mənfi fotovoltaik effektə aid işlərin nəticəsi verilmişdir. İşıqlanma MDR-23 cihazı vasitəsilə həyata keçirilmişdir. Qısa qapanma cərəyanının dalğa uzunluğundan asılılığını ölçmək üçün nümunə dəqiq olan elektrometrik voltmetrə (B7-30) birləşdirilmişdir. Ölçmələr azot temperaturunda aparılmışdır. Kristallar qaz daşıyıcıları üsulu ilə alınmışdır. Daşıyıcı rolunu yod oynamışdır. Keçiricilik *p*-tipdir. Nümunəyə qurğuşun konteynerdə yerləşən ^{60}Co izotoplarından çıxan γ-şüaları ilə təsir edilmişdir. Qamma kvantın enerjisi 1,25 MeV-dir. Təcrübələr müqavimətləri $10^2 \div 10^7$ Om·cm tərtibində olan iynəşəkilli kristallarda aparılmışdır. Mövzunun aktuallığı ondan ibarətdir ki, ilk dəfə olaraq xarici təsirin hesabına kristalın potensial çəpərinin hündürlüyünün dəyişilməsi ilə fiziki xassələrini idarə etmək üçün yeni bir iş görülmüşdür. Məsələn, $A^{II}B^{VI}$ kristallarında ($CuGaSe_2$ onların analoqudur) aşqarlar vasitəsilə polikristallik layların ölçülərini dəyişməklə bunu həyata keçirmişlər [2]. Biz isə bunu γ-şüaları vasitəsilə defektlər yaratmaqla həyata keçiririk. Aparılan təcrübələr göstərir ki, bu defektlər keçiricilikdə fəal iştirak edirlər. Məsələnin qoyuluşu - $CuGaSe_2$ monokristallarının təmiz nümunəsində qısa qapanma cərəyanının spektral asılılığını müəyyənləşdirdikdən sonra, γ-şüası ilə zaman etibarı ilə (t=5; 15; 30 dəqiqə) şüalandırdıqdan sonra, fiziki xassələrdə baş verən dəyişmələrin öyrənilməsi, konkret olaraq γ-kvantların təsirindən sonra meydana çıxan mənfi fotovoltaik effektin tədqiq olunmasından ibarətdir. Təcrübənin metodikası isə ilkin və şüalanmadan sonrakı spektrlərin müqayisəsinə əsaslanaraq həyata keçirilmişdir.

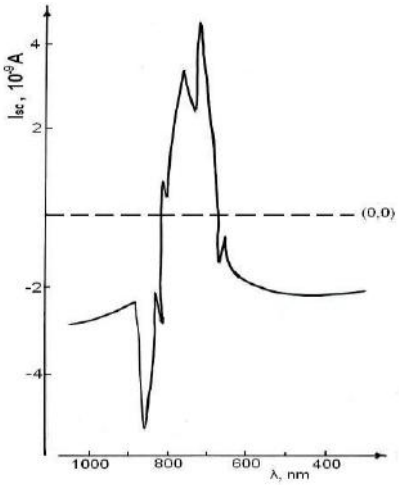
Şəkil 1-dən göründüyü kimi, sönmənin mövcud olması kristalın qadağan olunmuş zonasında "*r*" və "*s*" rekombinasiya mərkəzlərinin olmasından xəbər verir.

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, γ-şüasının təsirindən sonra mənfi fotovoltaik effekti təsvir edən əyri mürəkkəb forma almışdır və xarici təsirin hesabına, təmiz kristalın spektrində müşahidə olunmayan incə quruluş elementləri meydana çıxmışdır.



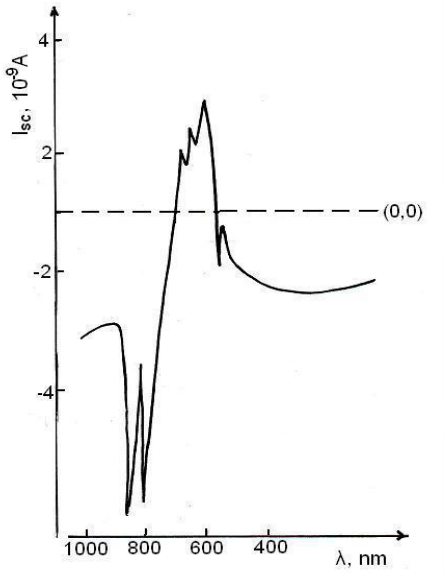
Şəkil 1. $CuGaSe_2$-də qısa qapanma cərəyanının spektral asılılığı

Bizə görə bu yeni quruluşlar böyük enerjiyə malik γ-kvantların maddənin atomları ilə toqquşması hesabına yaranan Kompton effektinin nəticəsidir. Güclü zərbədən sonra maddənin atomları yerini dəyişmiş və əmələ gələn defektlər konsentrasiyanın artmasına səbəb olmuşdur.



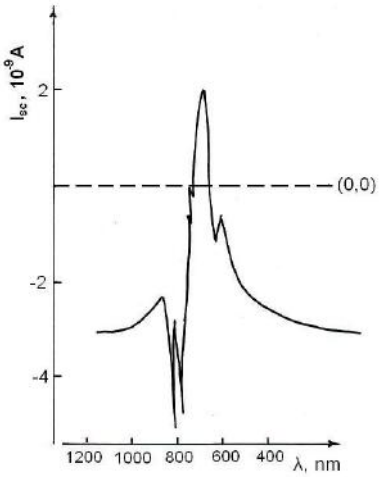
Şəkil 2. $CuGaSe_2$-də γ-şüalanmanın təsirindən sonra (5 dəqiqə) qısa qapanma cərəyanının spektral asılılığı.

Şəkil 2,3,4 spektrlərindən göründüyü kimi, γ-şüalanmadan sonra fotovoltaik effekt işarəsini dəyişir. γ-şüalarının gücünün artmasından asılı olaraq, mənfi fotovoltaik effektin qiymət və istiqaməti də ona uyğun olaraq dəyişir. Axırıncı təcrübədə şəkil 4-də spektrin kiçik bir hissəsi müsbət voltaik effektə məxsus olmuşdur. Şüalanmadan sonra çəkilən spektrlərin aşqarlara aid hissəsində yeni kəskin maksimumların meydana gəldiyini müşahidə etmək olar. Bunları elektron-deşik cütünün yaranması ilə də izah etmək olar. Yeni maksimumlar $CuGaSe_2$-də mövcud olan lüminessensiya maksimumları ilə eynilik təşkil edir [3].



Şəkil 3. $CuGaSe_2$-də γ-şüalanmanın təsirindən sonra (15 dəqiqə) qısa qapanma cərəyanının spektral asılılığı

γ-şüasının gücünü təcrübədən-təcrübəyə artırsaq da qısadalğalı oblastda mənfi fotovoltaik effektin qiymətinin dəyişməməsi, bizcə anomal fotovoltaik effektin mövcudluğunu göstərir. Eyni ilə anomal fotokeçiricilikdə olduğu kimi, $CuGaSe_2$ monokristalında yaranan mənfi fotovoltaik effekti yeni yaranan eksitonlar və aşqar səviyyələri ilə də əlaqələndirmək olar. $E<E_g$ oblastında mənfi fotovoltaik effektin yaranması üçün aşqar səviyyələrin boşalması mühüm rol oynayır. Belə fərz edirik ki, sərbəst yüklərin yerini dəyişməsi eksitonların dağılmasına səbəb olur, bu isə öz növbəsində donor-akseptor səviyyələrinin konsentrasiyasının artması deməkdir. Eksitonların parçalanması elektrik sahəsi ilə də baş verir. $CuGaSe_2$ monokristalında öz analoqlarına ($A^{II}B^{VI}$) uyğun olacaq, səthdəki cərəyanlar həcmdəki cərəyanları üstələyir. Bunu fotocərəyanın qiymətinin müxtəlif gərginliklərdə müxtəlif olması ilə izah edə bilərik [4]. Kiçik müqavimətə malik olan kristallarda, xüsusən kompensasiya olunmuş kristallarda Fermi səviyyəsi valent zonası ilə akseptor səviyyəsi arasında yerləşir. Akseptorların konsentrasiyası (N_a - N_d)-dən asılı olur. γ-şüasının gücünü artırdıqca yeni yaranan donorlar tərəfindən [5] sərbəst deşiklərin tutulması keçiriciliyin kompensasiya olunmasına gətirib çıxarır.



Şəkil 4. $CuGaSe_2$-də γ-şüalanmanın təsirindən sonra (30 dəqiqə) qısa qapanma cərəyanının spek tral asılılığı

Fermi səviyyəsi qadağan olunmuş zonaya tərəf hərəkət etməyə başlayır. Bununla da kristalın müqaviməti artır, yəni keçiriciliyin azalmasını müşahidə edirik. Bunu şəkil (2,3,4) spektrinə baxanda görürük. γ-şüasının gücünü artırdıqca mənfi fotovoltaik effektin spektri bütöv olaraq aşağıya sürüşür ki, bu cərəyanın qiymətinin azalması deməkdir. Nəticə ondan ibarətdir ki, γ-şüasının gücünü dəyişməklə mənfi fotovoltaik effektin spektrinə təsir etmiş oluruq. Bu da yuxarıda deyildiyi kimi, potensial çəpərin boyunun dəyişməsi hesabına baş verir, bu isə γ-şüasının təsirindən sonra yaranan defektlər hesabına spektrin istənilən formada yuxarı və aşağıya doğru hərəkət etdirilməsini təmin edir. Şəkil 2, 3, 4 spektrlərindən görünür ki, γ-şüasının gücündən asılı olaraq mənfi fotovoltaik effektin spektri öz qiymət və istiqamətini dəyişir. Bu faktordan istifadə etməklə kristalın optik oxu, enerji quruluşu haqqında söz deyə bilərik, həmçinin lokal səviyyələr haqqında məlumat əldə edə bilərik.

[1] *I. Kasumoglu, A. Bagirov*. Photovoltaic effect in $CuGaSe_2$, Fizika, c.VIII, N2, 2002.

[2] *V.V. Serdyuk, L.E. Stıs, A.E. Giretskiy, Q.Q. Çemersyuk, A.M. Şmileviç.* FTP, t.18, v.1, s.142-146, 1984. (Rusca).

[3] *A.V. Mudriy, I.V. Bodnar, I.A. Victorov, V.F. Gremenyuk, A.I. Patruk and Shakin*. Institute of Physics of Solids and Semiconductora, Academy of Sciences of Belorus, 220072, Minsk, Belorus Exitonic photoluminescence properties of $CuInSe_2$ and $CuGaSe_2$ semiconductor compounds. Salford 8-12 sept., pp. 413-416, 1997

[4] *İ.Kasumoqlu, İ.A. Mamedova, Q.S. Mextiyev*. AMEA-nın Xəbərləri, N2, стр.93-96, 2012.

[5] *E.Yu.Brailovskiy, V.N. Brudniy*. FTP, t.8, v.5, стр.963-965, 1974. (Rusca).

I. Kasumoglu

THE NEGATIVE PHOTOVOLTAIC EFFECT IN γ-IRRADIATED $CuGaSe_2$ SINGLE CRYSTALS

The changing of value and sign of negative photovoltaic effect has been observed in γ-irradiated $CuGaSe_2$ single crystals. It was shown that by using the experimental results one can obtain information on local and energy levels in crystal.

И. Касумоглу

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В γ-ОБЛУЧЕННОМ МОНОКРИСТАЛЛЕ $CuGaSe_2$

После γ-облучения в монокристаллах $CuGaSe_2$ наблюдалось изменение значения и знака отрицательного фотоэффекта. Показано, что используя результаты исследования можно получить информацию о локальных и энергетических уровнях кристалла.

Qəbul olunma tarixi: 07.02.2013

γ- ŞÜALANMANIN $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ MONOKRİSTALININ FOTOKEÇİRİCİLİK SPEKTRİNƏ TƏSİRİ

A.S. ƏLƏKBƏROV, G.Ş. MİKAYILOVA, F.A. AXUNDOVA
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
Bakı, Ü. Hacıbəyov küç. 34

$Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ monokristalı fotohəssas laylı kristaldır. Xarici faktorlar, o cümlədən γ-şüalanma kristalın fotokeçiriciliyinə öz təsirini göstərir. Müqayisə üçün monokristalın fotokeçiricilik spektri 100 krad və 1 Mrad dozada şüalanmadan sonra tədqiq edilmişdir.

PACS: *0125981035*
Açar sözlər: monokristal, fotokeçiricilik spektri, şüalanma dozası, rekombinasiya mərkəzləri, Frenkel cütləri

Laylı kristallarda optik informasiyanı qeydə almaq, yaddaş elementi kimi istifadə etməyin mümkünlüyü onlara olan marağı artırmışdır [1-3]. Son zamanlar ABŞ-ın Karolina Universitetində yaradılmış GeS əsaslı nanostruktur bu kristaldan enerjini akkumulyasiya etmək üçün xüsusi qurğuların yaradılmasını aktuallaşdırıb.

Aparılan tədqiqat işinin məqsədi GeS monokristalının fotokeçiriciliyinə Gd aşqarları və γ şüalanmanın təsirini öyrənməkdən ibarətdir.

Əksər mürəkkəb birləşmələr kimi, germanium monosulfidinin və onun müxtəlif aşqarlı bərk məhlullarının alınması üçün ən əlverişli metod birbaşa sintez metodudur.

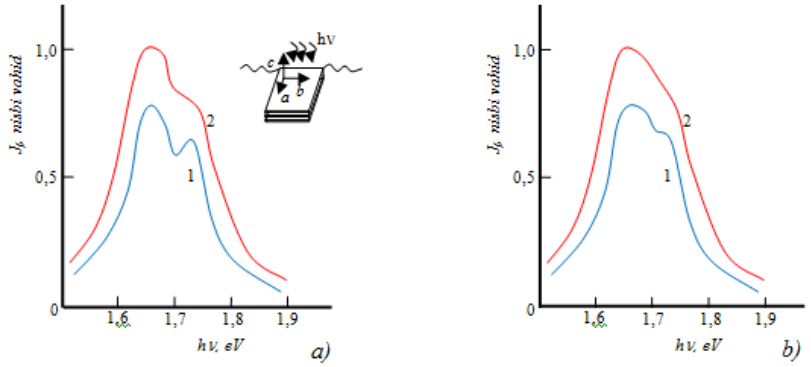
Sintez prosesi üçün ilkin maddələr kimi xüsusi müqaviməti 50 Om·sm olan germanium polikristalından, B-5 markalı kükürddən, ГМ-1 markalı gadaliniumdan isnifadə olunmuşdur. Ümumi kütləsi 20 qram olan bu maddələr analitik tərəzidə çəkildikdən sonra uzunluğu 15 sm, daxili diametri 2,2 sm olan kvars ampulalara doldurulur, ampulanın havası 133 Pa qədər sorulur və qaynaq edilir.

Polikristalın sintezi iki mərhələdə aparılır: əvvəlcə ampula 550°C-yə qədər 2-3dər/dəq sürəti ilə qızdırılır, 10-15 saat saxlandıqdan sonra ampula maddənin ərimə temperaturuna qədər 1-2 dər/dəq sürəti ilə qızdırılır. Bu temperaturda da ampula 15-20 saat saxlandıqdan sonra soba ilə birlikdə soyudulur. Daha bircins polikristal almaq üçün nümunə ərimə temperaturuna yaxın temperaturda bir neçə sutka dəmlənməyə qoyulur. Sintez edilmiş $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ polikristalı diferensial termik analiz (DTA) metodu ilə tədqiq edilmişdir. DTA Stepanov ampulalarında aparılmışdır. Termoqrammanın yazılma sürəti 5-7 dər/dəq seçilmişdir. Etalon maddə kimi Al_2O_3 tozu götürülmüşdür. DTA alınmış birləşmənin (polikristal) bərk məhlul olduğunu sübut etmişdir.

$Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ monokristalını almaq üçün Bricmen metodundan istifadə olunmuşdur. İkizonalı sobanın yuxarı hissəsinin temperaturu kristalın ərimə temperaturundan 50 dərəcə yuxarı, aşağı hissəsinin temperaturu isə 50 dərəcə aşağı seçilmişdir. Ampulanın sobada hərəkət sürəti 2 mm/saat olmuşdur.

Fotokeçiricilik spektri (FK) əsası MDR-2 monoxromatorundan ibarət olan qurğuda alınmışdır [4]. Monokristalın FK spektrini almaq üçün [001] müstəvisinə omik kontantlar akvadak və ya gümüş turşusu ilə qoyulmuşdur. $\vec{b}$ oxu istiqamətində elektrik sahəsinin intensiveliyi 5÷20 V/sm tərtibində olmuşdur. Monoxramatik işığın intensivliyi isə elə seçilir ki, bütün tezlik oblastlarında nümunənin lüks-amper xarakteristikası xətti qanunla dəyişsin. Monokristalda alınan fotosiqnal E6-13A teraommetri vasitəsi ilə gücləndirilərək H-307/2 özüyazan qurğusuna ötürülür. Kristala düşən işıq seli $\vec{c}$ oxu istiqamətində olduğundan FK spektrindən anizotropluğu tədqiq etmək imkanı yaranır.

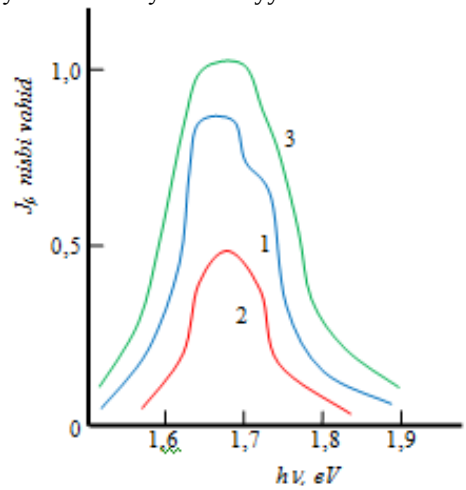
Elmi ədəbiyyatdan məlumdur ki, laylı GeS monokristalı güclü anizotropluğa malikdir [5]. GeS və $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ monokristallarının FK spektrinin müqayisəli təhlili onu göstərir ki, həm temperaturun artması, həm də Gd aşqarı kristalın anizotropluğunu zəiflədir (şəkil 1).



Şəkil 1. GeS *(a)* və $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ *(b)* monokristallarının fotokeçiricilik spektri
1-T=100K; 2-T=300K

Yarımkeçirici maddələrin və onların əsasında hazırlanmış cihazların fiziki xassələrinin öyrənilməsində rekombinasiya proseslərinin xüsusi əhəmiyyəti var. Yarımkeçiricilərin fiziki xassələri, xüsusilə fotoelektrik və lüminessensiya hadisələri lokal səviyyələrin energetik vəziyyətindən, kimyəvi, radioaktiv, termik və mexaniki defektlərin təbiətindən asılıdır.

$A^{IV}B^{VI}$ tip yarımkeçiricilərin fiziki xassələrinin araşdırılmasına çoxsaylı tədqiqat işlərini misal göstərmək olar. Ancaq bu xassələrə radiasiyanın təsiri, demək olar ki, öyrənilməmişdir. Ona görə də tərəfimizdən aparılan tədqiqat işində müxtəlif dozalı γ-şüalanmanın $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ laylı monokristalın FK spektrinə təsiri araşdırılmışdır. Tədqiqat işini aparmaqda digər məqsədimiz fotohəssas strukturların (fotorezistor və fotodiodların) radiasiyaya dözümlülüyünü müəyyən etməkdir.



Şəkil 2. $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ monokristalının FK spektri
1- şüalanmadan əvvəl
2- 100krad şüalanmadan sonra
3- 1Mrad şüalanmadan sonra

GeS kristalında fotokeçiriciliyin tədqiqi ilə bağlı aparılmış stasionar və kinetik tədqiqat metodları göstərir ki, rekombinasiya proseslərində əsas rolu sürətli (s-) və (r-) rekombinasiya mərkəzləri oynayır.

2-ci şəkildə göstərilən qrafikdən göründüyü kimi, yüksəkmüqavimətli $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ monokristalını 100 krad dozada şüalandırdıqda FK spektrinin maksimumu iki dəfə aşağı düşdüyü halda, 1 Mrad dozada şüalanmadan sonra ~35% artır.

γ - şüalanmanın təsiri ilə yarımkeçirici kristalların fotoeffektik xassələrinin dəyişməsi daha çox Frenkel defektlərinin yaranması ilə izah olunur. [7] Mövcud defektlərin konsentrasiyasının dəyişməsi, radiasiya mənşəli yeni defektlərin yaranması *FK* spektrində baş verən dəyişikliklərin əsas səbəblərindən biridir. Şüalanmaya məruz qalmış GeS kristallarında müxtəlif tip lokal mərkəzlər qeydə alınmışdır. Bunlara Na konsentrasiyalı akseptorları və Na konsentrasiyalı donorlar göstərmək olar. Konsentrasiyaların Na-Na fərqi şüalanmanın dozasından asılı olaraq dəyişir.

Yüksəkmüqavimətli fotokeçirici maddələrdə rekombinasiya mexanizmlərinin, rekombinasiya mərkəzlərinin konsentrasiyasının, elektron keçidlərinin tədqiqi üçün kompleks stasionar kinetik metodlardan istifadə olunmuşdur.

Bütün bunlar onu göstərir ki, GeS tipli, yüksəkmüqavimətli kristallarda rekombinasiya proseslərində iki növ rekombinasiya mərkəzləri - sürətli *(s-)* və yavaş *(r-)* həssaslıq mərkəzləri mühüm rol oynayır.

Şüalanmanın 100 krad dozasında fotokeçiriciliyin azalmasına səbəb qadağan olunmuş zonada çoxsaylı rekombinasiya mərkəzlərinin yaranmasıdır. Şüalanma dozasının 1Mrad-a qədər artması qadağan olunmuş zonada yaranan zəbtetmə səviyyələrini qeyri-tarazlıqdan yükdaşıyıcıların yaşama müddətinə göstərdiyi təsirlə bağlıdır.

S- mərkəzlər tərəfindən zəbt olunan yükdaşıyıcılar *r*- mərkəzlərinə keçir. Bu zaman onların yaşama müddəti artdığından fotocərəyan da artır.

Digər laylı kristallardan fərqli olaraq $Ge_{0,995}Gd_{0,005}$ S monokristalında rekombinasiya mərkəzlərinin daha dərində yerləşməsi fotokeçiriciliyin daha böyük dozalarında artmasını şərtləndirir.

[1] *D.İ. Bleykin, N.B. Polatinets*. UFJ, 27, 564, 1982. (Rusca).
[2] *D.İ. Bletskan*. FTP, 14, 122, 1980. (Rusca).
[3] *J.D. Wiley, S. Pennington, E.Schonhenn*. Phys.St.Sol.(b).96.k43, 1979.
[4] *M.İ. Murquzov, A.S. Ələkbərov, C.İ. Quseinov*. The First İnternational Conferense 94. CMSCD II Abstract Booklet, V.2.
[5] *O.Z. Alekperov*. Neorganicheskiye materiali. 1999, m.35,11, s.1315-1320. (Rusca).
[6] *E.A. Salkov, M.K. Sheyknman*. FTT. 1963, s.5, №2. (Rusca).
[7] L.N. Kurbanov, A.İ. Dirochka, V.A. Sosin. FTT, 1977, m.19,№3, s. 820-825. (Rusca).

A.S.Alekberov, T.Sh.Micailova, F.A.Akhundova

γ-RADIATION INFLUENCE ON THE MONOCRYSTAL $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ PHOTOCONDUCTIVITY SPECTRUM

Crystals $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ are layered photosensitive material management. External factors, including the γ-radiation effect on the crystal photoconductivity. For comparison, we studied the photoconductivity of single crystals after irradiation by doses of 100 krad and 1 Mrad.

А.С.Алекперов, Т.Ш.Микаилова, Ф.А.Ахундова

ВЛИЯНИЕ γ-ИЗЛУЧЕНИЙ НА СПЕКТР ФОТОПРОВОДИМОСТИ МОНОКРИСТАЛЛА $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$

Кристаллы $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ являются слоистыми фоточувствительными материалами. Внешние факторы, в том числе *γ*-излучение влияет на фотопроводимость кристаллов. Для сравнения были изучены спектры фотопроводимости монокристаллов после облучения дозами 100 крад и 1 Мрад.

Qəbul olunma tarixi: 06.05.2013

$Er_xSn_{1-x}Se$ SİSTEM ƏRİNTİLƏRİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ ANALİZLƏRİ VƏ TERMOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

E.M. QOCAYEV
Azərbaycan Texniki Universiteti, Hş Cavid küç.45.
C.İ. HÜSEYNOV, A.Ə. İSAYEVA, S.S. ƏLİYEVA
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Üniversiteti, Üzeyir Hacıbəyli küç. 34.
İ.İ. ƏLIYEV
Azərbaycan MEA M.F.Nağıyev adına Kimya Problemləri İnstitutu, H.Cavid küç. 43.

SnSe-ErSe sisteminin SnSe tərəfdən hal diaqramı qurulmuş, sistemdə qalay monoselenidi əsasında 0-5 mol% oblastında bərk məhlul və komponentlərin 1:1 nisbətində yeni $ErSnSe_2$ üçlü birləşməsi alınmışdır. Rentgenquruluş analizin nəticələri əsasında $ErSnSe_2$ birləşməsinin rombik sinqoniyada kristallaşdığı təyin edilmiş və qəfəs sabitlərinin *a*=4,27*; b*=9,43; *c*=10,30 Å, *Z*= 4, tərtibində müəyyən edilmişdir. Sıxlığı piknimetrik metodla ölçülmüş (ρ_{pik} =7,03 q/sm^3) və rentgenoqrafik nəticələr əsasında hesablanmışdır(ρ_{rentg} =7,4 q/sm^3). $Er_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin və $ErSnSe_2$ üçlü birləşməsinin elektrikkeçiriciliyi, Holl əmsalı, termo-e.h.q.-si və istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılıqları tədqiq olunmuş, termoelektrik effektivliyi araşdırılmışdır.

PACS: 71.20.Mq; 72.80.Cw
Açar sözlər: hal diaqramı, rentgen quruluş analiz, elektrikkeçiriciliyi, termo-e.h.q., istilikkeçiriciliyi

GİRİŞ.

Qalay monoselenidi optik spektrin infraqırmızı oblastında işləyən, həmçinin termodinamik çeviricilərin aktiv elementlərinin hazırlanması üçün baza materialıdır. Son illər yüksək temperaturlu termoelektrik çevricilərin hazırlanması üçün $A^{IV}B^{VI}$ tipli binar yarımkeçirici birləşmələr əsasında nadir torpaq metallarının (NTM) iştirakı ilə alınmış termoelektrik materialların tədqiqinə xüsusi maraq göstərilir [1,2].

NTM elementlərinin iştirakı ilə alınan maddələr bəzi enerji çeviricilərinin, radiasiyaya, təzyiqlərə, rütubətə qarşı davamlı müxtəlif növ termorezistorlarin hazırlanmasında geniş istifadə olunur. NTM-nın elektron quruluşunda *4f* səviyyəsinin tam dolmaması asanlıqla *4f-5d-6s* keçidinin baş verməsi və atomların *4f* səviyyəsində mütəhərrik elektronların hesabına dəyişkən valentlik yaranması onların iştirakı ilə alınan materialları maraqlı tədqiqat obyektinə çevirir [3-5].

NTM xalkogenidlərindən və qalay xalkogenidlərindən ibarət sistemlərdə kimyəvi qarşılıqlı təsir zamanı Ln_2SnX_4 və $LnSnX_2$ (Ln=La-Lm, X=S,Se,Te) tipli birləşmələr əmələ gəlir [6,7]. ErSe-SnSe sistemində $ErSnSe_2$ tərkibli birləşmənin mövcudluğu əvvəllər bizim tərəfimizdən müəyyən edilmişdir [8]. Lakin onun bir sıra fiziki-kimyəvi və fiziki xassələri tədqiq edilməmişdir.

Ədəbiyyatda Sn-Ln-X (Ln=Ln-Lu;X=S, Se, Te) sistemi haqqında müəyyən məlumatlar vardır, SnX sistemində məndud oblastda əvəzetmə bərk məhlullarının alındığı göstərilir [7,8]. ErSe-SnSe sistemi fiziki-kimyəvi və rentgenfaza analizləri vasitəsilə 0-10 ErSe mol % intervalında tədqiq olunmuş, sistemdə 600°C-də 6,3 мол.% həllolma oblastı müəyyən edilmişdir. Lakin geniş konsentrasiya intervalında hal diaqramı tədqiq olunmamış, alınan sistem ərintilərinin xassələri öyrənilməmişdir. İşdə ErSe-SnSe sisteminin hal diaqramının geniş konsentrasiya intervalında tədqiq olunması, alınmış bərk məhlulların səthinin mikrorelyefinin, termoelektrik effektivliyinin öyrənilməsi əsas məqsəq daşıyır.

İşdə SnSe-ErSe sisteminin SnSe tərəfdən hal diaqramının bir hissəsi qurulmuş, sistemdə qalay monoselenidi əsasında 0-5 mol% oblastında bərk məhlul və komponentlərin 1:1 nisbətində yeni $ErSnSe_2$ üçlü birləşməsi alınmışdır. $(SnSe)_{1-x}(ErSe)_x$ bərk məhlul ərintiləri tərkib komponentlərinin birbaşa əridilməsi yolu ilə sintez edilmişdir. Rentgenquruluş analizin nəticələri əsasında $ErSnSe_2$ birləşməsinin hansı sinqoniyada kristallaşdığı müəyyən edilmiş və qəfəs sabitləri təyin edilmişdir.

TƏCRÜBİ HİSSƏ

SnSe-ErSe sistem ərintilərinin sintezi zamanı başlanğıc komponent qismində ”B4-000” markalı qalay, “OC417-4” markalı selen və “ƏP-22” kimyəvi təmiz elementar erbiumdan istifadə olunmuşdur. Hal diaqramını qurmaq üçün komponentlərin müxtəlif faizlərinə uyğun 2q. kütləli ərintilər hazırlanmışdır. Termik effektlərin differensial yazılışı üçün etalon maddə kimi alüminium oksidindən istifadə olunmuşdur. Nümunələrin qızma və soyuma sürəti 0,5 K/san təşkil etmişdir.

Sintez havası 0,1333 Pa təzyiqə qədər sorulmuş kvars ampulalarda aparılmışdır. Sintez iki mərhələdə həyata keçirilmişdir: ilkin mərhələdə ampula maddə ilə birlikdə 4-5 dər/dəqiqə sürəti ilə selenium ərimə temperaturuna qədər qızdırılmış və 3-4 saat bu temperaturda saxlanılmışdır, sonra temperatur tərkibdən asılı olaraq 950-1000°C-ə qədər tədricən qaldırılıb və 8-9 saat saxlanılmışdır. Alınmış nümunələr 580°C temperaturunda 120 saat homogenləşmə üşün dəmlənməyə qoyulmuşdur.

Sintez olunmuş nümunələrin differensial termik analizləri (DTA) xromel-alümel termocütlü alcaq tezlikli HTP-73 termoreqistratorunda aparılmışdır. Qızma sürəti 8dər/dəq olmuşdur. Rentgen quruluş analizi (RQA) DRON-3 markalı rentgen difraktometrində, *U=35 kV* gərginlik və *J= 10 mA* cərəyan şiddəti rejimində Ni (nikel) süzgəcindən istifadə etməklə CuK_α şüalarında (λ_α=1,5418Å) aparılmışdır. Difraktoqramların çəkilmə prosesində 2θ bucağı 6÷60° intervalında dəyişmişdir. Sin-

tez olunmuş nümunələrin debayoqrammalarının nəticələri cədvəldə verilmişdir.

Ərintilərin mikrobərkliyi ПМТ-3 metalloqrafik mikroskopunda, hər bir faza mikrobərkliyin ölçülməsində seçilmiş yükə əsasən təyin edilmişdir. Nümunələrin sıxlıqları isə piknometrik və rentgenoqrafik metodlarla təyin edilmişdir.

Termo-e.h.q.-si mütləq stasionar metodla [9], xüsusi elektrikkeçiriciliyi (σ), Holl əmsalı (R) sabit maqnit sahəsində sabit cərəyan rejimində [10], 80÷720 K temperatur intervalında ölçülmüşdür.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏLƏRİ

Metallik parlaqlığa malik alınmış ərintilərdə erbiumun artımı ilə onların rəngi tünd bozdan qaraya kimi dəyişir. Hava və suya nəzərən dayanıqlı olan bu ərintilərə, üzvü həllediciler təsir etməsədə konsentrasiyalı mineral turşular (HCl, HNO_3, H_2SO_4) və qələvilərdə (NaOH, KOH) parçalanır.

SnSe-ErSe sistem ərintilərinin DTA-nin nəticələri qızma və soyuma əyrilərində müşahidə olunan bütün termik effektlərin dönən olduğunu göstərir. Mikrostrukturun öyrənilməsi nəticəsində SnSe əsasında məhdud həllolma oblastının mövcudluğu aşkar edilmişdir. SnSe əsasında bərk məhlul oblastını sərhəddini dəqiq müəyyənləşdirmək üşün 3,4,5 və 6 mol % ErSe tərkibli əlavə ərintilər sintez edilmişdir.

Mikroquruluş analizlərinin nəticələri otaq temperaturunda ErSe-nin SnSe-də həllolma sərhəddinin 5 mol % -lə məhdudlaşdığını göstərir, evtetikaya yaxın temperaturlarda isə həllolma 10 mol % çatır.

RQA ərintilərin difraktoqramlarında ErSe-nin 0-5 mol 5% konsentrasiyaları intervalında difraksiya maksimumlarının identik olduğunu göstərir. Tərkibində ErSe-nin miqdarının sonrakı artımı ilə difraktoqramlarında SnSe-ə xarakterik olmayan, $ErSnSe_2$ və ErSe birləşmələrinə xas olan maksimumlar əmələ gəlir.

$ErSnSe_2$ birləşməsinin sintezi bir neçə mərhələdə həyata keçirilmişdir. Birinci mərhələdə $ErSnSe_2$ birləşməsinin sintezi zamanı ilkin olaraq ErSe və SnSe komponentləri götürülmüş və 800-1100°C temperatur intervalında aparılmışdır. Bu zaman alınan ərintinin termoqrafik analizi göstərdi ki, termoqramda $ErSnSe_2$ birləşməsinə uyğun termiki effektlə yanaşı 800°C -ə uyğun zəif bir effekt də müşahidə edilir. Rentgenoqrafik analiz zamanı da $ErSnSe_2$ birləşməsinin difraktoqramında əlavə bir neçə zəif difraksiya xətlərinin olduğu aşkar edilmişdir.

$ErSnSe_2$ birləşməsini daha saf halda almaq məqsədilə qeyd edilən ərinti əzilərək narın toz halına salınmış və 200 atm. təzyiqinə kimi preslənib, həb halına salınmışdır. Daha sonra həb halına salınmış nümunə yenidən kvars ampulaya yerləşdirilmiş və havası 0,133 Pa təzyiqinə kimi sorulmaqla ağzı bağlanılmışdır. $ErSnSe_2$ tərkibinə uyğun nümunə 870°C temperaturunda 10 gün termiki emal edildikdən sonra yenidən DTA və RFA analiz metodları ilə tədqiq edilmişdir. Nəticədə müəyyən edilmişdir ki, ilkin sintez variantından fərqli olaraq termoqramda əlavə effekt (800°C) müşahidə edilməmişdir. Rentgenoqrafik analiz zamanı ilkin komponentlərə uyğun difraksiya xətləri müşahidə edilməmişdir.

Cədvəl 1

$ErSnSe_2$ birləşməsinin difraksiya xətlərinin intensivliyi , (hkl) və müstəvilərarası məsafələri

I	d_{eks}	$d_{hesab.}$	hkl
8	3.4330	3.4330	003
100	3.1444	3.1444	030
35	2.9994	3.0084	031
20	2.7636	2.7756	023
56	2.2209	2.2054	104
22	2.1353	2.1353	200
7	2.0432	2.0416	211
14	2.0087	2.0137	015
7	1.9437	1.9451	220
16	1.8155	1.8197	222
11	1.7411	1.7413	231
15	1.5732	1.5717	060

Beləliklə, $ErSnSe_2$ birləşməsini tam tərkibdə alınmasına nail olduqdan sonra tədqiqatlar davam etdirilmişdir. Sintez olunmuş $ErSnSe_2$ nümunələrin debayoqramlarında müşahidə olunan xətlərin intensivlikləri, təcrübi təyin olunmuş və nəzəri hesablanmış müstəvilərarası məsafələr və uyğun *hkl* indeksləri cədvəl 1-də verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi $ErSnSe_2$ –nin debayoqramının bütün difraksiya xətləri ortorombik qəfəs parametrlərinə uyğun gəlir.

Rentgenquruluş analizin nəticələri əsasında $ErSnSe_2$ birləşməsinin heksoqonal sinqoniyada kristallaşdığı təyin edilmiş və qəfəs sabitlərinin a=4,41; b=4,13; c=11,56Å; Z=4; (Elementar qəfəsin həcmi, V=414.74 Å^3) tərtibində müəyyən edilmişdir. Sıxlığı piknimetrik metodla ölçülmüş ((ρ_{pik} =7,052q/sm^3) və rentgenoqrafik nəticələr əsasında hesablanmışdır ((ρ_{rentg} =7,14 q/sm^3).

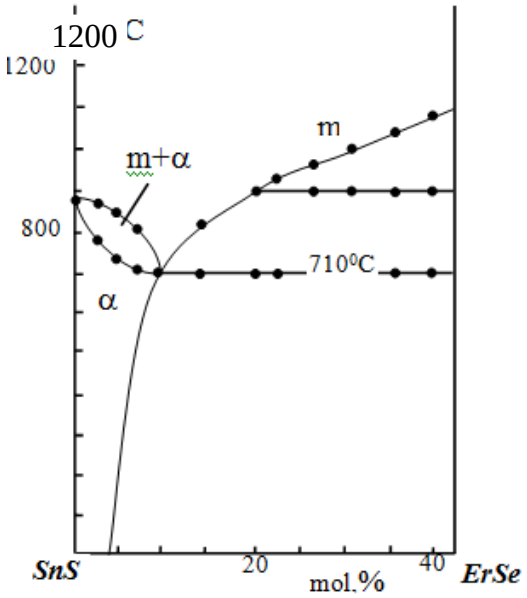
SnSe-ErSe sistem ərintilərinin fiziki-kimyəvi analizlərinin bəzi nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi, bərk məhlul oblastında ərintilərdə erbiumun konsentrasiyası artdıqca mikrobərklik (480-620 MPa) və sıxlıq monoton olaraq artır, qəfəs sabitlərinin də zəif artımı müşahidə olunur.

Cədvəl 2

SnSe-ErSe sistem ərintilərinin kompleks fiziki-kimyəvi analizlərin nəticələri

№	Tərkib, mol %		Elementar qəfəsin həcmi, V, Å^3	Sıxlıq, 10^3кг/м^3		Fazaların mikro-bərkliyi, MPa	Elementar qəfəs parametrləri, Å		
	SnSe	ErSe		ρ_{pik}	ρ_{rent}		a	B	C
1	100	0	216.21	6.18	6.28	480	4.460	4.190	11.570
2	99	1	217.88	6.20	6.38	520	4.468	4.206	11.594
3	98	2	218.93	6.20	6.40	540	4.471	4.221	11.601
4	97	3	219.93	6.21	6.42	570	4.477	4.229	11.616
5	96	4	220.64	6.23	6.42	620	4.481	4.236	11.624
6	50	50	414.74	7.03	7.10	2400	4.27	9.43	10.30

Kompleks fiziki-kimyəvi analizlər nəticəsində SnSe-ErSe siteminin hal diaqramı qurulmuşdur (Şəkil 1.). Şəkil 1-dən göründüyü kimi sistemin Likvidusu iki hissədən ibarətdir. 0-10 mol % ErSe konsentrasiyaları intervalında mayedən ilkin olaraq α faza kristallaşır (SnSe əsasında bərk məhlullar). Sonra mayedən ErSe fazası kristallaşır. Likvidus xəttindən aşağıda isə iki fazalı ərintilər (α+ErSe) kristallaşır.



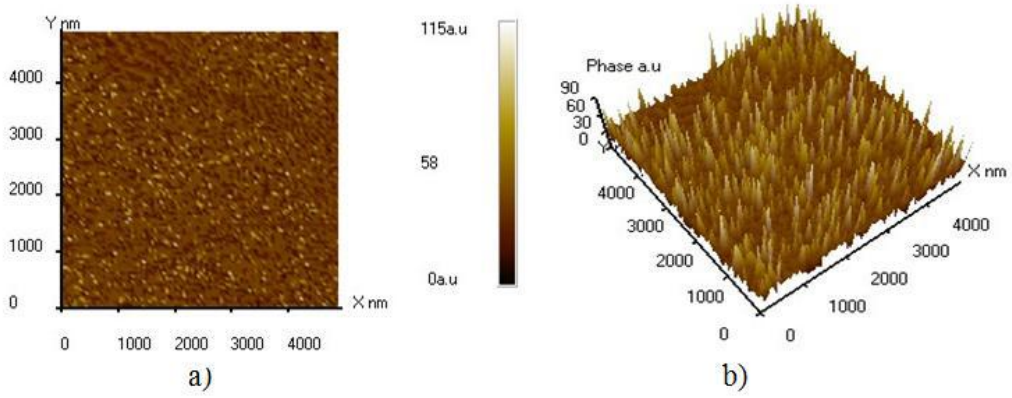
Şəkil 1. SnSe-ErSe sisteminin hal diaqramı

Atom-qüvvət mikroskopu bərk cisimlərin səthinin morfologiyasını və lokal xassələrini haqında informasıya almaq üçün istifadə olunan müasir metodlardan biridir. Atom-qüvvət mikroskopu zondla səth arasındakı lokal qarşılıqlı təsir qüvvəsinin xüsusiyyətlərini öyrənməyə və tədqiqatın nəticələri əsasında nümunənin səth xassələri haqqında mühakimələr yürütməyə imkan verir. Alınmış sistem ərintilərinin səth relyefi skanirəedici zond mikroskopu metodu ilə atom-güc rejimində tədqiq olunmuşdur [8].

Laylı quruluşa malik olan SnSe monokristallarının səth relyefi skanirəedici zond mikroskopu vasitəsilə atom-qüvvə rejimində tədqiq olunmuşdur. Nəticədə $5\cdot10^3$x$5\cdot10^3$ nm ölçülü SnSe monokristalında səthin iki-ölçülü təsviri alınmışdır (şəkil 2 *a*.). Atom-qüvvət mikroskopunda ikinci təsvir nisbətən bircins olan səth sahəsinin böyüdülməsi nəticəsində alınmışdır.

Şəkil 2 *b*-də SnSe monokristalının səthində nisbətən bircins relyefi olan hissənin atom-qüvvət mikroskopunda həcmi təsviri verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi SnSe monokristalının səthi kifayət qədər bircinsdir.

Atom-qüvvət mikroskopunda alınan təsvirin histoqramının analizi göstərir ki, SnSe monokristalının təbii səthində bircinslik 25 nm tərtibində dəyişir. SnSe monokristallarının laylı krisallar olmasına baxmayaraq təbii sınma səthində müəyyən nahamarlılıq müşahidə olunur. Sərhəd təbəqəsində müəyyən nahamarlılığın müşahıdə olunması yəqin ki, kristal səthində rabitə qüvvələrinin pozulması zamanı ayrı-ayrı atomların deyil, atomlar qrupunun-klasterlərin qalması ilə bağlıdır. Atom-qüvvət mikroskopu metodu ilə alınmış Furye spektri bunu göstərir. Spektrin mərkəzində yerləşən təsvir göstərir ki, səth hissəcikləri təqribən eyni ölçüyə malikdirlər.

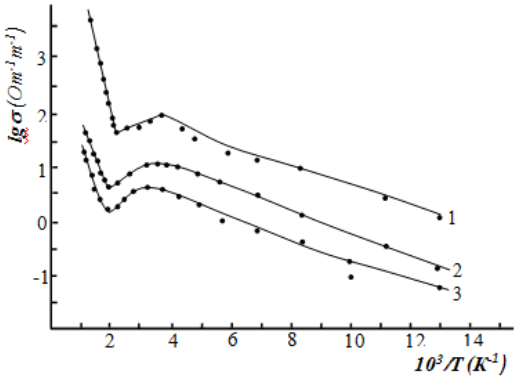


Şəkil 2. AQM ilə səthin (a)- ikiölçülü, (b)-həcmi təsvirləri

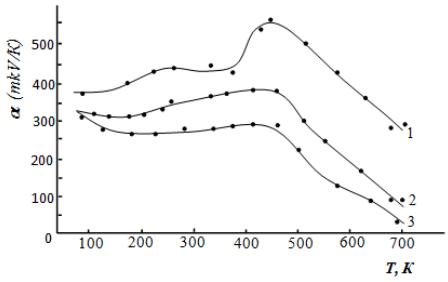
SnSe-nin təbii qopma səthinə malik laylı kristallar sinfinə daxil olmasına baxmayaraq laylar arasında müəyyən nahamarlıq müşahidə olunur. Bu nahamarlıq yəqin ki, rabitə qüvvələrinin pozulması zamanı təbəqələrə ayrılarkən kristalın səthində ayrı-ayrı atomların deyil, atom qrupları olan klasterlərin qalması ilə bağlıdır.

$Er_xSn_{1-x}Se$ ərintilərinin xüsusi elektrikkeçiriciliyi, Holl əmsalı, termo-e.h.q.-si və istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılıqları tədqiq olunmuş və alınan nəticələr qrafiklərdə təsvir olunmuşdur. Şəkil 3-dən göründüyü kimi SnSe və onun əsasında alınmış $Er_xSn_{1-x}Se$ ərintilərində xüsusi elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılıqları oxşardır. Aşağı temperaturlarda temperaturun artımı ilə yükdaşıyıcıların aşqar səviyyələrindən keçirici zonaya keçməsi hesabına xüsusi elektrikkeçiriciliyinin zəif artımı müşahidə olunur. Otaq temperaturunda aşqar səviyyələrindən keçirici zonaya keçən yükdaşıyıcıların sayı stabilləşir, Holl yürüklüyünün azalması hesabına elektrikkeçiriciliyi azalır. Məxsusi keçiricilik oblastında isə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması hesabına elektrikkeçiriciliyi artır. $Er_xSn_{1-x}Se$ ərintilərinin Holl əmsalının (*R*) temperatur asılılığı xüsusi elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı ilə yaxşı uzlaşır. Aşağı temperaturlarda *R* demək olar ki, dəyişmir, məx-

susi keçiricilik oblastında isə temperaturun artımı ilə azalır.



Şəkil 3. $Er_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin xüsusi elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı; 1- x=0; 2- x=0.02; 3- x= 0.04



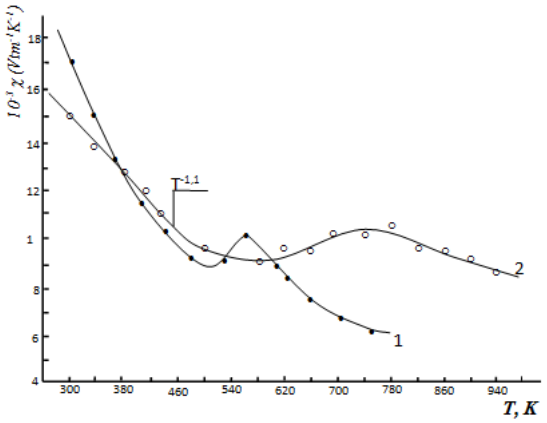
Şəkil 4. $Er_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin termo-e.h.q.-nin temperatur asılılığı; 1-x=0; 2-x=0.02; 3-x= 0.04

Aşağı temperaturlarda aşqar keçiriciliyi oblastında temperaturun artımı ilə termo-e.h.q.-si (α) artır, məxsusi keçiricilik oblastında isə azalır (şəkil 4). α -nın belə asılılığı mürəkkəb zona qurluşlu birləşmələr və bərk məhlullar üçün xarakterikdir.

$Er_xSn_{1-x}Se$ ərintilərinin istilikkeçiriciliyi 80-330 K temperatur intervalında stasionar metodla ölçülmüşdür. SnSe-də kation əvəzlənməsi zamanı kationun atom çəkisinin artımı ilə istilikkeçiriciliyi qanunauyğun olaraq azalır. Lakin, SnSe-dən onun əsasında alınmış bərk məhlullara keçdikdə istilikkeçiriciliyinin atom kütləsindən adi asılılığından kənara çıxmalar müşahidə olunur. Yəqin ki, bu $Er_xSn_{1-x}Se$ kristallarında fononların lokal nöqtəvi defektlərdən səpilməsinin üstünlük təşkil etməsi və istilik müqavimətinə təsir edən əsas faktorlar sıxlığın lokal dəyişməsi, həmçinin mühitin elastiklik xassələridir. Sıxlığın lokal dəyişməsi əsasən orta atom çəkilərinin fərqindən, elastiklik xassələrinin lokal dəyişməsi isə həlledici və həll olunan atomların radiusları fərqindən asılıdır.

$ErSnSe_2$ üçlü birləşməsinin istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı 300-960 K temperatur intervalında mütləq stasionar metodla öyrənilmişdir. Alınan nəticələrdən xüsusi istilikkeçirmə əmsalı hesablanmış və onun temperatur asılılığının qrafiki qurulmuşdur (Şəkil 5). Şəkildən göründüyü kimi orta temperatur intervalında (300-420 K) Er-un iştirakı ilə alınan üçlü birləşmələrdə istilikkeçiriciliyi SnSe binar birləşməninkinə nisbətən kiçik olur. SnSe birləşməsində $\chi \sim T^{1,73}$ dəyişdiyi halda, $ErSnSe_2$ də $\chi \sim T^{1,1}$ qanunu ilə dəyişir. Yüksək temperatur oblastında isə bunlar uyğun olaraq $\chi \sim T^{-1}$ və $\chi \sim T^{-0,68}$ qanunları ilə dəyişirlər.

Paramaqnik nadir torpaq ionlarının (NTİ) daxili *f*-elektron təbəqəsi qismən dolduğundan onları orbital (L), spin (S) və tam (J) momentləri sıfırdan fərqli olur. Qəfəs rəqsləri ionun tam momentinin yönümünü dəyişməklə onu bir səviyyədən digərinə keçirə bilir. Bu isə fononların udulması ilə müşayət olunur. Beləliklə paramaqnit NTİ kristal qəfəsin istilikkeçiriciliyini azaldan defektlər rolunu oynayır. *f*-təbəqəsi atom daxilində yerləşdiyindən kristal sahəsi aşağı temperaturlarda bu səviyyələri çox zəif parçalayır. Buna görə də paramaqnik NTİ-dan fononların səpilməsi hesabına istilikkeçiriciliyinin azalması yalnız orta temperaturlarda müşahidə olunur [3].



Şəkil 5. İstilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı; 1-SnSe; 2- $ErSnSe_2$.

Tədqiq olunan birləşmələrdə müşahidə olunan qanunauyğunluqları və anomal halların yaranmasına səbəb olan mexanizmləri araşdırmaq məqsədi ilə istilik müqavimətinin temperatur asılılığı qurulmuşdur (Şəkil 6). İstilik müqavimətinin temperatur asılılığını şərti olaraq iki hissəyə ayırmaq olar. 300-420 K temperatur intervalını əhatə edən birinci hissədə w istilik müqaviməti bütün nümunələrdə xətti olmaqla paralel dəyişir. Lakin yuxarı temperaturlarda (450-960 K) bu xətti asılılıq pozulur. $ErSnSe_2$ birləşməsində w-nin qiyməti T>600 K temperatur intervalında demək olar ki, dəyişmir.

$ErSnSe_2$ üçlü birləşmələrində müşahidə olunan qanunauyğunluqlar və anomal hallar onların zona quruluşunun mürəkkəb olması ilə yüksək tərtibdən defektli quruluşa malik olmaları ilə əlaqədardır. Buna görə də fononların defektlərdən səpilməsi ilə bərabər kristal sahəsində parçalanmış səviyyələrdən rezonans səpilməsi mexanizmi baş verir.

Eksperimental nəticələr göstərir ki, $Er_xSn_{1-x}Se$ ərintilərinin tərkibində erbiumun miqdarı artdıqca elektrik keçiriciliyi artır, istilikkeçiriciliyi isə azalır. Buna görə də tədqiq olunan sistemlərdə müəyyən tərkibdə və müəyyən temperatur intervalında termoeffektivliyin praktiki əhəmiyyət kəsb etdiyi qiymətə yaxınlaşdığını gözləmək olar. Hesablamaların nəticələri cədvəl 3-də verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi $Er_{0,04}Sn_{0,96}Se$ tərkibli nümunələrdə 250-300 K temperatur intervalında termoeffektivlik əmsalı $(1.36\text{-}1.81)\cdot 10^{-3}$ K^{-1} qiymətinə çatır ki, bu da praktiki maraq doğurur.

Cədvəl 3

$Er_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin termoelektrik parametrləri

T, K	SnSe				$Sn_{0.98}Er_{0.02}Se$				$Sn_{0.96}Er_{0.04}Se$			
	σ_1, (Om ·sm)$^{-1}$	α_1, mкV/K	χ_1, Vt/sm·K	$Z_1 \cdot 10^3$, K^{-1}	σ_2 (Om ·sm)$^{-1}$	α_2 Vt/sm·K	χ_2, Vt/sm·K	$Z_2 \cdot 10^3$, K^{-1}	σ_3,(Om ·sm)$^{-1}$	α_3, Vt/sm·K	χ_3, Vt/sm·K	$Z_3 \cdot 10^3$, K^{-1}
100	56.23	370	37	0,21	11.2	330	27.5	0,44	17.8	300	23.2	0,69
125	10	390	34.6	0,44	22.4	350	25.4	0,11	35.5	320	21.2	0,17
167	20	403	29.4	0,11	44.7	375	22.4	0,28	79.4	335	19	0,47
250	44.67	460	22.2	0,43	79	420	17.6	0,79	141.3	380	15	1,36
300	31,6	480	19,6	0,37	63.1	435	15.8	0,76	158.5	400	14	1,81

[1] *N.X. Abrikosov, V.F. Banкina, A.V. Poreçкaya, E.D. Sкudnoqo.* Poluprovodnikovıe soedineniya, ix poluçenie i svoystva. M.: Nauкa. 1967. s. 220. (rusca).

[2] *R.S. Erofeev, O.V. Solamatnikova, V.S. Qaydukova, S.İ. Repenko.* K voprosı vzaimodeystviya monoxalкoqenidov dvuxvalentnıx elementov IV qrupp i RZM. Xalкoqenidı. Vıp. 3. Kiev: Nauкa dumкa. 1974. S.87. (rusca).

[3] *N.X. Abrikosov, L.E. Şelumova.* Poluprovodnikovıe materialı na osnove soedineniy $A^{IV}B^{VI}$. M.: Nauкa. 1975. S. 195. (rusca).

[4] *A.V. Qolubкov, E.V. Qonçarova, V.P. Juze, Q.M. Loqinov, V.M. Seгqeeva, İ.A. Smirnov.* Fiziçesкaya svoystva xalкoqenidov redкozemelnıx elementov (pod red.V.P.Cuze). L; «Nauкa», 1973. s.304 (131). (rusca).

[5] *N. Bouad,M.C. Record, J.C. Tedenac, R.M. Marin-Ayral.* J. Solid State Chem. 2004, 177, № 1. C. 221-226.

[6] *A.E. Klimov, V.N. Şumsкiy.* FTP, 2008, t.42, vıp.2, s.147-152. (rusca).

[7] *A.P. Qurşumov, B.B. Kuliev, A.M. Axmedov, D.M. Safarov, V.B. Lazarev.* İzv AN SSSR, C. Neorqonaçeskie materialı, 1984. tom 20. №7, s.1090-10937. (rusca).

[8] *M.R. Baqieva, İ.İ. Aliev, M.B. Babanlı, O.M. Aliev.* Jurn.neorqan. ximii. 2002. t. 47. № 9. s. 1545-1547. (rusca).

[9] *D.İ. Quseynov, M.İ. Muгquzov, Ş.S. İsmailov.* İzv. AN Rossii. Neorqan. materialı. 2008. T.44. № 5. S 542-544. (rusca).

[10] J.İ. Qusyeynov, T.A. Jafapов. FTP, 2012. T. 46. V 4. S 447-449. (rusca).

[11] *V. Mironov.* İzv. «Texnosfera», Moskva, 2004, s. 197-201. (rusca).

E.M.Gojayev, J.İ.Huseynov, İ.İ.Aliyev, A.A.İsayeva, S.S. Aliyeva

PHYSİCO-CHEMİCAL ANALYSİS AND THERMOELEKTRİC PROPERTİES OF $Er_xSn_{1-x}Se$ SYSTEM ALLOYS

The Diagram of circumstance (case) of SnSe – ErSe system had been built by SnSe , in system on the base of tin monoselenid in interval 0-5 mol% it had been obtained new $ErSnSe_2$ triple combination in the ratio 1:1of the components and solid solution. On the basis of X-Ray structure analysis results it was appointed the crystallization of $ErSnSe_2$ combination in rhombic system and it was determined in applying of coop constants *a*=4,27 ; *b*=9,43 ; *c*=10,30 Å, Z=4 . The density was measured with picnometric method (ρ_{pik}= 7,03 q/cm³) and calculated on the basis of radiographic results (ρ_{rentg} =7,4 q/cm³) . System alloys of $Er_xSn_{1-x}Se$ and electric conductivity of $ErSnSe_2$ triple compound, Holl coefficient , thermo - e. d. f and temperature dependences of the heat conductivity was investigated ,the thermoelectric effectiveness was researched.

Э.М.Годжаев, Дж.И.Гусейнов, И.И.Алиев, А.А.Исаева, С.С.Алиева

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $Er_xSn_{1-x}Se$

В работе построена диаграмма состояния системы SnSe-ErSe и выявлено, что в данной системе наблюдается растворимость на основе SnSe в интервале 0-5 мол %, установлено, что при соотношении компонентов 1:1, в системе образуется инконгруэнтно плавящееся при 855°C, новое тройное соединение $ErSnSe_2$. По результатами рентгеноструктурного анализа установлено, что соединение $ErSnSe_2$ кристаллизуется в ромбической сингонии с параметрами решетки: *a*=4,27; *b*=9,43; *c*=10,30 Å, Z= 4. Плотность определена пикнометрическим методом (ρ_{rentg} =7,03 г/см^3) и вычислена по рентгенографическим данным (ρ_{rentg} =7,4 г/см^3). Изучены температурная зависимость электропроводности, коэффициент Холла, термо-.э.д.с., теплопроводность и рассмотрены термоэлектрические эффективности сплавов системы $Er_xSn_{1-x}Se$ и тройного соединения $ErSnSe_2$

Qəbul olunma tarixi: 05.06.2013

SnSe-DySe SİSTEM ƏRİNTİLƏRİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ TƏDQİQİ

C.İ. HÜSEYNOV, M.İ. MURQUZOV, J.Ş. ABBASOVA
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
Üzeyir Hacıbəyli 34

SnSe-DySe sistemində qarşılıqlı xarakterli kompleks fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə tədqiq olunmuş, hal diaqramı qurulmuşdur. SnSe-də Sn atomları qismən Dy atomları ilə əvəz olunduqda bərk məhlullar əmələ gəldiyi və bir sıra fiziki-kimyəvi xassələrin dəyişdiyi müəyyən edilmişdir. Sistemdə SnSe əsasında bərk məhlul oblastı otaq temperaturunda DySe-nin 0-4 mol % intervalını əhatə edi. Komponentlərin 1:1 nisbətində, 855°C temperaturda inkonqruent əriyən, ortorombik sinqoniyada kristallaşan $DySnSe_2$ birləşməsinin alındığı göstərilmişdir. $DySnSe_2$ üçlü birləşməsinin xüsusi elektrikkeçiriciliyinin, termo-e.h.q.-nin temperatur asılılıqları tədqiq olunmuşdur.

PACS: 72.80. Cw 71.55.Ak
Açar sözlər: fiziki-kimyəvi analiz, hal diqramı, bərk məhlul, elektrikkeçiriciliyi, termo-e.h.q.

GİRİŞ

Nadir torpaq materialları və IVB yarımqurup xalkogenidləri termoelektrik materialların hazırlanması üçün perspektiv maddələr hesab olunur. Bunların arasında qalay xalkogenidləri özünə məxsus termoelektrik və qalvanomaqnit xassələrə malikdir. $A^{VI}B^{VI}$ tipli birləşmələrdən olan qalay monoselenidi optik diapazonun infraqırmızı oblastında aktiv elementlərin, həmçinin müxtəlif termodinamik çeviricilərin hazırlanmasında istifadə olunnan əsas meteriallardandır. O mürəkkəb ion-kovalent kimyəvi rabitəyə malik olub NaCl tipli quruluşda kristallaşır. SnSe əsas xüsusiyyətlərindən biri müəyyən dərəcədə defektlərə malik olmasıdır. Hər iki altqəfəsdə vakansiyaların mövcudluğu və onların qarşılıqlı təsirinin antiquruluş defektlərinin əmələ gətirdiyi məlum olmuşdur. Bu defektlərin yüksək konsentrasiyası ~10^{17}см$^{-3}$ SnSe də *p*-tip keçiriciliyin yaranmasına gətirir. Nadir torpaq metal (NTM) elementlərinin daxil edilməsi qalay monoselenidində defektəmələgəlmənin təbiəti və defektlərin qarşılıqlı təsiri ilə bağlı olan bir sıra fiziki xüsusiyyətlərin yaranmasına səbəb olur.

Qurğuşun xalkogenidləri və onlar əsasında alınmış bərk məhlullar termoelektrik soyuducuların *p* budağındakı materiallar kimi istifadə olunur [3-5]. Buna görə də SnSe və DySe xalkogenidləri arasında qarşılıqlı təsirin öyrənilməsi elmi və praktiki maraq kəsb edir. Ədəbiyyatda Ln–Sn–X(Ln=La–Lu, X = S, Se) üçlü sisteminin SnX--LnX (Ln_2X_3) kvazi binar kəsiyinin öyrənilməsinə dair bir sıra işlər vardır [6–9].

SnSe-DySe sisteminin hal diaqramının qalay monoselenidi tərəfindən olan bir hissəsi [10] işində baxılsa da SnSe və DySe arasındakı qarşılıqlı təsirin xarakteri tam tədqiq olunmamışdır. Bu işdə SnSe və DySe xalkogenidləri arasında qarşılıqlı təsir öyrənilmiş, fiziki-kimyəvi analizlərin nəticələri verilmiş, $(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ sistem ərintilərinin sintez rejimi araşdırılmışdır.

SnSe binar birləşməsi 880°C konqruent əriyir [11] və ortorombik sinqoniyada (fəza qrupu D_{2h}^{16}-P_{cmn}, qəfəs parametrləri *a*=4,46; *b*=4,19; *c*=11,57 Å^3, elementar özəyin həcmi 216 Å^3, *Z*= 4, ρ = 6,18 г/см^3) kristallaşır [12].

DySe binar birləşməsi 1450°C temperaturda konqruent əriyir və heksaqonal sinqoniyada, *a* = 4,000; *c*= =6,980 Å, *Z*=2, fəza qrupu P63mc, ρ=7,85 q/sm^3 qəfəs parametrləri ilə kristallaşır [13].

TƏCRÜBİ HİSSƏ

SnSe-DySe sistem ərintilərinin sintezi zamanı başlanğıc komponent qismində ”B4-000” markalı qalay, “OC417-4” markalı selen və kimyəvi təmiz elementar disproziumdan (99,98 %) istifadə olunmuşdur. Hal diaqramını qurmaq üçün komponentlərin müxtəlif faizlərinə uyğun 2 q. kütləli ərintilər hazırlanmışdır. Termik effektlərin differensial yazılışı üçün etalon maddə kimi alüminium oksidindən istifadə olunmuşdur. Nümunələrin qızma və soyuma sürəti 0,5 K/san təşkil etmişdir.

Sintez havası 0,1333 Pa təzyiqə qədər sorulmuş kvars ampulalarda aparılmışdır. Sintez iki mərhələdə həyata keçirilmişdir: İlkin mərhələdə ampula maddə ilə birlikdə 4-5 dər/dəqiqə sürəti ilə selenium ərimə temperaturuna qədər qızdırılmış və 3-4 saat bu temperaturda saxlanılmışdır, sonra temperatur tərkibdən asılı olaraq 950-1000°C-ə qədər tədricən qaldırılıb və 8-9 saat saxlanılmışdır. Alınmış nümunələr 580°C temperaturunda 120 saat homogenləşmə üçün dəmlənməyə qoyulmuşdur.

Sintez olunmuş nümunələrin differensial termik analızləri (DTA) xromel-alümel termocütlü alcaq tezlikli HTP-73 termoreqistratorunda aparılmışdır. Qızma sürəti 8dər/dəq olmuşdur. Rentgen quruluş analizi (RQA) Cu K_α şüaları ilə Ni filtri ilə təchiz olunmuş, D-2 PHSER modelli rentgen qurğusunda aparılmışdır.

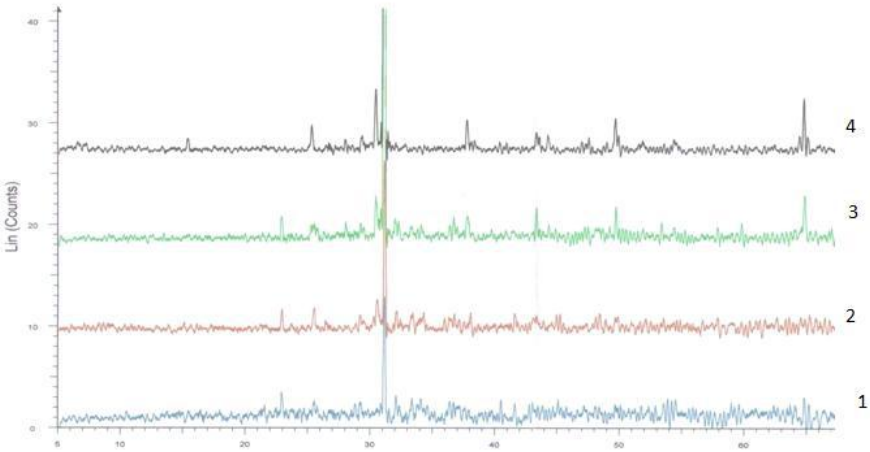
Ərintilərin mikrobərkliyi ПМТ-3 metalloqrafik mikroskopunda, hər bir faza mikrobərkliyin ölçülməsində seçilmiş yükə əsasən təyin edilmişdir. Nümunələrin sıxlıqları isə piknometrik və rentgenoqrafik metodlarla təyin edilmişdir.

Termo-e.h.q.-si mütləq stasionar metodla [4], xüsusi elektrikkeçiriciliyi (σ) , Holl əmsalı (*R*) sabit maqnit sahəsində sabit cərəyan rejimində [6], 80÷720 K temperatur intervalında ölçülmüşdür.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Parlaq boz rəngli SnSe-DySe sistem ərintiləri yığcam külçə şəklində alınır. Hava və suya nəzərən dayanıqlı olan bu ərintilərə, üzvü həlledicilər təsir etməsə də konsentrasiyalı mineral turşular (HCl, HNO_3, H_2SO_4) və qələvilərdə (NaOH, KOH) parçalanır.

Sistem ərintilərinin DTA termoqramlarda solidus və likvidusa aid olan iki, üç endotermik effektin olduğunu göstərir. Qızma və soyuma əyrilərində müşahidə olunan bütün termik effektlər dönəndir.



Şəkil 1. SnSe-DySe sistem ərintilərinin difraktoqramları:1-30 мол.%, 2- 50 мол.% ($DySnSe_2$), 3 -70 мол.% SnSe, 4-SnSe.

Mikroquruluş analizi tədqiqatları SnSe-DySe sistem ərintilərində DySe-nin 0-4 mol % intervalında bir fazalı, digər intervalların isə iki fazalı olduğunu göstərir.

SnSe-DySe sistem ərintilərində mikrobərklik təyin edilərkən üç müxtəlif qiymətlər; SnSe əsasında alınmış *α*-bərk məhlullarına uyğun (500-650) MPa, $DySnSe_2$ üçlü birləşməsinə uyğun -2150 MPa, və DySe birləşməsinə uyğun-2600 MPa. DTA və MQA-dən alınan nəticələrini təsdiq etmək üçün RFA-də aparılmışdır. Başlanğıc maddələrin və alınmış yeni fazanın difroktoqramlarda qeyd olunan xətlərin intensivlikləri və müstəvilərarası məsafələr hesablanmışdır (Şəkil 1.).

Difraktoqramdan göründüyü kimi difraksiya maksimumları və müstəvilərarası məsafə yeni fazada başlanğıc birləşmələrə nəzərən fərqli olur. RFA-nin nəticələri SnSe və DySe birləşmələrinin qarşılıqlı təsirindən komponentlərin 1:1 nisbətində yeni $DySnSe_2$ üçqat birləşməsinin yarandığını göstərir. SnSe-DySe sisteminin fiziki-kimyəvi analizlərinin nəticələri bəzi nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

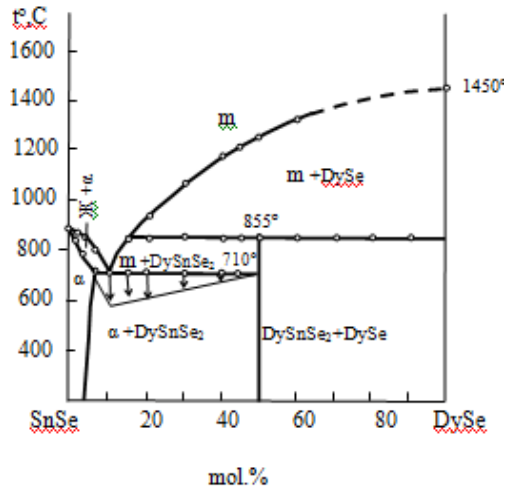
Cədvəl 1.

SnSe-DySe sistem ərintilərinin DTA-in nəticələri, sıxlıq və mikrobərklikləri

Tərkib, mol %		Termik effektlər, ˚C	Sıxlıq, 10^3kq/m^3	Fazaların mikrobərkliyi, Mpa		
SnSe	DySe			I (α)	II $DySeSe_2$	III (DySe)
				P=0,1 H		P=0,2 H
100	0,0	880	6,18	500	-	-
97	3,0	845, 860	6,20	570	-	
95	5,0	790, 850	6,26	650	-	-
93	7,0	730, 800	6,28	650	-	-
90	10	710	6,34	Evtektika	Evtektika	-
	15	710, 845	6,40	-	-	-
80	20	710, 855, 950	6,50	-	2140	-
70	30	710, 855, 1070	6,68	-	2140	-
60	40	710, 855, 1170	6,75	-	2140	-
55	45	710, 855, 1220	6,83	-	2145	-
50	50	855, 12150	7,02	-	2150	-
40	60	855, 1280	7,25	-	2150	2600
30	70	855	7,35	-	2150	2600
20	80	855	7,53	-	-	2600
10	90	855	7,70	-	-	2600
0,0	100	1450	7,85	-	-	2600

DTA, MQA, RFA, mikrobərkliyin və sıxlıqların qiymətlərinə əsasən SnSe-DySe siteminin hal qiaqramı qurulmuşdur (Şəkil 2). Kvazi binar evtetik tipdə olan bu sistemdə 855°C temperaturda inkonqruent əriyən $DySnSe_2$ birləşməsinin alındığı müəyyənləşdirilmişdir. Bu

birləşmə SnSe əsasında alınan α-bərk məhlullarla DySe-nin 10 mol % kimi 710°C-də əriyən evtektika alınır.



Şəkil 2. *SnSe-DySe sisteminin hal diaqramı*

SnSe-DySe siteminin likvidusu ilkin kiristallaşmanın üç xəttindən ibarətdir: α-faza (SnSe əsasında alınmış bərk məhlullar), $DySnSe_2$ və DySe birləşmələri. DySe birləşməsinin 0-10 mol % konsentrasiyalarında likvidus xətti üzrə α-fazanın ilkin kristallaşması baş verir. Konsentrasiyanın 10-15 mol % intervalında mayedən ilkin olaraq $DySnSe_2$ ayrılır, DySe-nin 15-100 mol % intervalında isə DySe ayrılır.

DySe-nin 0-4 mol % intervalında solidus xəttindən aşağıda SnSe əsasında bircinsli α-faza bərk məhlulları yaranır, 4-50 мол. % intervalında ikifazalı kristallaşma (SnSe+$DySnSe_2$), 50-100 mol.% intervalında isə ($DySnSe_2$+DySe) ikifazalı ərintilərin kristallaşması müşahidə olunur. α-faza ilə $DySnSe_2$ birləşməsinin birlikdə kristallaşması DySe-nin 10 mol. %-ə qədər intervalında 710°C temperaturda əriyən ikiqat evtektikanın alınması ilə yekunlaşır.

$DySnSe_2$ birləşməsinin ovuntularının rentgenoqramlarının təhlili bu birləşmələrin ortorombik sinqoniyada, Sb_2S_3 tipində, $P_{bnm}=D^{16}_{2h}$ fəza qrupunda kristallaşdığını göstərir. $DySnSe_2$ üçlü birləşməsinin elementar özək parametrləri və sıxlıqları təyin edilmişdir: a=5,74; b=10,49; c=11,66 Å, Z=7, V=702 Å^3, ρ_{pik}=7,02q/sm^3, ρ_{rent}=7,26 q/sm^3. $DySnSe_2$ birləşməsində müstəvilərarası məsafə (d, Å), hkl, başlanğıc birləşmələrin və $DySnSe_2$ birləşməsinin difraktoqramlarında xətlərin intensivlikləri cədvəl 2-də verilmişdir.

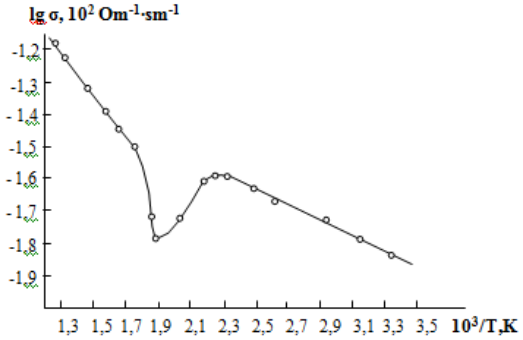
$Dy_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintisi x=0.005 və x=0.05 tərkibli nümunələri, SnSe binar birləşməsində qalayın bir qisminin disproziumla əvəz olunması ilə alınmış və onların kinetik parametrləri T=300÷800 K temperatur intervalında ölçülərək hesablanmışdır. Uyğun qrafikləri qurulmuş və analiz edilmişdir. Bu göstərilən tərkiblər haqqında daha geniş məlumat əldə etmək üçün otaq temperaturunda göstərilən kinetik əmsallarda yanaşı yükdaşıyıcıların konsentrasiyası və Holl yürüklüyü də hesablanmışdır.

SnSe birləşməsindən onun disproziumlu ərintilərinə keçdikdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası ~ bir tərtib azalır, Holl əmsalının qiyməti artır və həm də x=0,050 tərkibli nümunədə işarəsini müsbətdən mənfiyə dəyişir. Termo e.h.q.-nın qiyməti də uyğun olaraq x=0,050 tərkibli nümunədə işarəsi mənfi olmuşdur. Holl yürüklüyünün də qiyməti ərintilərdə azaldığından ümumilikdə $\sigma=enU$-nun da qiymətləri azalır. Burada daha çox maraq kəsb edən cəhət, ərintilərdə yükdaşıyıcıların həm konsentrasiyasının və həm də Holl yürüklüyünün azalmasıdır. Normal halda verilmiş sistemdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası azaldığı halda onun Holl yürüklüyü artmalı idi. Lakin bunun əksi olaraq tədqiq olunan ərintilərdə hər iki parametr eyni zamanda azalır. Bu isə onunla izah olunur ki, tərkiblərdə disprozium element atomlarının iştirakı ionluq dərəcəsini artırmışdır. Kinetik parametrlərin qiymət və işarələrinin dəyişməsindən aydın olur ki, alınmış tərkiblər qismən kompensasiya olunmuş yarımkeçirici maddələrdir. Digər tərəfdən istilikkeçirmə əmsalının qiymətlərindən aydın olur ki, ərintilərdə χ-nın qiymətləri azalmışdır.

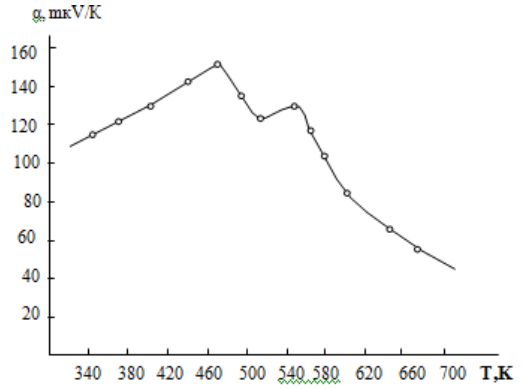
Cədvəl 2.

$DySnSe_2$ rentgenoqrafik analizinin nəticələri

$I_{отн.}$	$d_{экс.}$	hkl	$I_{отн.}$	$d_{экс.}$	hkl
16	3,8849	003	13	2,1701	043
16	3,4973	030	13	2,0154	214
12	3,0599	113	13	2,0032	125
21	2,9270	004	13	1,8786	310
100	2,8722	200	10	1,8615	152
15	2,7893	201	11	1,7539	060
13	2,6817	211	9	1,6229	252
14	2,6161	040	11	1,5918	063
11	2,4973	212	7	1,5803	117
10	2,4716	221	9	1,5457	340
10	2,4211	024	7	1,5376	162
14	2,3651	133			



Şəkil 3. $DySnSe_2$ birləşməsinin elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı



Şəkil 4. $DySnSe_2$ birləşməsinin termo e.h.q.-nin temperatur asılılığı

$DySnSe_2$ üçlü birləşməsini xüsusi elektrikkeçiriciliyi sabit cərəyan rejimində və termo-e.h.q.-si isə mütləq sta-

sionar metodla geniş temperatur intervalında tədqiq olunmuş, qrafikləri şəkil 3 və 4-də təsvir olunmuşdur. Temperatur 450 K qədər artdıqda xüsusi elektrikkeçiriciliyi də artır. Kiçik temperatur intervalında (450-530 K) temperaturun artımı ilə keçiriçilik azalaraq metallik xarakter göstərir. Temperaturun sonrakı artımında isə termik ionlaşma nəticəsində yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması hesabına elektrikkeçiriciliyi yenidən artır.

Temperaturun məxsusi keçiricilik oblastına kimi artımında $DySnSe_2$ birləşməsində termo-e.h.q.si də artır. Məxsusi keçiricilik oblastında, 540-660 K temperatur intervalında isə temperaturun artımı ilə termo-e.h.q.si 130mkV/K-dən 60 mkV/K kimi azalır (Şəkil 4). Xüsusi elektrikkeçiriciliyi və termo-e.h.q.-nin temperatur asılılıqları mürəkkəb zona quruluşlı aşqar yarımkeçiricilər üçün xarakterikdir.

---

[1] *Q.A. Smolenskiy, M.A. Boyarçenkov, F.V. Lisovskiy, V.K. Raev*. Mikroelektronika. 1972. T. 1. s. 26.

[2] *R.D. Lock, J.M. Lucas*. Radio Electron. 1972. V. 42.p. 435. (Rusca).

[3] *İ.O. Nasibov, T.İ. Sultanov*. İzv. AN SSSR. Neorqan. materialı. 1980. T. 10. № 3. s. 422-425. (Rusca).

[4] *D.İ. Quseynov, M.İ. Murquzov, Ş.S. İsmailov*. İzv. AN Rasii. Neorqan. materialı. 2008. T.44. № 5. s. 542-544. (Rusca).

[5] *A.P. Qurşumov, B.B. Kuliyev, K.X. Abbasov, U.D. Maqerramov*. İzv. AN SSSR. Neorqan. materialı. 1990. T. 26. № 9. s. 1827-1829. (Rusca).

[6] *C.İ. Quseynov, T.A. Cafarov*. FTP, 2012. T. 46. V 4. S 447-449. (Rusca)

[7] *M.R. Baqiyeva, İ.İ. Aliev, M.B. Babanlı, O.M. Aliev*. Jurn. neorqan. ximii. 2002. T. 47. № 9. s. 1545-1547. (Rusca).

[8] *M.R. Baqiyeva, İ.İ. Aliev, M.B. Babanlı*. Neorqan.materialı. 2003. T. 39. № 9. s. 927-931.(rusca)

[9] *A.V. Qolubokov, E.V. Qonçarova, V.P. Cuze, Q.M. Loqinov, V.M. Sereeva, İ.A. Smirnov*. Fiziceskaya svoystva xalkoqenidov redkozemelnıx elementov (pod red.V.P.Cuze). L: «Nauka», 1973. s.304 (131). (Rusca).

[10] *A.P. Qurşumov, V.V. Kuliev, A.M. Axmedov, i dr.* İzv. AN SSSR. Neorqan. materialı. 1984. T.20. № 7. s. 1090-1094. (Rusca).

[11] *A.M. Qaskov, V.P. Zlomanov, U.A. Sapojnikov, A.V. Novoselova*. Vestн. Mosк. Un-ta. Ser.xim.1968. № 3.s.48-52. (Rusca).

[12] *P. Boudjouk, D. Seidler, D. Grier, G. McCarthy*. Chem. Mater. 1996.v.8.p.1189-1193.

[13] A.K. Singh, O.N. Srivastava. Z.Metallcd. 1977.v.68.p.768-771.

J.I. Huseynov, M.I. Murguzov, J.Sh. Abbasova

PHYSICOCHEMICAL INVESTIGATION OF SnSe-DySe SYSTEM ALLOYS

Reciprocal complex was investigated with the methods of physicochemical analysis in the system of SnSe-DySe, case diagram was constructed. By partly replacing of Sn atoms by Dy atoms, formation of firm solutions and several changes of physicochemical properties were detected in SnSe. In the system areas of firm solutions involve 0-4 % interval of DySe on the basis of SnSe at room temperature. Components in the ratio of 1:1, formation of compound of $DySnSe_2$ incongruent melting at a temperature of 855°C and crystallizing in the orthorhombic system was displayed. Special electrical conductivity and temperature dependence of thermo e.d.f. of $DySnSe_2$ triple compound were investigated.

Дж.И. Гусейнов, М.И. Мургузов, Ж.Ш. Аббасова

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ SnSe-DySe

Комплексными методами физико-химического анализа дифференциально-термического (ДТА), рентгенофазового (РФА), микроструктурного (МСА) анализа, а также измерением микротвердости и плотности изучен характер взаимодействия в системе SnSe-DySe и построены диаграммы состояния. Установлено, что при введении DySe в состав SnSe образуются твердые растворы и изменяются некоторые физико-химические свойства. В системе образуется инконгруэнтно плавящееся соединения при 855°C. Индицированием рентгенограмм порошков $DySnSe_2$ установлено, что это соединение кристаллизуется в ромбической сингонии с параметрами решетки: a= 5,74; b= 10,49; c= 11,66 Å, Z=7, V=702 Å^3, плотность $\rho_{пик.}$=7,02 г/см^3, $\rho_{рент.}$=7,26 г/см^3. Установлено, что твердые растворы на основе SnSe при комнатной температуре доходят до 4 мол. % DySe, а на основе DySe твердые растворы не исследованы. Изучены температурная зависимость электропроводности и термо-.э.д.с. сплавов системы.

Qəbul olunma tarixi: 05.06.2013

BURAXILIŞINDA DƏRC OLUNAN MƏQALƏLƏRİN QISA XÜLASƏSİ

M.A. Muxtarov

YARIMSADƏ YÜKSƏKRANGLI CƏBR ÜÇÜN ƏSAS KİRAL MƏSƏLƏSİNİN ÜMUMİLƏŞDİRİCİ HƏLLİ

Hərəkət edən qutblü əsas Kiral məsələsinin *SL(3, C)* cəbri uçün diskret simmetriyanın dəyişdirilməsi vasitəsilə yeni həlli qurulmuşdur.

E.M. Fərhadzadə, Y.Z. Fərzəliyev, A.Z. Muradəliyev

ENERJİ SİSTEMİNİN AVADANLIQLARININ TEXNİKİ VƏZİYYƏTİNİ XARAKTERİZƏ EDƏN ÇOXÖLÇÜLÜ STATİSTİK VERİLƏNLƏRİN SƏHV TƏSNİFATI RİSKİNİN AŞAĞI SALINMASI

Fərdi etibarlıq göstəricilərinin obyektiv qiymətləndirilməsi elektroenergetik sistemlərin qurğularının və avadanlıqlarının təmiri və texniki xidmətə sərf olunan istismar xərclərinin aşağı salınması imkanlarının vacib şərtlərindəndir. Çoxölçülü statistik verilənlərin səhv təsnifatı riskinin aşağı salınması üsulu təklif edilir. Üsul statistik fərziyyələrin yoxlanılması nəzəriyyəsinə və imitasiya modelləşdirilməsinə əsaslanır.

Ş.O. Eminov, X.D. Cəlilova, Ə.Ə. Rəcəbli, G.X. Məmmədova, C.A. Quliyev, Z.İ. Bədəlova

ŞÜŞƏ ALTLIQLARI ÜZƏRİNDƏ NİZAMLANMIŞ NANOMƏSAMƏLİ ANODLU ALÜMİNİUM OKSİD QƏLİBLƏRİNİN YARADILMASI

Nanoməsaməli anodlu alüminium oksid (AAO) qəliblərinin oksalik turşusunda alınması üzrə tədqiqatların ilkin nəticələri təqdim edilmişdir. Potensiostatik rejimdə AAO-larının göyərdilməsi kinetikası tədqiq olunmuşdur. Şəffaf, nizamlanmış strukturlu, məsamələrinin diametri 20-40 nm və dərinliyi 100-150 nm aralığında olan AAO təbəqələri alınmışdır.

Ə.Ş. Abdinov, R.F. Babayeva, N.Ə. Rəhimova, R.M. Rzayev, S.İ. Əmirova

LAYLI QURULUŞLU $A^{III}B^{VI}$ KRİSTALLARININ ELEKTROFİZİKİ PARAMETRLƏRİNƏ TEMPERATURUN VƏ NADİR TORPAQ ELEMENTLƏRİ İLƏ AŞQARLANMANIN TƏSİRİ

Təmiz və $N_{NTE} \leq 10^{-1}$ at.% miqdarında nadir torpaq elementləri (Ho, Gd, Dy) ilə aşqarlanmış qallium və indium monoselenidlərinin (*p*-GaSe və *n*-InSe) kristallarının elektrofiziki parametrlərinin (elektrik keçiriciliyinin, Holl sabitinin və sərbəst yükdaşıyıcılarının) 77÷600 K-də temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir.

Müəyyən olunmuşdur ki, aşağı temperaturlarda ($T \leq 300 \div 320$ K) hər iki qrup kristallarda Holl sabiti (R_H) temperaturdan asılı deyil, qaranlıq keçiricilik (σ_T) və sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyü (μ) temperaturdan aktivasiyalı asılı olaraq dəyişir. Bu zaman müxtəlif təmiz, eləcə də müxtəlif N_{NTE}-li aşqarlanmış nümunələr üçün σ_T və μ kəmiyyətləri də nəzərəçarpacaq dərəcədə fərqlənirlər. Elektrofiziki parametrlərin kəmiyyətləri daxil olan aşqarın kimyəvi təbiətindən asılı deyil, yalnız aşqarlanma səviyyəsi ilə dəyişdir.

Göstərilmişdir ki, tədqiq olunan *p*-GaSe və *n*-InSe kristallarında elektrofiziki parametrlərinin xüsusiyyətlərinin T və N_{NTE}-dən müəyyən olunan asılılıqları bu yarımkeçiricilərin qismən nizamsızlığı və onların sərbəst enerji zonalarında xaotik dreyf çəpərlərinin olması ilə şərtlənmişdir.

N.Z. Həsənov, Mir-Həsən YU. Seyidov, R.Z. Sadixov, F.M. Seyidov, R.Q. Vəliyev, YU.Q. Əsədov, E.M. Kərimova, A.Ə. İsayeva, K.M. Hüseynova

$TlGaSe_2$ - $TlCoS_2$ SİSTEMİNDƏ FAZA KEÇİDLƏRİ VƏ ONLARIN EYNİ ZAMANDA MÖVCÜD OLMASI

$TlGaSe_2$ laylı birləşməsinin dielektrik xassələrinin tədqiqi göstərmişdir ki, bu birləşmə aralıq qeyriölçülü (T_i =117,2 K) fazası olan seqnetoelektrikdir (T_c=114 K). $TlCoS_2$ laylı birləşmənin maqnit tədqiqatları nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bu birləşmə uyğun olaraq T_C=112 K, T_C^P=120 K və μ_{eff} = 4,6μ_B olan ferrimaqnetikdir. $TlGaSe_2$-$TlCoS_2$ sistemində DTA metodu ilə seqnetoelektrik və ferrimaqnit homogen və heterogen nizamlılığının eyni zamanda mövcüd olması oblastı təyin edilmişdir.

T.C. İbrahimov, Ç.O. Qacar, Ş.YU. Səmədov, Q.M. Bayramov

NEMATİK MAYE KRİSTALDA ELEKTROHİDRODİNAMİK DAYANIQSIZLIĞA KİÇİK ZƏRRƏCİKLƏRİN TƏSİRİ

İşdə H-37 nematik maye kristalında elektrohidrodinamik dayanıqsızlığın (EHDD) yaranmasına gümüş və alüminium oksidi zərrəciklərinin təsiri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, MK-da gümüş zərrəciklərinin iştirakı statik sahədə EHDD-ın yaranmasının astana gərginliyini azaldır və bu kiçik tezliklərdə təmiz H37-dəkindən böyük, yüksək tezliklərdə isə kiçik olur. Eyni za-

manda EHDD-nın yoxolma tezliyi yüksəlir. Bu zaman alüminium oksidi zərrəcikləri EHDD-ın yaranmasının astana gərginliyini aşağı tezliklərdə gümüş zərrəciklərinə nisbətən böyük qiymətdə azaldır və böyük tezliklərdə onlar onu yüksəldirlər. Zərrəciklərin iştirakı təmiz MK ilə müqayisədə qoşulma və sönmə zamanlarını dəyişir. Bu MK-ın özlülüyünün yüksəlməsi və elastiklik xassələrinin pisləşməsi ilə, həmçinin ionların əlavə maneələri keçməsi ilə əlaqədardır.

M.A. Qurbanov, A.A. Bayramov, T.Q. Məmmədov, M.M. Kuliyev

POLİMER KOMPOZİT DİELEKTRİKLƏRİN PYEZOELEKTRİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Məqalədə polimer kompozisiyalarda pyezoelektrik effekt yaradan ferroelektrik hissəciklərin əsas struktur xüsusiyyətlərinin tədqiqatların nəticələri qöstərilmişdir. Məlum olunmuşdur ki, kompozitlərin pyezoelektrik xüsusiyyətləri polimer-ferroelektrik fazaların sərhədində polyarizasiya proseslər nəticəsində müəyyən olunur. Pyezodoldurucıların əsas xüsusiyətləri və kompozitlərdə yüksək pyezoelektrik effektin yaradan sərhəd polyarizasiya prosesləri təyin olunmuşdur.

ISSN 1028-8546

2013, volume XIX, №1
Section: Az

MÜNDƏRİCAT

1. Aşağımolekullu rəngləyici əlavələrlə modifikasiya olunmuş poliolefinlərdə yük halının tədqiqi
M.Ə. Ramazanov, A.S. Hüseynova 3
2. $CuCr_2S_4$ birləşməsinin və $Cu_{1-x}In_xCr_2S_4$ bərk məhlul ərintilərinin istilik keçiriciliyi
Ə.F. Quliyev, E.Ə. Eyvazov, Ş.S. Ismayılov, Ç.İ. Əbilov 6
3. SiO_2 nanotozunun xüsusi səth sahəsinin hesablanması və nano SiO_2 - H_2O sistemlərinin alınması
E.M. Hüseynov, A.A. Qəribov, R.N. Mehdiyeva 10
4. IrSı-Sı quruluşlarında yaddaş elementləri ilə yük əlaqəli cihaz (YƏC) əsasında informasiyanın sayılması
E.Ə. Kərimov 15
5. γ -şüasının təsirindən sonra $CuGaSe_2$ monokristalında mənfi fotovoltaik effektin yaranması
İ. Gasımoğlu 19
6. γ - şüalanmanın $Ge_{0,995}Gd_{0,005}S$ monokristalının fotokeçiricilik spektrinə təsiri
A.S. Ələkbərov, G.Ş. Mikayılova, F.A. Axundova 22
7. $Er_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin fiziki-kimyəvi analizləri və termoelektrik xassələri
E.M. Qocayev, C.İ. Hüseynov, A.Ə. Isayeva, S.S. Əliyeva, İ.İ. Əliyev 25
8. SnSe-DySe sistem ərintilərinin fiziki-kimyəvi tədqiqi
C.İ. Hüseynov, M.İ. Murquzov, J.Ş. Abbasova 30
9. **BİZİKA, 2013, vol. XIX №1, section: En** buraxilişinda dərc olunan məqalələrin qisa xülasəsi 34

www.physics.gov.az