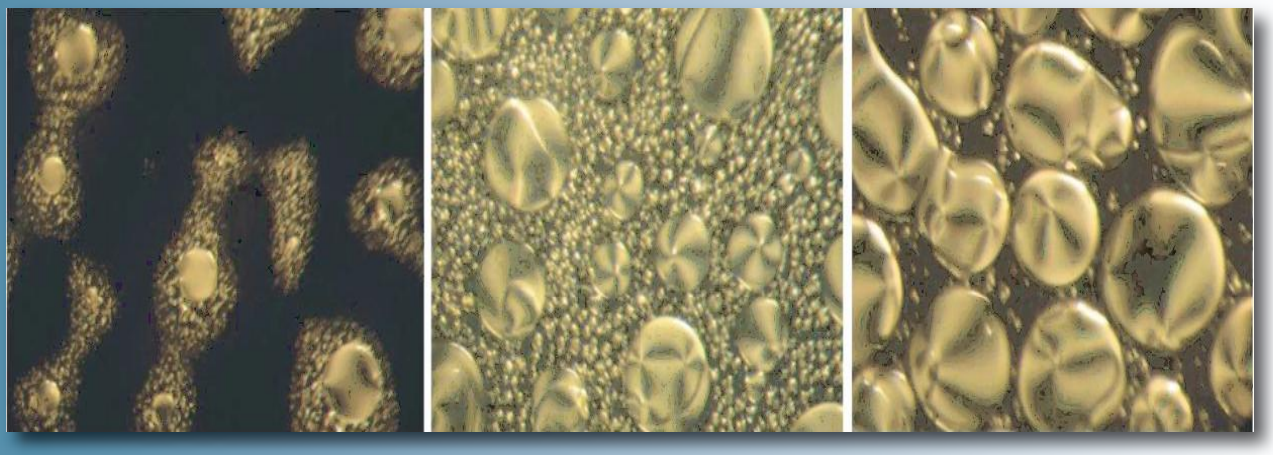
ISSN 1028-8546

Volume XX, Number 4
Section: Az
December, 2014

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
Ministry of Press and Information
of Azerbaijan Republic,
Registration number 402, 16.04.1997

ISSN 1028-8546
vol. XX, Number 4, 2014
Series: Az

Azerbaijan Journal of Physics

FIZIKA

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

HONORARY EDITORS

Arif PASHAYEV

EDITORS-IN-CHIEF

Nazim MAMEDOV Chingiz QAJAR

SENIOR EDITOR

Talat MEHDIYEV

INTERNATIONAL REVIEW BOARD

Ivan Scherbakov, Russia
Kerim Allahverdiyev, Azerbaijan
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
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
Yusif Asadov, Azerbaijan

TECHNICAL EDITORIAL BOARD

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

PUBLISHING OFFICE

131 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:_____

$TlGaTe_2$ KRİSTALININ BORN EFFEKTİV YÜK VƏ DİELEKTRİK TENZORLARININ TƏMƏL PRİNSİPLƏRDƏN HESABLANMASI

H.S. ORUCOV[1,2], V.N. CƏFƏROVA[1]

[1] AMEA-nın H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu, H.Cavid 33, Bakı, AZ 1143, Azərbaycan

[2]Azərbaycan Texniki Universiteti, H.Cavid 25, Bakı, AZ 1073, Azərbaycan

e-mail: vina246@rambler.ru

İşdə Quantum Espresso proqramlar paketi istifadə olunmaqla Funksional Sıxlıq Həyəcanlaşma Nəzəriyyəsinin Lokal Sıxlıq Yaxınlaşması metodu ilə zəncirvari $TlGaTe_2$ birləşməsi üçün Born effektiv yük və dielektrik tenzorları hesablanmışdır.

UOT: 537.226.1: 537.8

Açar sözlər: $TlGaTe_2$, təməl prinsiplər, funksional sıxlıq nəzəriyyəsi, lokal sıxlıq yaxınlaşması, fonon spektri, Born effektiv yük, dielektrik tenzor

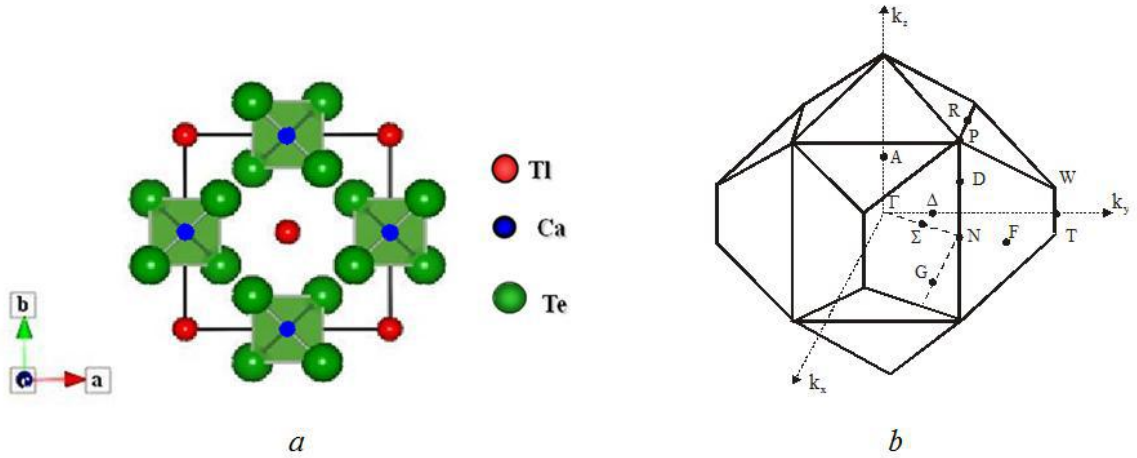
$TlGaTe_2$ birləşməsi digər TlSe tipli birləşmələr içərisində ən zəif öyrənilmişidir. Bu kristallar texnikada tətbiq olunmaq üçün əlverişli materiallar [1] olmaqla geniş texniki tətbiq imkanlarına malik birləşmələrdir. Tətbiq olunma nöqteyi nəzərindən $TlGaTe_2$, onun binar (TlSe, InTe, TlS və s.) və üçqat analoqlarının ($TlInSe_2$, $TlInTe_2$, $TlGaSe_2$ və s.) öyrənilməsinin mühüm səbəblərindən biri bu birləşmələrin termoelektrik [2, 3] və elektrik [4, 5] xassələrinə marağın böyük olmasıdır.

Ədəbiyyatda verilən məlumatlara görə zəncirvari $TlGaTe_2$ və onun üçqat analoqlarının elektrik, fotoelektrik, optik və s. xassələrində onların praktiki tətbiqinə geniş imkan açan digər maraqlı xüsusiyyətlər aşkar edilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, təqdim olunan işə qədər ədəbiyyatda $TlGaTe_2$ kristalının yalnız zona quruluşu hesablamalarına rast gəlinmişdir. Belə ki, kristalın zona quruluşu ilk dəfə empirik psevdopotensial metodu ilə [6]-də, psevdopotensialın qeyri-lokallığını nəzərə almaqla və elektron-ion qarşılıqlı təsirini model çərçivəsində götürməklə [7]-də hesablanmışdır. $TlGaTe_2$ birləşməsinin fonon zona quruluşu ilk dəfə nəzəri olaraq təqdim edilən işdə hesablanmışdır.

Məqalədə tetraqonal $TlGaTe_2$ birləşməsi üçün təməl prinsiplərdən qurulmuş fonon spektri [8, 9] əsasında Quantum Espresso (QE) [10] proqramlar paketi istifadə olunmaqla Born effektiv yük və dielektrik tenzorları hesablanmış, alınmış nəticələr əldə edilən eksperimentlə müqayisə olunmuşdur.

Məlumdur ki, tədqiq olunan $TlGaTe_2$ üçqat birləşməsi zəncirvari quruluşa malikdir [11, 12]. Birləşmədə Tl atomları təpələrində səkkiz ədəd Te atomu olan bir qədər deformasiya olunmuş və azacıq burulmuş kubların (Tomson kubları) mərkəzində yerləşir. Ga atomları təpələrində dörd ədəd Te atomlarından ibarət tetraedrlərin mərkəzində durur və onları əhatə edən Te atomları ilə birlikdə ${}^{Te}_{Te}\rangle Ga\langle^{Te}_{Te}\rangle Ga\langle^{Te}_{Te}$ tipli zəncirlər əmələ gətirir [13]. Quruluş tipi B37, otaq temperaturunda fəza simmetriya qrupu $D_{4h}^{18}(I4/mcm)$ olan həcməmərkəzləşmiş qəfəsdə tetraqonal sinqoniyada kristallaşır [13]. $TlGaTe_2$ birləşməsinin *a-b* müstəvisində kristal quruluş görüntüsü [13] və Brillüen Zonası (BZ) [14] uyğun olaraq şəkil 1.a və şəkil 1.b-də verilmişdir.



Şəkil 1. $TlGaTe_2$ -nin kristal quruluşu [13] və həcməmərkəzləşmiş tetraqonal qəfəs (*c/a<1*)) üçün Brillüen Zonası [14].

$TlGaTe_2$ kvazi-birölçülü birləşməsinin fonon spektrini qurmaq üçün əvvəlcə kristalı təşkil edən atomların tarazlıq vəziyyəti təməl prinsiplərdən hesablanmışdır. Atomların tarazlıq konfiqurasiyasının müəyyən edilməsi üçün Kohn-Sham tənlikləri [15] həll olunmuşdur. Bu tənliklərin həlli üçün qoşma qradient minimallaşdırma metodu [16] tətbiq edilmişdir. Nəticədə elektronların dalğa funksiyaları və enerjisi hesablanmışdır. Hesablamalar QE proqramlar paketi [10] istifadə olunmaqla Funksional Sıxlıq Həyəcanlaşma Nəzəriyyəsinin [17] Lokal Sıxlıq Yaxınlaşması [14] ilə Xətti Cavab Funksiyası metodu [18] çərçivəsində 12 ədəd paralel qoşulmuş prosessor ilə yeri-

nə yetirilmişdir [19]. Elektron-ion qarşılıqlı təsiri ultrasoft Tl üçün Vanderbilt [20], Ga və Te üçün normanı qoruyan Bachelet-Hamann-Schlüter [21] qeyri-lokal ion psevdopotensialları ilə nəzərə alınmışdır. Dalğa funksiyalarının sıraya ayrılışında maksimal kinetik enerjisi 80 Ridberqi aşmayan müstəvi dalğalardan istifadə olunmuşdur. BZ üzrə inteqrallama Monkhorst-Pack sxemi [22] üzrə 4x4x4 k dalğa vektorları qridi istifadə olunmaqla xüsusi nöqtələrə görə cəmləmə ilə əvəz olunmuşdur. Korrelyasiya effektləri Ceperley-Alder-Perdew-Zunger [23] sxemi üzrə nəzərə alınmışdır.

$TlGaTe_2$ kristalının termodinamik tarazlıq halında qəfəs (a, c) və halkogen (x) parametrlərinin hesablamadan alınmış qiymətləri və eksperimentdən məlum olan nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

$TlGaTe_2$ kristalının təməl prinsiplərdən hesablanmış qəfəs və halkogen parametrləri.

Parametr	Hesablama	Eksp. [12]
a, Å	8.553	8.429
c, Å	6.876	6.865
x	0.170	0.170

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi nəzəri hesablanmış qəfəs parametrlərinin qiymətləri eksperimental nəticələrlə [12] yaxşı uyğunluq təşkil edir. Halkogen parametrinin qiyməti isə eksperimental qiymətlə [12] üst-üstə düşür.

$TlGaTe_2$-nin təməl prinsiplərdən hesablanmış fonon spektri əsasında, fonon və elektrik sahəsi cavab funksiyaları istifadə edilməklə, kristalı təşkil edən atomlar üçün Born effektiv yük və dielektrik sabiti tenzorları hesablanmış, birləşmənin dielektrik xassələri tədqiq edilmişdir.

Bilirik ki, $TlGaTe_2$ birləşməsinin kristal quruluşu ion-kovalent rabitə hesabına yaranır. [24] işində bu tip birləşmələr üçün aşağıdakı kimyəvi rabitə modeli təklif olunmuşdur. Belə ki, Tl atomları öz xarici p-elektronunu Ga atomlarına verir və bu zaman Tl^{1+} ionuna çevrilir. Ga^{1-} ionu malik olduğu dörd elektronla sp^3-konfiqurasiya əldə edir və halkogen atomları (Te) ilə tetraedrik rabitə yaratmaq imkanı qazanır. Tetraqonal ox boyunca düzülmüş tetraedr zəncirləri bu qayda ilə əmələ gəlir. Biryüklü Tl^{1+} ionları səkkiz ədəd Te atomunun əhatəsində olmaqla kovalent rabitədə iştirak etmir. Deməli, zəncirlərdə üçvalentli qallium və ikivalentli tellur arasında (Ga^{3+}-Te^{2-}) kovalent, birvalentli tallium və onu oktaedrik əhatə edən ikivalentli tellur ionları arasında isə (Tl^{+}-Te^{2-}) ion rabitəsi mövcuddur.

Tədqiq edilən $TlGaTe_2$ birləşməsi üçün təməl prinsiplərdən Born effektiv yüklərini $\left(Z^*_{i,\alpha,\beta}\right)$ hesablamaq üçün aşağıdakı ifadədən istifadə edilmişdir [25]:

$$Z^*_{i,\alpha,\beta} = Z_i + \frac{\Omega_0}{|e|}\frac{\left(\Delta P_{el}\right)_\alpha}{u_{\beta i}},$$

burada Ω_0 - kristallik bəsit özəyin həcmi, Z_i i-ci atomun ion yükü, $u_{\beta i}$ isə elementar özək R-də i-ci atomun β istiqamətində tarazlıq vəziyyətindən yerdəyişməsi olub

$$u_{\alpha i}(R) = u_{\alpha iq} e^{iq\cdot R}$$

ifadəsi vasitəsi ilə təyin olunur.

Born effektiv yükləri ΔP_{total} tam (ion+elektron) makroskopik polyarlaşma ilə isə aşağıdakı kimi təyin oluna bilər [25]:

$$Z^*_{i,\alpha,\beta} = \frac{\Omega}{|e|}\frac{\left(\Delta P_{tot}\right)_\alpha}{u_{\beta i}}.$$

Qeyd edək ki, polyarlaşmaya ionlar hesabına pay trivialdır, elektron hesabına pay isə Brillüen zona mərkəzindəki fonona xətti cavabdan təyin olunur.

Kristalın polyarlaşmasının müasir nəzəriyyəsini Resta [26] təklif etmişdir. O, göstərmişdir ki, polyarlaşmada elektronlar hesabına meydana çıxan pay kristal bərk cismin Kohn-Sham hamiltonianında baş verən sonlu adiabatik dəyişmə ilə əlaqədardır. King-Smith və Vanderbilt nəzəriyyəni inkişaf etdirərək göstərmişlər ki, polyarlaşmanın dəyişməsi valent dalğa funksiyalarının Berri fazası ilə bağlıdır [27].

Dielektrik sabiti tenzoru isə aşağıdakı ifadədən istifadə olunmaqla [28] hesablanmışdır:

$$\in_{\alpha\beta} = \frac{\partial D_{mac,\alpha}}{\partial E_{mac,\beta}} = \delta_{\alpha\beta} + 4\pi\frac{\delta P_{mac,\alpha}}{\delta E_{mac,\beta}},$$

burada D_{mac} makroskopik elektrik sahəsinin induksiya vektoru, $D_{mac} = E_{mac} + 4\pi\pi_{mac}$ ifadəsindən təyin olunur, P_{mac} deformasiya hesabına əmələ gələn polyarlaşma: $P_{mac} = P_{el.} + P_{ion}$, E_{mac} makroskopik elektrik sahəsinin intensivliyidir. Makroskopik induksiyalanmış polyarlaşmanı aşağıdakı ifadə ilə hesablamaq olar [29]:

$$\delta P_\alpha = -\frac{e}{N_c\Omega}\int r_\alpha \delta n(r)dr = \frac{e}{N_c\Omega}\sum_\upsilon \left\langle \overline{\Psi}^\alpha_\upsilon \middle| \Delta\Psi_\upsilon \right\rangle,$$

burada N_c - Ω_c həcmli özəyin nömrəsi, $N_c\Omega$ kristalın həcmidir. Beləliklə, dielektrik tenzoru sahənin makroskopik yerdəyişməsi ilə makroskopik elektrik sahəsi arasında bir mütənasiblik əmsalıdır. Elektrik sahəsinin induksiya vektoru ilə makroskopik elektrik sahəsinin komponenti arasında aşağıdakı məlum münasibət var:

$$D_{mac,\alpha} = \sum_\beta \in_{\alpha\beta} E_{mac,\beta}.$$

Ümumiyyətlə, D_{mac} yerdəyişməsi, və ya P_{mac} makroskopik polyarlaşması ion rəqslərindən olan pay ilə əlaqələndirilir. İşdə dielektrik sabiti tenzoruna elektron pol-

yarlaşmasından olan pay araşdırılmışdır. Bu pay, adətən, $\in^{\infty}_{\alpha\beta}$ kimi işarə edilir. Dielektrik sabiti tenzoruna olan elektron payı aşağıdakı şəkildə verilir:

$$\in^{\infty}_{\alpha\beta} = \delta_{\alpha\beta} - \frac{4\pi}{\Omega_0} 2E_{el.}^{\varepsilon_\alpha^* \varepsilon_\beta},$$

hesab edilir ki, ionlar tarazlıq vəziyyətindən hərəkət etmir (bərkidilmişdir). Burada $E_{el.}^{\varepsilon_\alpha^* \varepsilon_\beta}$ ikinci tərtib törəmə olub, daha sadə halda qeyi-stasionar ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$E_{el.}^{\varepsilon_\alpha^* \varepsilon_\beta}\left\{u^{(0)}; u^{\varepsilon_\alpha}\right\} = \frac{\Omega_0}{(2\pi)^3} \int_{BZ} \sum_{m}^{occ} s\left\langle u_{mk}^{\varepsilon_\alpha} \middle| i u_{mk}^{k\beta} \right\rangle dk.$$

Bu ifadə u^{ε_α} - nın, dalğa funksiyalarının birinci tərtib törəməsinin α istiqamətində elektrik sahəsinə nisbətinin məlum olması ilə $\in_{\alpha\beta}$ dielektrik tenzorunu təyin etməyə imkan verir.

TlGaTe$_2$ üçün təməl prinsiplərdən hesablamalardan alınmış Born effektiv yüklərinin qiymətləri və özək üzrə yüklərin cəmi cədvəl 2-də gətirilmişdir.

Cədvəl 2.

TlGaTe$_2$ üçün hesablanmış Born effektiv yük tenzoru.

Effektiv yüklər			Özək üzrə yüklərin cəmi
Z^* (Tl)	Z^* (Ga)	Z^* (Te)	
2.83 0 0 0 2.83 0 0 0 2.23	2.23 0 0 0 2.23 0 0 0 4.18	-2.55 -0.28 0 -0.28 -2.55 0 0 0 -3.21	-0.08 -0.08 -0.02

Göründüyü kimi Tl və Ga atomları üçün Born effektiv yük tenzoru tetraqonal dekart koordinat sistemində diaqonal şəkilə malikdir. Te atomları üçün yalnız Z_{xy}(Te)=Z_{yx}(Te)=-0.28e qeyri-diaqonal element sıfırdan fərqli olub, diaqonal elementlərin təxminən 10%-ni təşkil edir. Müəyyən edilmişdir ki, Tl və Ga atomlarının bir-birindən fərqi bu atomlar üçün zəncirlərə paralel istiqamətdə hesablanmış Born effektiv yükləri arasında təxminən iki dəfə fərqdə özünü göstərir: Z^*_{zz}(Tl)=2.23e və Z^*_{zz}(Ga)=4.18e. Zəncirlərə perpendikulyar istiqamətdə həmin atomların Born effektiv yükləri arasında əhəmiyyətli fərq yoxdur: Z^*_{xx}(Tl)=Z^*_{yy}(Tl)=2.8e, Z^*_{xx}(Ga)=Z^*_{yy}(Ga)=2.23e. Akustik cəmləmə qaydasının daha dəqiq ödənilməsi hesablamanın dəqiqliyinin kifayət qədər yüksək olmasını şərtləndirir:

$$2Z^*_{xx}(\mathrm{Tl})+2Z^*_{xx}(\mathrm{Ga})+4Z^*_{xx}(\mathrm{Te})=-0.08;$$
$$2Z^*_{yy}(\mathrm{Tl})+2Z^*_{yy}(\mathrm{Ga})+4Z^*_{yy}(\mathrm{Te})=-0.08;$$
$$2Z^*_{zz}(\mathrm{Tl})+2Z^*_{zz}(\mathrm{Ga})+4Z^*_{zz}(\mathrm{Te})=-0.02.$$

TlGaTe$_2$ üçün $E \parallel c$ və $E \perp c$ polyarlaşmalarında təməl prinsiplərdən hesablamalardan alınmış dielektrik sabitlərinin qiymətləri ilə əldə edilmiş nəzəri [7] və eksperimental [30, 31] qiymətlər cədvəl 3.-də gətirilmişdir. [7] işində seçmə qaydaları və TlGaTe$_2$-in optik spektrləri əsasında nəzəri təyin edilmiş dielektrik sabitinin qiymətləri $E \parallel c$ və $E \perp c$ polyarlaşmalarında uyğun olaraq 12.59 və 13.4, [31]-də spektro-ellipsometrik optik ölçmələrdən 15 və 14.5 alınmışdır.

Cədvəl 3.

TlGaTe$_2$ üçün hesablanmış dielektrik tenzoru.

Dielektrik sabiti	Fonon hesab.	Optik sabitlərin hesab.[7]	Eksp. [30]	Optik-ellipsometrik eksp.[31]
$\in_{\infty\perp}$	14.5	12.59	13.1	14.5
$\in_{\infty\parallel}$	15.7	13.14	14.8	15

Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunan TlGaTe$_2$ kristalının dielektrik sabiti tenzoru diaqonal şəkilə malik olub, ϵ_{xx}=ϵ_{yy}=15.7 (eksp.: ϵ_{xx}=ϵ_{yy}=14.8) və ϵ_{zz}=14.5 (eksp.: ϵ_{zz}=13.1) [30], kristalın dielektrik xassələrində ciddi anizotropluğun olmadığını göstərir.

[1] *И.В. Алексеев.* ФТП. 32, 1998, 588.
[2] *G.D. Guseinov, E. Mooser, E.M. Kerimova et al*. Phys. Stat. Sol. 34, 1969, 33.
[3] *N. Mamedov, K. Wakita, A. Ashida, T. Matsui and K. Mori*. Thin Solid Films. 499, 2006, 275.
[4] *M.P. Hanias and A.N. Anagnostopoulos.* Phys. Rev. B 47, 1993, 4261.
[5] *M. Hanias, A.N. Anagnostopoulos, K. Kambas and Spyridelis*. J. Phys. Rev. B 43, 1991, 4135.
[6] *Ф.М. Гашимзаде, Ф.М. Оруджев, М.А. Низаметдинова*. В сборнике: "Физические свойства сложных полупроводников", Баку, 1983, 80.
[7] *Э.М. Годжаев, Г.С. Оруджев, Д.М. Кафарова.* ФТТ, 46, 2004, 811.
[8] *V. Jafarova, G. Orudzhev, R. Paucar, O. Alekperov, Y. Shim et al.* 19th International Conference on Ternary and Multinary Compounds (Niigata, Japan), September 1-5, 2014, 124.
[9] *H.S. Orucov, V.N. Cəfərova*. Xəbərlər, XXXIV, №5, 2014, 40.
[10] http://www.quantum-espresso.org/
[11] *H. Hahn, B. Wellman*. Naturwissenschaften, 54, 1967, 42.
[12] *D. Muller, G. Eulenberger, H.Z. Hahn*. Anorg. Allg. Chem. 398,1973, 207.
[13] *J. Ketelaar, W. t'Hart, R. Moorel et al.* Z. Kristallogr., 101A, 1939, 396.
[14] *Ф.М. Гашимзаде*. ФТТ, 2, 1960, 3040.
[15] *W. Kohn and L. Sham.* Phys. Rev. 140, 1965, A1133.
[16] *M. Payne, M. Teter, D. Allan et al.* Rev. Mod. Phys. 64, 1992, 1045.
[17] *P. Hohenberg, W. Kohn*. Phys. Rev. 136, 1964, B864.
[18] *S. Baroni, S. de Gironcoli, A. Dal Corso and P.Giannozzi*. Rev. Mod. Phys. 73,2001, 515.
[19] http://www.azgrid.org/
[20] *D. Vanderbilt*. Phys. Rev. B 41, 1990, 7892.
[21] *G. Bachelet, D. Hamann and M. Schluter*. Phys. Rev. B 26, 1982, 4199.
[22] *H. Monkhorst and J. Pack.* Phys. Rev. B. 13, 1976, 5188.
[23] *J. Perdew and A. Zunger*. Phys. Rev. B 23, 1981, 5048.
[24] *E. Mooser, W.Pearson.* J. Electronics 1, 1956, 629.
[25] *P.Giannozzi, S.de Gironcoli, P.Pavone and S. Baroni*. Phys. Rev. B 43, 1991, 7231.
[26] *R. Resta*. Ferroelectrics, 136, 1992, 51.
[27] *R.D. King-Smith and D. Vanderbilt*. Phys. Rev. B 47, 1993, 1651.
[28] *X. Gonze and C. Lee*. Phys. Rev. B 55, 1997, 10355.
[29] *R. Shaltaf, E. Durgun, J.Y. Raty, Ph. Ghosez and X. Gonze* . Phys. Rev. B 78, 2008, 205203-7.
[30] *Gasanly, N. M. Goncharov et al.* Phys. Status Solidi B 97, 1980, 367.
[31] *Y. Shim, H. Aoh, J. Sakamoto, K. Wakita, N. Mamedov*. Thin Solid Films 519, 2011, 2852.

G.S. Orudzhev, V.N. Jafarova

AB INITIO CALCULATİONS OF BORN EFFECTIVE CHARGE AND DIELECTRIC TENSORS OF $TlGaTe_2$ CRYSTAL

The paper presents the calculation of Born effective charge and dielectric tensors for chain crystal $TlGaTe_2$ in Local Density Approximation of Density Functional Perturbation Theory using Quantum Espresso program package.

Г.С. Оруджев, В.Н. Джафарова

РАСЧЕТЫ ТЕНЗОРОВ ЭФФЕКТИВНОГО ЗАРЯДА БОРНА И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОСТОЯННОЙ КРИСТАЛЛА $TlGaTe_2$ ИЗ ПЕРВЫХ ПРИНЦИПОВ

В работе приведен расчет тензоров эффективного заряда Борна и диэлектрической постоянной для цепочечного кристалла $TlGaTe_2$, выполненный при помощи пакета программ Квантовая Эспрессо на основе Теории Возмущения Функционала Плотности в приближении Локальной Плотности.

Qəbul olunma tarixi: 15.09.2014

KERAMİK KƏRPİC İSTEHSALI ÜÇÜN ABŞERON YARIMADASININ DİGAH KƏNDİ YAXINLIĞINDA YERLƏŞƏN MİNERAL XAMMALIN KOMPLEKS TƏDQİQİ

R.F. VƏLİYEV, Ə.C. XƏLİLOV
"YanarDağ" LTD MMC

S.S. ƏHƏDOVA, İ.İ. MUSTAFAYEVA, C.C. XƏLİLOV, İ.Y. ƏLİYEV
Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu, H.Cavid 33, Bakı, AZ 1143, Azərbaycan

İstənilən tikinti materialının istehsalı üçün uyğun xammalın istehsal sahəsinə yaxın olması iqtisadi cəhətdən ən vacib şərtlərdən biridir. Bu baxımdan "Yanar Dağ" LTD MMC yaxınlığında yerləşən mineral xammalın (Digah kəndi) kompleksi tədqiqi aparılmışdır. Rentgen spektral analiz üsulu ilə müəyyən olunmuşdur ki, süxur əsasən silikat minerallarından ibarətdir. Rentgen faza analizi ilə süxurun əsasən kvarsdan, gillərdən, çöl şpatından ibarət olunduğu müəyyən olunmuşdur. DTA və TG analizi üsulları ilə süxurlarda üzvi maddələrin olması və 1000°C temperatur intervalında faza keçidləri müəyyən olunmuşdur.

OUT: 544.6.57
Açar sözlər: RSA, RDA, Tg, DTA, Digah gölü, suxurlar, keramik kərpic.

1. GİRİŞ.

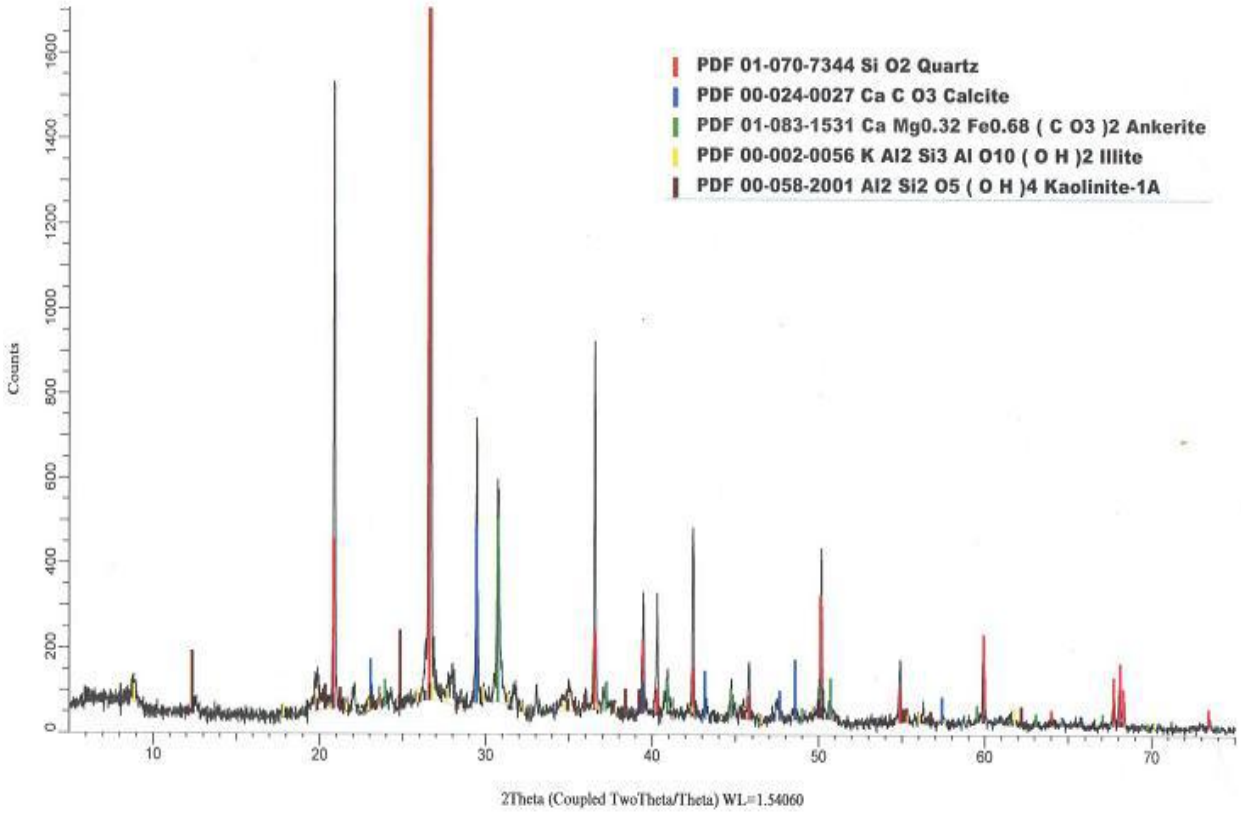
Məlumdur ki, keramik kərpic istehsalı uçün əsas xammal gildir. Keramiki kərpiclər tətbiq sahəsinə görə müxtəlifdir. Deməli, onların istehsalı üçün istifadə olunan gillər də müxtəlifdir [1]. Təbiətdə gillər, xüsusilə çökmə yolu ilə əmələ gələn gillər, monomineral tərkibli olmur və onlar da müxtəlif mineralların qarışığıdır. Bu qarışıqlara əsasən kvars, karbonatlar, duzlar, gips, sulfatlar, pirit, çöl şpatları daxildir. Divar hörmək uçün istifadə olunan kərpiclər əsas etibari ilə illit və hidromuskavitdən ibarətdir [2]. Əmələgəlmə şəraitlərindən asılı olaraq gillərdə üzvi maddələrə də rast gəlinir [3]. Gillərin tətbiq sahələri əsasən onların kimyəvi və mineroloji tərkibindən və narınlığından asılıdır [3]. Texnoloji xassələrinə görə gillər: plastikliklərinə, yapışdırıcılığına, quruma zamanına, yanma zamanına, həcmin kiçilməsinə, odadavamlığı və bişmə zamanı ilə fərqlənirlər [4]. İstənilən mineral xammaldan hər hansı materialı istehsal etmək üçün əsas şərtlərdən biri keyfiyyətinin düzgün qiymətləndirilməsidir. Burada əsas şərt gil yatağından orta nümunənin götürülməsi və onun yararlı olması üçün kompleks tədqiqatların aparılmasıdır.

2.TƏCRÜBİ HİSSƏ.

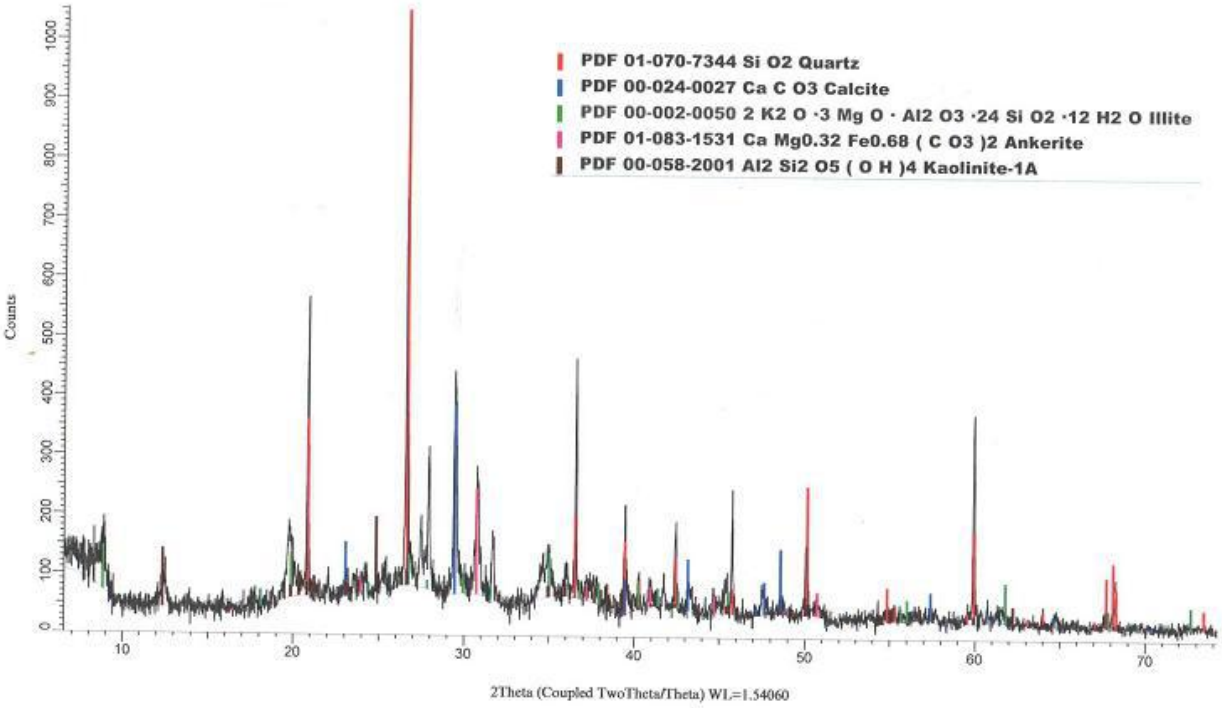
2.1. Kimyəvi tərkib.

Yatağa ilkin baxış zamanı (şəkil 1) onun filiş tipli petroqrafik və mineroloji cəhətdən müxtəlif kiçik qalınlıqlı laylardan ibarət olması müşahidə olundu. Tədqiqat üçün laylara perpendikulyar istiqamətdə ümumi orta nümunə götürülmüşdür. Nümunənin kimyəvi tərkibi atom adsorbsiya metodu ilə analiz olunmuşdur (Almaniya , ΣIGMA cihazı).

Şəkil 1. Digah çökəkliyində nümunə götürülən yerin görüntüsü.



Şəkil 2. Tünd göy rəngli süxurun rentgenoqramı.



Şəkil 3. Sarı rengli süxurun rentgenoqramı.

Cədvəl 1.

Tünd göy və sarı rəngli nümunələrin faizlə kimyəvi element tərkibi.

Tünd boz rəngli			Sarı rəngli	
S/N	Kimyəvi element	Faizlə miqdarı	Kimyəvi element	Faizlə miqdarı
1	O	51,9	O	54
2	Si	25,4	Si	19,4
3	Al	5,1	Al	5,8
4	Ca	4,5	Ca	6,6
5	Fe	4,3	Fe	4,2
6	S	0,5	S	0,8
7	K	2,0	K	1,9
8	Mg	2,9	Mg	3,9
9	Na	2,2	Na	2,3
10	Cl	0,9	Cl	0,9
11	-	-	Ti	0,3
12	Σ	99.75	Σ	100.1

Cədvəldən göründüyü kimi, analizdən əvvəl qızdırmada itgi təyin olunmamışdır. Lakin süxurun tərkibində suyun və üzvi maddənin (Bitium) olması kimyəvi analizin həm kəmiyyətcə, həm də keyfiyyətcə nəticəsinə təsir göstərir (itgi termik analiz üsulu ilə təyin olunub). Müəyyən texnoloji sınaqlar aparmaq üçün kimyəvi tərkibi dəqiq təyin etmək vacibdir.

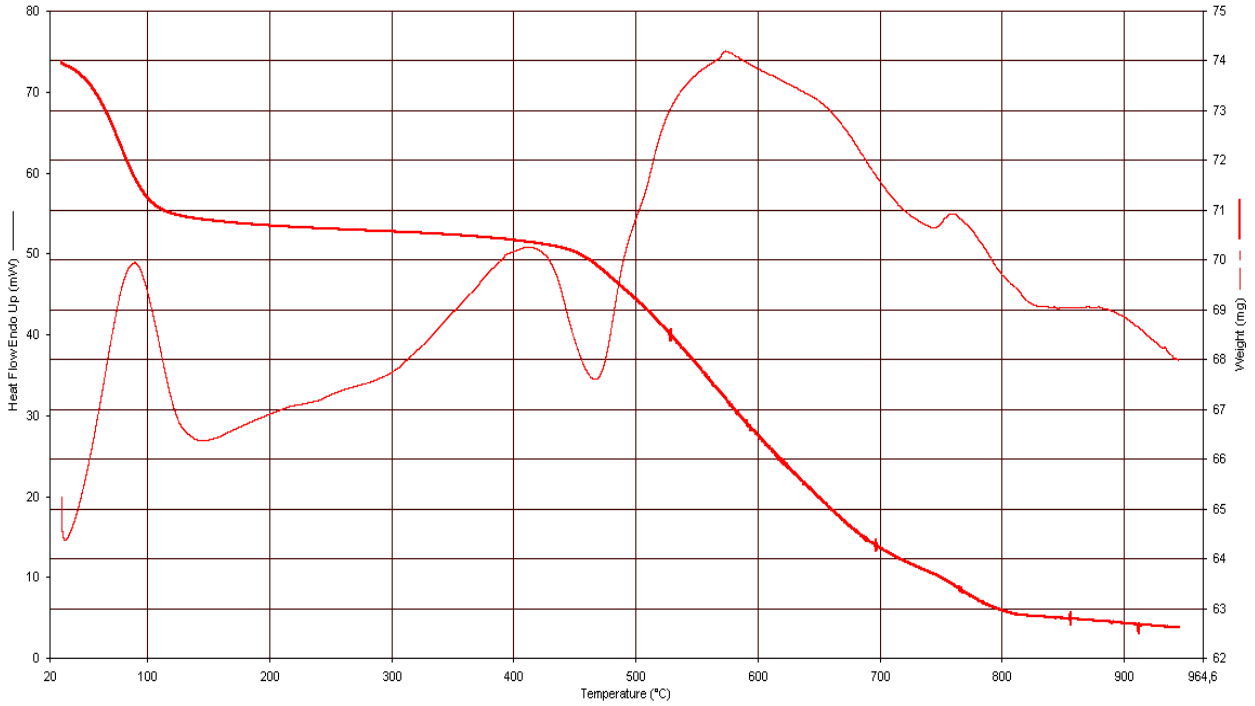
2.2. Rentgen faza analiz (RFA).

RFA Almaniya istehsalı olan (XRF) cihazında aparılmışdır. Nümunələrin difraktoqramları şəkil 2 və 3-də verilir. Mineroloji tərkibinə görə süxur, əsas etibari ilə kvarsdan, illitdən, kaolinitdən, çöl şpatından və az miqdarda kalsitdən ibarətdir. Çox ehtimal ki, nisbətən az miqdarda başqa mineral qarışıqları da vardır. Dəqiq analiz üçün orta nümunə və ya yatağın bir neçə yerindən ayrı-ayrı nümunələr götürülüb, nümunəni monomineral fraksiyalara ayırıb, monomineralların kimyəvi tərkibini və onun hansı minerallara aid olmasını müəyyən etmək lazımdır.

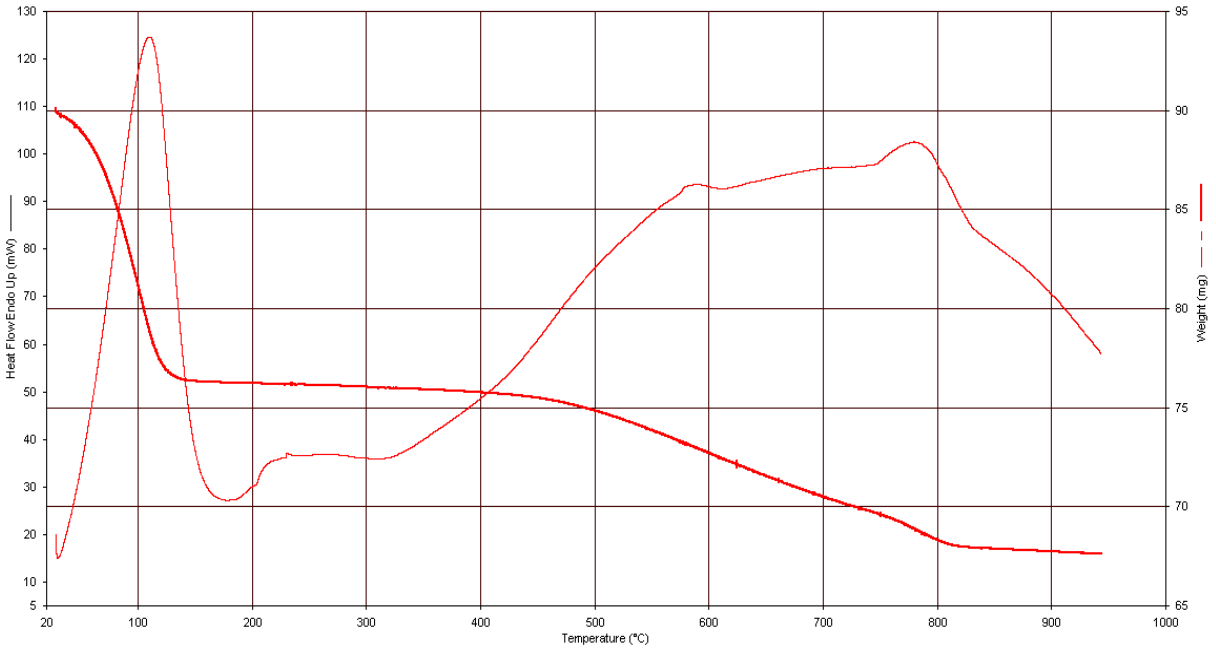
Alınmış termoqramlardan göründüyü kimi ən cox itgi 110°C qədər qızdırdıqda baş verir ki, bu da təxminən ~25%-ə yaxındır. İkinci itgi 400°C-dən başlayaraq 900°C-yə qədər davam edir ki, bu zaman itgi ~16% ətrafındadır. Birinci endoeffektdən əmələ gələn itgilər su və üzvi maddələrin hesabına baş verir. Üzvi maddə və suyun qarşılıqlı təsirindən yeni birləşmə əmələ gəlir. Bu fikri termoqramda 120°C-də yaranan endoeffekt də təsdiq edir. 120~400°C-yə qədər itgi yoxdur. Eyni zamanda, həmin temperatur intervalında DTA görə, zəif də olsa, endoeffekt baş verir. 500-510°C-də kiçik endoeffekt, 580°C-də geniş ekzoeffekt əmələ gəlir. 780°C-də ekzoeffekt və 820°C-də endoeffekt, 870°C-də ekzoeffekt baş verir. Şəkil 5-də verilmiş termoqramda ~50-170°C intervalında güclü ekzoeffektin baş verməsi, çox ehtimal ki, üzvi maddənin yanması ilə əlaqədardır.

2.3. Termoqravimetrik analiz.

Termik analiz Amerika istehsalı olan Perkin Elmer STA 6000 çihazında aparılmışdır. Termoqram şəkil 4 və 5-də verilmişdir.



Şəkil 4. Tünd göy rəngli süxurun termoqramı.



Şəkil 5. Açıq boz rengli süxurun termoqramı.

Aparılan araşdırmalardan göründüyü kimi, gil yatağı rənginə və geoloji quruluşuna görə iki müxtəlif rəngli (üst hissə tünd göy, alt hissə açıq qırmızımtıl boz) laylı süxurdur və hər iki süxur silikat birləşməsidir. Tünd bozda termiki analizin nəticəsinə görə üzvi maddələrin olması daha coxdur. Bu nümunədə kvarsın miqdarı nisbətən coxdur. Termiki analizin nəticələrinə görə nümunələr bir-birindən prinsipial fərqlənirlər. Belə ki, tund bozda 463°C-də baş verən endoeffekt, açıq sarı rəngli süxurda yoxdur. Hər iki nümunədə 582°C və 758°C temperaturda ekzoeffektlər müşahidə olunur. Bu effektlərin nümunələrdə bişmənin baş verməsi ilə əlaqadar olub-olmamasını müəyyən etmək texnoloji cəhətdən cox vacibdir.

3. NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİƏSİ.

Şəkil 1-də göründüyü kimi yatagın rənginə (üst hissə tünd göy, alt hissə açıq boz sarı) və geoloji quruluşuna görə iki müxtəlif rəngli və laylı süxurlardır. Hər iki süxur silikat birləşməsidir. Tünd bozda termiki analizin nəticəsinə görə üzvi maddələr daha çoxdur. Bu nümunədə kvarsın miqdarı nisbətən çoxdur. Termiki effektlərin nəticələrinə görə nümunələr bir-birindən prinsipial fərqlənirlər. Belə ki, tünd bozda 463°C-də baş verən endoeffekt, açıq sarı rəngli süxurda yoxdur. Hər iki nümunədə 582°C və 758°C temperaturda ekzoeffektlər müşahidə olunur. Bu effektlərin nümunələrdə bişmənin baş verməsi ilə əlaqədar olub-olmamasını müəyyən etmək texnoloji cəhətdən vacibdir.

4. NƏTİCƏ.

Nümunələrin müxtəlif rəngli olması, çox ehtimal ki, süxurda üzvi maddələrin rəngi ilə əlaqədardır. Süxur, əsas etibari ilə, silikat birləşmələrindən ibarətdir və karbonat mineralları ilə zəngindir. Mineroloji tərkibinə görə hər iki süxur, əsasən, kvarsdan, üzvi birləşmələrdən, gil mineral-larından və karbonatlardan ibarətdir. Süxurun kimyəvi, mineroloji tərkibini və bişmə temperaturunu təyin etmək, onun keramik üzlük kərpic istehsalı üçün yararlı olub-olmamasını müəyyən etmək üçün tədqiqatları davam etdirmək lazımdır.

[1] *А.И. Августиник.* Керамика, Учеб для вузов. Стройиздат, 1975. 592 с.
[2] *А.З.Золотарский. Е.Ш.Шейнман.* Производство керамического кирпича, 1989 г. 264 с.
[3] *Л.Л. Кошляк, В.В. Калиновский*. Производство изделий строительной керамики. Высшая школа ,1990, 207с.
[4] *С.Ж.Сайбулатов*. Производство керамического кирпича,1989.

R.F. Valiyev, A.J. Khalilov, S.S. Ahadova, I.I. Mustafayeva, J.J. Khalilov, I.Y. Aliyev

COMPREHENSIV ANALYSIS OF RAW MATERIALS FOR CERAMIC BRICK, LOCATED IN THE VICINITY OF THE VILLAGE OF ABSHERON PENINSULA DIGAH

Placing plants in the field of building materials with natural raw materials from an economic perspective is appropriate. In this sense, the construction of a brick factory "Yanardag» LTD in the vicinity of the village Digah, where the main raw material, can ensure the long-term normal operation of the plant, can be considered positive engineering solution.

In this paper a comprehensive analysis of said material is carried out. The X-ray spectroscopic analysis (XRD) showed that the material consists mainly of silicate mineral. X-ray phase analysis (XRD) revealed that the main components of the material are

quartz, clay and feldspar. The presence of organic substances in the material and a phase transition at a temperature of 1000 °C are found by differentially thermal analysis (DTA) and termografometrical one(TGA)

Р.Ф. Велиев, А.Д. Халилов, С.С. Ахадова,
И.И. Мустафаева, Д.Д. Халилов, И.Я. Алиев

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В БЛИЗИ СЕЛА ДИГЯХ АБШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Размещение заводов строительных материалов в местах с естественным сырьём с экономической точки зрения является целесообразным. В этом смысле строительство кирпичного завода «Янардаг» *LTD* в близи села Дигях, где расположено основное сырье, способное обеспечить нормальную длительную работу завода, можно считать положительным инженерным решением.

В настоящей работе проведен комплексный анализ упомянутого материала. Рентгено-спектральный анализ (РСА) показал, что этот материал состоит в основном из силикатных минералов. Рентгено-фазным анализом (РФА) установлено, что основными составляющими материала являются кварц, глина и полевой шпат. Путем дифференциально-термического (ДТА) и термографометрического анализов (ТГА) установлено наличие в материале органических веществ, и обнаружены фазовые переходы при температуре 1000°С.

Qəbul olunma tarixi: 15.09.2014

$Zn_{1-x}Cd_xO$ NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİNƏ VƏ SƏTH MORFOLOGİYASINA KATOD ÇÖKDÜRMƏ POTENSİALININ TƏSİRİ

H.M. MƏMMƏDOV, V.C. MƏMMƏDOVA
Bakı Dövlət Universiteti, Z. Xəlilov küç., 23, AZ1148
E-mail:mhhuseyng@gmail.com

Işdə müxtəlif tərkibli $Zn_{1-x}Cd_xO$ ($0.1 \le x \le 0.4$) şəffaf keçirici nazik təbəqələri sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə metodu ilə *şüşə*/SnO_2 altlıqları üzərində alınmışdır. Nazik təbəqələrin optik parametrlərinin optimal qiyməti üçün katod çökdürmə potensialının qiyməti müəyyən edilmişdir (U=-1.2V). Optik tədqiqatlar əsasında nazik təbəqələrin qadağan olunmuş zolağının qiyməti hesablanmışdır.

PACS: 78.40. Fy 82.45.-h. 78.20.-e78. 66.-w
Açar sözlər: Nazik təbəqə, elektrokimyəvi çökdürmə, yarımşəffaf nazik təbəqə, optik buraxma əmsalı, günəş elementləri.

GİRİŞ.

Otaq temperaturunda E_g=3.36 eV qadağan olunmuş zolağa malik ZnO şəffaf yarımkeçirici nazik təbəqələri hazırda ultrabənövşəyi (UB), mavi, yaşıl və ağ işıq diodlarında, həmçinin günəş energetikasında geniş tətbiqinə görə öz analoqlarından (GaN) heç də geri qalmır [1-3]. Belə ki, Ga təbiətdə nadir tapılan element olduğu halda, Zn geniş yayılmışdır. ZnO nazik təbəqələri kimyəvi cəhətdən dayanıqlı olması ilə bərabər, istehsal texnologiyası ucuzdur və zəhərli deyil. ZnO-in üstün cəhətlərindən biri isə onlarda eksiton rabitə enerjisinin (60 meV) GaN-ə (25meV) nisbətən boyük olmasıdır [4]. Eksiton rabitə enerjisinin bu cür böyük qiymətə malik olması ZnO nazik təbəqələrinin emissiya qabiliyyətini artırır ki, bu da onların lazer texnologiyasında tətbiq imkanlarını artırır.

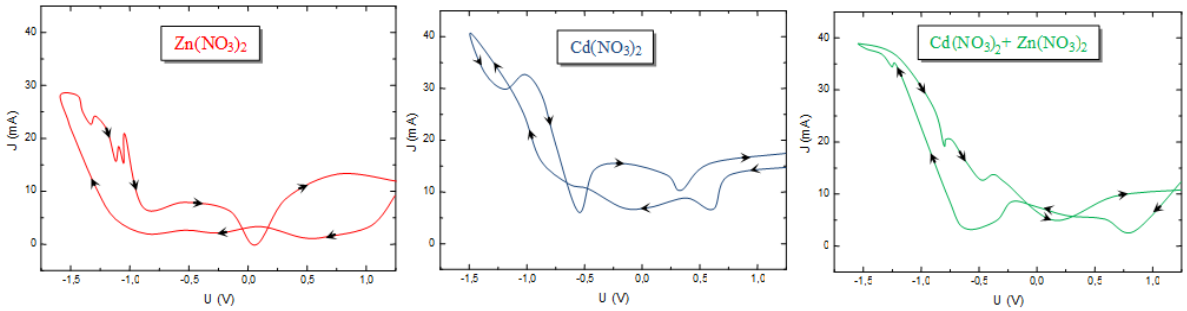
Alınma texnologiyalarının təkmilləşdirilməsinə baxmayaraq, ZnO nazik təbəqələrinin zəruri keçiriciliyə malik nümunələrinin alınması problem olaraq qalmaqdadır. Belə ki, aşqarlanmamış ZnO nazik təbəqələrində oksigen vakansiyaları, hidrogen hesabına yaranan defektlər [5, 6] onların tətbiq imkanlarını məhdudlaşdırır. Bəzi işlərdə müxtəlif metallarla aşqarlanmağa baxmayaraq [2] zəruri parametrlərə malik nazik təbəqələr alınmamışdır.

Düz zolaqlı CdO keçirici nazik təbəqələri isə ZnO-dən fərqli olaraq spektrin görünən oblastında (E_g=2.5 eV) şəffafdır. Onların elektrik və optik xassələrinin geniş temperatur intervalında tədqiq edilmiş günəş energetikasında, qaz sensorlarında, habelə kiçik müqavimətli rezistorlar kimi tətbiq imkanları araşdırılmışdır [7-8]. ZnO-lə müqayisədə (90 %) CdO təbəqələrinin görünən oblastda optik buraxması azdır (60-70 %), lakin alçaq omlu olması nazik təbəqələrinin tətbiq imkanlarını artırır.

ZnO və CdO nazik təbəqələrinin ayrılıqda hər birinin üstün cəhətlərinin artırılması və çatışmayan cəhətlərinin azaldılması üçün elmi ədəbiyyatda son dövrlər ZnO-CdO sistemi bərk məhlullarının nazik təbəqələri tətbiq olunmağa başlanmışdır [9-13]. Belə ki, tərkibin dəyişməsi ilə $Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələrinin şəffaflıq oblastını, müqavimətini və sındırma əmsalını idarə etmək mümkündür. Elmi ədəbiyyatda $Zn_{1-x}Cd_xO$ bərk məhlullarının nazik təbəqələri əsasən molekulyar şüa epitaksiyası, sol-gel metodu və piroliz kimi metodlarla alınmışdır. Lakin sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə metodu bu metodlardan fərqli olaraq daha asan idarə edilə bilən və geniş sahəyə malik nazik təbəqələr almağa imkan verir.

EKSPERİMENTAL NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN İZAHI.

$Zn_{1-x}Cd_xO$ (x=0.1; 0.2; 0.3; 0.4) nazik təbəqələri sulu məhluldan katod çökdürmə metodu ilə *şüşə/SnO_2* altlıqları üzərində alınmışdır. Anod materialı kimi reaksiyada qrafit elektrodlardan istifadə edilmişdir. Reaksiya məhlulunun turşuluğu azot turşusunun əlavə edilməsi ilə idarə edilşmişdir (pH=3-5). Çökdürülmədə $Zn(NO_3)_2$+ +$Cd(NO_3)_2$+KNO_3+H_2O sulu məhlulundan istifadə edilmişdir. Çökdürülmə otaq temperaturunda və 70-80°C temperaturda aparılmışdır. Çökdürülmə rejiminə nəzarət etmək məqsədilə $Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələrinin alınmasında $Zn(NO_3)_2$+$Cd(NO_3)_2$+KNO_3+H_2O məhlullarındakı $Zn(NO_3)_2$ və $Cd(NO_3)_2$ duzlarının əvvəlcə ayrı-ayrılıqda, daha sonra isə onların əvvəlki konsentrasiya və pH-turşuluqda qarışığının tsiklik volt-amper xarakteristikaları (voltamoqram) tədqiq edilmişdir. Şəkil 1-də uyğun məhlulların komponentlərinin tsiklik voltamoqramları təsvir edilmişdir. Tsiklik voltamoqramlar xarici gərginliyin-1.6÷ ÷+1.1V intervalında aparılmışdır. Xarakteristikalar əvvəlcə katoda tətbiq edilən xarici sahənin mənfi, sonra isə müsbət istiqamətlərində aparılmışdır. Şəkil 1a- dan göründüyü kimi $Zn(NO_3)_2$ məhlulunda cərəyan xarici gərginliyin U_k=– 0.95V qiymətində artmağa başlayır və katod gərginliyinin –1.2÷–1.55 V-da altlıq üzərinə Zn ionlarının reduksiyası baş verir. Şəkil 1b-də *şüşə*/SnO_2 altlığına çökən $Cd(NO_3)_2$ duzunun sulu məhlulu üçün voltamoqram göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi xarici sahənin mənfi istiqamətlərində Cd ionlarının işçi elektrod (altlıq) üzərinə reduksiyası gərginliyin -0.25V qiymətlərindən başlayaraq baş verir. Şəkil 1c-dən göründüyü kimi müxtəlif tərkibli $Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələrinin formalaşması üçün katod gərginliyinin qiyməti -0.75÷-1.52V intervalında dəyişdirilməlidir. Voltamoqramların tədqiqi üsulu ilə işdə $Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələrinin müxtəlif tərkiblərdə alınması üçün reaksiya duzlarının mol miqdarı, çökdürmə cərəyanı və gərinliyinin optimal qiymətləri müəyyən edilmişdir (cədvəl 1).



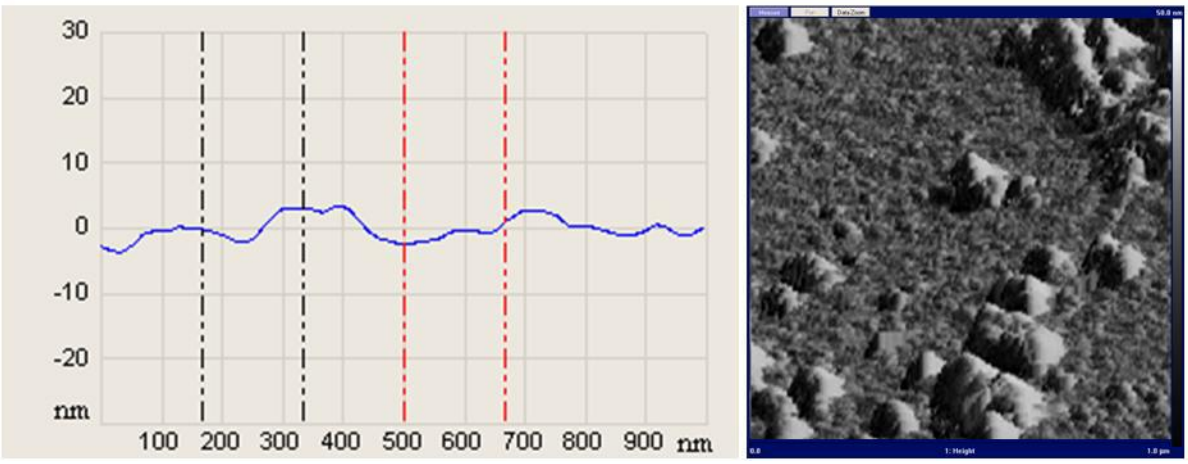
a) b) c)

Şəkil 1. 0.67M $Zn(NO_3)_2$ (a), 0.26M $ZnSO_4$ (b), və (a), (b) məhlulları qarışığının (c) otaq temperaturunda tsiklik volt-amper xarakteristikaları

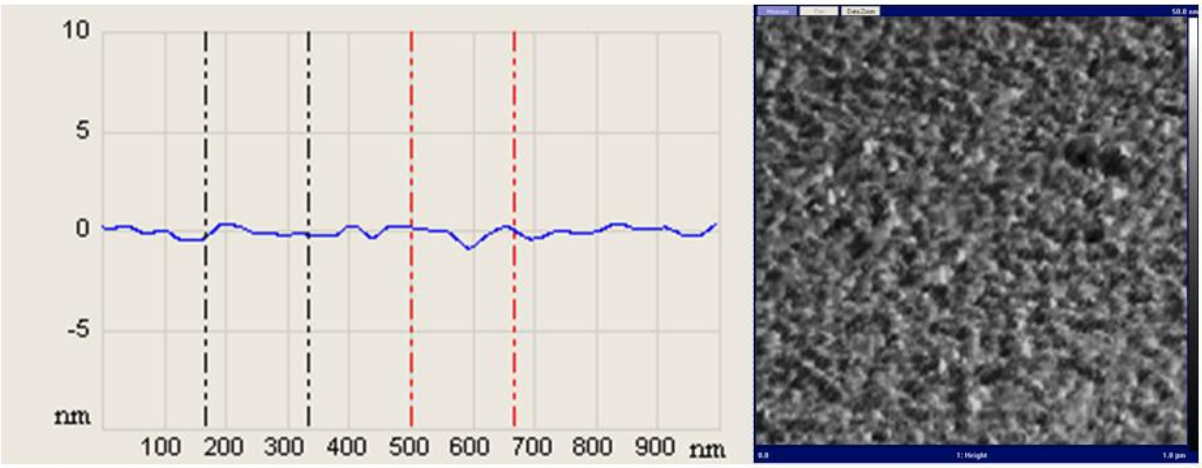
Cədvəl 1.

$Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələrinin tərkibi	Reaksiyaya daxil edilən kimyəvi duzların mol miqdarı		Çökdürülmə cərəyanı sıxlığı və gərginliyi	
x	$Zn(NO_3)_2$ (M)	$Cd(NO_3)_2$ (M)	J, mA/sm^2	U_k(V)
0.1	0.92	0.12	30-32	–0.75 ÷ –1.52
0.2	0.78	0.2	25-27	–0.75 ÷ –1.52
0.3	0.67	0.26	23-24	–0.75 ÷ –1.52
0.4	0.48	0.54	20-22	–0.75 ÷ –1.52

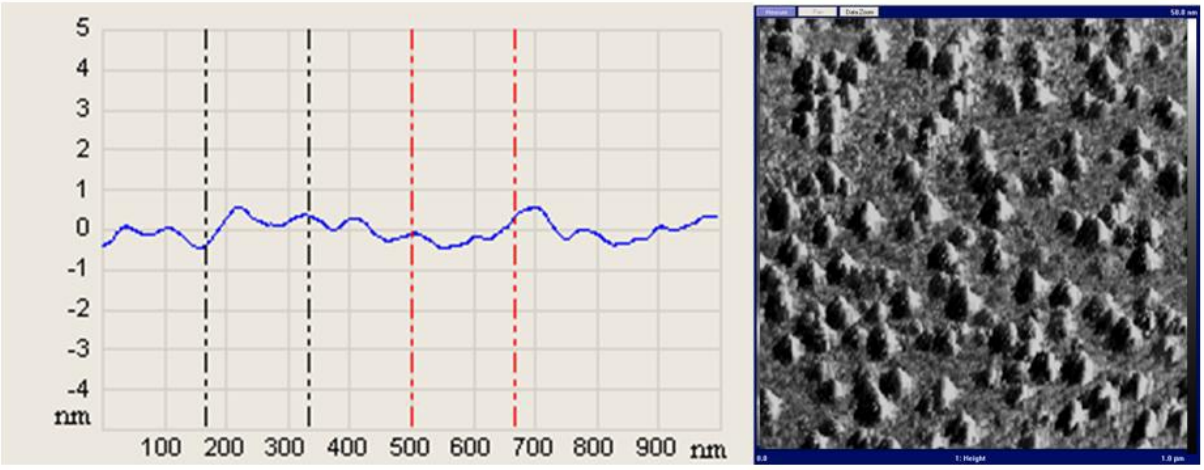
Elektrokimyəvi çökdürülmə prosesinin davametmə müddətindən asılı olaraq 0.02-1 mkm qalınlıqlı $Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələri alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, nazik təbəqələrin səthinin morfologiyası çökdürmə potensialından aslılıdır. Şəkil 2-də çökdürülmə katod potensialının -0.9 V (şəkil 2a), - 1.2 V (şəkil 2b), -1.28 V(şəkil 2c) və -1.35 V (şəkil 2d) qiymətlərində alınmış $Zn_{0.7}Cd_{0.3}O$ nazik təbəqələrinin səthinin atom qüvvət mikroskopunda (AFM) alınmış fotoşəkilləri təsvir edilmişdir. Atom qüvvət mikroskopunda aparılmış tədqiqatlar əsasında müəyyən edilmişdir ki, katod potensialının -0.9 V qiymətlərində alınmış $Zn_{0.7}Cd_{0.3}O$ nazik təbəqələrinin səthi məsaməli quruluşa malik olub qeyri-bərabər paylanmış, ölçüləri 7÷100 nm intervalında dəyişən kristallitlərdən ibarətdir. Katod potensialının qiymətinin cüzi olaraq artması ($-1.22<U\leq-1.25$ V) nazik təbəqələrin səth quruluşunu kəskin olaraq dəyişir. Belə ki, səthdəki məsamələrin konsentrasiyası kəskin olaraq azalır, kristallitlərin ölçüsü kiçilir (5÷7 nm) və nazik təbəqələr bircins nanoquruluşlu səth nümayiş etdirir. Katod çökdürmə potensialının -1.28÷-1.32 V qiymətlərinə qədər artması ilə, nazik təbəqələrin səthindəki kristallitlərin ölçüsünün artması ilə bərabər səthdəki defektlərin konsentrasiyası da kəskin olaraq azalır. Lakin potensialın sonrakı artımı $U>-1.34$ V səthdə yenidən qeyri-bircinslik dərəcəsini artırır. Qeyd edək ki, katod potensialının $U>-1.34$V qiymətlərində alınmış nazik təbəqələrin altlığa adgeziyası çox zəif olur. Belə ki, bu gərginliklər də yalnız 0.5nm qalınlıqlara qədər zəruri adgeziyaya malik $Cd_{1-x}Zn_xO$ nazik təbəqələri almaq mümkündür. Katod potensialının qiymətindən asılı olaraq $Cd_{1-x}Zn_xO$ nazik təbəqələrinin optik buraxma əmsalının da qiyməti dəyişir.



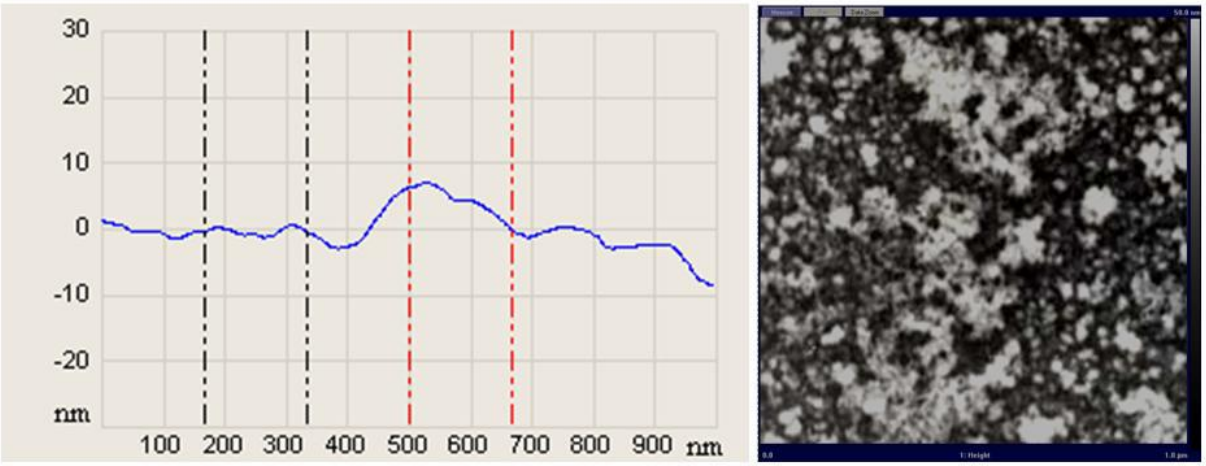
a)



b)

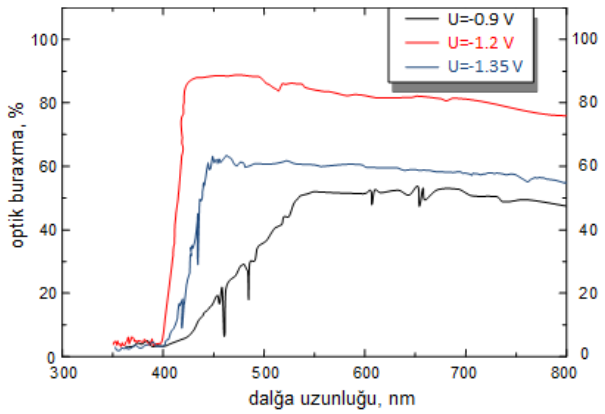


c)



d)

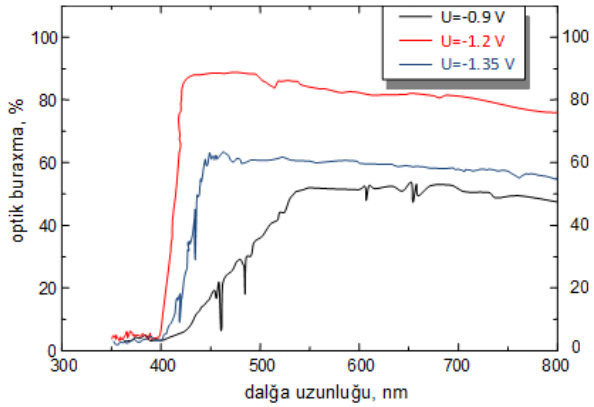
Şəkil 2. Katod potensialının -0.9 V (a), - 1.2 V (b), -1.28 V(c) və -1.35 V (d) qiymətlərində alınmış $Zn_{0.7}Cd_{0.3}O$ nazik təbəqələrinin səthinin AFM fotoşəkilləri.



Şəkil 3. Müxtəlif katod potensiallarında çökdürülmüş $Zn_{0.7}Cd_{0.3}O$ nazik təbəqələrinin optik buraxma spektrləri

Şəkil 3-də katod potensialının -0.9V; -1.2V; -1.28V və -1.35V qiymətlərində alınmış $Zn_{0.7}Cd_{0.3}O$ nazik təbəqələrinin optik buraxma spektrləri təsvir edilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, 400-830 nm dalğa uzunluğu oblastında nazik təbəqələrin optik buraxma əmsalı 52-92%-ə bərabərdir. Nazik təbəqələrin optik buraxma əmsalının qiymətinin bu cür kifayət qədər olması, onlardan günəş enerjisi çeviricilərində istifadə etməyə imkan verir. Katod potensialının -0.9 V qiymətində çökdürülmüş nazik təbəqələrin fundamental udma sərhəddi mürəkkəbdir və o qədər də kəskin deyil. Bu da onu göstərir ki, katod potensialının -0.9V qiymətində çökdürülmüş nazik təbəqələrinin kristal quruluşunda bir yox, bir neçə faza müsahidə edilir (fazaların seqreqasiyası). Katod potensialının -1.2V-a qədər artması ilə fundamental udma sərhəddi kəskinləşir və nazik təbəqələrdə optik buraxma əmsalı 94%-ə qədər artır ki, bu da nazik təbəqələrdə vahid fazanın formalaşdığını göstərir. Katod potensialının -1.35V qiymətlərində alınmış nazik təbəqələrdə yenidən fazaların seqreqasiyasi hesabına fundamental udma sərhəddi mürəkkəbləşir və optik buraxma əmsalı 65%-ə qədər azalır.

İşdə katod potensialının -1.2 V qiymətində çökdürülmüş müxtəlif tərkibli $Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələrinin optik xassələri tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, tərkibdə Cd-un miqdarının artması ilə fundamental udma sərhəddi uzun dalğa tərəfə sürüşür. Nazik təbəqələrin qadağan olunmuş zolağının eni $(\alpha \cdot h\nu)^2=A(h\nu-E_g)$ ifadəsi əsasında hesablanmışdır. Burada, α- udma əmsalı, A- sabitdir. İfadə əsasında qurulmuş qrafiklərin xətti hissəsinin enerji oxuna ektrapolyasiyası ilə nazik təbəqələrin qadağan olunmuş zolağının eni müəyyənləşdirilmiş (cədvəl 2) və elmi ədəbiyyatdakı mövcud qiymətlərlə [14] müqayisə edilmişdir.



Şəkil 3. Müxtəlif katod potensiallarında çökdürülmüş $Zn_{0.7}Cd_{0.3}O$ nazik təbəqələrinin optik buraxma spektrləri

Cədvəl 2.

$Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələrinin tərkibi	Qadağan olunmuş zolağın eni E_g (eV)
x=0.1	3.2
x=0.2	3.12
x=0.3	3.06

[1] *G. Bhavana, B. Nitu, Sh. Shyambihari, J. Deepti, G. Vganesan.* Materials Sciences and Applications, v. 2, 2011, p. 643-648.

[2] *Su.Xueqiong, W.Li, Ch.Jiangbo, W.Xiaojing, Zh. Xin Ping.* J. Phys. D:Appl.Phys., v. 44, 2011, p.265-267.

[3] *Z. Yang, L. Li, J.Y. Kong and J.L. Liu.* Applied Physics Letters, v. 95, 2009, p. 232-238

[4] *D.C. Look.* Mater. Sci. Eng., B 80, 2001, p. 383-388

[5] *A.F. Kohan, G. Ceder and D. Morgan*. Phys. Rev. B 61, 2000, p. 15019 -23

[6] *G. Chris.* Physica B, v. 308–310, 2001, p. 899–903

[7] *M. Vigneshwaran, R. Chandiramouli, B.G. Jeyaprakash and D. Balamurugan*. Journal of Applied Sciences, v.12, 2012, p.1754-1757

[8] *B. Gokul, P. Matheswaran, R. Sathyamoorthy.* J. Mater. Sci. Technol., v.29 (1), 2013, p.17-21.

[9] *S. Corinne, H. Nadia, V. Christèle, A.Gaelle, L.Jean-Michel, J. François, L. Alain, G. Pierre and S. J. Vincent.* Vac. Sci. Technol. A, v. 29, No. 3, 2011, p. 03A114-1-4

[10] *Y. Caglar, M. Caglar, S. Ilican, A. Ates.* J. Phys.D: Appl. Phys., v. 42, 2009, p.1–8

[11] *D. W. Ma, Z.Z. Ye, L.L.Chen.* Phys. Stat. Sol. (a), v. 201, No 13, 2004, p. 2929-2933

[12] *O. Vigial, L. Vaillant, F. Cruz, G. Santana, A. Morales-Aceved, G. Contreras-Puente*. Thin Solid Films, v.361–362, 2000, p. 53–55

[13] *K. Sakurai, T. Takage, T. Kubo, D. Rajita, T. Nanabe, H. Takasu, S. Fujita*. J. Cryst. Growth, v. 237–239, 2002, p. 514–517

[14] *W. Zhi-Jun, L. Shou-Chun, W. Lian-Yuan and L.Zhen.* Chin. Phys. B, v. 18, 2009, p. 2992-97.

H.M. Mamedov, V.J. Mamedova

INFLUENCE OF CATHODIC POTENTIAL OF DEPOSITION ON OPTICAL PROPERTIES AND SURFACE MORPHOLOGY OF FILMS $Zn_{1-x}Cd_xO$

In this paper, the films of $Zn_{1-x}Cd_xO$ ($0.1 \leq x \leq 0.4$) were prepared by the method of electrochemical deposition on the surface of *glass*/SnO_2 substrates. The values of cathode potential of deposition are defined (U =-1.2 V) which provide the optimum values of optical parameters of films. The band gap of films is determined on the base of optical investigations.

Г.М. Мамедов, В.Дж. Мамедова

ВЛИЯНИЕ КАТОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОСАЖДЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК $Zn_{1-x}Cd_xO$

В работе методом электрохимического осаждения полупрозрачные проводящие пленки $Zn_{1-x}Cd_xO$ ($0.1 \leq x \leq 0.4$) получены на поверхности подложек *стекло*/SnO_2. Определены значения катодного потенциала осаждения (U=-1.2 В) при котором обеспечивается оптимальное значение оптических параметров пленок. На основе оптических исследований определены значение ширины запрещенной зоны пленок.

Qəbul olunma tarixi: 25.11.2014

"SUBSTRATE" KONFİQURASİYALI CdTe ƏSASLI GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİ

N.M. FATHİ, E.A. BAĞIYEV, A.M. KƏRİMOVA, Y.N. ƏLİYEVA, N.O. BALAYEVA, R.V. VƏLİYEV, Z.Q. MƏMİYEV, A.H. BAYRAMOV

AMEA-nın H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu, H.Cavid 33, Bakı, AZ 1143, Azərbaycan

E-mail: bayramov@physics.ab.az

CdTe, CdS, ZnO və ZnO:Al nazik təbəqələri uyğun olaraq yaxın məsafəli sublimasiya (CSS), kimyəvi vanna üsulu (CBD) və maqnetron tozlandırma üsulu ilə hazırlanmışdır. Təbəqələr Rentgen diffraktometri (XRD) və atom qüvvə mikroskopu (AFM) vasitəsi ilə tədqiq olunmuşdur. Alınmış təbəqələrin kristallaşmadan asılı olaraq elektrik xassələri öyrənilmişdir. Alınmış təbəqələr əsasında "substrate" konfiqurasiyalı günəş elementləri istehsal olunmuşdur.

PACS: 6855 Jk

Açar sözler: yaxın məsafəli sublimasiya, nazik təbəqələr, günəş elementləri, kimyəvi vanna üsulu.

1. GİRİŞ.

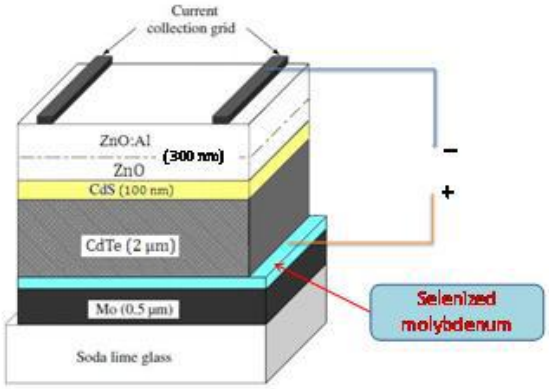
Fotovoltaik materiallar ailəsində kadmium tellurid yüksək effektivliyə malik polikristallik nazik təbəqəli CdTe/CdS günəş elementlərinin hazırlanması üçün çox əlverişli materialdır [1,2], çünki onun qadağan olunmus zolağının eni 1.46 eV təşkil edir, optimala yaxındır və görünən oblastda yüksək udulma əmsalına malikdir. Polikristallik CdTe əsaslı nazik təbəqəli günəş elementlərinin laboratoriya nümunələrində nanoquruluşlu CdS:O pəncərə qatı və modifikasiya olunmuş strukturdan istifadə edilməklə maksimum 16.5%-lik effektivlik əldə edilmişdir [2]. Kubik CdTe və heksaqonal CdS arasındakı böyük qəfəs uyğunsuzluğuna (təxminən 9.7%) baxmayaraq, keçid oblastında qarşılıqlı diffuziya hesabına bu uyğunsuzluq aradan qaldırılır və buna görə də CdTe/CdS günəş elementləri əsasən yüksək effektivliklə xarakterizə olunur [3]. $CdCl_2$ termik emalı CdTe/CdS cihazlarının hazırlanma prosesində CdTe və CdS arasındakı qarşılıqlı diffuziyaya aparan açar mərhələ kimi nəzərdə tutulub. Bu, adətən, həm CdTe səthi üzərinə $CdCl_2$ layının çökdürülməsi və sonradan atmosfer mühitində emalı ilə, həm də strukturun $CdCl_2$ buxarlarında emalı ilə yerinə yetirilir. Birinci üsulda $CdCl_2$ qalınlığının optimal qiyməti əsas qatın texnologiyasından asılı olaraq geniş intervalda dəyişir [4].

CdTe əsaslı nazik təbəqəli günəş elementləri ənənəvi olaraq, 1mm qalınlığında Corning 7059 şüşə altlıq üzərinə çökdürülmüş ikiqatlı SnO_2 (500nm qalınlıqlı keçirici qat və keçirici olmayan100 nm qalınlıqlı bufer qat), 80-100 nm CdS təbəqəsindən, 5-10 mkm CdTe təbəqəsi və HgTe-Cu_2Te tərkibli arxa kontaktdan ibarətdir. Bu konfiqurasiyalı günəş elementlərinin maya dəyərini artıran bəzi çatışmamazlıqlar var: ən yaxşı absorbent kimi 8-10 mkm qalınlıqlı CdTe əsaslı materialın istifadəsi, şüşə altlıqdan natriumun diffuziyasının qarşısını almaq üçün bahalı borosilikat Corning 7059 şüşəsindən istifadəsi, mürəkkəb arxa-kontakt prosesinin üç addımdan ibarət olması: CdTe səth aşınması (həmçinin nanohissəciklərin aşınması da adlanır), Cu_xTe və HgTe tərkibli xüsusi hazırlanmış qrafit pastasının tətbiqi və yekun Ag-pastası qatı [5].

Göstərilən çatışmamazlıqlar bütün ənənəvi texnologiyaların məhdud qabiliyyətini və CdTe nazik təbəqəli günəş elementlərinin dizayn və optimallaşdırılması üçün yeni yanaşmaların zəruriyyətini göstərir. Bu işdə, modifikasiya olunmuş konfiqurasiyaya malik olan CdTe əsaslı nazik təbəqəli günəş elementlərinin hazırlanması üzrə nəticələr və onların fotoelektrik xassələri verilmişdir.

2. TƏCRÜBƏ

Şəkil 1-də modifikasiya olunmuş quruluş göstərilmişdir:



Şəkil 1. Şüşə/selenləşdirilmiş Mo/CdTe/CdS/ZnO/ZnO:Al qurğusunun sxematik təsviri.

CdS/CdTe günəş elementlərinin hazırlanmasında selenləşdirilmiş molibdenlə örtülmüş əhəngli şüşə altlıqlardan istifadə olunmuşdur. 2 mkm qalınlıqlı CdTe nazik təbəqələri yaxın məsafəli sublimasiya üsulu ilə altlıqlar üzərinə çökdürülmüşdür (Two Zones Furnace for PVD (CSS) Processing-OTF-1200X-RTP-II, MTI,USA). Çökdürülmə prosesi təcrid olunmuş həcmdə, sistemin ümumi 16 torr təzyiqində (1 torr oksigen və 15 torr helium) altlıq və mənbənin uyğun olaraq 580°C və 660°C temperaturlarında aparılmışdır.

Kadmium asetat ($CdAc_2$, 99.99%), ammonium asetat (NH_4Ac, 99.99%), tiosidik cövhəri $(NH_2)_2CS$, 99+%) və müntəzəm əlavə olunan ammonium hidroksidin (NH_4OH) ionsuzlaşdırılmış suda məhlulu 90°C temperaturunadək qızdırılaraq CdS çökdürülməsində istifadə olunmuşdur.

$CdCl_2$ emalı "quru" üsuldan istifadə edilməklə aparılmışdır. Bunun üçün CdS/CdTe strukturları vacuum kamerasında 100 torr oksigen və 400 torr helium mühitində 400°C temperaturunda 5-7 dəqiqə müddətində $CdCl_2$ buxarında termik emal olunmuşdur.

ZnO və ZnO:Al nazik təbəqələri maqnetron tozlandırma üsulu ilə oksigen/arqon qaz mühitində müxtəlif O/Ar faizlərində 200-400°C qədər qızdırılmış, qalınlığı 1.0 mm, ölçüsü 2x2 sm əhəngli şüşə altlıqlar üzərinə çökdürülmüşdür (EVOVAC Deposition system, Angstrom Engineering Inc., Canada). Çökmə sürəti 1Å/san təşkil etmişdir.

Təbəqələrin rentgen analizi Bruker D2 Phaser (Germany) diffraktometrində *θ-2θ* bucaq altında Ni ilə filtrlənmiş CuK *α* şüa (*λ*=1.54060 Å) mənbələrindən istifadə olunaraq aparılmışdır.

Polikristalik təbəqələrdə dənələrin orta ölçüsü Şerrer düsturu ilə hesablanmışdır.

$$D = \frac{\alpha\lambda}{\beta\cos\theta}$$

Burada *D*-dənələrin ölçüsü, *α*-sabit kəmiyyətdir (0.9 qədər), *λ* - dalğa uzunluğu (1.54060 Å), *β* isə diffraksiya pikinin maksimumunun yarımeni (FWHM). Kristallıq (kristallizasiya dərəcəsi) DIFFRAC.EVA.V2.1 PC proqramı vasitəsilə hesablanmışdır.

Nazik təbəqələrin topoqrafik analizi Smart SPM 1000 AIST NT (Tokyo Instruments, Japan) qurğusunda aparılmışdır.

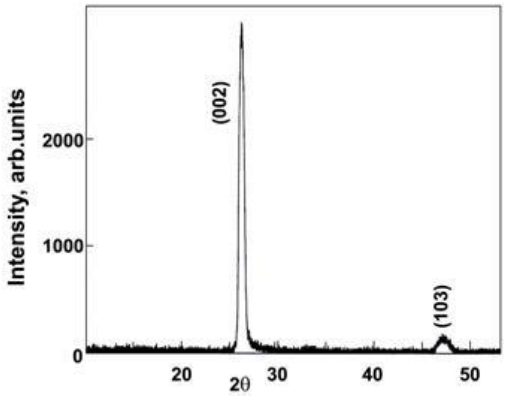
Təbəqələrin keçiriciliyi standart dördzond üsulu ilə HL5500PC Hall system (Nanometrics Inc., USA) qurğusunda tədqiq edilmişdir.

Qurğunun I-V parametrləri 100 mW/cm^2 güclü günəş imitatoru altında Solar cell I-V Testing System IV16 (PV Measurements, Inc.) cihazında ölçülmüşdür.

Bütün tədqiqatlar otaq temperaturunda aparılmışdır.

3. NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏLƏR

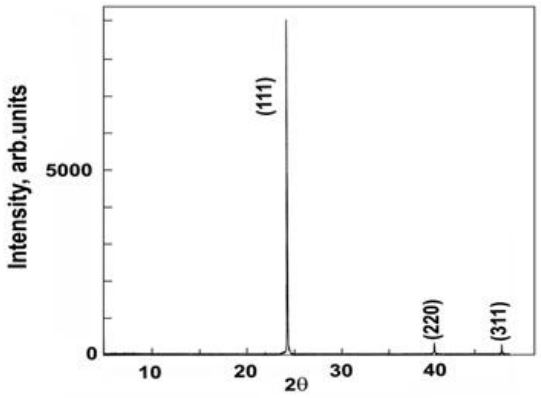
Kimyəvi vanna üsulu ilə alınmış *n* tip CdS təbəqələrinin müqaviməti 1.2x10^4 Ωcm olmuşdur. Emal olunmamış CSS üsulu ilə alınmış CdTe təbəqələri *p* tip keçiricilik göstərmiş və müqavimətləri təxminən 10^{7}Ωcm olmuşdur. 400 torr He və 100 torr O_2 atmosferində 400°C temperaturunda 7-10 dəqiqə müddətində aparılmış $CdCl_2$ emalı müqaviməti 6x10^2 Ωcm- ə qədər azaltmışdır.



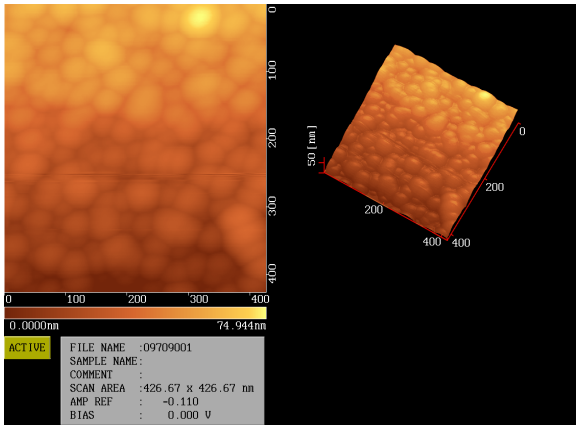
Şəkil 2. CdS təbəqələrinin XRD spektri.

CdS təbəqələri qəfəs parametri a və c uyğun olaraq 4121 Å və 6716 Å olan vürsit tipli heksaqonal quruluşa (fəza qrupu P63mc) malikdirlər (şəkil 2). Digər tərəfdən alınmış CdTe təbəqələri *a*=6485 Å olduqda sfalerit tipli kubik quruluşla (fəza qrupu F43m) kristallaşır (şəkil 3). CdS və CdTe təbəqələri uyğun olaraq [002] və [111] istiqaməti boyunca üstün oriyentasiyaya malikdir.

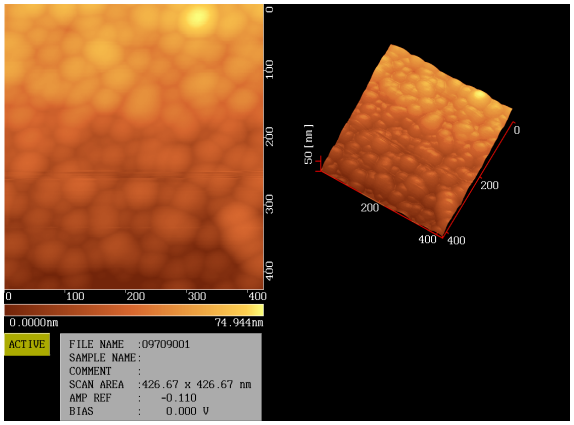
4 və 5 şəkilləri uyğun olaraq CdS və emal olunmamış CdTe təbəqələrinin AFM təsvirini göstərir.



Şəkil 3. CdTe təbəqələrinin XRD spektri.



Şəkil 4. CdS təbəqələrinin AFM təsviri.

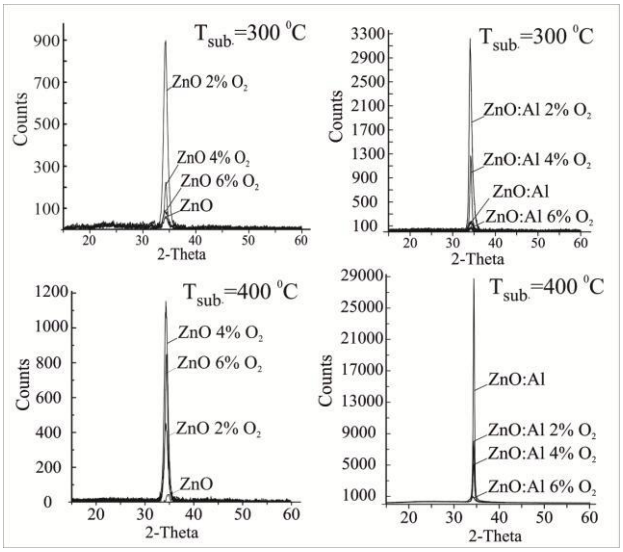


Şəkil 5. CdTe təbəqələrinin AFM təsviri.

Şəkil 4-dən görünür ki, CdS təbəqəsində 60 nm-lik dənələr kiçik ölçülü dənələrin arasında sıx yerləşir. CdTe təbəqəsi 3-5 mkm ölçülü sıx qablaşmış dənələrdən təşkil olunub (Şəkil 5). Qeyd etmək lazımdır ki, CdTe-da $CdCl_2$ "quru" emalından sonra quruluş xassələrində və səth morfologiyasında heç bir əhəmiyyətli dəyişiklik baş vermir, və bu hal CSS üsulu ilə alınmış böyük dənəli

CdTe təbəqələrinə uyğundur [6]. İlkin alınmış və $CdCl_2$ ilə emal olunmuş CdTe təbəqələri təmiz cilalanmış səthə malikdirlər və dənələrin orta ölçüsü təxminən 3-4 mkm-dir.

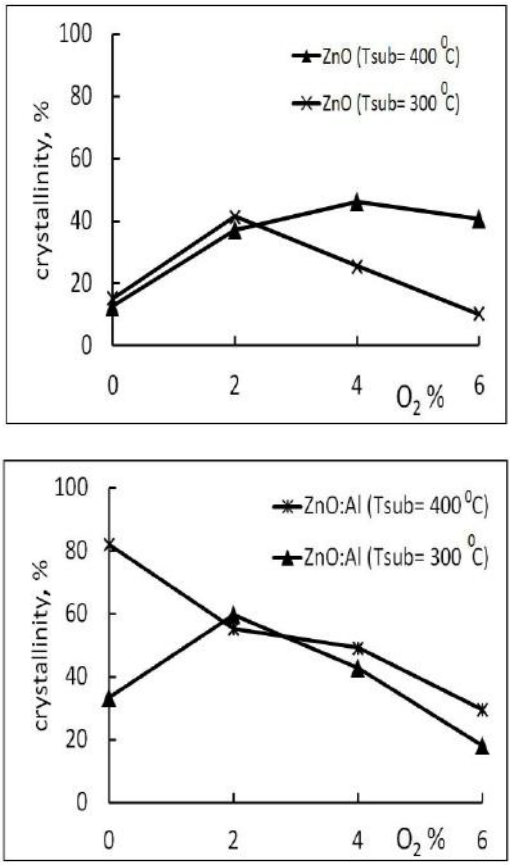
Temperaturu 200°C olan altlıqların üzərinə çökdürülmüş ZnO və ZnO:Al nazik təbəqələrinin rentgen analizi təbəqələrin amorf olduğunu göstərmişdir. Şəkil 6-da 0-6% oksigen/arqon qarışığında və altlıqların temperaturunun 300-400°C qiymətində ZnO və ZnO:Al nazik təbəqələrinin rentgenoqramı göstərilir.



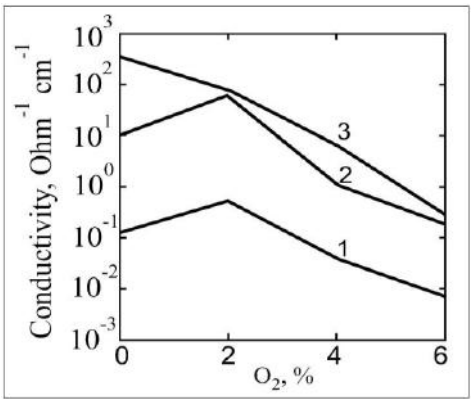
Şəkil 6. ZnO və ZnO:Al nazik təbəqələrin X-Ray diffraksiya mənzərəsi.

0-6% (O/Ar) qarışığı mühitində 300°C və 400°C altlıqlara çökdürülmüş ZnO təbəqələrinin kristallığı ZnO:Al təbəqələrinə nisbətən aşağıdır (şəkil 7) və uyğun olaraq 2% və 4% təşkil edir.

300°C temperaturlu altlıqlar üzərinə çökdürülmüş ZnO:Al təbəqələrinin kristallaşma dərəcəsi digərlərinə nisbətən aşağıdır. Xüsusən, altlıqların 400°C temperaturunda 2% O_2 mühitində çökdürülmüş təbəqələr maksimum yüksək kristallıq dərəcəsi göstərir və oksigenin parsial təzyiqi azaldıqca azalır. Altlıqların 400°C temperaturunda ZnO:Al təbəqələrinin yüksək kristallıq dərəcəsi göstərməsi təbəqələrin çökdürülməsi zamanı alüminiumun rüşeymləmə prosesində əhəmiyyətli dərəcədə iştirak etməsindən qaynaqlanır. Altlıqların 400°C temperaturunda ZnO:Al təbəqələrində dənələrin ölçülərinin artması bu fikri təsdiqləyə bilər. Bütün tədqiqatlar zamanı, ZnO:Al nazik təbəqələri *n*-tip elektrik keçiriciliyi göstərir. 0-6% oksigen/arqon qarışığı nisbətində və altlıqların 200-400°C temperaturunda hazırlanmış ZnO:Al nazik təbəqələrinin keçiriciliyi şəkil 8-də göstərilmişdir. Altlığın 400°C temperaturunda və təmiz arqon atmosferində alınmış təbəqələrin keçiriciliyi $\sigma \sim 3.5\times10^2\ \Omega^{-1}\cdot sm^{-1}$ olmuşdur və O/Ar qarışığında oksigenin qatılığından asılı olaraq keçiriciliyin azalması müşahidə olunmuşdur. Altlıqların 200°C və 300°C temperaturunda çökdürülmüş təbəqələrin keçiriciliyi əhəmiyyətli dərəcədə azalir və 2% O/Ar qarışığı mühitində maksimum müşahidə olunur.



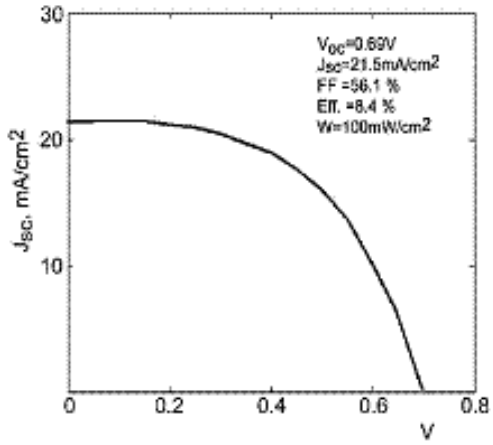
*Şəkil 7.*ZnO və ZnO:Al təbəqələrinin kristallıqdan asılılığı.



Şəkil 8. 1- 200°C, 2- 300°C, 3- 400°C altlıq temperaturunda çökdürülmüş ZnO:Al təbəqələrinin keçiriciliyi.

Məlum olduğu kimi, 400°C temperaturunda oksigenin iştirakı ilə çökdürülmüş ZnO:Al təbəqələrinin keçiriciliyinin azalması oksigen artıqlığı zamanı Zn vakansiyalarının formalaşması və ZnO birləşməsində akseptor tipli defektlərin yaranması ilə izah olunur [7-9].

Günəş elementlərinin tədqiqi üçün biz, şüşə/selenləşdirilmiş Mo/CdTe/ CdS/ZnO/ZnO:Al cihaz quruluşları seriyası hazırladıq. Cihaz strukturları 0.2sm^2 kvadrat hissələrə kəsilmiş, 1x2 sm^2 altlıq üzərində hazırlanmış və əldə olunmuş qurğuların I-V xüsusiyyətləri ölçülmüşdür. Ən yüksək effektivlik parametrləri V_{oc}=0.69V, J_{sc} =21,5mA/sm2, dolma faktoru (*FF*)=56,1% və ümumi sahənin çevirmə effektivliyi 8,4% alınmışdır (Şəkil 9).



Şəkil 9. Şüşə/selenləşdililmiş Mo/CdTe/ CdS/ZnO/ZnO:Al cihazının I-V xarakteristikası.

Qeyd etmək lazımdır ki, hazırlanmış qurğuların ən yüksək effektivliyi altlığın mərkəzi hissəsində müşahidə olunub. Eyni zamanda, qurğuların hazırlanmasında istifadə olunan altlığın kənarından kəsilmiş hissələrdə aşağı effektlivlik müşahidə olunur. Effektivliyin kəskin azalmasının ən əsas səbəbi CdTe təbəqələrinin kənarlarında yüksək sıxlıqlı boşluqların meydana gəlməsi nəticəsində təbəqələrin mərkəzi hissəsi ilə müqayisədə kənarlarda qalınlığın əhəmiyyətli azalmasıdır.

4. NƏTİCƏ

"Substrate" konfiqurasiyalı CdTe əsaslı günəş elementləri CdTe nazik təbəqələri üçün omik kontakt olan selenləşmiş molibdendən istifadə etməklə istehsal olunmuşdur.Alınmış batareyalar: V_{oc}=0.69V, J_{sc}=21,5mA/sm2, dolma faktoru (*FF*)=56,1% və ümumi sahənin çevirmə effektivliyi 8,4% parametrləri ilə xarakterizə olunmuşdur. Bu konfiqurasiya, ənənəvi texnologiya ilə müqayisədə, ucuz əhəngli şüşə və sadələşdirilmiş kontaktdan istifadə etməklə 1-2 mkm qalınlıqlı CdTe əsaslı materialın emalının mümkünlüyünü göstərir.

Minnətdarlı: Bu iş, Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu tərəfindən EİF-2012-2(6)-39/02/1 nömrəli layihə ilə dəstəklənib.

[1] *H.R. Moutinho, F.S. Hasoon, F.A. Abufoltuh, L.L. Kazmerski.* Journal Vacuum Science Technology. 13, 1995, 2877-2883.
[2] *Wu X.* Solar Energy, 77 (2004) 803-814
[3] *D. G. Jensen, B. E. McCandless, and R. W. Birkmire*. 25th Photovoltaic Specialists Conference,
[4] 1996, p. 773.
[5] *H. Raushenbach*. Solar Cells Array Design,New York: Litton Education Publishing,1980, 250
[6] *D. S. Albin, S. H. Demtsu and T. J. McMahon.* Thin Solid Films, 515, 2007, 2659- 2668.
[7] *B. E. McCandless and J. R. Sites*. Cadmium Telluride Solar Cells: Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, A. Luque and S. Hedegus (eds.). USA:New York: Wiley., 2003.
[8] *F. Tuomisto, K. Saarinen, D. Look and G. Farlow*. Phys. Rev., B 72, 2005, 085206.
[9] *F. Tuomisto, V. Ranki, K. Saarinen and D. Look.* Phys.Rev. Lett., 91, 2003, 205502.
[10] *A. Janotti and C. Van de Walle.* Rep. Prog. Phys. 72, 2009,126501.

N.M. Fathi, E.A. Bagiyev, A.M. Kerimova, Y.N. Aliyeva, N.O. Balayeva, R.V. Veliyev, Z.Q. Mamiyev, A.H. Bayramov

"SUBSTRATE" CONFIGURED CdTe-BASED SOLAR CELLS

CdTe, CdS, ZnO and ZnO:Al thin films were prepared by Close-spaced sublimation (CSS), Chemical Bath Deposition (CBD) and Magnetron sputtering methods, respectively. The films were investigated by X- Ray Diffraction (XRD) and Atomic Force Microscopy (AFM) methods. Dependence of electrical properties on crystallinity degree of the obtained films were studied. "Substrate" configured solar cell devices on the basis of obtained films were constructed.

Н.М. Фатхи, Э.А. Багиев, А.М. Керимова, Е.Н. Алиева, Н.О. Балаева, Р.В. Велиев, З.Г. Мамиев, А.И. Байрамов.

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНФИГУРАЦИИ "SUBSTRATE" НА ОСНОВЕ CdTe

Получены тонкие плёнки CdTe, CdS, ZnO и ZnO:Al методами сублимации с ближнего расстояния (XRD), соляной ванны (CBD) и магнетронного распыления, соответственно.

Тонкие плёнки исследованы методами рентгенодифракционного анализа (РДА) и атомно-силовой микроскопии (АСМ). Изучена зависимость электрических свойств от степени кристалличности в данных плёнках. На основе полученных плёнок изготовлены солнечные элементы конфигурации "substrate".

Qəbul olunma tarixi: 02.12.2014

γ - ŞÜALANMA İLƏ $CuGaSe_2$ MONOKRİSTALINDA YARANAN QISA-QAPANMA CƏRƏYANI, SPEKTRİN İNVERSİYASI

İ. QASIMOĞLU, İ.A. MƏMMƏDOVA, Q.S. MEHDİYEV, ZƏFƏR QƏDİROĞLU, N.V. MAHMUDOVA, M. ƏLİYEV, Ə.İ. BAĞIROV, İ. NƏSİBOV

AMEA-nın H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
H.Cavid 33, Bakı, AZ 1143, Azərbaycan
E-mail:gasimoglu@yahoo.com

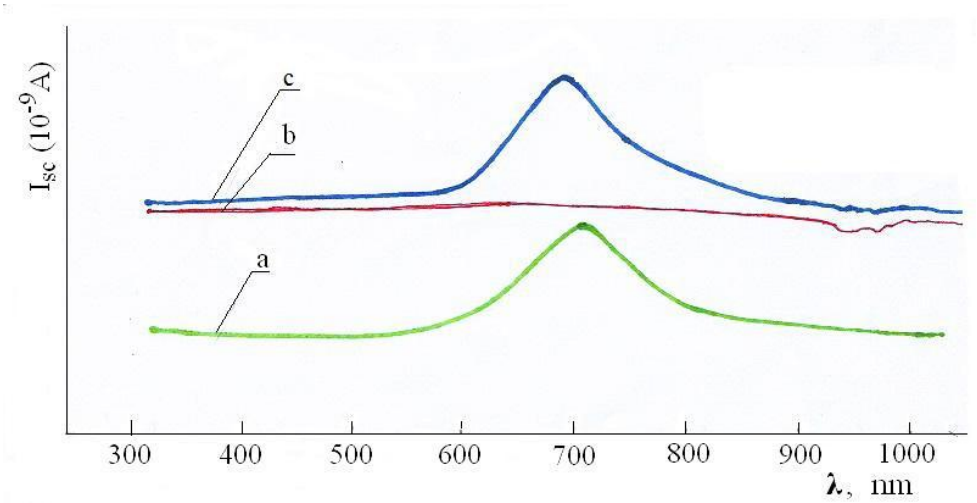
Təcrübə nəticəsində lazer şüası və γ-şüasının polyarizəedici təsirindən sonra, $CuGaSe_2$ monokristalında qısa-qapanma cərəyanının qiymətində mərhələli dəyişilmə, sonda isə inversiya baş verir. Fiziki parametrin (qısa qapanma cərəyanı) dəyişməsinin səbəbinin nümunədə əvvəlcədən mövcud olan, sonra isə lazer və γ -şüalarının təsiri nəticəsində yaranan aşqar (donor, akseptor) səviyyələrinin konsentrasiyaları nisbətinin dəyişməsi hesabına baş verdiyi bildirilir.

Pacs : 61.80. Ed
Açar sözlər: qısa-qapanma cərəyanı, γ -şüalanma, lazer şüası, donor, akseptor.

$CuGaSe_2$ monokristalı $A^{I}B^{III}C^{VI}_2$ yarımkeçirici birləşmələr ailəsinə mənsubdur, xalkopirit sturukturunda (42m fəza qrupunda) kristallaşır [1]. Obyektin qadağan olunmuş zonası, günəş elementləri üçün optimal olan qiymətə yaxındır [1,65 eV] [2]. Bu birləşmə yarımkeçirici cihazqayırmada, xüsusilə fotoelementlərin, işıq-qeydedici cihazların hazırlanmasında xüsusi əhəmiyyətə malikdir [3]. Yeni işdə isə lazer və γ-şüalarının təsirindən sonra qısa-qapanma cərəyanının qiymətindəki dəyişmədən və spektrin inversiyasından bəhs olunur.

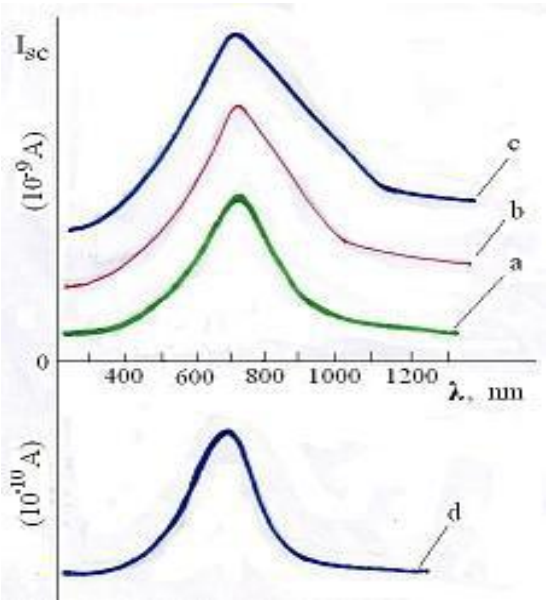
Məsələnin qoyuluşu: məqsəd lazer və qamma şüasının təsirindən sonra nümunədə yaranan siqnalın qiymətinin və istiqamətinin dəyişməsini nəzərə alaraq, bağlayıcı yarımkeçirici açarların hazırlanmasında tətbiqinin mümkünlüyünü təcrübə yolu ilə təsdiq etmək, öz əvvəlki analoqlarından üstünlüklərini göstərməkdir. Təcrübə, şüalanmadan əvvəl və şüalanmadan sonra alınan spektrlərin müqayisə olunması yolu ilə aparılıb.

Təcrübənin aparılması: $CuGaSe_2$ monokristalı qaz daşıyıcıları üsulu ilə alınmışdır, işığa həssasdır. Elektrik hərəkət qüvvəsinin işarəsinə görə, keçiriciliyin *p*-tip olduğu müəyyənləşdirilib. Otaq temperaturunda müqavimət kΩ-dur. Kontaktlar gümüş pasta ilə qoyulmuşdur, omikdir. İşıqlanma dəqiq MDR-23 optik cihazı ilə aparılmışdır. Lazerin nümunədən məsafəsi 10 sm-dir. Şüalar (işıq, lazer) nümunənin səthinə bir istiqamətdən düşür. 1-ci (a) şəklində cərəyanın dalğa uzunluğundan asılılığını əks etdirən normal bir spektri müşahidə edirik. Tək bir lazer şüasının nümunədə yaratdığı cərəyanın spektrinin düz xətt olması, monoxromatik işıqla birgə təsirdən sonra yaranan fərqi görməyə imkan verir. Lazer (λ=0,63mkm) şüasının obyektə bu cür təsiri tətbiq üçün çox maraqlıdır. Spektrin özünə paralel yerini dəyişməsini biz γ- şüasının bir neçə qiymətində təcrübədə müşahidə etdik. Şüanın böyük qiymətində inversiya alınır. Yaranan siqnal dəqiq elektrometrik voltmetrlə (B7-30) ölçülmüşdür.



Şəkil 1. a - spektral asılılıq $\dot{I}_{qq}$ ~$F(\lambda)$, b - lazer (0,63mkm) xətti, c - lazer və monoxromatik işığın birgə bir istiqamətdə təsirindən sonra spektral asılılıq (*T*-300 K).

Nümunənin normal səthinə monoxromatik işığın və lazer şüasının bir istiqamətdə birgə təsiri zamanı keçiricilikdə yaranan mərhələli dəyişməni müşahidə etdik və təcrübələri γ- şüaları ilə davam etdirdik. Nümunəyə qurğuşun konteynerdə yerləşən Co^{60} izotopundan çıxan γ- şüalarla təsir edilmişdir. γ-şüası kvantının enerjisi 1,25MeV-dur. 2-ci şəkildə γ- şüasının müxtəlif intensivliklərində spektral paylanmanın qrafiki təsvirləri verilmişdir.



Şəkil 2. a - spektral asılılıq $\dot{I}_{qq}$ ~F (λ), b - E=30P/c, c - E=45 P/c, d - E=60P/c γ -şüası dozasının təsirindən sonra alınmış əyrilərdir (300 K).

Alınan nəticələrin müzakirəsi: Lazer və γ-şüalarının təsirindən sonra qısa-qapanma cərəyanının qiymətinin artıb-azalmasının, yaranan sərbəst elektron və deşiklərin konsentrasiyasının dəyişilməsi hesabına olduğunu düşünürük. $CuGaSe_2$ monokristalında donor və akseptor tipli aşqarlar mövcuddur. O baxımdan həmin kristalların elektrik keçiriciliyi bu aşqarların konsentrasiyasından kəskin asılıdır. Həmin kristallarda sistemin sərbəst enerjisinin azalması dərin səviyyələr tərəfindən yükdaşıyıcıların tutulması hesabına baş verir. Nümunələrin sərbəst enerjisindəki bu dəyişmə, şüalanma zamanı əmələ gələn defektlər hesabına ola bilər. Əsas yükdaşıyıcılara məxsus keçiricilik aşqarlar tərəfindən kompensə olunur. Lazer və γ –şüalarının təsirindən sonra, keçiricilik zonasına yaxın yerləşən donor tipli defektlərin daha çox yaranması ehtimal olunur. Qadağan olunmuş zolağı nisbətən böyük olan kristallar, o cümlədən $CuGaSe_2$, üçün lazer və γ –şüalarının təsirindən sonra yaranan defektlər əsas yükdaşıyıcıları kompensasiya edır, keçiriciliyin qiymətini dəyişir. Ona görə də bu tip kristallarda, şüalanmadan sonra, başlanğıc vəziyyətindən asılı olmayaraq, keçiricilik xüsusi hal almış olur. Qeyd etmək lazımdır ki, kompensasiya halının yaranması təkcə keçiriciliyin qiymətini dəyişmir, həmçinin yükdaşıyıcıların konsentrasiyasını dəyişdirən mərkəzlərin yaranmasına səbəb olur. Yarımkeçiricilərin elektrik və optik xassələrinin qiymətləndirilməsində bu mərkəzlərin böyük rolu vardır. Kristallarda daxili enerji balansının pozulması üçün donor və akseptor tipli defektlərin konsentrasiyaları arasındakı nisbət dəyişməlidir [5]. *p*-tip nümunələrdə keçiriciliyin qiyməti əvvəlcə artmağa başlayır (kiçik dozalarda) spektr özünə paralel olaraq yuxarıya sürüşür. γ-şüasının böyük qiymətində ionlaşma hesabına keçiricilikdə iştirak edən yükdaşıyıcıların konsentrasiyası (*p*-tiplər üçün deşiklərdə) kəskin surətdə azalır, spektr aşağıya enir, yəni inversiya edir. Həmçinin γ- şüalanma dozasının artmasına uyğun olaraq deşiklərin rekombinasiyası hesabına keçiriciliyin azalması müşahidə olunur [6]. Fermi səviyyəsi qadağan olunmuş zolağın mərkəzinə doğru hərəkət edir, nümunənin müqaviməti artır, keçiricilik azalır. Biz (1) və (2) şəkillərində bunu müşahidə edirik. Spektrin aşağıya sürüşməsi, əsasən, γ-şüasının böyük qiymətində baş verir. İnversiya, akseptor tipli defektlərin daha çox yaranması hesabına müşahidə olunur [7]. Obyektin öz analoqlarından fərqi ondan ibarətdir ki, qaranlıq cərəyanı çox kiçik qiymətə malikdir və zəif radioaktiv şüalara həssaslığı ilə fərqlənir.

AMEA Radiasiya Problemləri Institutunun rəhbərliyinə, İzotop mənşəli şüa mənbələri Elmi Təcrübə Şöbəsinin əməkdaşlarına, Ələsgərov Əzizbala Mirzəbala oğluna, Quliyev Ağaqulu Bilal oğluna, Nəbiyev İsaxan Allahverdi oğluna, ölçmələr aparmaq üçün yardım etdiklərinə görə, dərin minnətdarlığımızı bildiririk.

[1] *И. Касумоглу, И.А. Мамедова, Г.С. Мехтиев, Д.Г. Гусейнов., М.А. Алиев, Н.В. Махмудова, А.С. Амирова.* AMEA Xəbərləri 2012, N2, C. 93-96.

[2] *I. Kasumoglu, I.A. Mamedova, G.G. Quseynov, M.A. Aliev.* Fizika 2012 , V. XVIII, N2.

[3] *В.Б. Антонов, Д.Т. Гусейнов, Т.К.Касумов.* Доклады АН. т. XXX, n. 12, 1974, с. 13-16.

[4] *И. Касумоглу, И.А. Мамедова, Г.С. Мехтиев, М.А. Алиев.* AMEA Xəbərləri, N2, 2010. S. 56-58.

[5] *И.А. Драбкин, Б.Я. Мойжес.* ФТП, т. 21, в. 9, 1987, стр. 1715-1718.

[6] *В.Л. Винецкий, Г.А. Холдарь.* ФТП, 1982, т.16, в.7 стр. 1322-1325.

[7] *Р.Г. Родос.* Несовершенства и активные центры в полупроводниках Ga, Si. M. 1968, 378с.

I. Kasumoglu, I.A. Mamedova, G.S. Mehdiev, Zafar Kadiroglu, N.V. Mahmudova, M. Aliev, A.İ. Bağırov, I. Nasibov

SHORT CIRCUIT CURRENT IN γ-IRRADIATED $CuGaSe_2$ SINGLE CRYSTALS, INVERSION OF SPECTRUM

Considarable change of the value of the short curcuit current after the γ-irradiation of $CuGaSe_2$ is observed. The behaviour is explaned by the consentration change of the charge carriers after γ-irradiation.

И. Касумоглу, И.А. Мамедова, Г.С. Мехтиев, Зафар Кадыроглу,
Н.В. Махмудова, М. Алиев, А.И. Багиров, И. Насибов

ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В γ-ОБЛУЧЕННЫХ МОНОКРИСТАЛЛАХ $CuGaSe_2$, ИНВЕРСИЯ СПЕКТРА

Наблюдается инверсия тока короткого замыкания, после γ- облучения в монокристаллах $CuGaSe_2$. Данное явление объясняется изменением отношения концентрации носителей заряда после γ- облучения.

Qəbul olunma tarixi: 18.12.2014

İZOPROPİL SPİRTİ MOLEKULUNUN QOŞ-KONFORMERİNİN QADAĞAN OLUNMUŞ RƏQSİ-FIRLANMA KEÇİDLƏRİ

Ç.O. QACAR, A.Ə. ADİILOV, S.A. MUSAYEV, C.Ə. CƏFƏROV, A.S. HƏSƏNOVA
Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
H.Cavid 33, Bakı, AZ 1143, Azərbaycan
Qajar666@mail.ru

İzopropil spirti molekulunun qoş-konformerinin rəqsi-fırlanma spektrində 17-78 Qhs tezliklər diapazonunda qadağan olunmuş keçidlərin axtarışları aparılmışdır. 54 qadağan olunmuş rəqsi-fırlanma keçidi identifikasiya edilmişdir.

Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun maliyyə yardımı ilə yerinə yetirilmişdir - Qrant-№ EİF-BGM-2-BRFTF-1-2012/2013-07/04/1

PACS:33.20.t;33.20.Vq
Açar sözlər: rəqsi-fırlanma spektri, tunnel parçalanması, qadağan olunmuş keçidlər

GİRİŞ.

İzopropil spirti molekulunun trans-konformerinin fırlanma spektri ilk dəfə İmanov, Abdurəhmanov və Yolçuyev [1] tərəfindən, sonralar isə Hirota [2] tərəfindən tədqiq edilmişdir. İzopropanol molekulunun qoş-konformerinin fırlanma və rəqsi- fırlanma spektrlərinin tədqiqinə Hirota [3] tərəfindən başlanmışdır. [4-9] işlərində bu molekulun fırlanma və mərkəzəqaçma sabitləri kifayət qədər dəqiqləşdirilmiş və ilk dəfə olaraq original reduksiya olunmuş hamiltoniandan istifadə etməklə molekulun daxili fırlanma parametrləri təyin edilmişdir.

TƏCRÜBİ HİSSƏ

Tədqiqat obyekti və metodu. İzopropil spirti molekulunun - $(CH_3)_2CHOH$ mikrodalğa fırlanma spektri hibrid radiospektrometrdə 17000-78060 MHs tezliklər diapazonunda tədqiq edilmişdir. Bu diapazona daxil olan 7000-dən çox spektral xəttin kataloqu tərtib edilmişdir [3]. Tezliklərin ölçmə dəqiqliyi spektral xəttlərin qarşılıqlı vəziyyətlərindən və intensivliklərindən asılı olaraq 0,05-0,15 MHs tərtibində dəyişib.

İzopropil spirti molekulunun ОП-2 ОСЧ 11-5 (əsas məhsulun 99,4%) markalı spektral təmiz nümunəsi heç bir təmizləmə aparılmadan istifadə olunub.

Fırlanma kvant ədədi J-nin $J\leq35$ qiymətləri üçün 54 qadağan olunmuş rəqsi-fırlanma keçidi identifikasiya edilmişdir. İdentifikasiya edilmiş keçidlər cədvəldə təqdim edilmişdir.

ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

Spektral xətlərin qeydiyyatı zamanı onların paylanma sıxlığının daxili fırlanmanın parçalanma parametrinin qiymətinə (46799,073 MHs) yaxın ətrafda artması müşahidə olundu. Bu faktdan fırlanma spektrindən daxili fırlanmanın parçalanma parametrinin qiymətini təyin etmək üçün istifadə oluna bilər. [6] işində göstərilmişdir ki, spektral xəttlərin sıxlığının daxili fırlanmanın parçalanma parametrinin qiymətinə (46799,073 MHs) yaxın ətrafda artması burada, həmçinin asimmetrik fırfıraların dalğa funksiyaları təsvirində qadağan olunmuş rəqsi-fırlanma keçidlərinin də sıxlığına gətirir. Əgər asimmetrik fırfıra tipli molekulun dipol momentinin üç sıfırdan fərqli komponenti varsa, bu zaman spektrdə əsas fırlanma kvant ədədi J üçün $\Delta J=\pm1$; 0 seçmə qaydalarını ödəyən keçidlər müşahidə olunacaq. Dipol momentinin "a" oxu üzrə proyeksiyası μ_a –ya uyğun keçidlər üçün ΔK-1 cüt qiymət, aΔK+1–isə tək qiymət, dipol momentinin "c" oxu üzrə proyeksiyası μ_c–yə uyğun keçidlər üçün ΔK-1 tək qiymət, aΔK+1–isə cüt qiymət, dipol momentinin "b" oxu üzrə proyeksiyası μ_b–ya uyğun keçidlər üçün isə həm ΔK-1, həm də ΔK+1 –isə yalnız tək qiymət alır. ΔK-1 və ΔK+1-in cüt qiymətlərinə uyğun keçidlər isə asimmetrik fırfıraların dalğa funksiyaları təsvirində qadağan olunmuşdur. Bu cür keçidlər əvvəllər bir sıra spirt və merkaptan molekulları üçün müşahidə olunmuşlar [10-13]. Müəlliflər intensivliyi kifayət qədər olan qadağan olunmuş keçidlərin müşahidə olunmasında qadağanın aradan götürülməsini simmetrik və antisimmetrik hallara uyğun enerji səviyyələri arasında güclü rəqsi- burulma- fırlanma- qarşılıqlı təsirin olması ilə izah ediblər. Bu keçidlərin əksəriyyətinin tezliyi daxili fırlanmanın parçalanmasının qiymətinə yaxındır. Bunun hesabına spektral xəttlərin paylanma sıxlığı daxili fırlanmanın parçalanma parametrinin qiymətinə yaxın ətrafda artır.

Çox sayda qadağan olunmuş rəqsi-fırlanma keçidlərinin müşahidə olunması izopropil spirti molekulunun qoş-konformerinin rəqsi-fırlanma spektrinin identifikasiyasının düzgün aparıldığını bir daha təsdiq edir.

Cədvəl.

İzopropil spirti molekulunun qoş-konformerinin identifikasiya edilmiş qadağan olunmuş keçidlərinin tezlikləri (MHs)

	J	τ	-		J'	τ'	ν_{exc}	$\Delta = \nu_{exc} - \nu_{room}$
a	26	-9	-	s	26	-9	41583.090	0.0424
a	26	-10	-	s	26	-10	41583.090	0.0424
a	27	27	-	s	27	27	45302.390	0.1825
a	27	26	-	s	27	26	45302.390	0.1549
a	27	-12	-	s	27	-12	42030.000	0.2228
a	27	-13	-	s	27	-13	42030.000	0.2228
a	27	-18	-	s	27	-18	43826.170	0.1039
a	27	-19	-	s	27	-19	43826.170	0.1039
a	27	-20	-	s	27	-20	44445.120	-0.1710
a	27	-21	-	s	27	-21	44445.120	-0.1710
a	28	14	-	s	28	14	57272.750	0.1093
a	28	-17	-	s	28	-17	43107.260	0.2581
a	28	-18	-	s	28	-18	43107.260	0.2581
s	28	24	-	a	27	24	39144.120	0.2208
a	29	29	-	s	29	29	45648.260	0.0443
a	29	28	-	s	29	28	45648.260	0.0173
a	30	-5	-	s	30	-5	38466.350	-0.1464
a	30	-6	-	s	30	-6	38466.350	-0.1464
a	30	-9	-	s	30	-9	39731.820	0.2382
a	30	-10	-	s	30	-10	39731.820	0.2382
a	30	-27	-	s	30	-27	45616.340	0.0337
a	30	-28	-	s	30	-28	45616.340	0.0337
a	29	28	-	s	30	28	47236.650	-0.0239
a	31	24	-	s	31	24	54340.820	0.0691
a	31	-30	-	s	31	-30	46327.520	-0.2256
a	31	-31	-	s	31	-31	46327.520	-0.2256
a	32	32	-	s	32	32	46252.260	0.0516
a	32	31	-	s	32	31	46252.260	0.0385
a	32	-7	-	s	32	-7	38080.190	0.1398
a	32	-8	-	s	32	-8	38080.190	0.1398
a	32	-17	-	s	32	-17	41298.170	-0.0916
a	32	-18	-	s	32	-18	41298.170	-0.0916
a	33	30	-	s	33	30	39128.890	0.0872
a	33	27	-	s	33	27	39128.890	0.1302
a	33	-14	-	s	33	-14	39816.490	-0.0762
a	33	-15	-	s	33	-15	39816.490	-0.0762
a	33	-22	-	s	33	-22	42528.810	0.2137
a	33	-23	-	s	33	-23	42528.810	0.2137
a	33	-28	-	s	33	-28	44729.200	-0.1868
a	33	-29	-	s	33	-29	44729.200	-0.1868
a	35	-24	-	s	35	-24	42293.050	0.1958
a	35	-25	-	s	35	-25	42293.050	0.1958
a	35	-28	-	s	35	-28	43818.720	-0.0413
a	35	-29	-	s	35	-29	43818.720	-0.0413
a	35	-32	-	s	35	-32	45421.630	0.0531
a	35	-33	-	s	35	-33	45421.630	0.0531
a	35	-34	-	s	35	-34	46252.260	0.0088
a	35	-35	-	s	35	-35	46252.260	0.0088

burada: $\tau = \kappa_{-1} - \kappa_{+1}$

[1] *А.А. Абдурахманов, М.Н. Елчиев, Л.М. Иманов.* Изв, АН Азерб.ССР., сер. ФТМН, 1969, №4, с. 30-35.
[2] *S. Kondo, E. Hirota.* J. Mol. Spectrosc, 1970, v. 34, Nol, p. 97-107.
[3] *E. Hirota*. J.Chem. Phys., 1979, v. 83, № 11, p. 1457-1465.
[4] *O.N. Ulenikov, A.B. Malikova, Ch.O. Qajar, S.A. Musaev, A.A. Adilov and M.I. Mehtiev.* J. Mol. Spectrosc, 1991, 144, p. 262-269.
[5] *С.А. Мусаев.* Изв. АН Азербайджана, сер. ФТМН, 2000, т. 2000, № 6, с. 155-161.
[6] *М.Р. Алиев.* Успехи физических наук 1976, т.119, №3,с.557- 571
[7] *А.А. Адилов, Дж.А. Джафаров, Ч.О. Каджар, С.А. Мусаев*. ЖПС, 2008, т. 75, №5, с. 659-665
[8] *А.А. Адилов, Дж.А. Джафаров, Ч.О. Каджар, С.А.Мусаев.* Миллиметровые и субмиллиметровые спектры гош-конформера молекулы изопропанола Институт Физики. НАН Азерб. Баку 2009г.
[9] *С.А. Мусаев.* Физика АН Азербайджана, 2001, Том 7, №2 с.50-56
[10] *А.А. Адилов.* Внутреннее вращение и двойные квантовые резонансы. Диссерт. на соиск. канд. физ.-мат. наук. 1994, Баку,Филиал НИИ Фотоэлектроники.
[11] *С.А.Мусаев.* Гибридный радиоспектрометр, внутреннее вращение и центробежное возмущение высоких порядков в молекулах этанола и изопропанолаДиссерт. на соиск. док. физ-мат. наук .Баку 2002, Институт Физики НАН Азербайджана.

Ch.O. Qajar, A.A. Adilov, S.A. Musaev, J.A. Jafarov, A.S. Qasanova

FORBIDDEN VIBRATIONAL-ROTATIONAL TRASİTİONS OF GAUCHE-OF ISOPROPYL ALCOHOL

A search was made for forbidden transitions in a vibrotional- rotational spectrum of a isopropanol molecule in a frequency range of 17-78 GHz. In total 54 forbidden transitions have been identified. This work was supported by the Science Development Foundation under the President of the Republic of Azerbaijan-Grant № EİF-BGM-2-BRFTF-1-2012/2013-07/04/1.

Ч.О. Каджар, А.А. Адилов, С.А. Мусаев, Дж.А. Джафаров, А.С. Гасанова

ЗАПРЕЩЕННЫЕ КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ ПЕРЕХОДЫ ГОШ-КОНФОРМЕРА МОЛЕКУЛЫ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Проведен поиск запрещенных переходов в колебательно- вращательном спектре гош-конформера молекулы изопропанола в диапазоне частот 17-78 ГГц. Идентифицировано 54 запрещенных колебательно- вращательных переходов. Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики-Грант № EİF-BGM-2-BRFTF-1-2012/2013-07/04/1.

Qəbul olunma tarixi: 17.09.2014

FİZİKİ TERMİNLƏR VƏ İFADƏLƏR

A.İ. MUXTAROV
BDU, Z. Xəlilov, 23

M.A. MUXTAROV
AMEA-nın Riyaziyyat və Mexanika İnstitutu
Baki şəh., F. Ağayev küç, 9.

T.R. MEHDİYEV, K.B. QURBANOV, E.A. AXUNDOVA, N.A. AXUNDOVA, N.İ. HÜSEYNOVA, S.İ.ƏLİYEVA, E.Ə. ƏLƏSGƏROVA
AMEA, akademik H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu
Az-1143, Bakı şəhəri, H. Cavid pr.,33.

C

c0001	cəbhə genezi	frontgenesis	фронтогенез
c0002	cəbhəliz	frontolysis	фронтолиз
c0003	cəbr	algebra	алгебра
c0004	cəbri həndəsə	algebraic geometry	алгебраическая геометрия
c0005	cəbr qrupu	algebraic group	алгебраическая группа
c0006	cəbri	algebraic	алгебраический
c0007	cəbri cəm	algebraic sum	алгебраическая сумма
c0008	cəbri diferensial tənlik	algebraic differential equation	алгебраическое дифференциальное уравнение
c0009	cəbri ədəd	algebraic number	алгебраическое число
c0010	cəbri ədədlər sahəsi	algebraic number field	поле алгебраических чисел
c0011	cəbri ədədlər sahəsi (sinfi)	real number field	поле действительных чисел
c0012	cəbri əyri	algebraic curve	алгебраическая кривая
c0013	cəbri funksiya	algebraic function	алгебраическая функция
c0014	cəbri genişlənmə	algebraic extension	алгебраическое расширение
c0015	cəbri həll	algebraic solution	алгебраическое решение
c0016	cəbri işarə	algebraic sign	алгебраический знак
c0017	cəbri məxsusi nöqtə	algebraic singularity	алгебраическая особая точка
c0018	cəbri müxtəliflik, cürbəcürlük	algebraic variety	алгебраическое многообразие
c0019	cəbri nöqtə	algebraic point	алгебраическая точка
c0020	cəbri quruluş	algebraic structure	алгебраическая структура
c0021	cəbri qapalı ekvivalent	algebraically equivalent	алгебраически эквивалентный
c0022	cəbri qapalı sahə	algebraically closed field	алгебраически замкнутое поле
c0023	cəbri səth	algebraic surface	алгебраическая поверхность
c0024	cəbri sistem	algebraic system	алгебраическая система
c0025	cəbri şaxələnmə nöqtəsi	algebraic branch-point	алгебраическая точка разветвления
c0026	cəbri tənlik	algebraic equation	алгебраическое уравнение
c0027	cəbri topologiya	algebraic topology	алгебраическая топология
c0028	cəbri uyğunluq	algebraic correspondence	алгебраическое соответствие

c0029	cəbri altqrup	algebraic subgroup	алгебраическая подгруппа
c0030	cəbri analiz	algebraic analysis	алгебраический анализ
c0031	cəbri asılılıq, cəbri asılı olma	algebraical dependence	алгебраическая зависимость, алгебраически зависимый
c0032	cəbri-qeyri asılılıq, cəbri asılı olmama	algebraical independence	алгебраическая независимость, алгебраически независимый
c0033	cəbrli	algebroidal	алгеброидный
c0034	cəbrli funksiya	algebroid function	алгеброидальная функция
c0035	cədvəl istilik tutumu	tabulated heat capacity	табличная теплоемкость
c0036	cəm işarəsi	summation sign	знак суммы, знак суммирования
c0037	cəmləmələr qaydası	sum rule	правило сумм
c0038	cənub	south	юг
c0039	cənub maqnetizmi	South magnetism	южный магнетизм
c0040	cənub maqnit qütbü	south magnetic pole	южный магнитный полюс
c0041	cənub maqnitlənmə	southern magnetization	намагничивание южное
c0042	cənub nöqtəsi	south point	точка юга
c0043	cənub qütb dairəsi	Antarctic Circle	южный полярный круг
c0044	cənub qütbü	south pole	южный полюс (магнитной стрелки или магнита)
c0045	cənub rəqsi	southern oscillation	южное колебание
c0046	cənub yarımkürəsi	southern	южное полушарие
c0047	cərəyan üzrə mənfi əks rabitə	direct-current negative feedback	отрицательная обратная связь по постоянному току
c0048	cərəyan	current	ток
c0049	cərəyan borusu	stream tube	трубка тока
c0050	cərəyan dalğası	current wave	волна тока
c0051	cərəyan daşıyıcısı	carrier of current	носитель тока
c0052	cərəyan funksiyası	stream function	функция тока
c0053	cərəyan gücləndiricisi	current amplifier	усилитель тока
c0054	cərəyan gücü	current power	мощность тока
c0055	cərəyan istiqaməti göstəricisi	current direction indicator	указатель направления тока
c0056	cərəyan kəsicisi	current breaker	прерыватель тока
c0057	cərəyan komponentı	current component	составляющая тока
c0058	cərəyan konturu	current circuit	контур тока, токовая цепь, цепь тока
c0059	cərəyan məhdudlayıcısı	current limiter	ограничитель тока
c0060	cərəyan mənbəyi	current source	источник тока
c0061	cərəyan mübadiləsi sıxlığı	exchange current density	плотность тока обмена
c0062	cərəyan paylayıcısı	distributor	токораспределитель
c0063	cərəyan qəbuledicisi	current collector	токоприемник
c0064	cərəyan relesi	current relay	реле тока
c0065	cərəyan rəqsi	current oscillation	колебание тока
c0066	cərəyan şiddəti	current intensity	сила тока
c0067	cərəyan şiddəti amplitudu	current strength amplitude	амплитуда силы тока
c0068	cərəyan sarğaci	current coil	катушка тока
c0069	cərəyan sistemi	current system	токовая система
c0070	cərəyan sıxlığı	current density	плотность тока
c0071	cərəyan stabilizatoru	current stabilizer	стабилизатор тока

c0072	cərəyan tənzimçisi	current regulator	регулятор тока
c0073	cərəyan tərəziləri	Rayleigh's ampere balance	токовые весы
c0074	cərəyan transformatoru	current transformer	трансформатор тока
c0075	cərəyan üzrə çıxış	current efficiency	выход по току
c0076	cərəyan üzrə əks rabitə	current feedback	обратная связь по току
c0077	cərəyan üzrə əks rabitəli gücləndirici	current-feedback amplifier	усилитель с обратной связью по току
c0078	cərəyan üzrə gücləndirmə əmsalı	current amplification factor	коэффициент усиления по току
c0079	cərəyan üzrə həssaslıq	current sensitivity	чувствительность по току
c0080	cərəyan üzrə paralel əks rabitə	parallel current feedback	параллельная обратная связь по току
c0081	cərəyan üzrə ardıcıl əks rabitə	series current feedback	последовательная обратная связь по току
c0082	cərəyan vektoru	current vector	вектор тока
c0083	cərəyan yaradan reaksiya	cell reaction	токообразующая реакция
c0084	cərəyan aparan	current-carrying	токоведущий
c0085	cərəyan xətlərinin yığılması	confluence	сходимость линий тока
c0086	cərəyan xətti	line of flow , strip of flow, stream line	линия тока , линия обтекания, линия течения
c0087	cərəyan xarakteristikası	current characteristic	токовая характеристика
c0088	cərəyanı gücləndirmə	current amplification	усиление тока
c0089	cərəyankəsən aparat	current disconnecting, apparatus	токоразъединяющий аппарат
c0090	cərəyanı məhdudlayan reaktor	current-limiting reactor	токоограничительный реактор
c0091	cərəyanı tənzimləmə	current control	регулирование тока
c0092	cərəyanın aktiv tərkib hissəsi	active component	активная составляющая тока
c0093	cərəyanın doyması	current saturation	насыщение тока
c0094	cərəyanın ən böyük (kiçik) qiyməti	limiting current	предельный ток
c0095	cərəyanın ən böyük (kiçik) sıxlığı	limiting current density	предельная плотность тока
c0096	cərəyanın fəlakətli qiyməti, zədələnmə cərəyanı	fault current	аварийное значение тока, ток повреждения
c0097	cərəyanın həcmi sıxlığı	current concentration	объёмная плотность тока
c0098	cərəyanın inhirafı	current deviation	отклонение тока
c0099	cərəyanın keçid transformatoru	through-type current transformer	проходной трансформатор тока
c0100	cərəyanın kəsilmə xarakteristikası	breakdown characteristic	характеристика пробоя
c0101	cərəyanın minimum nöqtəsindəki gərginlik	valley-point voltage	напряжение в точке минимума тока
c0102	cərəyanın maksimal nöqtəsindəki gərginlik	peak-point voltage	напряжение в точке максимума тока
c0103	cərəyanın pulsasiyası	current ripple	пульсация тока
c0104	cərəyanın səviyyəsi	current level	уровень тока
c0105	cərəyanın stabilləşməsi	current stabilization	стабилизация тока
c0106	cərəyanın amplitudu	current amplitude	амплитуда тока
c0107	cərəyanın anod sıxlığı	anode current density	анодная плотность тока
c0108	cərəyan-konversiya dayanıqsızlığı	current-convection instability	токо-конвективная неустойчивость
c0109	cərəyanlı boru	fluid tube	трубка токовая

c0110	cərəyanlar rezonansı, paralel rezonans	current resonance	резонанс токов, параллельный резонанс
c0111	cərəyanların rezonans konturu	antiresonance circuit	контур с резонансом токов
c0112	cərəyanların rezonansı	current resonance	резонанс токов
c0113	cərgəyə düzülmə	alignment	выстраивание
c0114	cərrahiyyə (operasiya) kodu	operation code	код операции
c0115	cırlaşmış elektron	degenerate electron	вырожденный электрон
c0116	cırlaşmış materiya	degenerate matter	вырожденная материя, вырожденное вещество
c0117	cırlaşmış paylama	degenerate distribution	вырожденное распределение
c0118	cırlaşmış qaz	degenerate gas	вырожденный газ
c0119	cırlaşmış rəqslər	degenerate vibrations	вырожденные колебания
c0120	cırlaşmış səviyyə	degenerate level	вырожденный уровень
c0121	cırlaşmış sistem	degenerated system	вырожденная система
c0122	cırlaşmış ulduz	degenerate star	вырожденная звезда
c0123	cırlaşmış yarımkeçirici	degenerated semiconductor	вырожденный полупроводник
c0124	cırlaşmış orbit	degenerate orbit	вырожденная орбита
c0125	cırlaşma	degeneracy	вырождение
c0126	cırlaşma dərəcəsi	degree of degeneracy, degeneration factor	степень вырождения
c0127	cırlaşma temperaturu	degeneration temperature	температура вырождения
c0128	cırlaşmamış	nondegenerate	невырожденный
c0129	cırlaşmamış elektron qazı	nondegenerate electronic gas	невырожденный электронный газ
c0130	cırlaşmamış hal	nondegenerate state	невырожденное состояние
c0131	cırlaşmamış kvadrat forma	nondegenerate quadratic form	невырожденная квадратная форма
c0132	cırlaşmamış qaz	nondegenerate gas	невырожденный газ
c0133	cırlaşmamış rəqs	nondegenerate vibration	невырожденное колебание (молекулы)
c0134	cırlaşmamış sistem	nondegenerate system	невырожденная система
c0135	cihazın göstəricisi, indikasiya	indication	показание прибора, индикация
c0136	cisim	body; solid	тело
c0137	cisim bucağı	solid angle	телесный угол
c0138	cisim müstəvisi, obyekt müstəvisi	object plane	плоскость предмета, плоскость объекта
c0139	cisimlər (fənlər) fəzası	object space	пространство предметов
c0140	civə	mercury	ртуть
c0141	civə damcılı elektrod	dropping mercury electrode	ртутный капельный электрод
c0142	civə damcısı	mercury drop	ртутная капля
c0143	civə kranı	mercury seal	ртутный кран
c0144	civə katodu vasitəsi ilə elektroliz	mercury-cathode electrolysis	электролиз с ртутным катодом
c0145	civə lampası	mercury lamp	ртутная лампа
c0146	civə meniski	mercury pool	мениск ртути
c0147	civə qövsü	mercury arc	ртутная дуга
c0148	civə sütunu	mercury column	ртутный столб
c0149	civə sütunu metri	meter mercury column	метр ртутного столбца
c0150	civə vannası	mercury bath	ртутная ванна
c0151	civə voltametri	mercurial voltameter	ртутный вольтаметр

c0152	civə-damcılı elektrod	dropping-mercury electrode	ртутно-капельный электрод
c0153	civə-kvars lampası	quartz mercury lamp	ртутно-кварцевая лампа
c0154	civəli (elektrik cərəyanı üçün) açar	mercury switch	ртутный выключатель, ртутный переключатель
c0155	civəli barometr	mercury barometer	ртутный барометр
c0156	civəli baroqraf	mercury barograph	ртутный барограф
c0157	civəli diffuziya nasosu	mercury diffusion pump	ртутный диффузионный насос
c0158	civəli düzləndirici, cərəyanı sabit cərəyava çevirən cihaz	mercury repctifier, mercury-yapour repctifier	ртутный выпрямитель
c0159	civəli elektrod	mercury electrode	ртутный электрод
c0160	civəli fincan	mercury scale	ртутная чашечка
c0161	civəli horizont (üfüq)	mercury basin	ртутный горизонт
c0162	civəli kəsici	mercury interrupter	ртутный прерыватель
c0163	civəli kulonmetr	mercury coulometer	ртутный кулонметр
c0164	civəli katod	mercury cathode	ртутный катод
c0165	civəli kontakt	mercury contact	ртутный контакт
c0166	civəli kontakt (təmas) relesi	mercury contact relay	ртутное контактное реле
c0167	civəli lampa	mercury lamp	ртутная лампа
c0168	civəli manometr	mercury manometer	ртутный манометр
c0169	civəli nasos	mercury pump	ртутный насос
c0170	civəli qövs	mercury arc	ртутная дуга
c0171	civəli sürgü (cəftə)	mercury seal	ртутный затвор, ртутное уплотнение
c0172	civəli termometr	mercury thermometer	ртутный термометр
c0173	civəli tiratron	mercury thyratron	ртутный тиратрон
c0174	civəli yaddaş qurğusu	mercury storage	ртутное запоминающее устройство
c0175	cızılmış çoxbucaqlı	inscribed polygon	вписанный многоугольник
c0176	cızılmış dördbucaqlı	inscribed quadrangle	вписанный четырёхугольник
c0177	cızılmış düzgün çoxbucaqlı	inscribed regular polygon	вписанный правильный многоугольник
c0178	cızılmış dairə	inscribed circle	вписанный круг
c0179	cızan aparat	drawing apparatus	чертящий аппарат
c0180	cüt ədəd	even number	чётное число
c0181	cüt element	even element	чётный элемент
c0182	cüt funksiya	even function	чётная функция
c0183	cüt hal	even state	чётное состояние
c0184	cüt harmonika	even harmonic	чётная гармоника
c0185	cüt qoyuluş	even permutation	чётная подстановка
c0186	cüt term	even term	чётный терм
c0187	cüt zolaq	even zone	четная зона
c0188	cüt-cüt nüvə	even-even nucleus	чётно-чётное ядро
c0189	cütlənməmiş elektron	unpaired electron	неспаренный электрон
c0190	cütlənməmiş hal	unpaired state	неспаренное состояние
c0191	cütlü korrelyasiya	pair correlation	парная корреляция
c0192	cütlü qarşılıqlı təsir	pair interaction	парное взаимодействие
c0193	cütlü spektrometr	pair spectrometer	парный спектрометр
c0194	cütlük	parity	чётность
c0195	cütlüyün saxlanma qanunu	law of conservation of parity	закон сохранения чётности

c0196	cütlüyün saxlanmaması	parity nonconservation	несохранение чётности
c0197	cütlüyün saxlanması	parity conservation	сохранение чётности
c0198	cüt-tək nüvə	even-odd nucleus	чётно-нечётное ядро
c0199	cütün (buxar) enerjisi	pair energy	парная энергия
c0200	cütün əmələ gəlməsi	pair creation	образование пары
c0201	cütün momenti	moment of couple	момент пары
c0202	cütün annihilyasiyası	pair annihilation	аннигиляция пары
c0203	calaq	joint , splice, union, unsoldered connection	сросток
c0204	cazibə	gravitation, gravity	тяготение
c0205	cazibə	attraction	притяжение
c0206	cazibə (ağırlıq) qüvvəsi	gravity	сила тяготения (тяжести)
c0207	cazibə enerjisi	gravitational energy	энергия тяготения, гравитационная энергия
c0208	cazibə mərkəzi	centre of gravity	центр тяготения
c0209	cazibə qüvvəsi	attractive force	сила притяжения
c0210	cazibə qanunu	law of gravity	закон тяготения
c0211	coğrafi en dairəsi	geographical latitude	географическая широта
c0212	coğrafi paralel	parallel of latitude	географическая параллель
c0213	coğrafi uzunluq dairəsi	geographical longitude	географическая долгота
c0214	coğrafi vəziyyət	geographical position	географическое положение
c0215	coşqun hərəkət	violent motion	бурное движение
c0216	coşqun qaynama	vigorous boil, ebullition	бурное кипение
c0217	coul	joule	джоуль
c0218	Coul istiliyi	Joule's heat	джоулево тепло, тепло Джоуля
c0219	Coul qanunu	Joule's law	закон Джоуля
c0220	Coul -Tomson effekti	Joule-Thomson effect	эффект Джоуля-Томсона
c0221	Coul-Lens qanunu	Joule-Lens law	закон Джоуля-Ленца

Ç

ç0001	çəki dilatometri	weight dilatometer	весовой дилатометр
ç0002	çəki daşı(tərəzi daşı)	weight	вес, гиря, противовес, тяжесть
ç0003	çəki faizi	weight percent	весовой процент
ç0004	çəki hiqrometri	gravimetric hygrometer	весовой гигрометр
ç0005	çəki kütləsi	gravimetric mass	весовая масса
ç0006	çəki konsentrasiyası	weight concentration	весовая концентрация
ç0007	çəki termometri	weight thermometer	весовой термометр
ç0008	çəki vahidi	weight unit	весовая единица
ç0009	çəkicəoxşar trek (iz)	hammer track	молоткообразный трек
ç0010	çəkicli kəsici	hammer interrupter	молоточный прерыватель
ç0011	çəkili maddə	ponderable matter	весомая материя
ç0012	çəkiliş obyekti	object	объект съёмки
ç0013	çəkiliş obyekti məsafəsi	object distance	расстояние объекта съёмки
ç0014	çəkiliş obyekti müstəvisi	object plane	плоскость объекта съёмки

ç0015	çəkilmiş (gərilmiş) simmetrik fırfıra	prolate symmetric top	вытянутый симметричный волчок
ç0016	çəkilmiş (asılmış) zərrəciklər	suspended particles	взвешенные частицы
ç0017	çəkilmiş çevrə (dairə)	circumscribed circle	описанная окружность
ç0018	çəkilmiş çoxbucaqlı	circumscribed polygon	описанный многоугольник
ç0019	çəkilmiş dairənin mərkəzi	circumcenter	центр описанного круга
ç0020	çəkilmiş məftildə közərmə teli	draw-wire filament	нить накала из тянутой проволоки
ç0021	çəkilmiş maddə	suspended matter	взвешенное вещество
ç0022	çəkilmiş orta qiymət	weighted mean	взвешенное среднее
ç0023	çəkisi olan maye	ponderable liquid	жидкость весомая
ç0024	çəkisiz hal, çəkisizlik	gravity-free state	состояние невесомости, невесомость
ç0025	çəkisiz maddə	imponderable matter	вещество невесомое, материя невесомая
ç0026	çəkisiz tel	imponderable filament	невесомая нить
ç0027	çəkmə (doldurma)	pumping	накачка (лазера)
ç0028	çəkmə, çıxarma, boşaltma	exhaust	откачка
ç0029	çəlləkvari təhrif	barrel distortion	бочкообразное искажение
ç0030	çəngəl	plug, bracket	вилка
ç0031	çəngəlli montajetmə	fork mounting	вилочная монтировка
ç0032	çəp istiqamət	skew direction	косое направление
ç0033	çəp şüa	skew ray	косой луч
ç0034	çəp zərbə	oblique impact	косой удар
ç0035	çəpdüşən işıq	oblique incident light	косопадающий свет
ç0036	çəpər tutumu	barrier capacitance	барьерная емкость
ç0037	çəpərli zolaqlı süzgəc	band-elimination filter	заградительный полосовой фильтр
ç0038	çərçivəşəkilli antenna	loop aerial, coil antenna, frame aerial	рамочная антенна
ç0039	çərçivəli pelenqator	loop direction-finder	рамочный пеленгатор
ç0040	Çerenkov şüalanması	Cherenkov radiation	черенковское излучение, излучение Черенкова
ç0041	Çerenkov sayğacı	Cherenkov counter	счётчик Черенкова
ç0042	çertyojun kağız üzərində surəti	blueprint	светокопия
ç0043	çətin əriyən metal	high-melting point metal	тугоплавкий металл
ç0044	çətin maqnitlənmə	hard magnetization	намагничивание трудное
ç0045	çətin maqnitlənmə istiqaməti	direction of hard magnetization	направление трудного намагничивания
ç0046	çətin maqnitlənmə oxu	axis of hard magnetization	ось трудного намагничивания
ç0047	çətir (günlük) antenna	umbrella antenna	зонтичная антенна
ç0048	çevirən məhlul	reversing solution	обращающий раствор
ç0049	çevirən təbəqə	reversing layre	обращающий слой
ç0050	çevirmə (çevrilmə) qanunu	transformation law	закон преобразования
ç0051	çevirmə düsturu	inversion formula	формула обращения
ç0052	çevrə (dairə) dərəcələri sahəsi, dairəvi sahə	cyclotomic field	поле деления круга, круговое поле

ç0053	çevrə, dairə	circle	окружность, круг
ç0054	çevrələr dəstəsi	pencil of circles	пучок окружностей
ç0055	çevrilmə	transformation	превращение, преобразование
ç0056	çevrilmə (dəyişdirilmə) matrisası	transformation matrix	матрица преобразования
ç0057	çevrilmə (dəyişdirilmə) vaxtı	conversion time	время преобразования
ç0058	çevrilmə (dağılma) əyrisi	decay curve	кривая распада
ç0059	çevrilmə (parçalanma) enerjisi	disintegration energy	энергия распада
ç0060	çevrilmə elektronu	disintegration electron	электрон распада
ç0061	çevrilmə əmsalı	transformation coefficient	коэффициент преобразования
ç0062	çevrilmə enerjisi	transformation energy	энергия (фазового) превращения
ç0063	çevrilmə nöqtəsi	transformation point	точка превращения
ç0064	çevrilmə potensialı	transmutation potential	потенциал превращения
ç0065	çevrilmə sabiti	decay constant	постоянная распада
ç0066	çevrilmə temperaturu	transformation temperature	температура (фазового) превращения
ç0067	çevrilmə vuruğu	conversion coefficient, reduction factor	множитель переводной
ç0068	çevrilmə operatoru	transformation operator	оператор преобразования
ç0069	çevrilmə, dağılma	decay	распад, расщепление
ç0070	çevrilmələr qrupu	group of transformations	группа преобразований
ç0071	çevrilmənin kəskinliyi	conversion conductance	крутизна преобразования
ç0072	çevrilmiş fazalı xromatoqrafiya	inversed phase chromatography	хроматография с обращенными фазами
ç0073	çevrilmiş multiplet	inverted multiplet	обращенный мультиплет
ç0074	çevrilmiş şpinelin quruluşu	inverse spinel structure	структура обращенной шпинели
ç0075	çevrilmiş xəyal	inverted image	перевёрнутое изображение
ç0076	cəzbolunma enerjisi	attraction energy	энергия притяжения
ç0077	cəzbolunma potensialı	attraction potential	потенциал притяжения
ç0078	cəzbedici dislokasiya	sweeping dislocation	притягивающая дислокация
ç0079	cəzbedici qüvvə	attractive force	сила притягивающая
ç0080	cib dozimetri	pocket dosimeter	карманный дозиметр
ç0081	cib ionizasiya kamerası	pocket ionization chamber	карманная ионизационная камера
ç0082	ciddi həll	strict solution	строгое решение
ç0083	ciddi implikasiya	strict implication	строгая импликация
ç0084	cihaz	device, instrument, set	прибор
ç0085	çiling	chock, block	чурка
ç0086	çılpak məftil	uncoated wire	голая проволока
ç0087	çılpaq nuklon	bare nucleon	голый нуклон
ç0088	çılpaq reaktor	bare reactor	реактор без отражателя, "голый" реактор
ç0089	çılpaq atom	stripped atom	атом без внешних валентных электронов, "оголённый" атом
ç0090	cilalama	polishing	полирование, полировка
ç0091	çini (farfor)	china, porcelain	фарфор
ç0092	Cinsin şüalanma qanunu	Jeans radiation law	закон излучения Джинса

ç0093	çirkləmə (çirklənmə), yoluxma, radioaktiv yoluxma	contamination	загрязнение, заражение (радиоактивное)
ç0094	çirkləndirən maddə	polluant	загрязняющее вещество
ç0095	çirkləndirmə əmsalı	contamination factor	коэффициент загрязнения
ç0096	çirklənmiş hava	polluted air	загрязнённый воздух
ç0097	çiyin cüt qüvvəsi	arm of couple	плечо пары сил
ç0098	çiyin münasibətləri	ratio arm	отношение плеч
ç0099	çıxılan	substrahend	вычитаемое
ç0100	çıxış	yield	выход
ç0101	çıxış bəbəyi	exit pupil	выходной зрачок
ç0102	çıxış bucağı	angle of emergence	угол выхода (сейсмического луча)
ç0103	çıxış buferi	output buffer	буфер вывода
ç0104	çıxış borusu	tail pipe	выводящая трубка
ç0105	çıxış cərəyanı	output current	выходной ток, ток на выходе
ç0106	çıxış deşiyi	outlet	выходное отверстие
ç0107	çıxış dəyişdiricisi	output transducer.	выходной преобразователь
ç0108	çıxış elektrodu	output electrode	выходной электрод
ç0109	çıxış gərginliyi	output voltage	выходное напряжение, напряжение на выходе
ç0110	çıxış gücləndiricisi	output amplifier	выходной усилитель
ç0111	çıxış gücü	output power	выходная мощность, мощность на выходе
ç0112	çıxış impulsu	output pulse	выходной импульс
ç0113	çıxış işi	work function	работа выхода
ç0114	çıxış lyuku (qapısı)	exit hatchway	выходной люк
ç0115	çıxış nöqtəsi	starting-point	точка исходная
ç0116	çixiş ölçən	output meter	измеритель выхода, измеритель выходной мощности
ç0117	çıxış perforatoru	output puncher	выходной перфоратор
ç0118	çıxış proqramı	output program	программа вывода
ç0119	çıxış rezonatoru	output resonator	выходной резонатор
ç0120	çıxış səviyyəsi	output level	выходной уровень, уровень на выходе
ç0121	çıxış siqnalı	output signal	выходной сигнал
ç0122	çıxış süzgəci (filtri)	output filter	выходной фильтр
ç0123	çıxış transformatoru	output transformer	выходной трансформатор
ç0124	çıxış tutumu	output capacitance, output capacity	выходная емкость
ç0125	çıxış yarığı	exit slit	выходная щель
ç0126	çıxış, çıxış gücü	output	выход, выходная мощность, выходное напряжение, выходной сигнал, вывод
ç0127	çıxışda təzyiq	outlet pressure	давление на выходе
ç0128	çıxışlar sistemi	system of residues	система вычетов
ç0129	çıxışlar teoremi	residue theorem	теорема вычетов
ç0130	çıxışlarda gərginlik	terminal voltage	напряжение на выводах

ç0131	çıxışların tam sistemi	complete system of residues	полная система вычетов
ç0132	çıxma	substraction	вычитание
ç0133	çıxma, tutma	remainder, residue	вычет (аналитической функции)
ç0134	çıxmamaq	nonresidue	невычет
ç0135	çıxan dəstə	outcoming beam	пучок выходящий
ç0136	çıxan dəyişən	output variable	выходная переменная
ç0137	çıxan dalğadaşıyan	output waveguide	выходной волновод
ç0138	çıxan enerji	output energy	выходная энергия
ç0139	çıxan məlumat	output information	выходная информация, выходные данные
ç0140	çıxan müqavimət	output resistance	выходное сопротивление
ç0141	çıxan şüa	emitted ray / beam	выходящий луч
ç0142	çıxan tezlik	output frequency	выходная частота, частота на выходе
ç0143	çıxan tam keçiricilik	output admittance	выходная полная проводимость
ç0144	çıxan tam müqavimət	output impedence	выходное полное сопротивление
ç0145	çıxan xarakteristika	output characteristics	выходная характеристика
ç0146	çıxarıcı naqil	lead wire	выводной провод
ç0147	çıxarılmaq, qoparılmaq	extractability	экстрагируемость
ç0148	çökdürən maddə, çökdürən	precipitant	осаждающее вещество, осадитель
ç0149	çökdürmə potensialı	deposition	потенциал осаждения, потенциал выделения
ç0150	çökəklik, vadi (dərə)	trough	впадина, ложбина, долина
ç0151	çökmə	precipitation	осаждение, выпадение
ç0152	çökmə reaksiyası	precipitation reaction	реакция осаждения
ç0153	çökmə, birgə çokmə (çökdürmə)	coprecilitation	соосаждение, совместное осаждение
ç0154	çökmə, sedimentasiya	sedimentation	оседание, седиментация
ç0155	çökük güzgü	concave mirror	зеркало вогнутое
ç0156	çökük çoxbucaqlı	concave polygon	вогнутый многоугольник
ç0157	çökük menisk	concave meniscus	вогнутый мениск
ç0158	çökük qəfəs	concave lattice	решетка вогнутая
ç0159	çökük funksiya	concave function	вогнутая функция
ç0160	çökük səth	concave surface	вогнутая поверхность
ç0161	çökük-qabarıq linza	concavo-convex lens	вогнуто-выпуклая линза
ç0162	çöküklük	concavity	вогнутость
ç0163	çöküntü ölçən	rainfall meter	осадкомер
ç0164	çöküntü, yığın	sediment	осадок, отложение, отстой
ç0165	çevrəvi (əyalət) yoluna qoyma	peripherical equipment	периферийное устройство
ç0166	çevrəvi (əyalət) avadanlıq	peripherical equipment	периферийное оборудование
ç0167	çubuqşəkilli elektrik boşaldıcısı	rod gap	стержневой разрядник
ç0168	çubuqşəkilli maqnit	bar magnet	стержневой магнит
ç0169	çubuq, mil, qol	bar, pivot, rod, slug, stem, stick, caudex	стержень
ç0170	çürümə məhsulu	decomposition product	продукт разложения

ç0171	çən	pan, tank, tub, vat, tun	чан
ç0172	çanaqlı barometr	cup barometer	барометр с чашечкой
ç0173	çap sxemi	printed circuit	печатная схема
ç0174	çarpaz birləşmə	transverse joint	соединение перекрестное
ç0175	çarpaz modulyasiya, kross-modulyasiya	cross modulation	перекрёстная модуляция, кросс-модуляция
ç0176	çarpaz nikollar	crossed nicols	скрещение николи
ç0177	çarpaz relaksasiya	cross relaxation	перекрёстная релаксация
ç0178	çarpazlanmış prizmalar	cross(ed) prisms	скрещенные призмы
ç0179	çarpazlanmış vurma hasili	crossed product	скрещенное произведение
ç0180	çarpazlanma	crossing	скрещение
ç0181	çarx qolu	crank, crankshaft	кривошип
ç0182	çat	crack	треск, трещина
ç0183	çat-çat (yarıqlı) püskürmə	fissure eruption	трещинное извержение
ç0184	çatlama	cracking	растрескивание
ç0185	çoxaldıcı-reaktor, brider	breeder	реактор-размножитель, бридер
ç0186	çox cisimlər məsələsi	many-body problem	задача многих тел
ç0187	çox cisimlər sistemi	many-body system	система многих тел
ç0188	çoxdəyişənli funksiya	function of many variables	функция многих переменных
ç0189	çoxhədlilər halqası	polynomial ring	кольцо многочленов
ç0190	çoxsərbəstlik dərəcəsinə malik sistem	many-degree-of-freedom system	система с многими степенями свободы
ç0191	çox sıx qablaşdırmanın quruluşu	closest-packed structure	структура с плотнейшей упаковкой
ç0192	çoxsaylı nöqtə	multiple point	многократная точка
ç0193	çox saxlama	overexposure	передержка
ç0194	çox valentli ion	multivalent ion	многовалентный ион
ç0195	çox xətli spektr	multicircuit spectrum	многолинейный спектр
ç0196	çoxbucaqlı	polygonal	многоугольный
ç0197	çoxbucaqlı oblast (sahə)	polygonal domain	многоугольная область
ç0198	çoxdəyişənli sahə	multivariable field	многопеременное поле
ç0199	çoxelektronlu məsələ	many-electron problem	многоэлектронная задача
ç0200	çoxelektronlu sistem	many-electron system	многоэлектронная система
ç0201	çoxelektronlu atom	multielectron atom	многоэлектронный атом
ç0202	çoxemitterli tranzistor	multiemitter transistor	многоэмиттерный транзистор
ç0203	çoxfazalı	polyphase	многофазный
ç0204	çoxfazalı dəyişən cərəyan	polyphase alternating current	многофазный переменный ток
ç0205	çoxfazalı düzləndirici	polyphase rectifier	многофазный выпрямитель
ç0206	çoxfazalı generator	polyphase generator	многофазный генератор
ç0207	çoxfazalı generator sistemləri	multiphase generator systems	многофазные генераторные системы
ç0208	çoxfazalı mühərrik	polyphase motor	многофазный двигатель
ç0209	çoxfazalı modulyasiya	multiphase modulation	многофазная модуляция
ç0210	çoxfazalı sistem	polyphase system	многофазная система
ç0211	çoxfazalı şuntlu mühərrik	polyphase shunt motor	многофазный шунтовой двигатель
ç0212	çoxfazalı asinxron mühərrik	polyphase induction motor	многофазный асинхронный двигатель

ç0213	çoxfotonlu fluoressensiya	multiphoton fluorescence	многофотонная флуоресценция
ç0214	çoxfotonlu həyəcanlanma	multiphoton excitation	многофотонное возбуждение
ç0215	çoxfotonlu keçid	multiphoton transition	многофотонный переход
ç0216	çoxfotonlu proses	multiphoton process	многофотонный процесс
ç0217	çoxfotonlu udulma	multiphoton absorption	многофотонное поглощение
ç0218	çoxhədli (polinom)	polynomial	многочлен
ç0219	çoxhədli funksiya	many-valued function	многозначная функция
ç0220	çoxhədli analitik funksiya	many-valued analytic function	многозначная аналитическая функция
ç0221	çoxhədlilik (çoxmənalılıq), çox valentli	many-valued	многозначный, многовалентный
ç0222	çoxhissəli süzgəc	ladder-type filter	многозвенный фильтр
ç0223	çoxhüceyrəli orqanizm	multicellular organism	многоклеточный организм
ç0224	çoxkameralı voltmetr	multicellular voltmeter	многокамерный вольтметр
ç0225	çoxkanallı	multichannel	многоканальный
ç0226	çoxkomponentli katalizator	multicomponent catalyst	многокомпонентный катализатор
ç0227	çoxkomponentli sistem	many-component system	многокомпонентная система
ç0228	çoxkonturlu klistron	multiple-cavity klystron	многоконтурный клистрон
ç0229	çoxkontaktlı rele	multicontact relay	многоконтактное реле
ç0230	çoxfotonlu udulma prosesi	multiphoton absorption process	процесс многофотонного поглощения
ç0231	çoxluq korrelyasiya əmsalı	multiple correlation coefficient	коэффициент множественной корреляции
ç0232	çoxluğun Borel sistemi	family of Borel sets	борелевская система множества
ç0233	çoxluğun tam additiv funksiyası	completely additive set function	вполне аддитивная функция множества
ç0234	çoxluğun tamamlanması (əlavə)	complementary set	дополнение множества
ç0235	çoxluğun additiv funksiyası	additive set function	аддитивная функция множеств
ç0236	çoxluq	set	множество
ç0237	çoxluq funksiyası	set function	функция множества
ç0238	çoxluqlar nəzəriyyəsi	set theory	теория множеств
ç0239	çoxluqlar ailəsi	family of sets	семейство множеств
ç0240	çoxluqların birləşməsi	union of sets	объединение множеств
ç0241	çoxluqların düzünə hasili	direct product of set	прямое произведение множеств
ç0242	çoxluqların kəsişməsi	common set	пересечение множеств
ç0243	çoxluqların aksiomatik nəzəriyyəsi	axiomatic set theory	аксиоматическая теория множеств
ç0244	çoxsaylı vurma	avalanche multiplication	лавинное умножение
ç0245	çoxməftilli kabel	multicore cable	многожильный кабель
ç0246	çoxmərtəbəli antenna	stacked antenna	многоэтажная (многоярусная) антенна
ç0247	çoxmodalı generasiya	multimode oscillation	многомодовая генерация
ç0248	çoxmodalı lif (tel)	multimode fiber	многомодовое волокно
ç0249	çoxmodalı rezonator	multimode resonator	многомодовый резонатор
ç0250	çoxmolekullu reaksiya	polymolecular reaction	многомолекулярная реакция
ç0251	çoxölçülü	multidimensional	многомерный

ç0252	çoxölçülü fəza	multidimensional space	многомерное пространство
ç0253	çoxörtüklü izolyator	multibank insulator	многоблочный изолятор
ç0254	çoxpilləli genişlənmə	multistage expansion	многоступенчатое расширение
ç0255	çoxpilləli gücləndirici	multistage amplifier	многокаскадный усилитель
ç0256	çoxpilləli güclənmə	multistage amplification	многокаскадное усиление
ç0257	çoxpilləli modulyasiya	multistep modulation	многоступенчатая модуляция
ç0258	çoxpilləli nasos	multistage pump	многоступенчатый насос
ç0259	çoxpilləli proses	multistage process	многоступенчатый процесс
ç0260	çoxpilləli raket	multistage rocket	многоступенчатая ракета
ç0261	çoxpilləli sıxılma	multistage compression	многоступенчатое сжатие
ç0262	çoxpilləli sürətləndirici	multistage accelerator	многоступенчатый ускоритель
ç0263	çoxqat siqnal	multiple signal	многократный сигнал
ç0264	çoxqatlı dielektrik təbəqə	multilayer dielectric film	многослойная диэлектрическая плёнка
ç0265	çoxqatlı əksetdirici təbəqə	multilayer reflecting film	многослойная отражающая плёнка
ç0266	çoxqatlı makara	multilayer coil	многослойная катушка
ç0267	çoxqatlı struktur (quruluş)	multilayer structure	многослойная структура
ç0268	çoxqatlı rəngli fotolent	multilayer color film	многослойная цветная фотоплёнка
ç0269	çoxqatlı təbəqə	multilayer film	многослойная плёнка
ç0270	çoxqatlı tozlanmış təbəqə	multilayer evaporated film	многослойная напылённая плёнка
ç0271	çoxrezonatorlu maqnetron	multicavity magnetron	многорезонаторный магнетрон
ç0272	çoxrabitəli	multiply connected	многосвязный
ç0273	çoxrabitəli oblast (sahə)	multiply-connected domain	многосвязная область
ç0274	çoxşəkilli, cürbəcür	manifold	многообразие
ç0275	çoxsəviyyəli mazer	multilevel maser	многоуровневый мазер
ç0276	çoxsəviyyəli sistem	multilevel system	многоуровневая система
ç0277	çoxsürətli mühərrik	multispeed motor	многоскоростной двигатель
ç0278	çoxşüalı fotometr	multiple-beam photometer	многолучевой фотометр
ç0279	çoxşüalı interferensiya	multiple-beam interference	многолучевая интерференция
ç0280	çoxşüalı interferometr	multiple-beam interferometer	многолучевой интерферометр
ç0281	çoxtəbəqəli funksiya	multivalent function	многолистная функция
ç0282	çoxtəkrarlanan əksetmə	miltiple reflection	многократное отражение
ç0283	çoxtəkrarlanan əks-səda	flutter echo	многократное эхо
ç0284	çoxtəkrarlanan interferensiya	multiple interference	многократная интерференция
ç0285	çoxtəkrarlanan ionlaşma	multiple ionization	многократная ионизация
ç0286	çoxtəkrarlanan modullaşdırma	multiple modulation	многократная модуляция
ç0287	çoxtəkrarlanan rabitə	multiple bond	многократная связь
ç0288	çoxtəkrarlanan səhv	multiple error	многократная ошибка
ç0289	çoxtəkrarlanan səpilmə	multiple scattering	многократное рассеяние
ç0290	çoxtərəfli (çox üzlü)	polyhedron	многогранник
ç0291	çoxtərəfli bucaq	polyhedral angle	многогранный угол
ç0292	çoxtərəflilər haqda teorem	theorem on polyhedra	теорема о многогранниках
ç0293	çoxtezlikli generator	multifrequency generator	многочастотный генератор
ç0294	çoxtorlu lampalar	multigrid tube	многосеточные лампы
ç0295	çoxüzlü güzgü	polygon mirror	многогранное зеркало

ç0296	çoxvadili yarımkeçirici	many-valley semiconductor	многодолинный полупроводник
ç0297	çoxzərrəcikli	multifrequency	многочастотный
ç0298	çoxzərrəcikli hal	many-particle state	многочастичное состояние
ç0299	çoxzərrəcikli sistem	multiparticle system	многочастичная система
ç0300	çoxalma (çoxaltma) əmsalı, hasil əmsalı	multiplication factor	коэффициент размножения, коэффициент умножения
ç0301	çoxalmanın effektiv əmsalı	efefctive multiplication factor	эффективный коэффициент размножения
ç0302	çoxaltma, artırma, genişlənmiş yenidən istehsal, bridinq	multiplication, breeding	размножение, расширенное воспроизводство, бридинг
ç0303	çoxaltmanın artıq əmsalı	excess multiplication factor	избыточный коэффициент размножения
ç0304	çoxatomlu molekul	polyatomic molecule	многоатомная молекула

Y.R. Əliyeva, F.F. Yəhyayev, T.R. Mehdiyev

Cu_5SmSe_4 NADİR TORPAQ ELEMENTLİ YARIMKEÇİRİCİ BİRLƏŞMƏNİN TERMODİNAMİK XASSƏLƏRİ

Differensial skanedici kalorimetriya üsulu ilə 100–600ºC intervalında Cu_5SmSe_4 birləşməsi tədqiq edilmişdir. Termodinamik parametrlər (entalpiya, entropiya və Gibbs enerjisinin dəyişməsi) hesablanmışdır. Cu_5SmSe_4 birləşməsinin qızdırdıqda və sonra soyutduqda skanetməklə alınmış DSK profillərinin müqayisəsi istilik proseslərində qisterezisin mövcudluğunu göstərir.

Ş.O. Eminov, E.K. Hüseynov , X.D. Cəlilova , N.C. İsmayılov , Ə.Ə. Rəcəbli , G.H. Məmmədova , C.A. Quliyev

ELEKTROKİMYƏVİ ÇÖKDURMƏ ÜSULU İLƏ ALINAN NAZİK CdS TƏBƏQƏLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Stexiometrik tərkibli CdS nazik təbəgələri SnO_2 (ITO)-şüşə altlıqları üzərində dimetil sulfoksid (DMSO)-də həll olunmuş 0.055M $CdCl_2$ və 0.19M kükürd məhlulundan 110-120°C də elektrokimyəvi yolla çökdürülmüşdür.

Təbəgələrin optik xassələri və kimyəvi tərkibi (EDX spektrləri) tədgig olunmuşdur. Skan edilmiş elektron mikroskopu (SEM) vasitəsilə aparılmış tədqiqat CdS təbəqələrinin bircinsli morfologiyaya malik olmasını , EDX analiz isə, Cd və S tərkiblərinin stexiometrik olduğunu göstərmişdir. Optik buraxma spektrinin tədqiqatı göstərmişdir ki, CdS təbəqələrində qadağan olunmuş energetik zolağın eni 2.42 eV-dir.

E.Ş. Hacıyev

$YbAs_4Se_7$ NAZİK TƏBƏQƏLƏRDƏ İFRATQURULUŞLU FAZALARIN EPİTAKSİAL BÖYÜMƏSİ

Vakuumda çökdürülmə üsulu ilə alınmış, müxtəlif subquruluşlu $YbAs_4Se_7$ nazik təbəqələrin alınma şəraitlərinin elektronoqrafik tədqiqinin nəticələri verilmişdir.İlk dəfə olaraq $YbAs_4Se_7$ birləşmələrin ifratquruluşlu fazaları müəyyən olunmuşdur. İlkin və ifrat quruluşlu fazaların elementar qəfəslərinin periodları arasında münasibətlər təyin edilmişdir.

Z.Q. Məmiyev, N.O. Balayeva, N.M. Fathi, A.M. Kərimova, Y.N. Əliyeva, N.A. Qasımov, A.H. Bayramov

SPREY PİROLİZ ÜSULU İLƏ ÇÖKDÜRÜLMÜŞ NANOQURULUŞLU CdS NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN QURULUŞ VƏ OPTİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Təqdim olunan işdə, ənənəvi sprey piroliz üsulu ilə çökdürülmüş CdS təbəqələrinin quruluş və optik xassələrinin *pH*-ın təsirindən asılılığı öyrənilmişdir. Təbəqələr Rentgen diffraktometri (XRD), atom qüvvə mikroskopu (AQM), fotolüminessens spektroskopiya və Spektroskopik Ellipsometriya (SE) metodları vasitəsilə tədqiq olunmuşdur. Təbəqələrdə dənələrin ölçülərinin müxtəlifliyindən asılı olaraq xassələrdə baş verən dəyişikliklər tədqiq edilmişdir.

M.A. Nuriyev, A.M. Məhərrəmov, Ə.Ə. Şükürova, И.M. Nuruyev

ŞÜALANMIŞ POLİMER ƏSASINDA ASPE-CDS NANOKOMPOZİTLƏRİNİN ELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Əvvəlcədən qamma şüalanmanın təsiri ilə modifikasıya olunmuş təbəqələrin oriyentasion dartılması üsulu ilə alınmış ASPE/CdS nanokompozitlərinin elektrik xassələri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, müxtəlif doza ilə modifikasiya olunmuş nanokompozitlərin $\rho v=f(1/T)$ asılılığındakı dəyişikliklər polimer matrisada oriyentasiya olunmuş oblastlarda molekulyar seqmentlərin mütəhərrikliyinin (yürüklüyünün) və strukturda radiasiya proseslərinin sürəti fərqindən irəli gəlir. ASPE/CdS nanokompozitlərinin termik işlənməsi polimerin əvvəlcədən şüalanması zamanı yaranan struktur və energetik hallarının stabilləşməsinə səbəb olur.

ISSN 1028-8546

2014, volume XX, №4
Section: Az

MÜNDƏRİCAT

1. $TlGaTe_2$ kristalının born effektiv yük və dielektrik tenzorlarının təməl prinsiplərdən hesablanması
H.S. Orucov, V.N. Cəfərova 3
2. Keramik kərpic istehsalı üçün Abşeron yarımadasının Digah kəndi yaxınlığında yerləşən mineral xammalın kompleks tədqiqi
R.F. Vəliyev, Ə.C. Xəlilov, S.S. Əhədova, İ.İ. Mustafayeva, C.C. Xəlilov, İ.Y. Əliyev 7
3. $Zn_{1-x}Cd_xO$ nazik təbəqələrinin optik xassələrinə və səth morfologiyasina katod çökdürmə potensialının təsiri
H.M. Məmmədov, V.C. Məmmədova 12
4. "Substrate" konfiqurasiyalı CdTe əsaslı günəş elementləri
N.M. Fathi, E.A. Bağıyev, A.M. Kərimova, Y.N. Əliyeva, N.O. Balayeva, R.V. Vəliyev, Z.Q. Məmiyev, A.H. Bayramov 17
5. γ - şüalanma ilə $CuGaSe_2$ monokristalında yaranan qısa-qapanma cərəyanı, spektrin inversiyası
İ. Qasımoğlu, I.A. Məmmədova, Q.S. Mehdiyev, Zəfər Qədiroğlu, N.V. Mahmudova, M. Əliyev, Ə.I. Bağırov, I. Nəsibov 21
6. İzopropil spirti molekulunun qoş-konformerinin qadağan olunmuş rəqsi-fırlanma keçidləri
Ç.O. Qacar, A.Ə. Adiilov, S.A. Musayev, C.Ə. Cəfərov, A.S. Həsənova 26
7. Fiziki terminlər və ifadələr
A.İ. Muxtarov, M.A. Muxtarov, T.R. Mehdiyev, K.B. Qurbanov, E.A. Axundova, N.A. Axundova, N.İ. Hüseynova, S.İ.Əliyeva, E.Ə. Ələsgərova 27
8. **FİZİKA, 2014, vol. XX №4, section: En** buraxılışında dərc olunan məqalələrin qısa xülasəsi 40

www.physics.gov.az