

Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} LAYLARINDA KRİSTALLİK ÖZƏKLƏRİN VƏ NANOMƏFTİLLƏRİN FORMALAŞMA XÜSUSİYYƏTLƏRİ

S.R. ƏZİMOVA, N.M. ABDULLAYEV

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu

Bakı, Azərbaycan, AZ-1143, H. Cavid pr., 131

E-mail: sevinc_azimova_82@mail.ru

İşdə, nikellə interkalyasiya olunmuş Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} kristallarının kvintetlərində Ni-Te-Se zəncirlərinin əmələ gəlməsinin xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Van-der-Vaals qarşılıqlı təsiri ilə birləşən təbəqələrin səthlərində nanokristallik özəklərin əmələ gəldiyi müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: folqa, kvintet, nanoməftillər, interkalyasiya, koalissensiya, özünütəşkil.

PACS: 62.20Fe, 61.72.Cc, 61.72.Lk

1. GİRİŞ

Son illərdə həm klassik, həm də kvant ölçü effektlərinin tətbiqi hesabına müxtəlif fiziki mexanizmlərin aşkar olunması ilə materialların Z - termoelektrik effektivliyinin artırılma imkanları intensiv şəkildə tədqiq olunur. Belə effektlərdən biri də nanohissəciklərin sərhədlərində fononların və elektronların səpilməsidir [1].

Materialın hissəciklərinin elə bir optimal radiusu mövcuddur ki, bu halda onun termoelektrik effektivliyi maksimal qiymətə malik ola bilər. 0,02÷0,04 mkm radius intervalda, 300 K temperaturda, müvafiq olan termoelektrik effektivlik 2,08÷2,12-yə bərabər olar, bir şərtlə ki, temperatur qradientinə və elektrik cərəyanına paralel istiqamətlənmiş ayrı-ayrı hissəciklərin qaynaq səthlərində monokristaldan nanostrukturlaşmış materiala keçdikdə termoelektrik itkisi baş verməsin [2]. Nanostrukturda nanoklasterlərin təşkili və özünütəşkilinin idarə edilməsi aktual problemdir və onun həlli fərqli xüsusiyyətlərə malik yeni növ materialların yaradılmasına imkan yarada bilər. Bu materialların xassələrini iki yolla - nanoklasterlərin ölçüsünü və ya klasterlərarası qarşılıqlı əlaqəni dəyişdirməklə etmək mümkündür. Nanoquruluşun nanoklasterlərdən təşkili, kristalların və atomların formalaşması qanununa tabedir - onlarda real səth və real klasterlərarası sərhədlər mövcuddur [3]. Anodizasiya şərtlərindən və kristalın ilkin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq quruluşlar aşağıdakı qruplardan ibarət olur: nanoklasterlər, aşırıqəfəslər, kvant nöqtələri, özəklər, teksturalı səthlər, domenlər, məsaməli laylar. Bu zaman mürəkkəb dinamik sistemin öz-özünə təşkili baş verir. Belə vahid ehtimalın baş vermə prosesi koherentdir [4]. Laylı təsadüfi mühitlərdə müstəvi dalğaların dinamik lokallaşması sürətlərin təsadüfi sahələrdə bir nöqtəli fəza-zaman ehtimal sıxlığının analizinə əsaslanaraq aşqar sahəsinin klasterizasiyası vahid yanaşma əsasında araşdırılır [5].

Müxtəlif cərəyan sıxlıqlarında *n*-tip keçirici kristalların geniş intervallarda aşındırıldığı zaman fərqli effektlər müşahidə oluna bilər. Oxşar şərəitdə *p*-tipli kristalların aşındırıldığı zaman, *n*-tipdən fərqli olaraq, məsamələr yaranır. Bu halda, səthin aşındırılması klaster çətlərinin yaranmasına səbəb olur [6-7].

Xarici həyəcanlandırma və sürtünmələr olmadıqda, birinci tərtib diferensial tənliklər sisteminin məsələsinin həlli hissəciyin düzxətli hərəkətinə uyğundur:

$$r(t) = r_0 + \mathcal{I}ot, \quad \mathcal{I}(t) = \mathcal{I}_0$$

Formalaşma prosesində hissəciyin ($div u(r, t) \neq 0$) potensial sahə sürətləri halı üçün, zamanın başlanğıc anında kvadratda bərabər yerləşmiş bölgələr əmələ gəlir. (hissəciklərin yüksək konsentrasiyasının olduğu sahələr daha çox seyrək zonalarda yerləşir). Məsamələrdə klasterlərin əmələgəlmə mexanizmi nəzərdən keçirilir və qapalı məsamələr üçün *n* atomlu klasterin yaranması aşağıdakı düsturla verilir:

$$\Delta\mu = \Delta\mu^0 + \ln[n_0(n)/N]$$

Burada $\Delta\mu^0 = \mu_0 - \mu_2$ kimyəvi potensiallar fərqi, Qapalı məsamədə klasterin əmələ gəlməsinin Gibbs sərbəst enerjisi:

$$\Delta G = (4/3)\pi R^3 \rho [3\alpha/R\rho - (\Delta\mu^0 + \ln[n_0/(n_0 - n)])]$$

Məsamə daxilində həll olunmuş maddənin məhdud konsentrasiyası n_{max} klasterinin məhdud həcmi reallaşmasına səbəb olur, maksimuma çatdıqdan sonra böyümə prosesi enerji baxımından əlverişsiz olur, yəni klasterin böyüməsi dayanır və konsentrasiyanın n_0/N artması ilə klasterin kritik həcmi (ölçüsü) azalır [5].

Klasterlərin maksimum ölçüləri n_{max} həmişə məsamənin ölçüsü n_0 -dan az olur və konsentrasiyası saxlanılmaqla məsamə ölçüsü böyüdükcə klasterlərin sayı artır. n_{max} -u qiymətləndirərkən, məsamələrin heterogenlik amilinin təsirinə, həmçinin məsamə ölçüsünün 10-dan 100 nm-ə qədər və daha çox artması ilə bir məsamədə bir neçə klasterin əmələ gəlmə ehtimalı yaranır. Məsamələr həmçinin klasterin əmələ gəlmə sürətinə təsir edir, onun artması enerji səddinin azalması hesabına baş verir [3].

Məlumdur ki, interkalyasiya olunmuş Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} birləşmələrinin mexaniki pozulması matrisanın parçalanmasına gətirib çıxarır və 50-100 nm bəzən isə hətta tək monoatom təbəqələrdən ibarət hissəciklər almağa imkan verir. İnterkalyasiya reaksiyası keçid metallarının dihalogenidlərinin bir çox laylı birləşmələri üçün xarakterikdir [8].

B. Boledzyuk tədqiqatlarında elektrokimyəvi interkalyasiya "müddətli" elektrik sahəsi üsulu ilə həyata keçirilmişdir. Elektrolit kimi CoSO₄ - ün doymuş sul

məhlulu istifadə edilmişdir. InSe təbəqələrarası fəzasının eninin (4.168 \AA) və kobaltın ion radiusunun ($r_{\text{Co}}=0.885 \text{ \AA}$) nisbəti Co^{2+} ionlarını InSe laylararası fəzaya yerləşdirməyə imkan verir. Sabit maqnit sahəsində interkalyasiya edilmiş $\text{Co}_{0.1}\text{InSe}$ interkalyatlarının Van-der-Vaals səthində Co klasterlərinin üçölçülü AFM təsvirində, nanoboşluqlarda Co nanohissəciklərinin toplanması və kobaltın ayrıca nanoformalaşması tədqid olunur. Kobalt klasterləri domen quruluşu ilə xarakterizə olunur. Onların formalaşması InSe-nin atomik hamar Van-der-Vaals səthlərində dislokasiyaların lokallaşdığı yerlərdə, fərdi nanoölçülü formalaşmalar isə təbəqələrin səthində nanoboşluqlarda baş verir. Hər iki halda quruluşlar kobalt atomları arasında maqnit mübadiləsi qarşılıqlı təsirinə mühüm rol oynadığı InSe təbəqələrinin Van-der-Vaals müstəvilərində interkalant atomlarının öz-özünə təşkili nəticəsində formalaşır [9].

Beləliklə, laylı kristalların ağır metal ionlarla interkalyasiya metodu vasitəsilə layların səthində nanoquruluşlu özəklərin - yeni fazanın yerləşdirilməsinin mümkünlüyü aşkar edilmişdir.

İşin məqsədi laylı $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ kristallarının Van-der-Vaals səthinin defektlərində Ni^{+2} interkalyantının rolunu, yerini, o cümlədən özəkəmələgəlmə dinamikasını müəyyən etməkdən ibarətdir.

2. TƏCRÜBƏ

$\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ laylı kristallarının Van-der-Vaals təbəqələrində özək əmələ gəlməsinin xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün, $1 \times 2 \text{ sm}$ ölçüdə nümunələr əldə edilmişdir. Nümunələr NiSO_4 elektrolitinin 0,5%-li məhlulunda Ni ilə interkalyasiyasından alınmışdır. Elektrodlardan biri kimi $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ kristalı, ikinci elektrod kimi isə karbon çubuğu götürülmüşdür. Nümunənin məhlulda interkalyasiyası 5V gərginlikdə, $\sim 0,7\text{A}$ cərəyanda aparılmışdır. Elektroliz fasilələrlə, $1 \div 5$ dəqiqə zaman müddətində məhlulun temperaturu 65°C saxlanılmaqla aparılmışdır. İnterkalyasiya prosesində $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ kristallarının laylarında aşağı və yuxarı Van-der-Vaals təbəqələrinin səthlərində yeni yarımkeçirici $\text{Ni}_{1,297}\text{Te}$ birləşməsi əmələ gəlir.

AFM ölçmələri üçün interkalyasiya edilmiş kristal nümunələri Qeim metodu ilə 50-100 nm qalınlığında soyulur.

X-şüalarının difraksiya analizi $8^\circ < 2\theta < 65^\circ$ diapazonunda D2 fazalı difraktometrə (Bruker) və $\text{CuK } \alpha$ şüalarından ($l=1,5406 \text{ \AA}$) istifadə edilməklə, quruluş tədqiqatları isə EVA və TOPAZ proqramlarından istifadə etməklə aparılmışdır.

Elektron mikroskop ölçüləri üçün $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ nazik folqaları, Qeim metodlarından istifadə etməklə, kütlə monokristalının səthinin (0001) ardıcıl olaraq parçalanması yolu ilə hazırlanmışdır.

Səth tədqiqatlarında ACM-BRUKER Nano N8 Neos atom qüvvə və NC-AFM darayıcı elektron mikroskopu və JEOL JSM-6610LV Skanedici Elektron Mikroskopudan (OXFORD INSTRUMENTS X-MAX) istifadə edilmişdir.

3. ANALİZ

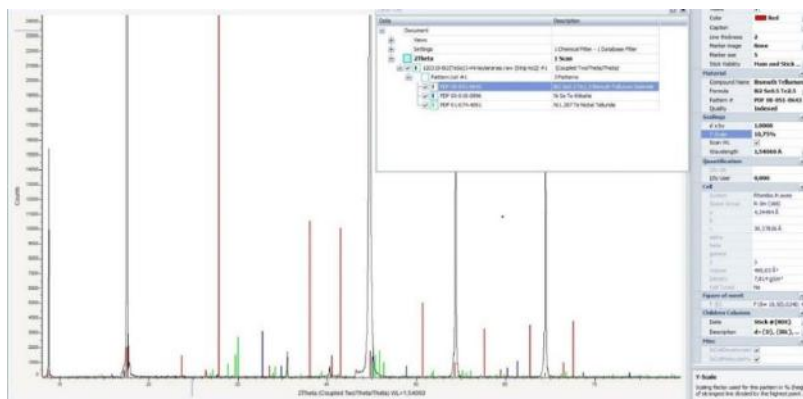
Rentgen faza tədqiqatları 50 nm-dən 1 mkm-ə qədər qalınlıqlı $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3} < \text{Ni} >$ təbəqələrində aparılmışdır.

$\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ folqalarının Ni ionları ilə interkalyasiyası ortorombik quruluşa malik 1,33% $\text{Ni}_{1,297}\text{Te}$ birləşməsinin əmələ gəlməsi ilə nəticələnir. Tədqiqatlardan $\text{Ni}_{1,297}\text{Te}$ birləşməsinin fəza qrupunun $\text{Pmc}2_1$, qəfəs parametrlərinin $a = 3,909 \text{ \AA}$, $b = 6,863 \text{ \AA}$, $c = 12,340 \text{ \AA}$, $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ olduğu müəyyən edilmişdir.

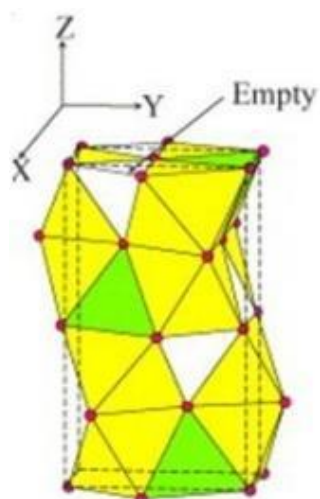
$\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ laylı kristallarının pilləvari səth relyefləri tədqiq edilmişdir, bu da özünü təşkil etmə prosesinin maddənin köçürülməsi, yəni atomların diffuziyası ilə baş verdiyini təsdiq edir. [10-11].

İşdə [12-13] $d \sim 0.5 \text{ nm}$ -ə uyğun gələn $\text{Ni}_{1,297}\text{Te}$ klasterlərinin ölçüləri müəyyən edilmişdir. $\text{Ni}_{1,297}\text{Te}$ klasterləri $a \times 3a \times c$ altıbucaqlı $\text{Ni}_{0,55}\text{Se}_{0,08}\text{Te}_{0,37}$ strukturunun təhrif olunmuş ortorombik versiyası kimi təsvir edilə bilər.

Həmçinin, rentgen analizinin nəticələrinə əsasən iddia etmək olar ki, Ni ionları səthindəki defekt quyularında boş yerləri dolduraraq 1,17% - $\text{Ni}_{1,297}\text{Te}$ və 1,33% Ni-Se-Te tərkibli zəncirlər əmələ gətirə bilər. Tək özək ölçüsü $D-35 \pm 5 \text{ nm}$ olduqda, hissəciklərin birləşmə müstəvilərinə paralel istiqamətdə folqa müstəvi təbəqəsi ilə eyni xəttə yerləşən, ölçüləri 35, 70, 100 nm olan ikili, üçlü, dördlü $\text{Ni}_{1,297}\text{Te}$ nanonaqillər əmələ gəlir.



Şəkil 1. $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3} < \text{Ni} >$ folqalarında tərkibinin rentgen faza analizi.

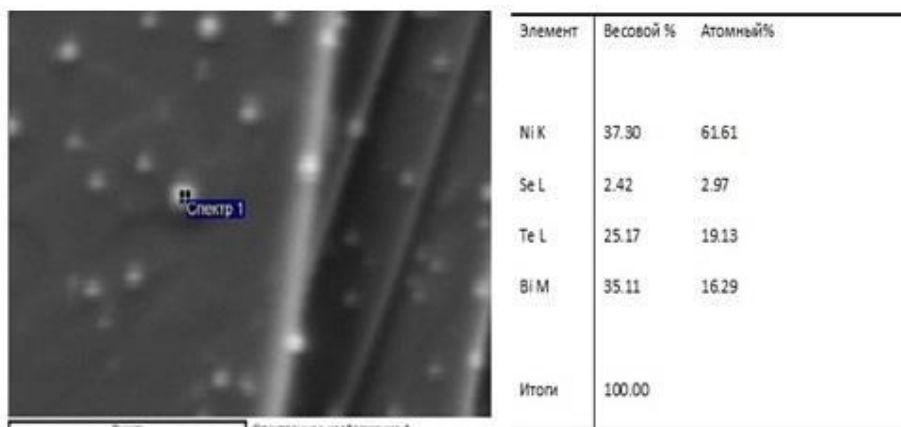


Şəkil 2. Fəza qrupu $Pmc2_1$, qəfəs parametrləri $a = 0,39089$ nm, $b = 0,68627$ nm, $c = 1,23400$ nm olan $Ni_{1.29}Te$ klasterinin quruluşu [8].



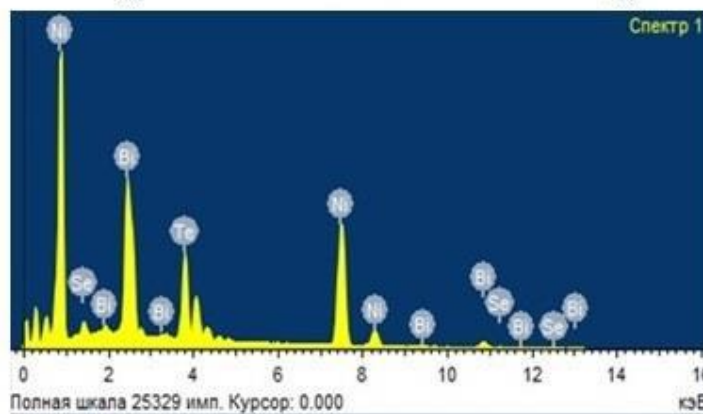
40nm

Şəkil 3. (2D), orta ölçülü $D-35 \pm 5$ nm $Ni_{1.297}Te$ özək və iki, üç, dörd özəkli nanonaqillər.



a.

b.



c.

Şəkil 4. SEM mikroskopunda sferik $Ni_{1.297}Te$ nanokristalitəri: a) elektron təsviri, b) element cədvəli, c) spektrin tam bölgüsü.

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi ölçüləri $D-35 \pm 5$ nm bərabərdir. Bu ölçülü özəklər $n-106$ atomlardan təşkil olunur. Belə özəklər birləşərək nanokristallitlər təşkil edir. Ni_{1.297}Te özəkdən ibarət olan ikili, üçlü, dördlü nanonaqillər formalaşır.

R. Adelung tədqiqatlarından məlumdur ki, materiallarda və sistemlərdə effektlərin ölçüsü 100 nm-dən az olan hissəciklər tədqiq edilmişdir. Səthin çuxurlarında, doymamış atom rabitələrində nanokristallitlər əmələ gəldiyi göstərilmişdir [14]. V.Dubrovskiy və A. Qruzintsev göstərmişlər ki, nanotel nanokristalları bir çox digər nanostrukturular kimi özünütəşkil prosesləri nəticəsində deyil, səthin ilkin hazırlanması nəticəsində əmələ gəlir. Diametri, hündürlüyü, forması, sıxlığı, quruluşu və tərkibinə dəqiq nəzarət etmək mümkün olur [15-16].

Bizim aldığımız nanokristallitlər 100 nm civarında özəklərdən və nanonaqillərdən ibarətdir və səthə yaxın çuxurlarda öz-özünə təşkil olunub. Nanotel nanokristalları bu nümunələrdə müşahidə edilməmişdir.

Nümunənin layının səthindəki pilləvari defektlərin sərhədlərində yaranan Ni_{1.297}Te-un tədqiqi SEM (Skanedici Elektron Mikroskopu) vasitəsilə aparılmışdır.

Şəkil 4-də 500-600 nm ölçüdə Ni_{1.297}Te pilləli müstəvinin hamar səthində formalaşmasına və nanokristallitlərin element cədvəlinə əsasən Ni_{1.297}Te birləşməsinin stexiometryası göstərilmişdir.

Alınmış nəticələr göstərir ki, Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} laylı kristalların səthinin pilləvari kənarlarında yeni fazanın böyüməsi əsas iki proseslə müəyyənləşir: nikel ionlarının elektrik sahəsində daşınması və defektlərdə toplanması. Özəklərin kristallaşması koalesensiya prosesi ilə baş verir və nanokristallit özəklərin ölçüləri 500-600 nm ola bilər [17].

A₂B₃^V kristalların laylı səthində nanoölçülü özəklərin yerləşdirilməsi praktiki əhəmiyyətə malikdir və yeni nanokompozit material kimi tətbiq oluna bilər.

Bu formalaşma hadisəsinin mexanizmi stoxastik sistemlərdə koherent hadisələr nöqtəy-nəzərindən təsvir edilmişdir. Mümkün tətbiqlərin spektrlər üzrə orta statistik göstəricilərini nəzərə alaraq ayrı-ayrı tədqiq olunan proseslərin həyata keçirilməsi üçün, təsadüfi proseslərin riyazi aparatına və sahələrinə əsaslanan özək-nanokristallit modelinin işlənilməsi və hazırlanması və yaradılmasının mümkünlüyü göstərilmişdir.

4. NƏTİCƏLƏR

Rentgen struktur tədqiqatı əsasında nikel ilə interkalyasiya edilmiş Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} birləşməsinin fəza qrupu Pmc2₁ qəfəs parametrləri $a = 3.909 \text{ \AA}$, $b = 6.863 \text{ \AA}$, $c = 12.340 \text{ \AA}$, $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ -ə uyğun olan ortorombik quruluşlu Ni_{1.297}Te yarımqeçiri özəklər aşkar edilmişdir. Nikel ionlarının Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} birləşməsinin səthə yaxın defektlərində Ni-Te-Se zəncirlərini əmələ gətirməsi Van-der-Vaals səthində doymamış sərbəst rabitələrin bərpası ilə əlaqədardır.

Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} <Ni> səthinin skanedici elektron mikroskop vasitəsilə tədqiq etdiyimiz zaman sferik formalı maksimal ölçüsü 500-600 nm olan Ni_{1.297}Te tərkibli nanokristallitlər aşkar edilmişdir. Bu sferik nanokristallitlər layların pilləvari defektlərində formalaşır. Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} laylı kristalların pilləvari kənarlarında yeni fazanın böyüməsi əsas iki proseslə müəyyənləşir - nikel ionlarının elektrik sahəsində daşınması və defektlərdə toplanması. Özəklərin kristallaşması koalesensiya prosesi ilə baş verir.

Van-der-Vaals səthinə yaxın, ölçüləri ~35 nm olan Ni_{1.297}Te özəklərinin əmələ gəlməsi - quruluşa xas olan 20 nm radiuslu xətti defektlərin çuxurlarının doldurulması ilə əlaqəlidir. Özəklərin quruluşu nikel atomları arasında maqnit mübadiləsi qarşılıqlı təsirinin mühüm rol oynadığı Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} laylarının müstəvilərinə yaxın məsələlərdə interkalyant atomlarının öz-özünə təşkili nəticəsində əmələ gəlir, məsələlərdə özəklərin böyümə prosesi enerji baxımından əlverişsiz olur və özəyin böyüməsi dayanır.

Göstərilmişdir ki, Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3}<Ni> yarımqeçiricilərinin interkalyasiyası zaman ortoromboedrik quruluşa malik və orta ölçüsü $D-35 \pm 5$ nm olan tək, ikiqat, üçlü, dördlü Ni_{1.297}Te özəklərinin və nanonaqillərinin öz-özünə təşkili mümkündür.

Bu tədqiqat işində, laylı Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} kristalların nikkellə interkalyasiyası Van-der-Vaals səthində özəklərin əmələ gəlməsi və defektlərin bərpasına səbəb olmuşdur. Bu da, alternativ təbəqələrdən ibarət birləşmənin nanokompozit material kimi istifadə edilməsinə imkan verir. AFM metodu ilə Van-der-Vaals səthlərində ortorombik quruluşa malik Ni_{1.297}Te özəklərinin nanokristallitlərdən ibarət olduğu göstərilmişdir.

- | | |
|---|---|
| <p>[1] П. Булат, И.А. Дрaбкин, В.В. Каратаев, В.Б. Освенский, Д.А. Пиенай-Северин. ФТТ, 2010, том 52, вып. 9, с. 1712-1716.</p> <p>[2] П.В. Горский, В.П. Михальченко. Термоэлектричество. 2013, №4, с.5-12.</p> <p>[3] В.А. Поздняков. Физические материаловедение наноструктурных материалов, Учебные пособия, М.: МГИУ, 2007. с. 423.</p> <p>[4] Я.А. Сычикова. Журнал Computational nanotechnology ISSN 2313-223X, 2016, №1 с. 40-45.</p> <p>[5] В.И. Кляцкин, Д.Гурарий. Когерентные явления в стохастических динамических системах. УФН, 1999, 169 171-207.</p> | <p>[6] Я.А. Сычикова. ФИП PSE, 2015, т. 13, № 2, vol. 13, с.164-168.</p> <p>[7] Я.А. Сычикова Физическая инженерия поверхности. 2010, т.8, №3, с. 259-264.</p> <p>[8] Н.Е. Сорокина, В.В. Авдеев, А.С. Тихомиров, М.А. Лутфуллин, М.И. Саудиаминов. Композиционные наноматериалы на основе интеркалированного графита, МГУ имени М.В.Ломоносова Научно-образовательный центр по нанотехнологиям, 2010, с. 8.</p> <p>[9] В.Б. Боледзюк, З.Д. Ковалюк З.Р. Кудринский, О.С. Литвин, А.Д. Шевченко. Журнал технической физики, 2014, том 84, вып. 10, с. 45.</p> |
|---|---|

- [10] Н.А. Абдуллаев, С.Р. Азимова, О.А. Алиев, К.М. Джафарли, К.Ш. Кахраманов, Н.М. Абдуллаев, Тепловое освальдовское созревание эвтектик термоэлектрических систем $A^{IV}B^{VI}-NiSb$, Микро- и нанотехнологии в электронике Материалы XI международной Научно-технической конференции 3–8 июня 2019 г. Нальчик, с. 226-230.
- [11] С.Р. Азимова. Формирование дефектов в тонких фольгах из слоистых кристаллов. Elmi əsərlər. Ученые записки. Scientific works, №2, 2019, с. 33-37.
- [12] L.D. Gulay, I.D. Olekseyuk. Journal of Alloys and Compounds, vol.376, Issues 1–2, 11 August 2004, p. 131-138.
- [13] D. Lubomir D. Gulay, I. Olekseyuk, Crystal Structures of the Compounds Ni_3Te_2 , $Ni_{3-\delta}Te_2$ ($\delta = 0.12$) and $Ni_{1.297}Te$, October 2004 ChemInform 35(41).
- [14] R. Adelung, O. C. Aktas, J. Franc, A. Biswas, R. Kunz, M. Elbahri, J. Kanzow, U. Schurmann and F. Faupel. Nature Materials. 2004, т. 3, с. 375.
- [15] В.Г. Дубровский, Г.Э. Цырлин, В.М. Устинов. Физика и техника полупроводников, 2009, том 43, вып. 12.
- [16] А.Н. Грузинцев, А.Н. Редькин, З.И. Маковей, Е.Е. Якимов, К. Бартхоу (С. Barthou). Физика и техника полупроводников, 2007, том 41, вып.6, с. 730-734.
- [17] В.Г. Дубровский. Письма в ЖТФ, 2010, том 36, вып.5, с. 53-61.

S.R. Azimova, N.M. Abdullaev

SPECIFIC FEATURES OF GRAIN AND NANOWIRES FORMATION IN LAYERED $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ CRYSTALS

In work was studied the features of the formation of Ni-Te-Se chains in quintiles of $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ crystals intercalated with nickel. It was found that nanocrystalline grains are formed on the surfaces of layers connected by Van-der-Waals interaction.

С.Р. Азимова, Н.М. Абдуллаев

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗЕРЕН И НАНОПРОВОДОВ В СЛОИСТЫХ КРИСТАЛЛАХ $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$

В работе изучались особенности формирования цепочек Ni-Te-Se в квинтилях кристаллов $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$, интеркалированных никелем. Установлено, что на поверхностях слоев, связанных Ван-дер-Ваальсовским взаимодействием происходит формирование нанокристаллических зерен.

Qəbul olunma tarixi: 29.11.2021