

InSb-CrSb, InSb-Sb, GaSb-CrSb EVTEKTİK KOMPOZİTLƏRİNİN ALINMASI VƏ STRUKTURU

M.V. KAZIMOV

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
Bakı, Az 1143, H.Cavid, 131

E-mail: m.kazimov@physics.science.az

Yarımkəçirici-metal tipli GaSb-CrSb evtektik kompozitləri şaquli Bricmen üsulu ilə sintez edilmişdir. Kompozitlərdə rentgen-faza analizi, mikrostruktur araşdırmaları aparılaraq, (Sb, CrSb) metal qatmaların kristallaşma istiqamətində InSb və GaSb matrisasında nizamlı paylandığı göstərilmişdir.

Açar sözlər: yarımkəçirici-metal tipli evtektik kompozit, rentgen-faza analizi, mikrostruktur, SEM.

PACS: 539.24/27

GİRİŞ.

InSb, GaSb və 3d - keçid elementləri əsasında istiqamətlənmiş kristallaşma üsulu ilə alınan evtektik kompozitlərdə metal iynələrin istiqamətindən asılı olaraq kinetik əmsallarda anizotropluğu müşahidə olunması bu maddələrin əsas xüsusiyyətlərindən biridir [5,8,9]. Həm yarımkəçirici, həm də metal xassələri cəmləşdirən bu sinif evtektik kompozitlərdə metal qatmalar iynə şəklində matrisdə paralel düzülərək bərabər paylandığından, onlar özlərini qeyri-bircins yarımkəçirici kimi aparır. Maqnit xassəli 3d-keçid metalların iştirakı ilə yaranan kompozitlərdə maqnit ionların miqdarı az olduğundan onlar az qatılıqlı maqnit yarımkəçirici sayılır. Son dövrlər NiAs tipli, heksaqonal quruluşlu CrSb birləşməsi spintronika üçün yararlı material kimi geniş tədqiq olunur [1-4]. Aparılan tədqiqatların nəticələrinə görə CrSb birləşməsində *c* oxuna perpendikulyar istiqamətdə düzülmiş ferromaqnit müstəvilər arasındakı əlaqə antiferromaqnit xarakter daşıyır. InSb-CrSb və GaSb-CrSb sisteminə daxil olan CrSb birləşməsi antiferromaqnit xarakter daşdığından belə sistemin az qatılıqlı maqnit material kimi öyrənilməsi perspektivlidir.

Təqdim olunan bu iş InSb-CrSb, InSb-Sb və GaSb-CrSb evtektik kompozitlərinin sintezinə və mikrostruktur tədqiqatlarına həsr olunmuşdur.

EKSPERİMENTİN APARILMASI.

InSb-CrSb, InSb-Sb və GaSb-CrSb evtektik kompozitlərini sintez etmək üçün əvvəlcə InSb və GaSb sintez edilir. InSb və GaSb birləşmələrinin alınması üçün stexiometrik miqdarda In və Sb, Ga və Sb birlikdə əridilir və üfüqi zona ərintisi ilə təmizlənilir. Ərimiş zonanın kristal boyunca sürəti 12mm/saat olur. InSb birləşməsində yükdaşıyıcıların konsentrasiyası otaq temperaturunda $n=2 \times 10^{16}$, GaSb-da $p \sim 1,8 \times 10^{17}$ olmuşdur. InSb-CrSb evtektik kompozitini almaq üçün 99.4 çəki % InSb və 0.6 çəki % CrSb, InSb-Sb evtektik kompozitini almaq üçün 62.4 çəki % InSb və 37.6 çəki % Sb və GaSb-CrSb evtektik kompoziti üçün isə 86.6 çəki % GaSb və 13.4 çəki % CrSb kvarts ampulaya doldurulur və 10^{-2} Pa təzyiqdə vakuum yaradılır. Ampula elektrik sobasında 1200K tempera-

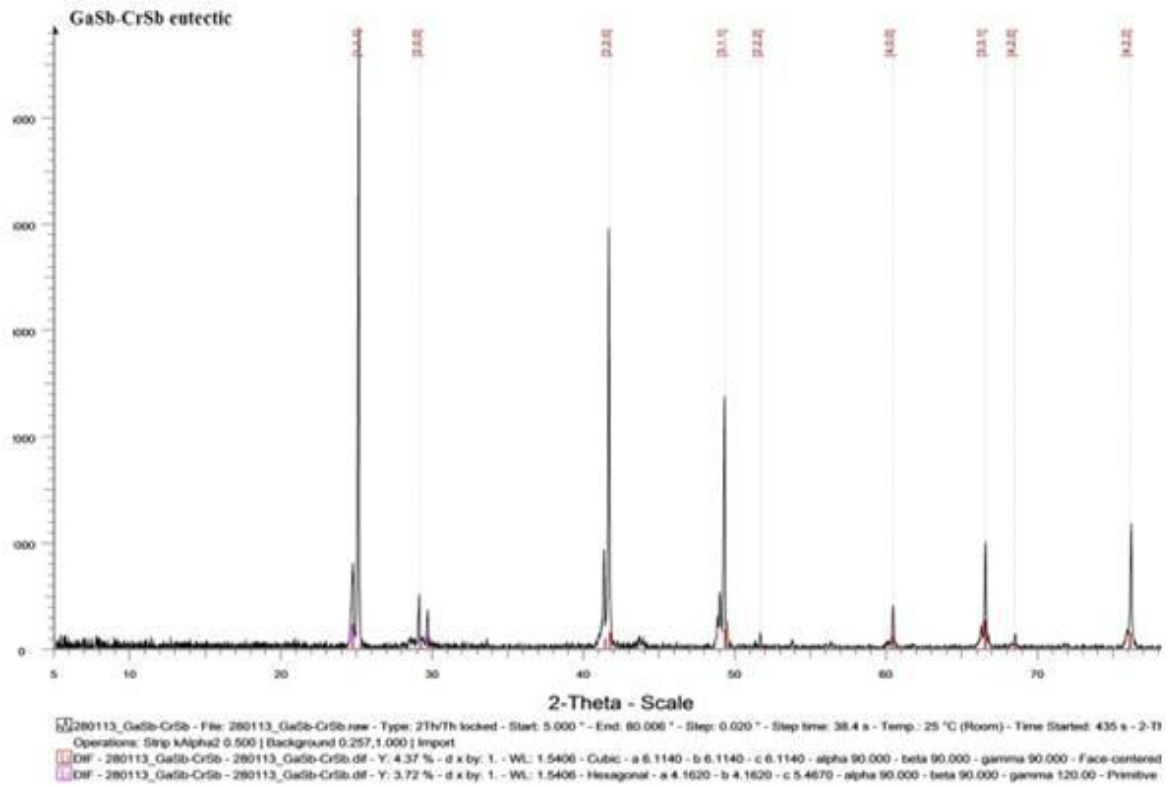
turda 4 saat titrəyişlə saxlandıqdan sonra söndürülür və otaq temperaturunadək soyudulur. Sonrakı mərhələdə şaquli Bricmen metodu ilə istiqamətlənmiş kristallaşma aparılır. InSb-CrSb və GaSb-CrSb evtektik kompozitləri müxtəlif kristallaşma sürətləri ilə göyərtilmişdir. Temperatur qradienti 20÷30K, kristallaşma sürəti 1.2mm/dəqiqə; 0.6mm/dəqiqə və 0.3mm/dəqiqə seçilmişdir.

InSb-CrSb, InSb-Sb və GaSb-CrSb evtektik kompozitlərinin rentgen spektrləri Almaniyanın “Bruker” firmasının istehsalı olan “Advance-D8” difraktometrində ovuntudan istifadə etməklə aparılmışdır. Şüalanma mənbəyi 40 kV gərginlik və 40 mA cərəyan şiddəti rejimində işləyən CuK α -anodudur. Şüalanmanın dalğa uzunluğu $\lambda=1.5406\text{Å}$, düşən rentgen şüaları ilə nümunə arasındakı bucaq bölümü $2\theta=5\div 80$ olmuşdur. “Zeiss Sigma™ Field Emission SEM”-darayıcı elektron mikroskopunda və MİM-8 optik mikroskopda kristallaşmaya paralel və ona perpendikulyar istiqamətlərdə nümunələrin səthində mikrostruktur analizi aparılıb və element tərkibi müəyyən olunub.

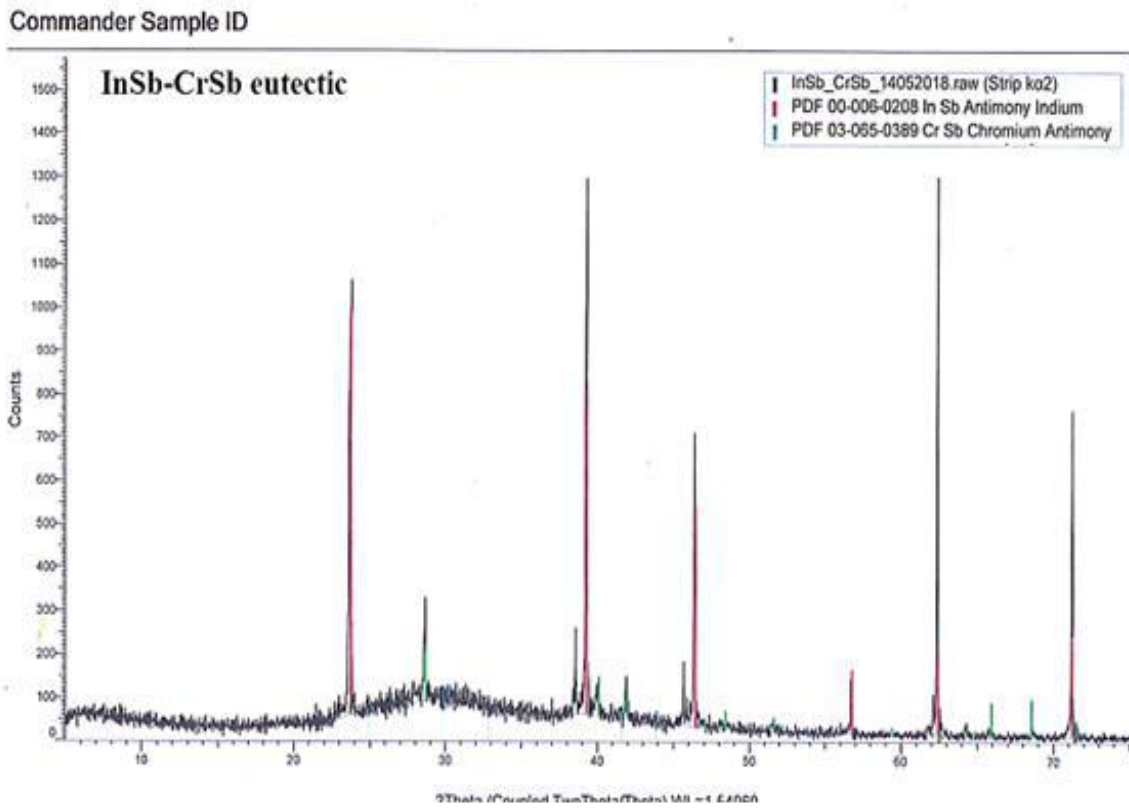
NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ.

Şəkil 1-də rentgen-faza analizi göstərir ki, (111), (200), (220), (311), (222), (400), (331), (420) və (422) Müllər indekslərinə uyğun intensiv piklər matrisaya – GaSb birləşməsinə, şəkil 2 və 3-də isə (111), (220), (311), (400), (311), (422) və (511) Müllər indekslərinə uyğun intensiv piklər matrisaya – InSb birləşməsinə uyğundur; $2\theta=30$; 44.08; 52.12; 54.13 bucaqlarına uyğun zəif xətlər CrSb (heksaqonal quruluşlu, P63/mmc fəza qrupuna aid; kristalloqrafik parametrləri: $a=4.121$; $c=5.467$; $c/a=1.327$) birləşməsinə və 24; 29; 42; 49; 76 bucaqlarına uyğun zəif xətlər Sb uyğun gəlir [10]. Difraktoqramdakı piklərin kəskinliyi kompozitin mükəmməlliyini göstərir.

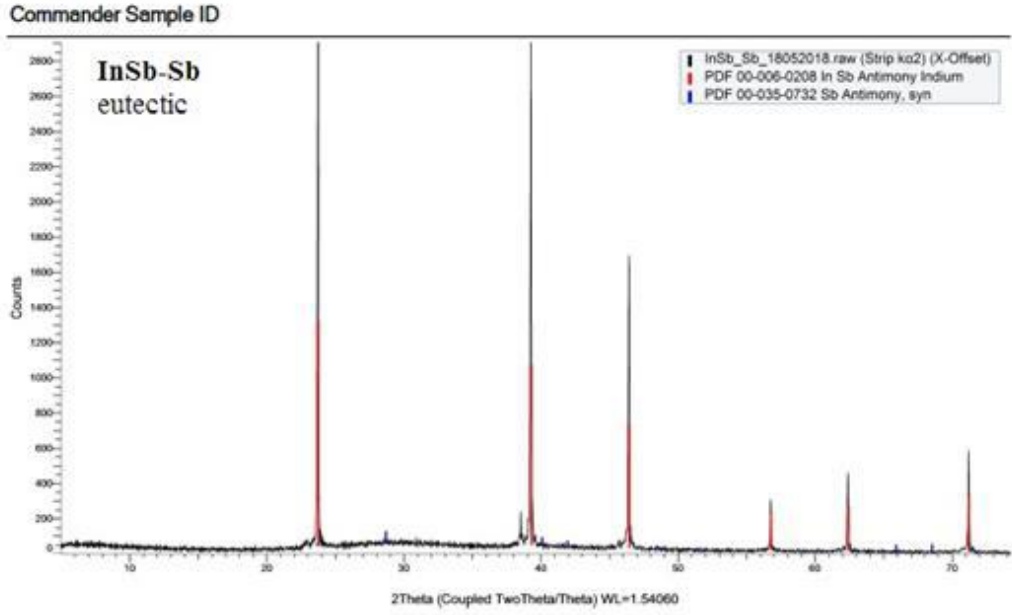
Kristallaşma və ona perpendikulyar istiqamətlərdə InSb-CrSb və GaSb-CrSb kompozitlərinin səthindən alınmış mikroskop görünüşləri 4- cü şəkildə göstərilib.



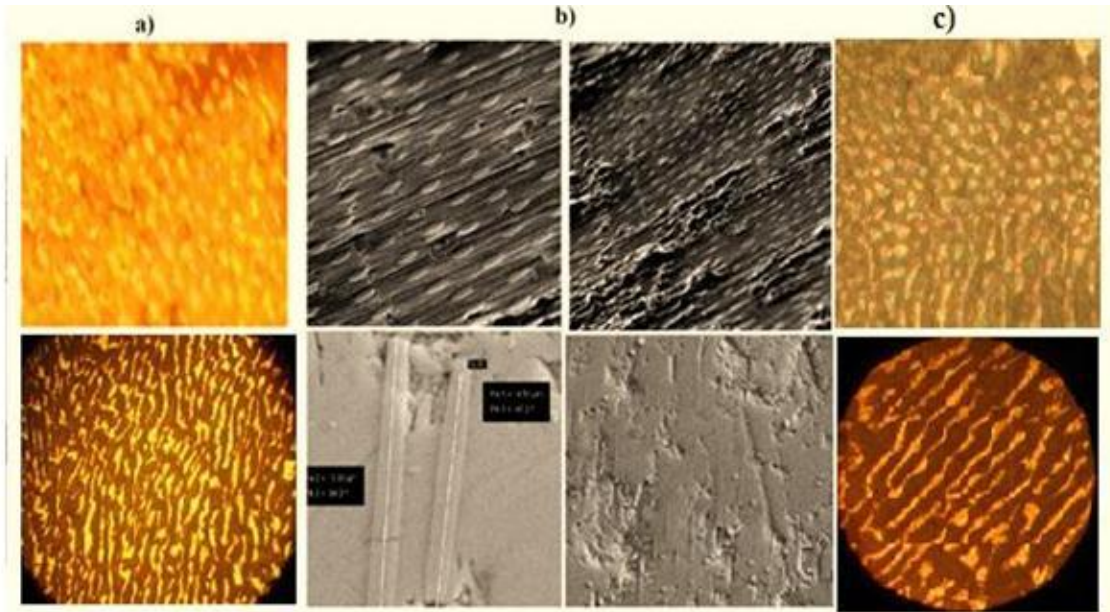
Şəkil 1. GaSb-CrSb evtektik kompozitin rentgen spektri.



Şəkil 2. InSb-CrSb evtektik kompozitin rentgen spektri.



Şəkil 2. InSb-Sb evtektik kompozitin rentgen spektri.



Şəkil 4. InSb-CrSb (a), GaSb-CrSb (b) və InSb-evtektik kompozitlərinin kristallaşma və ona perpendikulyar istiqamətdə alınmış mikroskop (MİM-8 və SEM) görünüşü.

Metal çubuqların uzunluğu InSb-CrSb evtektikasında 100-100 mkm, GaSb-CrSb-da isə 30-50 mkm, InSb-CrSb evtektikasında 40-100 mkm və diametri 1-1.6 mkm tərtibindədir. Şəkillərdən görüldüyü kimi

metal çubuqlar matrisdə kristallaşma istiqamətində bərabər paylanıb. Yarımkəçirici-metal tipli InSb-CrSb, InSb-Sb və GaSb-CrSb evtektik kompozitlərinin bəzi parametrləri cədvəldə göstərilmişdir [6, 7, 11].

Cədvəl.

Evtektik kompozitlər	Metal fazanın çəki %	İynələrin sıxlığı, mm^{-2}	İynələrin diametri, μm	İynələrin uzunluğu, μm	Kristallaşma cəbhəsinin sürəti, mm/min	Yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, cm^{-3}
GaSb-CrSb	13,4	$5,2 \times 10^4$	1,4	30-50	0,3-0,6	$p=8 \times 10^{17}$
InSb-CrSb	0,60	$0,6 \times 10^4$	1	100-200	1,2	$p=2 \times 10^{17}$
InSb-Sb	37,6	$2,5 \times 10^4$	1,6	40-100	1,4	$p=10^{17}$

Beləliklə, InSb-CrSb, GaSb-CrSb və InSb-Sb ərintilərinin rentgen-faza analizi, optik və elektron mikroskoplarında aparılmış tədqiqatlar əsasında alın-

mış maddənin matrisdən (InSb və GaSb) və iynəşəkilli metal qatmalardan (CrSb və Sb) ibarət evtektik kompozit olduğu təsdiq olunmuşdur.

- [1] *S. Polesya, G. Kuhn, S. Mankovsky, H.Ebert, M. Regus, W.Bensch.* J Phys Condens Matter. 2012, Jan 25; 24(3).
- [2] *Yong Liu, S.K. Bose, J. Kudrnovsky.* World Journal of Engineering, 9, 2012, 125-132.
- [3] *M. Shirai.* J. Appl. Phys., Vol. 93, No. 10, Parts 2 & 3, 15 May 2003.
- [4] CrSb, physical properties, Springer & Material Phases Data System (MPDS), Switzerland & National Institute for Materials Science (NIMS), Japan 2013.
- [5] *A. Müller, M. Wilhem.* J. Phys. Chem. Solids, 26, 1965, 2029-2035.
- [6] *Y. Umehara, S. Koda.* J.Japan Inst. Metals, 1974, v.50, pp.42-46.
- [7] *Y. Umehara, S. Koda.* J.Japan Inst. Metals, 1986, v.50, pp.666-670.
- [8] *M.I. Aliyev, A.A. Khalilova, D.H. Arasly, R.N. Rahimov, M.Tanoglu, L. Ozyuzer.* J.Phys.D: Appl. Phys. 2003, v.36, p.2627-2633
- [9] *M.V. Kazimov, D.H. Arasly, I.Kh. Mammadov, R.N. Rahimov, A.Ə. Khalilova.* Azerbaijan Journal of Physics, 2018, vol. XXIV №3, section: En, pp.29-32.
- [10] *R.N. Rahimov, M.V. Kazimov, D.H. Arasly and A.A. Khalilova, I.Kh. Mammadov.* Journal Ovonic Research, 2017, v. 13, No 3, pp.113-118
- [11] *J.A. Graves.* Undercooling and Solidification Behavior in the InSb-Sb System, NASA CR-175013, September 1985, pp.216.

M.V. KAZIMOV

SYNTHESIS AND STRUCTURAL STUDY OF InSb-CrSb, InSb-Sb, GaSb-CrSb EUTECTIC COMPOSITES

InSb-CrSb, InSb-Sb, GaSb-CrSb eutectic composites are synthesized by the vertical Bridgman method. XRD analysis and microstructural study of InSb-CrSb, InSb-Sb and GaSb-CrSb eutectic composites show that (Sb,CrSb) metallic inclusions are uniformly distributed in the InSb and GaSb matrices.

M.B. КАЗИМОВ

ПОЛУЧЕНИЕ И СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ InSb-CrSb, InSb-Sb, GaSb-CrSb

Эвтектические композиты InSb-CrSb, InSb-Sb, GaSb-CrSb синтезированы с помощью вертикального метода Бриджмена. Рентгенофазовый анализ и исследование микроструктуры показали, что игольчатые металлические включения (Sb,CrSb) равномерно распределены в матрицах GaSb и InSb.

Qəbul olunma tarixi: 25.06.2019