



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkışafı Fonduun
elmi-tədqiqat programlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin
maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilmesi üzrə
2011-ci ilin 1-ci müsabiqəsinin (EİF-2011-1(3)) qalibi olmuş
və yerinə yetirilmiş layihə üzrə

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Yeni yarımkəcərici termostabil tenzomüqavimətlərin yaradılması və tətbiq imkanları**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əliyev Məqsud İsfəndiyarovıç**

Qrantın məbləği: **35 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EİF-2011-1(3)- 82/05-M-27**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **28 sentyabr 2011-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **1 oktyabr 2011-ci il – 1 oktyabr 2012-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işqlanırılmalıdır:

1	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar Yarımkecərici-metal tipli evtektik kompozitlər praktiki cəhətdən vacib olan bir sıra qeyri adı xassələrə malik olduğundan onlar fundamental və tətbiqi tədqiqatların perspektivli obyektlərdən sayılır. Metal qatmaların matrisada iynələr şəklində kristallaşma istiqamətində paralel düşülməsi onların kinetik parametrlərinin anizotropluğuna gətirir. Həm metal, həm də yarımkəcərici xassələrini kəsb edən belə kompozitlərdə metal qatmaların formasını və ölçülərini dəyişməklə fiziki parametrləri idarə etmək mümkündür. Yarımkecərici-metal tipli kompozitlərin bir çox xüsusiyyətləri onların mikro elektronikada həssas element kimi tətbiq sahələrini genişləndirir. Belə sahələrdən biri mexaniki deformasiyaların ölçülməsi və tədqiqi üçün yaradılan tenzometriyadır. Maşın və konstruksiyaların müxtəlif detallarında deformasiyanı elektrik sınaqlına çevirmək üçün yaradılan tenzomüqavimətlər termostabilliyi, korroziyaya və deformasiyaya davamlılığı, çevikliyi ilə seçilirlər. Yarımkecərici tenzomüqavimətlər məftil və folqa şəkilli metal tenzomüqavimətlərə nisbətən 1-2 təribə yüksək tenzohəssaslığı, kiçik ölçüyə, yüksək elektrik müqavimətinə və uzun ömürlülüyə malikdir. Onların üstün cəhətlərdən biri böyük çıxış sınaqlına malik olması və buna görə də köməkçi gücləndiricilərin istifadəsinə ehtiyac qalmamasıdır. Bu xüsusiyyət ölçü cihazlarının
---	--

çekisini və həcmi azaldır və ölçünün dəqiqliyini artırır. Yarımkeçirici tenzomüqavimlərin işləmə müddəti uzundur və köhnəlməyə meylli deyil. Tenzohəssaslığın temperatur əmsali tenzomüqavimlərin əsas xarakteristikalarından biridir. GaSb monokristalları zona quruluşuna görə tenzometrik tədqiqatlar üçün maraqlı yarımkeçirici materialdır və onun əsasında yaradılan tenzomüqavimlər yüksək tenzohəssaslığa malikdir. Lakin, tenzohəssaslığın temperatur əmsalının böyük olması, və GaSb-un kövrəkliyi onların sensor kimi yüksək temperatur və deformasiyalarda tətbiqini çətinləşdirir. Yarımkeçirici birləşmələr əsasında yaradılan tenzomüqavimlərin metal tenzomüqavimlərə nisbətən əsas çatışmazlığı deformasiya və temperaturdan asılı olaraq xarakteristikalarının güclü dəyişməsi və histerezisin müşahidə olunmasıdır. Ona görə də histerezissiz və tenzohəssaslığın temperatur əmsalı az olan tenzomüqavimlərin yaradılması mühüm məsələlərdən biridir.

İşin məqsədi

Layihə GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitlərin diferensial termiki analizinə, mikrostrukturun, morfologiyanın, kinetik parametrlərin öyrənilməsinə və onlar əsasında təkmil xarakteristikalı tenzomüqavimlərin yaradılmasına həsr olunmuşdur.

Kompozitlərin alınması. Kompozitləri almaq üçün Gallium – Ga -(99.9999%), Stibium - Sb -(99.9999%), Fe-(99.9999%), Cobalt Co-(99.9999%) maddələrdən istifadə olunmuşdur. İlkin olaraq GaSb birləşməsi sintez olunmuşdur: Qallium stibium kristalını sintez etmək üçün Ga və Sb komponentləri stexiometrik miqdarda çəkilərək kvars ampulaya doldurulmuş və onda 13mPa vakuum yaradılmışdır. Ampula qızdırılaraq 900K temperaturda 4 saat saxlanıldıqdan sonra otaq temperaturunadək soyudulmuşdur. Alınmış GaSb kristalı zona ərintisi üsulu ilə təmizlənmişdir. Zona ərintisi prosesində ərimiş zona kristal boyunca 12 mm/saat sürətlə hərəkət etdirilmişdir. GaSb əriyərkən onun həcminin 7% artması zona ərintisi prosesində maddənin maye zonanın hərəkəti istiqamətində daşınmasına gətirir. Maddənin daşınmaması üçün ampula 8 dərəcə bucaq altında qoyulur və xəlitənin son ucu başlanğıcından yüksəkdə yerləşir. 25 dövr zona ərintisindən sonra alınmış GaSb kristalında yükdaşıyıcıların konsentrasiyası otaq temperaturunda p~1,7x10¹⁷ sm⁻³ olmuşdur.

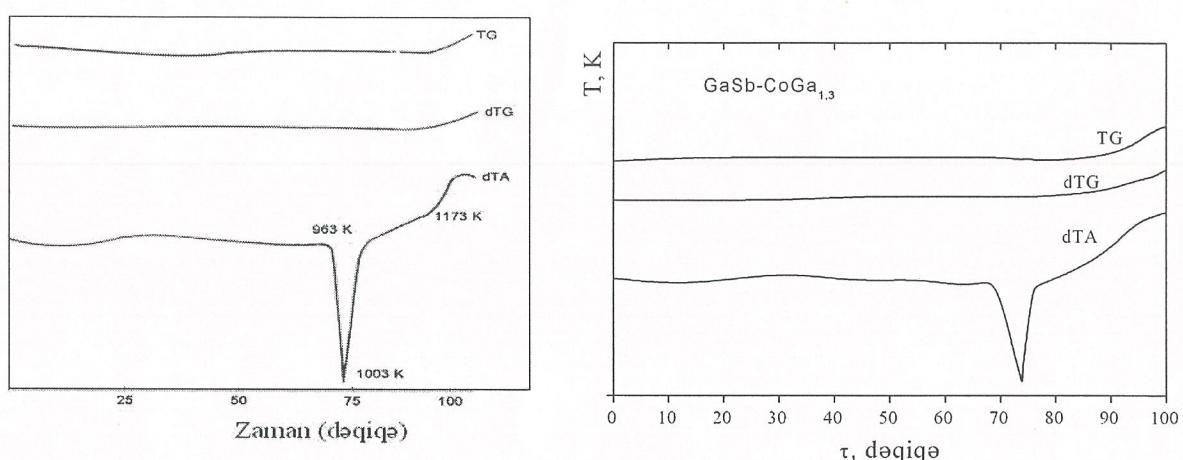
GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik ərintisini almaq üçün 92.1 molyar faiz GaSb birləşməsinə uyğun olaraq 7,9 molyar faiz FeGa_{1,3}; və 7,9 molyar faiz CoGa_{1,3} əlavə olunaraq 16 mm diametrlı kvars ampulalara doldurulmuş və onlarda 13mPa vakuum yaradılmışdır. Sintez iki mərhələdə aparılmışdır. Birinci mərhələdə kvars ampula silindrik elektrik sobasında yerləşdirilərək 900K temperaturadək qızdırılmış və vibrasiya olunmaqla həmin temperaturda 3 saat saxlanılmışdır. Daha sonra ərintinin temperaturu 1275 K temperaturadək yüksəldilmiş, ərinti tam homogenləşdikdən sonra sobadan çıxarılaraq dərhal soyudulmuşdur. İkinci mərhələdə ampula şaquli Bricmen sobasına yerləşdirilmiş və istiqamətləndirilmiş kristallaşdırılma aparılmışdır. Vibrasiya yaranmaması və ərintinin tam sükunətdə qalması üçün kvars ampula dayaqdan asılır, Bricmen sobası isə aşağıdan yuxariya doğru 0.5, 1, 1.5 mm/dəqiqə sürətləri ilə hərəkət etdirilmişdir. Sintez prosesində "bərk-maye" faza sərhədi külçə boyunca müstəvi şəklində olmuş və kristallaşma istiqamətinə perpendikulyar qalmışdır. İstiqamətlənmiş kristallaşma nəticəsində GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitləri alınmışdır. Kristallaşma cəbhəsinin sürəti 1mm/dəq. olduqda kristallar daha mükəmməl alınır.

Evtektik kompozitlərin mükəmməliyinin yoxlanılması

Sintez olunmuş kompozitlərin mükəmməliyini müəyyən etmek üçün diferensial termiki analiz, rentgen və mikrostruktur tədqiqatları aparılmışdır.

Diferensial termiki analiz "Derivatograph" cihazında aparılmışdır. Analiz zamanı nümunələr 10 K/dəq. sürəti ilə 1300K temperaturadək qızdırılmışdır. Kompozitlər üçün alınmış termoqramlar 1-ci şəkildə verilmişdir. Termoqramlar əsasında 2-3% dəqiqliklə GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3}

kompozitlərin əriməsinin başlanğıc və son nöqtələri, ərimə istiliyi və entropiyanın dəyişməsi hesablanmış və 1-ci cədvəldə verilmişdir.



1-ci şəkil. $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ və $\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ üçün termoqramlar.

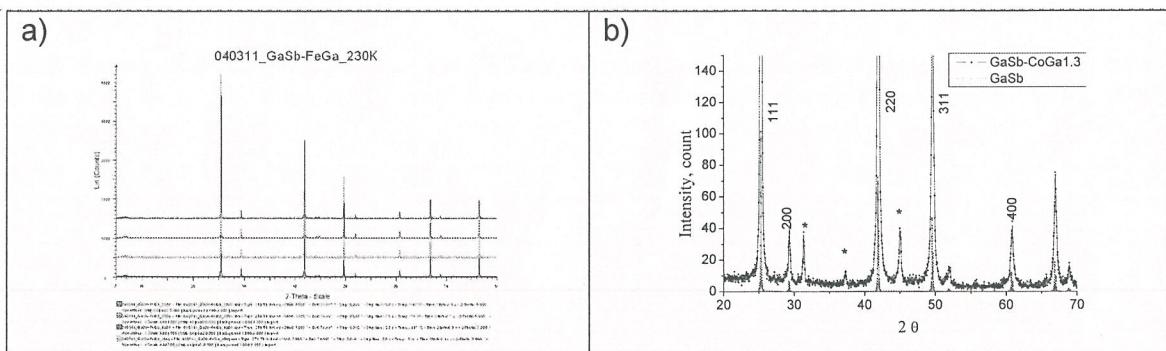
1-ci cədvəl. Evtektik kompozitlərin xarakteristik parametrləri.

	$\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$	$\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$
Yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, (sm^{-3})	$p=1,2 \times 10^{18}$	$p=1,8 \times 10^{18}$
Metal iynələrin uzunluğu (μm)	20-150	5-20
Metal iynələrin diametri, (μm)	1÷2	0.5÷2
Metal iynələrin sıxlığı, (mm^{-2})	3×10^4	20×10^4
Ərimənin başlanğıc temperaturu, (K)	963	963
Ərimənin son temperaturu, (K)	1003	1003
Ərimənin istiliyi, (J/g)	32.4	31.768
Entropiya (J/K.mol)	6174	6048

"Advance D8" difraktometrində kompozitlərin difraktoqramları alınmışdır (Şəkil 2a,b). Tədqiqatlarda CuK_α - şüalanması tətbiq olunmuş və spektrlər $2\theta=20\div80$ dərəcə bucaq bölümündə alınmışdır.

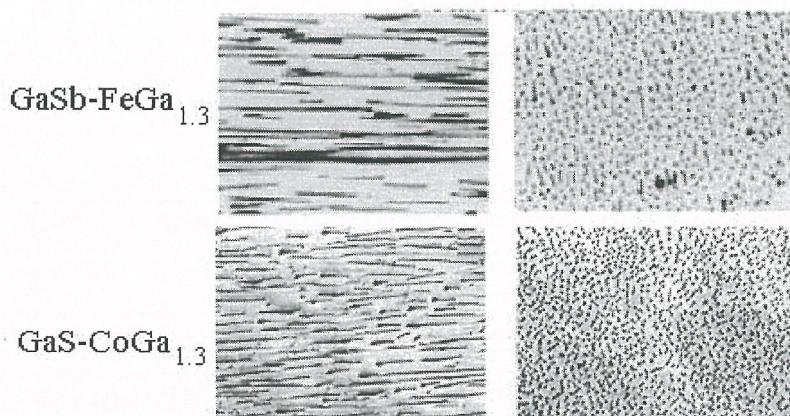
$\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ kompoziti üçün alınmış difraktoqramların analizi (şəkil 2a) göstərir ki, intensiv xətlər GaSb birləşməsinə (matris) aiddir, zəif xətlərin əksəri isə Fe_3Ga_4 birləşməsinə (metal qatmalar) uyğun gəlir. TOPAS və EVA proqramları əsasında aparılan analiz göstərir ki, sistemin 97%-i matrisadan, 3%-i əsasən $\text{FeGa}_{1.3}$ birləşməsindən təşkil olunmuş metal qatmalardan ibarətdir. 210, 300, 380 və 420K temperaturlarda alınmış rentgen difraksiya spektrləri (şəkil 2a) göstərir ki, temperaturdan asılı olaraq sistemdə heç bir quruluş dəyişikliyi baş vermir.

$\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ kompozitin rentgen difraksiya spektrin (şəkil 2b) analizi göstərir ki, əsas intensiv xətlər GaSb birləşməsinə uyğundur (onlar üçün Miller indeksləri göstərilmişdir), zəif intensiv xətlər (* işarələnmiş piklər) isə CoGa və CoGa_3 birləşmələrin intensiv xətlərinə uyğun gəlir.



Şəkil 2. $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ (a) və $\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ (v) üçün difraktoqramları

İllkin mikroskopik tədqiqatlar MİM-8M optik mikroskopunda aparılmışdır. Metalloqrafik tədqiqatları aparmaq üçün nümunələr külçələrin başlanğıcının 2/3 hissəsindən kristallaşma oxuna paralel və perpendikulyar istiqamətlərdə kəsilmiş, cıalanmış və pardاقlanmış, SP-4 ($\text{HF}+\text{HNO}_3+\text{CH}_2\text{COOH}$ - 2:11:2) turşu məhlulunda dağlanmış, sonra distillə edilmiş suda və spirtdə yuyulmuşdur. Mikroşliflərin 200 dəfə böyüdülülmüş görünüşləri 3-cü şəkildə göstərilmişdir.



3-cü Şəkil. Kompozitlərin MİM-8 optik mikroskopda alınmış şəkilləri.

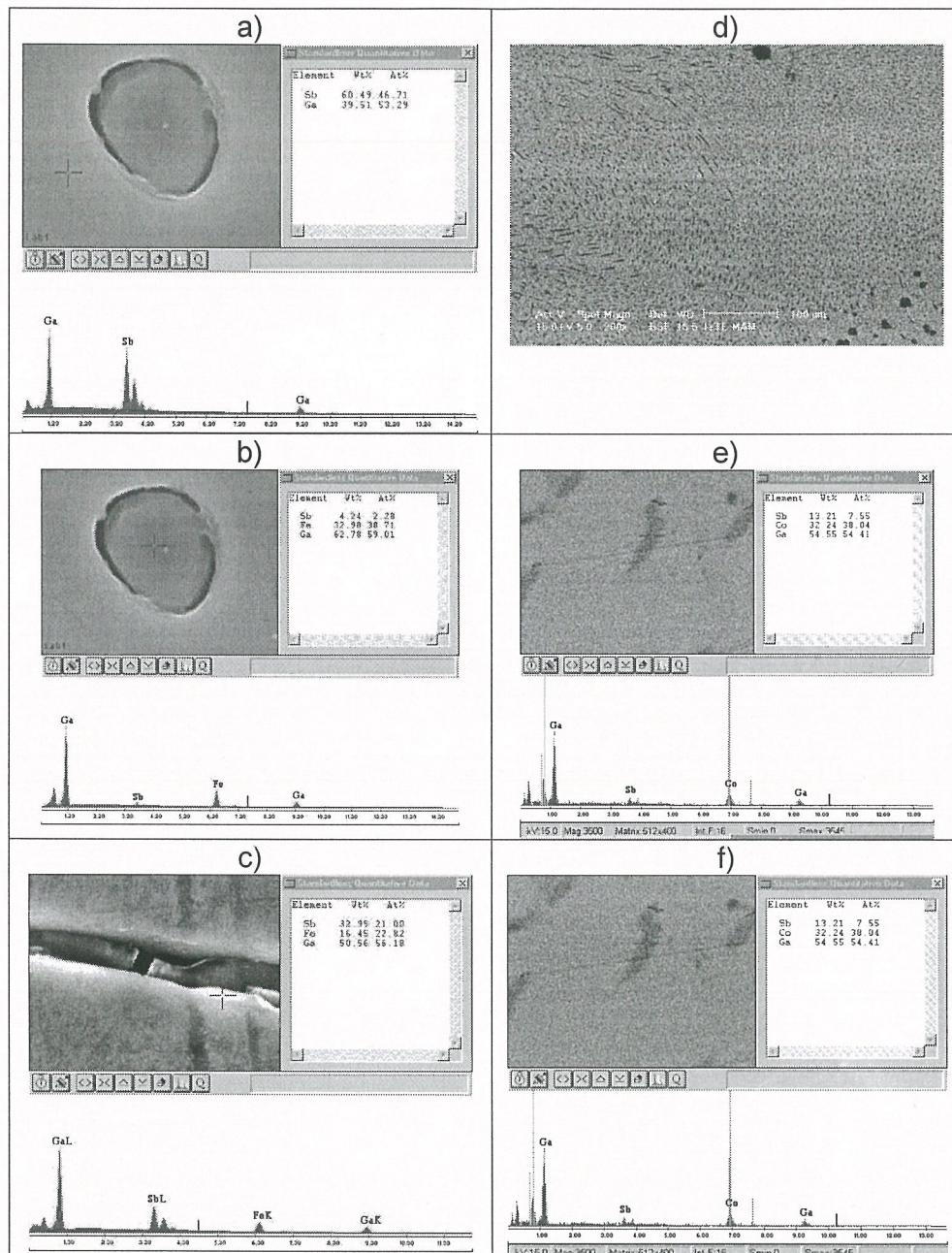
Metal qatmaların perpendikulyar və paralel istiqamətlərində $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ və $\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ kompozitlərin mikrostrukturu "Philips™" markalı elektron mikroskopunda (SEM) və onun tərkib elementlərinin təyini (EDX analizi) "EDAX™" markalı rentgen spektrometrində aparılmışdır. EDX analizi zamanı sürətləndirici gərginlik 15 KV olmuşdur. 4-cü şəkildə, uyğun olaraq, mikroqrafik təsvirlər və EDX spektrləri verilmişdir.

Darayıçı elektron mikroskopundan (SEM) alınmış görünüşlər göstərir ki, hər iki kompozitdə metal qatmalar matrisa içərisində iynələr şəklində paralel düzülür. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ kompozitində iynələr həm uzundur ($20\text{-}150\mu\text{m}$), həm də parallelliğin daha mükəmməldir, metal iynələr ətrafında kəskin fazalararası zona müşahidə olunur. $\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ kompozitində isə qatmalar qıсадır ($5\text{-}20\mu\text{m}$), bəzi bölgelərdə parallelliyyin pozulması müşahidə olunur, fazalararası zona kəskin deyil.

Sürətli elektron dispersiyası ilə alınan rentgen şüaların (EDX) analizi göstərir ki, $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ kompozitində matrisa təxminən 58 çəki% sürmədən və 42 çəki% qalliumdan, metal faza isə 32,21 çəki % dəmirdən, 61,80 çəki % qalliumdan və 3,43 çəki % sürmədən ibarətdir. Fazalararası zonanın 16,45 çəki % dəmirdən, 32,99 çəki % sürmədən və 50,56 çəki % qalliumdan ibarət olduğu müəyyən edilmişdir.

$\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ kompozitində aparılan EDX analizi göstərir ki, matrisa 61,30 çəki % Sb, 36,70% Ga ibarətdir, metal qatmalar isə 13,21 çəki % Sb, 32,24 çəki % Co və 54,55çəki % Ga elementindən ibarətdir. Diqqəti çəkən cəhət $\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ kompozitin qatmalarında sürmənin

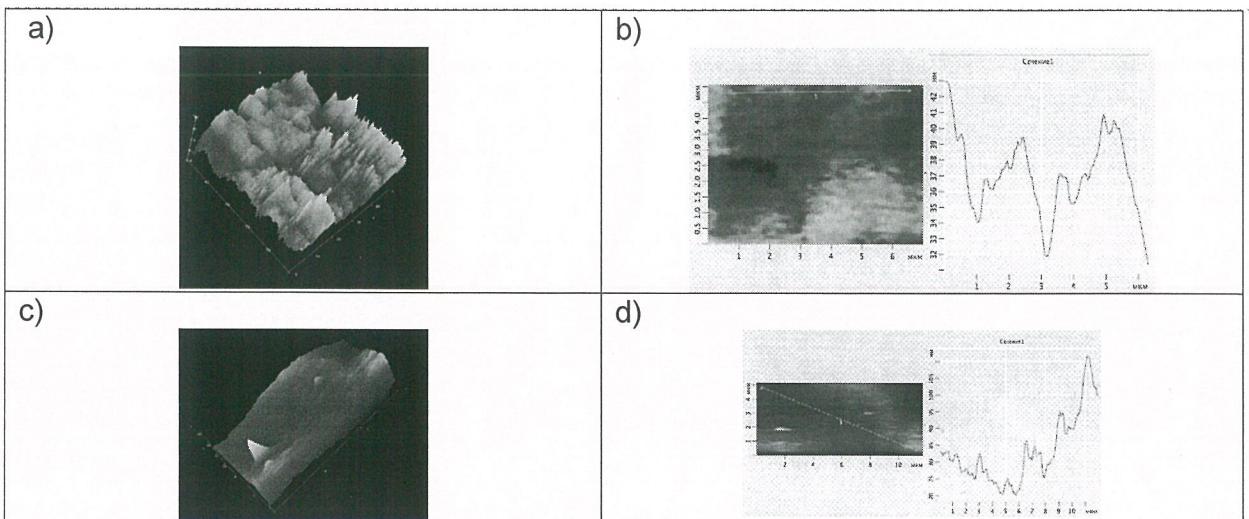
miqdarı GaSb-FeGa_{1.3} kompozitinə nisbətən 3 dəfə çox olmalıdır. GaSb-CoGa_{1.3} kompozitində fazalararası sərhədin o qədər də kəskin olmaması, çox güman ki, matrisanın və metal qatmaların hər ikisinin kubik quruluşa malik olması ilə bağlıdır.



Şəkil 4. SEM görünüşləri və EDX spektrləri (təsvirlər rənglidir):

- sol tərəfdə GaSb-FeGa_{1.3} üçün a) matriсада, b) metal qatmalarda və c) fazalar arası zonada element tərkibi;
- sağ tərəfdə GaSb-CoGa_{1.3} üçün d) SEM təsviri, e) matriсада, f) metal qatmalarda element tərkibi.

Evtektik kompozitlərin səthinin relyefi NC-AFM tipli atom qüvvət mikroskopunda öyrənilmişdir. Tədqiqatları aparmaq üçün nümunənin səthi cilalanaraq pardalqlanmış və SP-4 turşu qarışığında dağlanmışdır.



Şekil 5. $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$: kompozitin səthinin AFM təsvirləri (təsvirlər rənglidir): a) iynələrin parallel istiqamətində 3D miqyaslı təsvir; b) 2D kəsiyin profiloqramması; c) iynələrin perpendikulyar istiqamətində 3D- miqyaslı təsvir; d) 2D kəsiyin profiloqramması.

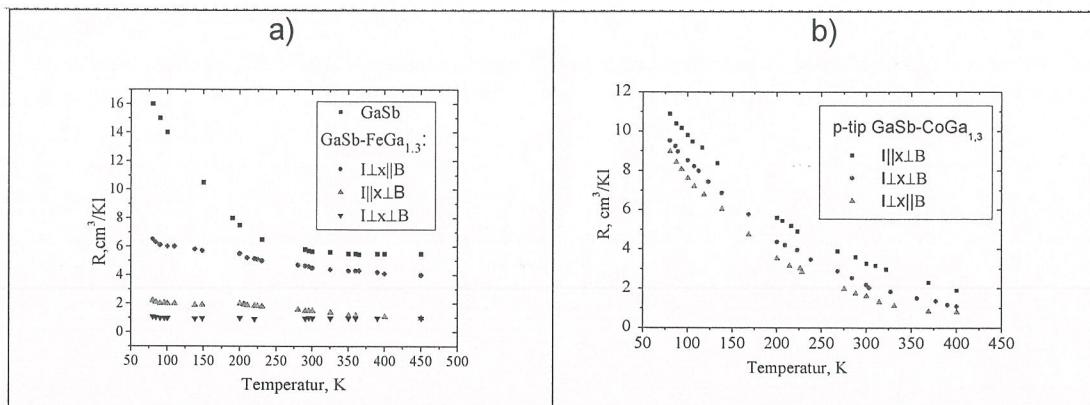
5-ci şəkildə $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ kompozitin səthinin AFM-dən alınmış təsvirləri verilmişdir: a) metal iynələrin paralel istiqamətində səthin 3D miqyaslı təsviri, b) 2D ölçülü kəsiyin darama xətti boyunca profiloqramması, c) metal iynələrin perpendikulyar istiqamətində 3D miqyaslı təsviri və d) 2D ölçülü kəsiyin darama xətti boyunca profiloqrammasıdır. Profiloqrammadan (b) göründüyü kimi nanofraqment metal iynələrin paralel istiqamətində 32-45nm arasında, metal iynələrin perpendikulyar istiqamətində isə 75-110nm arasında dəyişir. Beləliklə, $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ kompozitin səthi üçün atom qüvvət mikroskopundan alınmış təsvirlər və profiloqrammalar göstərir ki, $\text{FeGa}_{1.3}$, qatmaların daxil olduğu səth relyeflidir və onun ölçüləri nano-miqyaslıdır.

Kinetik parametrlərin tədqiqi

$\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ və $\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ evtektik kompozitlərin kinetik parametrləri 80-450K temperatur bölümündə kompleks şəkildə tədqiq olunmuşdur. Elektrik keçiriciliyi və Holl əmsalı kompensasiya üsulu ilə, uyğun olaraq, 2% və 5%, xəta ilə ölçülmüşdür. İstilik keçiriciliyi 5% və termoelektrik hərəkət qüvvəsi 2% xəta ilə stasionar istilik rejimində, temperatur keçiriciliyi isə işıq impulsu ilə 7% dəqiqliklə ölçülmüşdür.

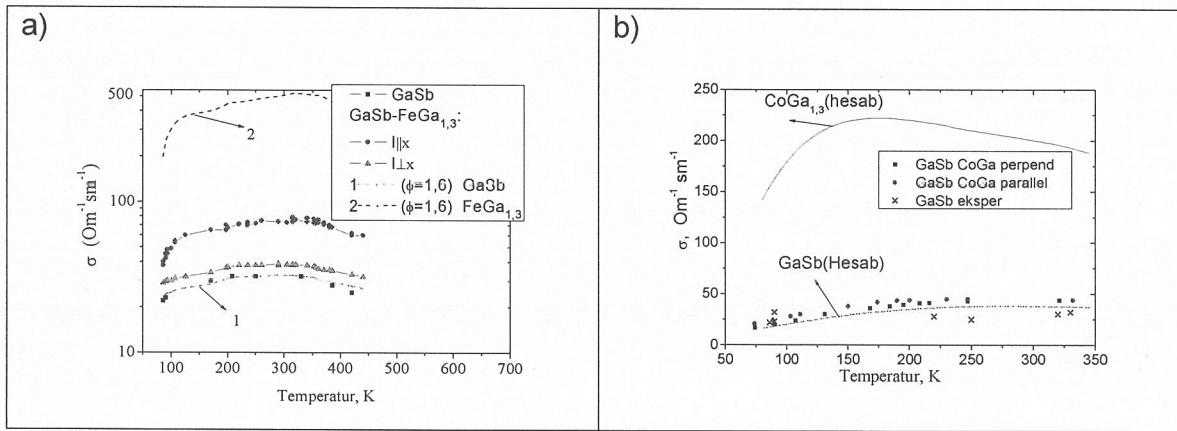
$\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$, $\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ evtektik kompozitlər üçün Holl (R) sabiti metal iynələrin (x), cərəyanın (I) və maqnit sahəsinin (B) müxtəlif qarşılıqlı istiqamətlərində ölçülmüş, onların temperatur asılılığı uyğun olaraq 6-ci a) və b) şəkillərdə verilmişdir. $\parallel x \perp B$ istiqamətində elektrik cərəyanı, $\perp x \perp B$ istiqamətlərində isə Holl elektrik hərəkət qüvvəsi metal iynələrlə qısa qapandığından R -in qiyməti kiçik alınır. Metal iynələr cərəyan istiqamətinə perpendikulyar, maqnit qüvvə xətlərinə paralel düzüldükdə ($\perp x \parallel B$) R -in qiyməti maksimal olur və $R(T)$ asılılığı matrisada (GaSb) olduğu kimi alınır. Ona görə də yüksək daşıyıcıların konsentrasiyası R -in $\perp x \parallel B$ istiqamətində ölçülmüş qiymətləri əsasında hesablanmışdır.

Tədqiq olunan nümunelərdə elektrik keçiriciliyi 80-450K temperatur intervalında tədqiq olunmuşdur. 7-ci a və b şəkillərdə $\text{GaSb-FeGa}_{1.3}$ və $\text{GaSb-CoGa}_{1.3}$ kompozit üçün cərəyanın iynələrə paralel və perpendikulyar istiqamətlərində elektrik keçiriciliyin temperatur asılılığı verilmişdir. Şəkillərdən göründüyü kimi elektrik keçiriciliyin $\parallel x$ istiqamətindəki qiyməti $\perp x$ istiqamətindəkinə nisbətən daha böyük olur. Başqa sözlə, metal fazalarla qısa qapanma keçiriciliyin anizotropluğuna gətirir.



Şekil 6. GaSb-FeGa_{1.3} (a) və GaSb-CoGa_{1.3} (b) evtektik kompozitləri üçün Holl sabitinin temperatur asılılığı

Kompozit materialların öyrənilməsi uzun illər davam etsə də onlarda elektron və fonon proseslərin bir çox xüsusiyyətlərinə tam aydınlıq gətirilməmiş və kinetik parametrlərdə fazalar arası qarşılıqlı təsirin nəzəre alınması məsəlesi müzakirə obyekti olaraq qalır. Qeyri bircins sistemlərdə, xüsusən kompozit materiallarda, keçiriciliyin effektiv qiymətinin təyini üçün yaradılan nəzəriyyələr 1905-ci ildə Makswell-Garnett tərəfindən başlanmış və bir çox müəlliflər tərəfindən



Şekil 7. GaSb-FeGa_{1.3} və GaSb-CoGa_{1.3} evtektik kompoziti üçün elektrik keçiriciliyin temperatur asılılığı.

inkişaf etdirilmişdir. Lakin bu günədək bu məsələni həll edən yetkin nəzəriyyə yaradılmamışdır. Mühitin qeyri bircinslilik dərəcəsindən asılı olaraq müxtəlif nəzəriyyələr tətbiq olunur. Mühitin qeyri-bircinslilik dərəcəsi az olduqda sistemə Herringin "həyəcanlanma" (perturbation) nəzəriyyəsi [J.Appl.Phys., 1960, v.31, no 11, p.1939], mühitin qeyri-bircinsliliyi yüksək olduqda "süzülmə" (perkolation) nəzəriyyəsi [Успехи Физических Наук, 1975, m.117, №3, c.401-435; Materials Letters, 1998, v.36, p.95-101.; J.Appl.Phys. 1997, v.81, p.2375-2383], aralıq hallarda isə "effektiv mühit nəzəriyyəsi" [Журн.Техн.Физики, 1951, 21, №6 , p. 667-677; Phys.Rev.B, 1987, 35, no 7, 3284-3290] tətbiq edilməklə effektiv keçiricilik təyin olunur.

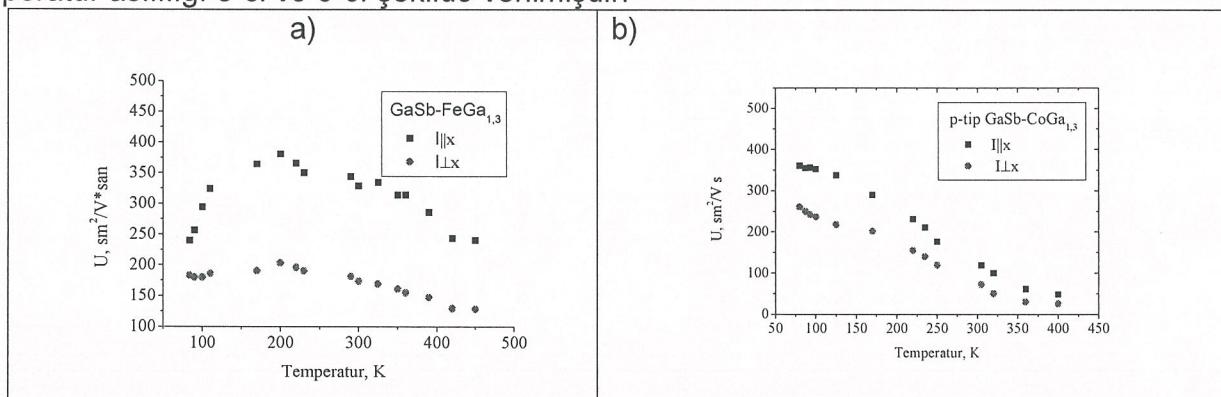
Yarımkeçirici-metal tipli kompozitlərin effektiv keçiriciliyinin "effektiv mühit nəzəriyyəsi" əsasında araşdırılması daha münasib sayılır. Son onillikdə bu nəzəriyyə əsasında həm mikro kompozitlərdə, həm də nano kompozitlərdə fazalar arası qarşılıqlı təsiri nəzərə almaq üçün yeni modellər yaradılır. Bu modellərdə fazalararası qarşılıqlı təsir müxtəlif cür nəzərə alınır. [Physica B, 2003, v.325, p.195-198; Concrete Sciense and Enginering. 2000, V.2, p.88-96; Int. Journal of Solids and Structures 2005, 42, Issue 2, p429-437; Int. Jour. Heat and Mass Transfer, 2004, v.47, p.3453-3461] işlərində hər bir zərrəciyin lokal regionla əhatə olunduğu güman edilir və bu

region kompozitlərde fazalar arası zona adlandırılır.

Tədqiq etdiyimiz kompozitlərin mikrostrukturunun elektron mikroskopu ilə aparılmış tədqiqatları göstərmışdır ki, metal iynə ilə matrisa arasında fazalar arası zona yaranır. Ona görə də, fazalararası zonanın rolü hesablamalarda nəzərə alınmışdır. Bunun üçün fazalar arası zonanın həcmcə pay nisbəti metal fazanın həcmcə pay nisbətinə əlavə olunmuşdur: $c_{ef} = \phi c$. Burada c – metal fazanın həcmcə pay nisbəti, ϕ - fazalararası zonanın ölçülərinin metal fazanın ölçülərinə olan nisbetini göstərir və c_{ef} , hesablama zamanı aproksimasiya yolu ilə tapılır: $\phi = 1.6$; $c_{ef} = 0.089$.

Hesablamalar təsdiq edir ki, anizotropluğa səbəb olan qısa qapama prosesində metal iynələrlə yanaşı fazalar arası zonalar da müüm rol oynayır.

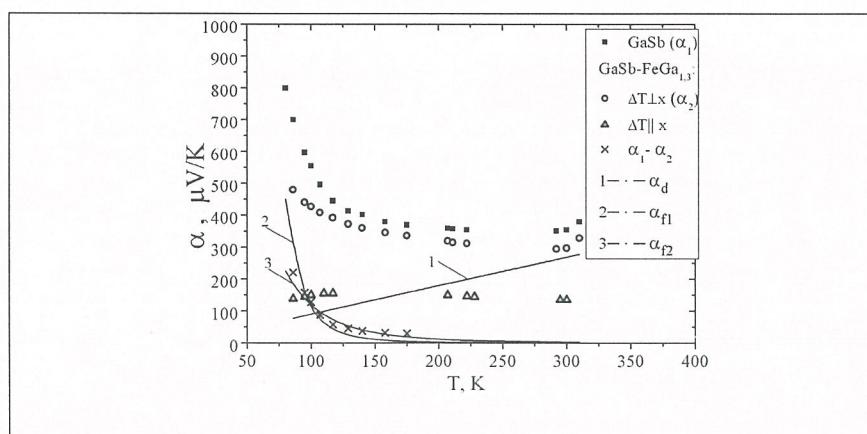
Elektrik keçiriciliyi və Holl əmsalının qiymətləri əsasında hesablanmış yürüklüğün temperatur asılılığı 5-ci və 6-ci şəkildə verilmişdir.



Şəkil 8. GaSb-FeGa_{1,3} (a) və GaSb-CoGa_{1,3} (b) üçün yükdaşıyıcıların yürüklüğünün temperatur asılılığı.

Şəkildə göstərilən əyrilərin analizi göstərir ki, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmləri qarışq xarakter daşıyır.

Anizotropluq hadisəsi termoelektrik hərəkət qüvvəsi və istilik keçiriciliyin temperatur asılılığında da görünür.

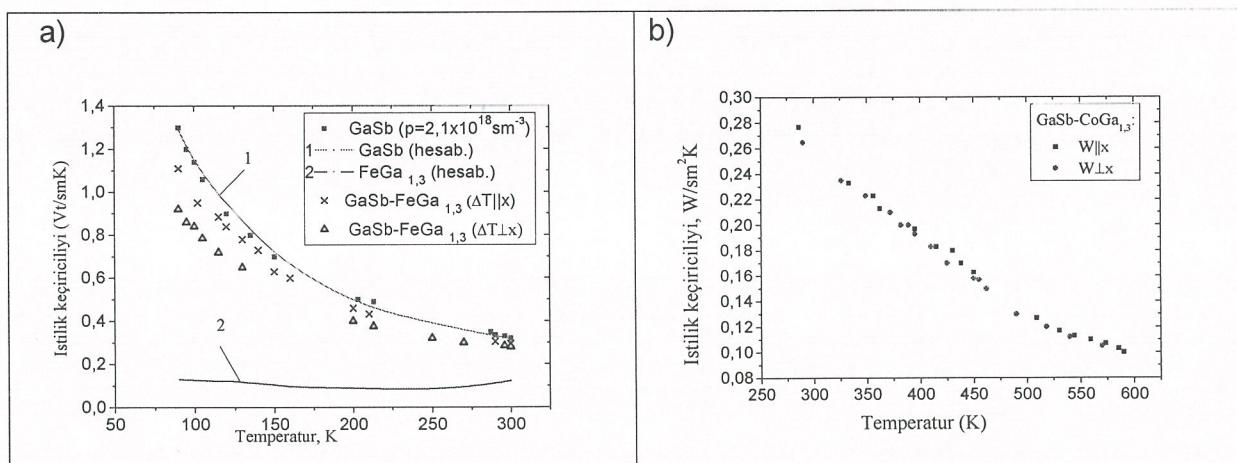


Şəkil 9. GaSb-FeGa_{1,3} kompozitinin termoelektrik hərəkət qüvvəsinin temperatur asılılığı.

9-cu şəkildən göründüyü kimi GaSb-FeGa_{1,3} kompozitinin termoelektrik hərəkət qüvvəsinin temperatur asılılığı $\Delta T \perp x$ halında daha çox maraq doğurur. 200K-dən aşağı temperaturlarda temperatur azaldıqca α_\perp artırır və 140K – dən aşağıda $\alpha_\perp \sim T^{-0.8}$ kimi dəyişir. GaSb üçün $\alpha(T)$ asılılığı 80-130K bölümündə daha kəskin olur və temperaturdan $\alpha \sim T^{-1.5}$ kimi asılıdır. GaSb-FeGa_{1,3} kompozitində termoelektrik hərəkət qüvvəsinin belə artımı, homogen GaSb kristalında

olduğu kimi deşiklərin fononlar tərəfindən sövq edilməsi ilə bağlıdır. Yük daşıyıcıların fononlarla sövq edilməsi ilə yaranan termoelektrik hadisəsi əsasən aşağı temperaturlarda baş verir və burada əksər səpilmə prosesləri donmuş olur. İndiki halda isə proses orta temperatur bölümündə baş verdiyindən, fonon proseslərində digər səpilmə proseslərin iştirakı daha çox ehtimallıdır və hesablamalarda onların nəzərə alınması vacibdir. Ona görə də fononların sərhəddən səpilməsinin relaksasiya müddəti hesablanarkən fazalar arası zonalar da nəzərə alınmışdır. Uzun dalğalı fononların relaksasiya müddətində sərhəddən və nöqtəvi defektlərdən səpilmə, fonon-fonon qarşılıqlı təsirdə normal və atılma prosesləri nəzərə alınaraq termoelektrik hərəkət qüvvəsi hesablanmışdır. Üç fononlu normal proseslərdə müxtəlif polaryizasiyalı fononların üstünlük təşkil etdiyi (impulsun saxlanması müxtəlif rəqs budaqlarına məxsus fononların qarşılıqlı təsirində baş verir) müəyyən edilmişdir. Nəticələr 9-cu şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi fazalar arası zonaların ölçüləri uzundalğalı fononların relaksasiya müddətində nəzərə alındıqda, hesablanmış qiymətlər təcrübədən alınmış qiymətlərlə yaxşı uzlaşıır. Bu isə fazalararası zonaların termoelektrik hərəkət qüvvəsində mühüm rol oynadığını göstərir.

Metal fazanın və istilik selinin qarşılıqlı istiqamətindən asılı olaraq müşahidə olunan anizotropluq 80 K temperaturda $\text{GaSb-FeGa}_{1,3}$ kompoziti üçün 1.3 olmuşdur (10-cu şəkil). Temperatur artdıqca anizotropluq azalır və yuxarı temperaturlarda yox olur. Bu kompozitlərdə elektron istilik keçiriciliyi cüzdır və istilik əsasən qəfəs rəqsləri ilə daşınır. Alınmış təcrubi nəticələr effektiv mühit nəzeriyəsi əsasında araşdırıllarkən fazalar arası qarşılıqlı təsir nəzərə alınmışdır. Kompozitlərin $K_{||}$ və K_{\perp} eksperimental bilgilərinə əsasən həm GaSb, həm də $\text{FeGa}_{1,3}$ birləşmələrin istilik keçiriciliyi hesablanmışdır. 80-300K temperatur bölümündə aparılmış hesablamanın nəticələri eksperimental nəticələrlə birlükde 6-cı şəkildə verilmişdir. $\text{GaSb-FeGa}_{1,3}$ üçün $\phi = 1.6$; $c_{ef} = 0.089$ qiymətləri seçildikdən sonra hesablanmış qiymətlər onların eksperimental bilgilərinə uyğun gelir.



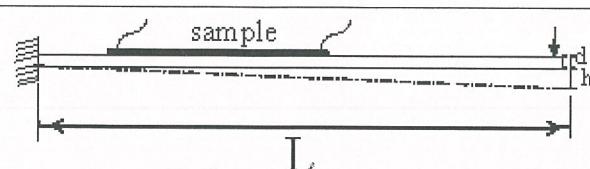
Şəkil 10. GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} kompozitləri üçün istilik keçiriciliyin temperatur asılılığı

Beləliklə, fazalararası zonaların həcmi fraksiyasının nəzərə alınması ilə aparılan hesablamalar və eksperimental bilgilər arasında uyğunluğun alınması göstərir ki, fazalararası zonalar, elektron proseslərində olduğu kimi, fonon proseslərində də mühüm rol oynayır və istilik keçiriciliyində anizotropluğun yaranmasında rol oynayan başlıca amildir.

Tenzoelementlərin hazırlanması və tədqiqi

GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} kompozitlər əsasında tenszoelementlər hazırlamaq üçün 0,1x0,25x8 mm³ ölçüdə kristallar metal qatmaların cərəyan və kristallaşma istiqamətinə nisbətən üç istiqamətində kəsilmiş, 10, 5, 1 μm diametrlı cilalayıcı ovuntularla cilalanmış və almaz pasta ilə

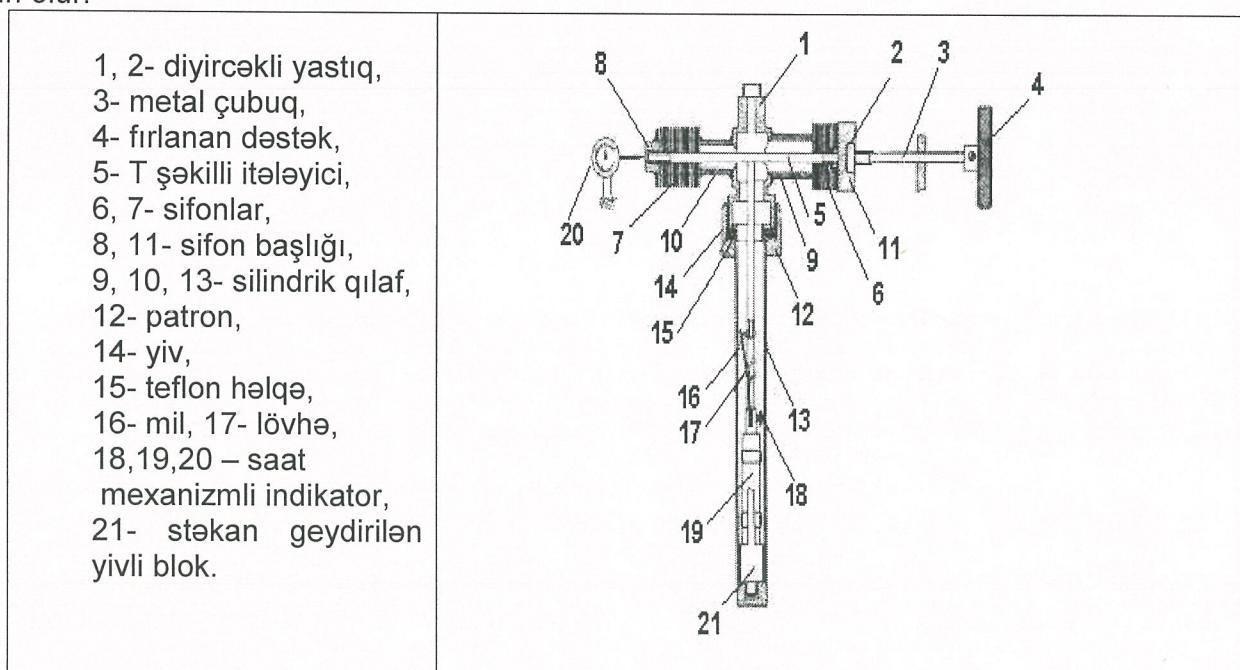
pardaqlanmışdır. Onların səthindəki mexaniki gərginlikləri aradan qaldırmaq üçün $HCl+HNO_3+CH_3COOH=7:1:8$ turşu qarışığında (20 saniyə) dağlanması aparılmışdır. Elementin uclarından 1mm məsafədə qalay kontaktlarla 0,05mm diametrlı mis məftillər bərkidilmişdir. Tenzomüqavimətlər polad lövhədən hazırlanmış altlıq (11-ci şəkil) üzərinə yapışdırılmışdır.



Şəkil 11. Tenzomüqavimətlərin bərkidildiyi polad lövhə.

Məlumdur ki, tensometriyada yapışqanın keyfiyyəti həllədici rol oynayır. Tenzomüqavimətlərin həssaslığı, xidmət müddəti, işçi temperatur bölgəsi və bir sıra xarakteristikaları yapışqanın keyfiyyətindən və onun qalılığından asılıdır. Yapışqan qatındaki həcmi gərginliklər də tensomüqavimətlərin xarakteristikalarında mühüm rol oynayır. Tenzomüqavimətlərin tipindən və tətbiq şərtlərindən asılı olaraq müxtəlif yapışqanlar tətbiq olunur.

Hazırlanmış tenzoelementlər VL-931 yapışqanından istifadə olunaraq yapışdırılmışdır. Bu yapışqan metala və metal birləşmələrə yaxşı yayılır (adheziya edir). Bu yapışqan üçün işçi temperatur bölgəsi $80\div400K$ -dir. Yapışqan qatı 1 gün otaq temperaturunda qurudulur, 2 saat $340K$ temperaturda və daha 2 saat $410K$ temperaturda saxlanılaraq polimerləşdirilir. Yapışqan qatı nə qədər nazik olarsa, onun dielektrik nüfuzluğu və elastikliyi bir o qədər yüksək və ömrü uzun olur.



Şəkil 12. Tenzomüqavimətin ölçü qurğusu.

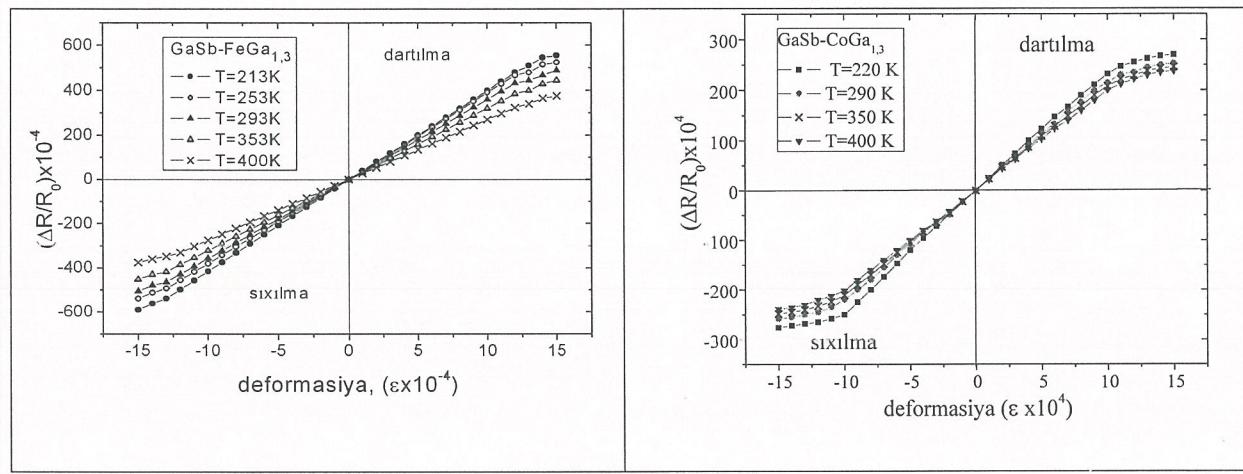
Hazırlanmış tensomüqavimətlərin tədqiqi 12-ci şəkildə təsvir olunmuş qurğuda, $1.2 \times 10^{-3} n.v.$ (nisbi vahid) deformasiya altında və $200-400K$ temperatur bölməndə kompensasiya üsulu ilə həm sıxılma, həm də dartılma deformasiyası altında aparılmışdır.

Eksperimental tədqiqatlardan tensohəssaslıq əmsali $S = (\Delta R / R) / \varepsilon$, tensohəssaslığın

temperatur əmsalı $\alpha = (\Delta S / S_0) / \Delta T$ [degree⁻¹] ifadələri ilə təyin edilmişdir. Burada $\Delta S = S_T - S_0$, $\Delta R = R_T - R_0$ və $\Delta T = T_T - T_0$; S_0 , S_T , R_0 , R_T –tenzomüqavimətin otaq və verilmiş temperaturda tenzohəssaslıq əmsalı və müqavimətdir.

Qeyd edək ki, evtektik kompozitdə tenzohəssaslıq əmsalı qatmaların və elektrik cərəyanının qarşılıqlı istiqamətlərindən asılı olaraq güclü anizotropluğa malik olan xüsusi müqavimətlə təyin olunduğundan ölçülər qatmaların, elektrik cərəyanının və tenzomüqavimətin altlığının üç qarşılıqlı istiqamətində ($I||x||P$, $I\perp x||P$, $I\perp x\perp P$) aparılmışdır. $I\perp x||P$ istiqamətində tenzomüqavimətlər daha böyük tenzohəssaslışa malik olur və ona görə də bütün tədqiqatlar həmin istiqamətdə aparılmışdır. Hər bir tenzomüqavimət üç-dörd dəfə qızdırılıb soyudulduqdan sonra onun parametrləri stabilleşmişdir.

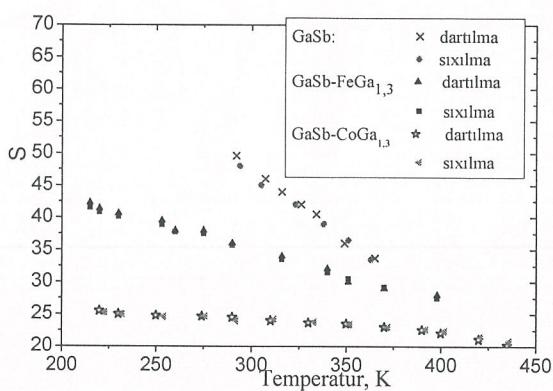
13-cü şəkildə GaSb birləşməsi, GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} kompozitləri üçün müxtəlif temperaturlarda deformasiyadan asılı olaraq müqavimətin nisbi dəyişməsinin təcrubi qiymətləri verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi həm dərtılma, həm də səxılma deformasiyası zamanı $\Delta R/R$ xətti dəyişir. GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} kompozitləri əsasında tenzomüqavimətlər üçün xarakteristikaların xətti qaldığı deformasiya həddi $1,2 \times 10^{-3} \text{n.v}$ olmuşdur və bu qiymət GaSb üçün alınan qiymətdən iki dəfə çoxdur. Temperaturun dəyişməsi ilə xəttilik dəyişməmişdir. Tenzohəssaslığın temperatur asılılığında histerezis müşahidə olunmamışdır.



Şəkil 13. Müxtəlif temperaturlarda GaSb-FeGa_{1,3} (a) və GaSb-CoGa_{1,3} (b) tenzomüqavimətlərin deformasiya xarakteristikaları .

14-cü şəkildə GaSb, GaSb-FeGa_{1,3}, və GaSb-CoGa_{1,3} əsasında hazırlanmış tenzomüqavimətlərin tenzohəssaslığının temperatur asılılığı müqayisəli şəkildə verilmişdir.

Göründüyü kimi, GaSb-CoGa_{1,3} kompoziti üçün müşahidə olunan tenzohəssaslığının temperatur asılılığı daha zəifdir. Evtektik kompozitlərdə tenzohəssaslığının temperatur əmsalının matrisaya nisbətən azalması 3d-keçid metal atomlarının GaSb-un enerji zonasında dərin aşqar səviyyələr yaratması ilə bağlı olduğu ehtimal olunur. Məlumdur ki, GaSb üçün valent zona Brüllien zonasının mərkəzində cırlaşmışdır və o, yüngül və ağır deşiklərin zonasından və spin-orbital qarşılıqlı təsir nəticəsində yaranmış üçüncü zonadan ibarətdir. Anizotrop deformasiya tətbiq etdikdə kristalın simmetriyası pozulur və bu cırlaşmanın aradan qalxmasına və deşiklərin müxtəlif alt zonalarda yenidən paylanması səbəb olur. Valent zonanın yüngül və ağır deşiklərə uyğun tavanları müxtəlif qiymətlərlə əks istiqamətlərə doğru yerini dəyişir. Alt zonalar arasında deşiklərin yenidən paylanması baş verir. Deşiklərin ümumi sayının dəyişmədiyi halda belə, keçiriciliyə müxtəlif əlavələr verən və müxtəlif yürüklüyü malik olan yüngül və ağır deşiklərin



Şəkil 14. GaSb , $\text{GaSb-FeGa}_{1,3}$ və $\text{GaSb-CoGa}_{1,3}$ əsasında tenzomüqavimətlərin tenzohəssaslığının temperatur asılılığı.

sayının dəyişməsi müqavimətin dəyişməsinə gətirir. Bu hal enerji yarığında dayaz səviyyələr yaranan aşqarlar üçün doğrudur, lakin kifayət qədər aşağı temperaturlarda bütün aşqar atomları ionlaşdırğından deformasiya altında ionlaşma enerjisinin azca dəyişməsi ilə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası dəyişmir.

Temperaturun artması ilə Fermi səviyyəsi və dərin aşqar səviyyələr arasındaki məsafə azalır. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi deformasiya dərin səviyyələrin ionlaşma ehtimalını artırır. Hər bir temperatur üçün tenzohəssaslıq əmsali aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur

$$S = \frac{d\rho}{\rho d\varepsilon} = \frac{-dp}{pd\varepsilon} - \frac{d\mu}{\mu d\varepsilon}, \quad (1)$$

Burada ρ - materialın xüsusi müqaviməti, p , μ - yükdaşıyıcıların konsentrasiyası və yürüklüyüdür, ε - nisbi deformasiyadır.

(1) ifadəsinə əsasən dərin aşqar səviyyəli yarımkəcəricilərdə tenzohəssaslıq əmsali aşqarsız materialdakına nisbətən əhəmiyyətli dərəcədə aşağı ola bilər. Yarımkəcəricidə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası deformasiya ilə dəyişərsə $\frac{dp}{pd\varepsilon}$ və $\frac{d\mu}{\mu d\varepsilon}$ üzvlər müxtəlif işarə alır.

Metal fazonın matrisada mövcudluğu tenzorezistiv xassələrdə anizotropluq yaratdığına görə belə heterogen sistemlərdə tenzorezistivliyin mexanizminin izahında matrisanın və metal qatmaların xassələri ilə yanaşı, fazalar arasında yaranan kontakt hadisələrini nəzərə almaq lazımdır. Fazalararası sərhəddə elektrik yükünün yenidən paylanması da həmçinin göstərilən xassələrə təsir edə bilər.

$\text{GaSb-CoGa}_{1,3}$ evtektikası əsasında tenzomüqavimət üçün tenzohəssaslığın temperatur əmsalının $\text{GaSb-FeGa}_{1,3}$ kompozitinə nisbətən azalması ola bilsin ki, metal qatmaların kiçik ölçүyə və böyük sıxlığa malik olması ilə bağlıdır.

Hazırlanmış tenzomüqavimətlərin xarakteristikaları və onların tətbiq sahələri

Qeyd etmək lazımdır ki, tenzomüqavimətlər üç-dörd dəfə qızdırılıb-soyudularaq parametrlər stabilleşmiş və sonra ölçülər aparılmışdır. Tenzomüqavimətlərin sınaqları göstərmişdir ki, onlar $\varepsilon=1,2 \times 10^{-3}$ nis.vah. deformasiyanın 10^6 dövrünə tab gətirir, qırılmır, çat əmələ gəlmir və vibrasiyaya, zərbələrə davam gətirir. Eyni partiyadan hazırlanmış 12 ədəd tenzomüqavimətin müqavimətində və tenzohəssaslıq əmsallarında yaranan fərq 10%-dən çox olmamışdır.

Hazırlanmış tenzomüqavimətlərin xarakteristikaları aşağıda verilmişdir.

	GaSb-FeGa _{1,3}	GaSb-CoGa _{1,3}
Defomasiya həddi (nisbi vahid)	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}
Tenzohəssaslıq əmsalı (290 K-də)	35 ± 5	24 ± 5
Tenzohəssaslığının temperature əmsalı (K^{-1})	0,002	0,0008
Normal işçi cərəyan (mA)	10	10
Tenzoelementin ölçüləri (mm)	$7 \times 0.2 \times 0.08$	$7 \times 0.2 \times 0.08$
İşçi temperatur	$200 \div 400K$	$200 \div 400K$

Beləliklə, GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitləri əsasında geniş elastiki deformasiyada ($1.2 \times 10^{-3} n.v$) və 200-400K temperatur bölümündə işləyən xətti, histerezissiz və termostabil xarakteristikallı sensorlar yaradılmışdır. GaSb əsasında tenzoelementlər müqayisədə onlar kövrək deyil, daha aşağı tenzohəssaslığının temperatur əmsalına malikdir, deformasiya həddi 2.5 dəfə çoxdur. GaSb-CoGa_{1,3} əsasında tenzomüqavimətlər GaSb-FeGa_{1,3} nisbetən daha aşağı (2.5 dəfə) tenzohəssaslığının temperatur əmsalına malikdir.

GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitləri əsasında yaradılan tenzomüqavimətlərin ölçü texnikasında istifadəsi ölçünün sürətini və dəqiqliyini artıracaq, termokompensasiya üçün əlavə sxemə ehtiyac qalmadığından qurğuların dəyərini aşağı salacaq. Belə tenzomüqavimətlər neft maşınqayırmasında dərinlik nasoslarının diametrinə nəzarət üçün, aviasiya sənayesində təyyarələrin konstruksiya elementlərinin möhkəmliyinin sınağında, maşın və mexanizmlərin fırlanan hissələrində deformasiya və gərginliyin ölçülməsində, dinamik və statik rejimdə maşınların ötürmə vallarında burulma momentinin ölçülməsində tətbiq oluna bilər.

2	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli) 100%
3	Hesabat dövründə alınmış elmi nəticələr (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrubi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir) <ul style="list-style-type: none"> Rentgen-faza analizi əsasında GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} kompozitlərin 97%-inin matrisadan, 3%-inin metallik fazadan ibarət olduğu müəyyən olmuşdur. Temperaturdan asılı olaraq sistemdə heç bir quruluş dəyişikliyi baş vermir. Darayıçı elektron mikroskopundan (SEM) alınmış görünüşlər göstərir ki, hər iki kompozitdə metal qatmalar matrisa içərisində iynələr şəklində paralel düzülür. GaSb-FeGa_{1,3} kompozitində iynələr uzundur ($20\text{-}150\mu\text{m}$), və paralellik daha mükemməldir, metal iynələr ətrafında kəskin fazalararası zona müşahidə olunur. GaSb-CoGa_{1,3} kompozitində qatmalar qıсадır ($5\text{-}20\mu\text{m}$) və bəzi bölgələrdə paralelliyin pozulması müşahidə olunur, fazalararası zona kəskin deyil. GaSb-CoGa_{1,3} kompozitində fazalararası sərhədin o qədər də kəskin olmaması, çox güman ki, matrisanın və metal qatmaların hər ikisinin kubik quruluşa malik olması ilə bağlıdır. Atom qüvvət mikroskopundan (AFM) alınmış təsvirlər və profiloqrammalar göstərir ki, FeGa_{1,3}, qatmaların daxil olduğu səth daha relyeflidir və onun ölçüləri nano-miqyasıdır. Müəyyən olunmuşdur ki, GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitlərin mikrostrukturunda aşkarlanmış kəskin fazalararası zona onların kinetik parametrlərin anizotropluğunda əhəmiyyətli rol oynayır. GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitləri əsasında xətti, histerezissiz, termostabil xarakteristikallı tenzomüqavimətlər yaradılmışdır. Göstərilmişdir ki, metal qatmaların ölçülərini, formasını və sıxlığını dəyişərək onların tenzo xarakteristikalarını idarə etmək mümkündür.

4 Layihə üzrə elmi nəşrlər (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmaller, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, Impact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiqlik olaraq göstərilməlidir) (*surətlərinin kağız üzərində və CD şəklində əlavə etməli!*)

İki məqalə - AMEA-nın Xəbərləri (2012, nö2, s25) və **Aviasiya Milli Akademiyasının Elmi Məcmüələrində** (2012, nö1, s.6) dərc edilmiş, "Crystallography Report" jurnalında 1 məqalə 2012-ci ilin 7-ci nömrəsində dərc olunacaq (korrektə olunmuş), 1 məqalə isə "Sensors and Actuators A, Physical" jurnalına göndərilmişdir. 1 tezis "6th International conference on materials science and condensed matter physics, Chisinau 2012, p155" dərc olunmuşdur. Konfransda məruzə olunmuş material dərc olunmaq üçün "Surface Engineering and Applied Electrochemistry" jurnalına qəbul edilmişdir.

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər
(burada doldurmali)

6 Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmcinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiqlik göstərilməlidir)

Izmir Yüksek Texnoloji Institutu, Izmir, Türkiye

18.06.2012 - 26.06.2012

Izmir Yüksek Texnoloji Institutun "Fizika", "Maddələrin Araşdırma Mərkəzi" və "Maşın mühəndisliyi" bölmələrində mövcud olan avadanlıqlar və aparılan elmi tədqiqatlarla tanışlıq. Maşın mühəndisliyi bölmələrində keramik kompozitlərdə aparılan tədqiqatlarla tanışlıq. Fizika Bölməндə "Princeton instruments monovita Raman Spectrometer" cihazı və "Vertex 80V vacuum FT-IR Spectrometer" cihazın iş prinsipi ile tanışlıq. "Maddələrin Araşdırma Mərkəzində" Darayıcı elektron mikroskopunda (SEM) layihədə nəzərdə tutulan kompozitlərin mikrostrukturunu və element tərkibi müəyyən olunmuşdur.

7 Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)
(burada doldurmali)

8 Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak
(burada doldurmali)

9 Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərilməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq)

MSCMP - 2012 ("6th International conference on materials science and condensed matter physics, Chisinau 2012") konfransında "Structural features and electrical conductivity of the GaSb-FeGa_{1.3} and GaSb-CoGa_{1.3} eutectic composites" mövzusunda divar məruzəsi.

10 Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları

Layihədə nəzərdə tutulan fiziki parametrlərin dəqiqlik ölçüməsi üçün nanovoltmetr (Keythley firması) və rəqəmsal ossiloqraf, tester və Co, Mn elementlərinin alınması nəzərdə tutulmuşdur. Hələlik heç bir cihaz və material alınmamışdır.

Layihədə nəzərdə tutulan mikrostruktur tədqiqatları Türkiyənin İzmir Texnologiya Institutunda müasir elektron mikroskopunda və rentgen spektrometrində aparılmışdır. AFM (atom qüvvət mikroskopu) tədqiqatları Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasında aparılmışdır.

11	Yerli həmkarlarla əlaqələr
	Aviasiya Akademiyasının əməkdaşları ilə əlaqə yaradılmış və tədqiq olunan maddələrin səthinin relyefi orada mövcud olan Atom qüvvət Mikroskopunda öyrənilmişdir.
12	Xarici həmkarlarla əlaqələr
	İzmir Texnologiya İnstitutunun Fizika, Maddələrin Araşdırma Mərkəzi və Maşın mühəndisliyi bölmələrinin əməkdaşları ilə sıx əlaqə yaradılmışdır. Gələcəkdə kompozitlərin optik xassələrinin öyrənilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Belarus Elmlər akademiyasının "Materialşunaslıq" mərkəzi ilə əlaqə yaradılmışdır. Mürəkkəb birləşmələrin nazik təbəqələrini almaq üçün orada yaradılmış texnologiya ilə tanış olmuşdur, gələcəkdə birgə layihələrdə iştirak edərək evtektik kompozitlərin maqnit xassələrinin öyrənilməsi, onların nazik təbəqələrinin alınması və tədqiqi nəzərdə tutulmuşdur.
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa) (burada doldurmali)
14	Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa) (burada doldurmali)
15	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa) (burada doldurmali)
16	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərilməlidir) (burada doldurmali)

SİFARIŞÇI:
Elmin İnkışafı Fondu

Baş məsləhətçi
Həsənova Günel Cahangir qızı

(imza)

"— 201-ci il

Baş məsləhətçi

Babayeva Ədilə Əli qızı

Ədil

(imza)

"20 09 201-ci il

İCRAÇI:
Layihə rəhbəri
Əliyev Məqsud Əsfəndiyarovıç

(imza)

"26 sentyabr 201-ci il



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkışafı Fondunun elmi-tədqiqat programlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə 2011-ci ilin 1-ci müsabiqəsinin (EIF-2011-1(3)) qalibi olmuş və yerinə yetirilmiş layihə üzrə

ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQİQATLARDADA İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA MƏLUMAT VƏRƏQİ (Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: Yeni yarımkəcərıcı termostabil tenzomüqavimətlərin yaradılması və tətbiq imkanları
Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Əliyev Maqsud Əsfəndiyarovıç

Qrantın məbləği: 35 000 manat

Layihənin nömrəsi: EIF-2011-1(3)- 82/05-M-27

Müqavilənin imzalanma tarixi: 28 sentyabr 2011-ci il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 12 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 1 oktyabr 2011-ci il – 1 oktyabr 2012-ci il

1. Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1 Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası

Alınan əsas təcrübi nəticələr: Müəyyən olunmuşdur ki, GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitlərin mikrostrukturunda aşkarlanmış kəskin fazalararası zona onların kinetik parametrlərin anizotropluğunda əhəmiyyətli rol oynayır; metal fazanın ölçülərini və formasını dəyişməklə onların fiziki parametrləri idarə oluna bilər.

GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitləri əsasında geniş elastiki deformasiyada ($1,2 \times 10^{-3}$ n.v) və 200-400K temperatur bölümündə işləyən xətti, histerezissiz və termostabil xarakteristikalı tenzoelementlər yaradılmışdır.

Məlum analoqlar ilə müqayisə: Hazırda tenzometriyada Silisium, SmS və GaSb birləşməsi əsasında tenzoelementlər daha çox istifadə olunur. Temperaturdan asılı olaraq tenzohəssaslığın güclü və qeyri xətti dəyişməsi onların əsas mənfi cəhətidir. Belə

tensomüqavimətlər 200-400K bölümündə işləyərkən kompensasiya edici sxemlərdən istifadə olunur. Bu isə onların dəyərini yüksəldir, məhsulun istehsalını məhdudlaşdırır.

GaSb monokristalları zona quruluşuna görə tenzometrik tədqiqatlar üçün maraqlı yarımkəciri materialdır və onun əsasında yaradılan tenzomüqavimətlər yüksək tenzohəssaslığa malikdir. Lakin, tenzohəssaslığın temperatur əmsalının böyük olması, və GaSb-un kövrəkliyi onların sensor kimi yüksək temperatur və deformasiyalarda tətbiqini çətinləşdirir.

Layihədə GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitləri əsasında yaradılan tenzoelementlər GaSb əsasındaki tenzoelementlərlə müqayisədə kövrək deyil, daha aşağı tenzohəssaslığın temperatur əmsalına malikdir, deformasiya həddi 2.5 dəfə çoxdur.

GaSb-CoGa_{1,3} əsasında tenzomüqavimətlər GaSb-FeGa_{1,3} nisbətən daha aşağı (2.5 dəfə) tenzohəssaslığın temperatur əmsalına malikdir.

2

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrubi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sisteminə tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

(burada doldurmali)

2. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1

Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönlü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

1) GaSb-FeGa_{1,3} və GaSb-CoGa_{1,3} evtektik kompozitləri əsasında yaradılan tenzomüqavimətlərin ölçü texnikasında istifadəsi ölçünün sürətini və dəqiqliyini artıracaq, termokimpensasiya üçün əlavə sxemə ehtiyac qalmadığından qurğuların maya dəyərini aşağı salacaq.

Belə tenzomüqavimətlər neft maşınqayırmasında dərinlik nasoslarının diametrinə nəzarət üçün, aviasiya sənayesində təyyarələrin konstruksiya elementlərinin möhkəmliyinin sınağında, maşın və mexanizmlərin fırlanan hissələrində deformasiya və gərginliyin ölçülülməsində, dinamik və statik rejimdə maşınların ötürmə vallarında burulma momentinin ölçülülməsində tətbiq oluna bilər.

2) GaSb-FeGa kompozitin mikrostruktur tədqiqatları göstərdi ki, Fe atomlarının fazalar arası zonada lokallaşması, həmçinin, deşiklərin yürüklüğünün kifayət qədər böyük olması bu maddənin az qatılıqlı maqnit material kimi spintronik cihazlarda istifadə üçün perspektivli sayıyla bilər. Ona görə də onlarda maqnit xassələrin və müxtəlif rezonans hadisələrin öyrənilməsi gələcək tədqiqatların əsasını təşkil edəcəkdir.

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkışafı Fondu

Baş məsləhətçi

Həsənova Günel Cahangir qızı

(imza)

"—" 201_-ci il

Durdanlızova X. N.

Baş məsləhətçi

Babayeva Ədilə Əli qızı

ƏL

(imza)

"26" 03 2012-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Əliyev Maqsud Əsfəndiyaroviç

M. M.

(imza)

"26" sentyabr 2012-ci il



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkışafı Fonduun
elmi-tədqiqat programlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin
maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə
2011-ci ilin 1-ci müsabiqəsinin (EIF-2011-1(3)) qalibi olmuş
və yerinə yetirilmiş layihə üzrə

ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT (Qaydalar üzrə Əlavə 17)

Layihənin adı: Yeni yarımkəcərici termostabil tenzomüqavimətlərin yaradılması və tətbiq imkanları
Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Əliyev Maqsud İsfəndiyarovıç

Qrantın məbləği: 35 000 manat

Layihənin nömrəsi: EIF-2011-1(3)- 82/05-M-27

Müqavilənin imzalanma tarixi: 28 sentyabr 2011-ci il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 12 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 1 oktyabr 2011-ci il – 1 oktyabr 2012-ci il

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

1. Elmi əsərlər (sayı-3)

№	Tamlıq dərəcəsi Elmi məhsulun növü	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Monoqrafiyalar həmçinin, xaricdə çap olunmuş			

2.	Məqalələr həmçinin xarici nəşrlərdə	<p>1. Термостабильные тензорезисторы на основе эвтектического композита GaSb-CoGa_{1.3}. Milli Aviasiyanın Elmi məcmüələri, 2012, 14, nö1, s.6-11.</p> <p>2. GaSb-FeGa_{1.3} və GaSb-CoGa_{1.3} evtektik kompozitlərin rentgen-qrafik və mikrostruktur tədqiqi. AMEA-nın Xəbərləri, FRTE seriyası, 2012, nö2, s.25-30.</p>	<p>Influence of doping on the microstructure and kinetic parameters of GaSb-FeGa_{1.3} Crystallography Reports, 2012, 57, no7, pp51-54.</p>	Tensoresistors on the base of GaSb-CoGa _{1.3} eutectic composite. Sensors and actuators
3.	Konfrans materiallarında məqalələr O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında			
4.	Məruzələrin tezisləri həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	<p>CPPP16P Structural and electrical conductivity of the GaSb-FeGa_{1.3} and GaSb-CoGa_{1.3} eutectic composites</p> <p>6th International conference on materials science and condensed matter physics, Chisinau 2012, p155</p>		
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)			

2. İxtira və patentlər (sayı)

Nö	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə			
2.	İxtira			
3.	Səmərələşdirici təklif			

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

Nö	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plenar, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	6th International conference on materials science and condensed matter physics, Chisinau 2012, p155	beynəlxalq	divar	1
2.				
3.				

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Həsənova Günel Cahangir qızı

(imza)

"— " 201—-ci il

26 sentyabr 2012

Baş məsləhətçi

Babayeva Ədilə Əli qızı

(imza)

"26 09 2012-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Əliyev Maqsud Əsfəndiyarovıç

Maqsud Əliyev

(imza)

"26 sentyabr 2012-ci il