



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

Azərbaycan Elm Fondunun
2022-ci il üçün ƏSAS qrant müsabiqəsinin
(AEF-MCG-2022-1(42)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq
(rüblük olaraq 3-cü mərhələ)

ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Metal xalkogenidləri və pniktidləri əsasında yeni maqnit xassəli Dirak materiallarının axtarışı, dizaynı və tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Babanlı Məhəmməd Baba oğlu**

Qrantın məbləği: **180 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2022-1(42)-12/10/4-M-10**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **30 mart 2023-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2023-cü il - 01 may 2025-ci il**

Layihənin III mərhələ üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

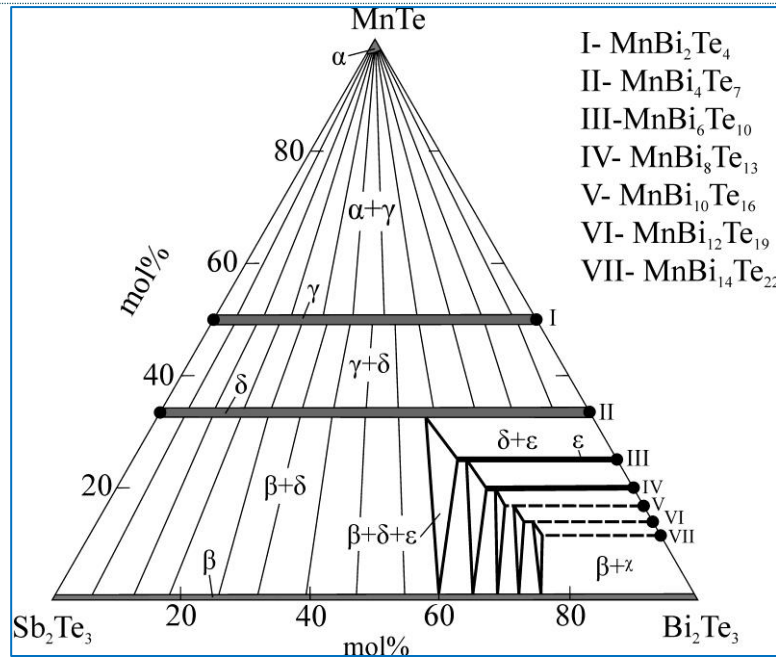
1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**

(burada doldurmalı)

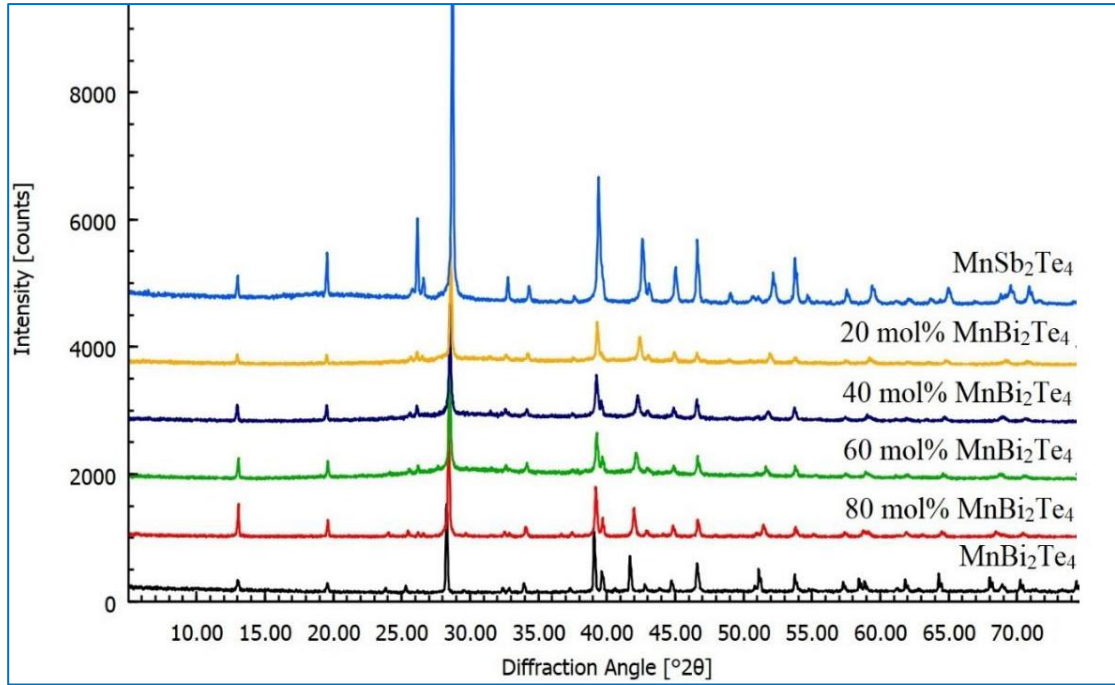
Hesabat dövründə (layihə üzrə 7-9 aylar) tərkibi və xassələri tənzimləyə bilən yeni maqnetik topoloji izolyator (MTI) fazalarının axtarışı məqsədilə $MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ kvaziüçlü və $Mn, Bi//Se, Te$ qarşılıqlı sistemlərində faza tarazlıqları öyrənilmişdir. Tədqiqatlar aparmaq üçün həmin sistemlərin müxtəlif tərkibli birləşmə və xəlitələri sintez olunmuş və termiki emaldan keçirilmişlər.

Tədqiq edilən sistemlərin 300 K-də bərkfaza tarazlıqları diaqramları həmçinin həcmi T-x-y diaqramlarının bir sıra politermik kəsikləri qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, $MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ sistemində $MnBi_2Te_4$ və $MnBi_4Te_7$ birləşmələri əsasında $Bi \leftrightarrow Sb$ əvəzləməli fasiləsiz bərk məhlul sıraları mövcuddur (**Şəkil 1**).

Şəkil 2-də $MnSb_2Te_4-MnBi_2Te_4$ kəsiyi üzrə bəzi nümunələrin toz difraktoqramları verilir. Göründüyü kimi, başlanğıc birləşmələr də daxil olmaqla bütün nümunələr keyfiyyətcə eyni difraksiya mənzərəsinə malikdirlər. Bu, sistemdə fasiləsiz bərk məhlullar əmələgəlməsini sübut edir. Toz difraktoqramları əsasında birləşmə və bərk məhlulların kristal qəfəs parametrləri hesablanmışdır (**Cədvəl**).



Şəkil 1. MnTe-Sb₂Te₃-Bi₂Te₃ kvaziüçlü sisteminin 300 K-də bərkfaza tarazlıqları diaqramı



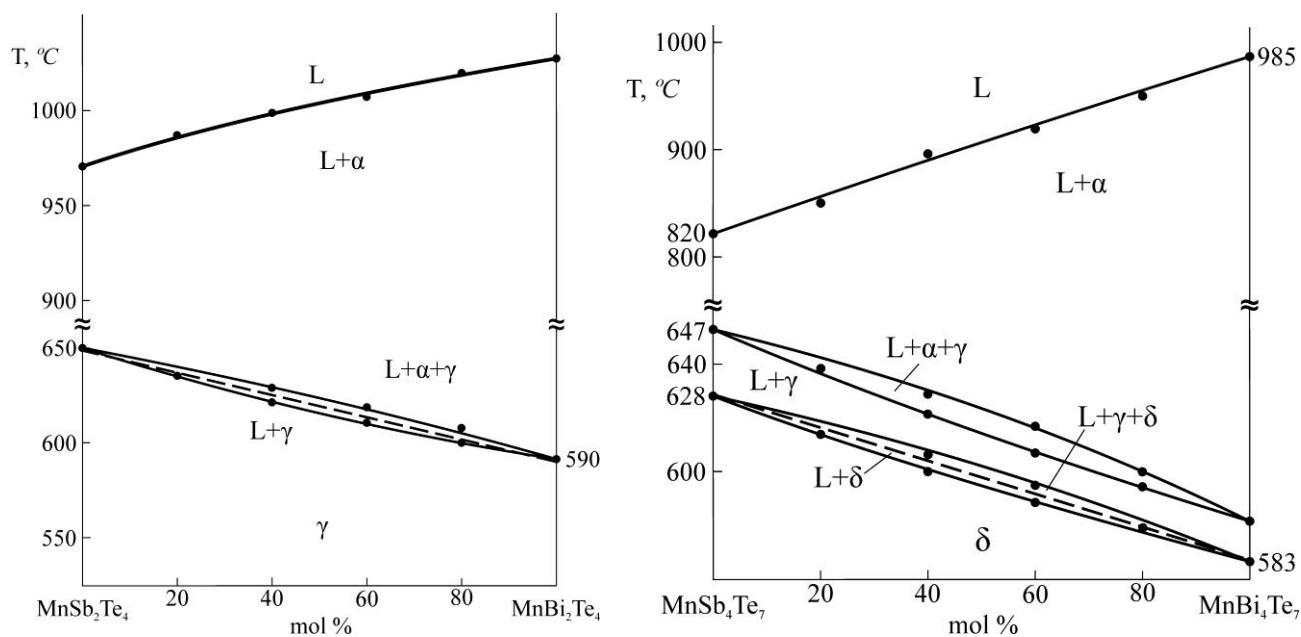
Şəkil 2. MnSb₂Te₄-MnBi₂Te₄ kəsiyi üzrə bəzi nümunələrin toz difraktoqramları

MnTe-Sb₂Te₃-Bi₂Te₃ sistemində MnBi₆Te₁₀ və MnBi₈Te₁₃ birləşmələri əsasında geniş bərk məhlul sahələri aşkar olunmuşdur. Aldığımız ilkin nəticələr göstərir ki, homoloji sıranın bismutla daha zəngin birləşmələrində də (**Şəkil 1-də** IV-VII birləşmələri) bismut atomlarının müəyyən hissəsi stibiumla əvəz olunur. Lakin onların homogenlik sahələri dəqiq təyin edilməmişdir (**Şəkil 1**).

Cədvəl. MnSb_2Te_4 - MnBi_2Te_4 kəsiyi üzrə birləşmə və bərk məhlulların kristal qəfəs parametrləri

Composition, mol%	Crystal system	Space group	Lattice constants, Å	
			<i>a</i>	<i>c</i>
MnSb_2Te_4	Trigonal	<i>R-3m</i>	4.2445(2)	40.862(3)
20 mol% MnBi_2Te_4	Trigonal	<i>R-3m</i>	4.2587(6)	40.878(6)
40 mol% MnBi_2Te_4	Trigonal	<i>R-3m</i>	4.2738(7)	40.885(2)
60 mol% MnBi_2Te_4	Trigonal	<i>R-3m</i>	4.2927(2)	40.898(2)
80 mol% MnBi_2Te_4	Trigonal	<i>R-3m</i>	4.3087(1)	40.910(7)
MnBi_2Te_4	Trigonal	<i>R-3m</i>	4.3304(4)	40.919(4)

Şəkil 3-də fasiləsiz əvəz olunma bərk məhlulları əmələ gətirən MnSb_2Te_4 - MnBi_2Te_4 və MnSb_4Te_7 - MnBi_4Te_7 kəsiklərin faza diaqramları verilir. Göründüyü kimi hər iki politermik kəsik qeyri-kvazibinardır və tərkibcə onların T-x müstəvilərindən kənarında olan fazaların kristallaşması ilə xarakterizə olunur. Lakin, mürəkkəb kristallaşma prosesləri bircinsli γ və δ fazaların əmələgəlməsilə yekunlaşır.



Şəkil 3. MnSb_2Te_4 - MnBi_2Te_4 və MnSb_4Te_7 - MnBi_4Te_7 sistemlərinin faza diaqramları

Mn, Bi/Se, Te qarşılıqlı sistemində isə tellurid birləşmələri əsasında geniş $\text{Te} \leftrightarrow \text{Se}$ əvəzləməli bərk məhlul sahələri aşkar edilmişdir. Hər iki sistemdə aşkar olunmuş yeni bərk məhlul nümunələri sintez və identifikasiya olunmuşlar.

Alınmış bir sıra bərk məhlul nümunələri növbəti mərhələdə maqnit xassələrinin tədqiqi üçün Tbilisi Dövlət Universitetinə təqdim ediləcəkdir.

	<p>üçün, faizlə qiymətləndirməli) (burada doldurmalı)</p> <p>100 %. İşlər tam həcmdə yerinə yetirilmişdir. Əlavə olaraq maqnit ölçmələri üçün nümunələr sintez olunmuşdur.</p>
3	<p>Hesabat dövründə alınmış elmi nəticələr, onların yenilik dərəcəsi (burada doldurmalı)</p> <p>Hesabat dövründə ilk dəfə olaraq $MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ kvaziüçlü və $3MnSe+Bi_2Te_3 \leftrightarrow 3MnTe+Bi_2Se_3$ qarşılıqlı sistemlərində faza tarazlıqlarının etibarlı mənzərələri alınmışdır.</p> <p>Hər iki sistemin bərkfaza tarazlıqları diaqramı, onların bir sıra şaquli və üfqi kəsikləri qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, $MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ sisteminin $MnSb_2Te_4-MnBi_2Te_4$ və $MnSb_4Te_7-MnBi_4Te_7$ kəsikləri üzrə fasiləsiz digər üçlü birləşmələri əsasında isə geniş əvəzlənmə bərk məhlulları əmələ gəlir.</p> <p>Alınmış yeni fazaların fərdiliyi və laylı quruluşa malik olması RFA və SEM üsulları ilə təsdiq edilmiş, onların kristal qəfəs tipləri müəyyən olunmuş və qəfəs parametrləri hesablanmışdır. Aşkar edilmiş yeni dəyişən tərkibli fazalar potensial maqnetik topoloji izolyator materialları kimi praktiki əhəmiyyət kəsb edir.</p> <p>Alınmış elmi nəticələr yenidir və müvafiq dəyişən tərkibli fazaların istiqamətli sintezi və monokristallarının yetişdirilməsi üçün istifadə ediləcəkdir.</p>
4	<p>Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar (burada doldurmalı)</p> <p>Bu mərhələdə tədqiqatlar differensial termiki analiz (DTA), rentgenfaza analizi (RFA), və skanedici elektron mikroskopiya (SEM) üsulları ilə aparılmışdır. DTA "NETZSCH 404 F1Pegasus system" və "Termoskan – 2" cihazlarında aparılmışdır. Nümunələrin toz difraktoqramları Almaniyanın Bruker firmasının D8 ADVANCE və D2 Phaser cihazlarında çəkilmiş və müvafiq difraktometrlerin kompüter təminatı proqramları ilə analiz edilmişdir. SEM analizi JEOLJSM-7600FJEOLJSM-7600F markalı skanedici elektron mikroskopunda aparılmışdır.</p>
5	<p>Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) (surətlərini əlavə etməli!) (burada doldurmalı)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bairamova U.R., Babanly K.N., Mashadiyeva L.F., Yusibov Y.A., Babanly M.B. Phase Equilibria in the $Cu_2Se-Cu_8SiSe_6-Cu_8GeSe_6$ System. <i>Russ. J. Inorg. Chem.</i>, 2023, v. 68, p. 1611–1621. https://link.springer.com/article/10.1134/S0036023623602027 (https://doi.org/10.1134/S0036023623602027) 2. Bayramova U.R., Babanly D.M., Mashadiyeva L.F., Akhmedov E.I., Babanly M.B. Calorimetric study of phase transition of the Cu_8GeSe_6 and comparison with other argyrodite family compounds // <i>Chemical Problems</i>, 2023, No 4 (21), p. 396-403 https://chemprob.org/wp-content/uploads/2023/10/396-403.pdf (https://doi.org/10.32737/2221-8688-2023-4-396-403) 3. Aghazade A.I., Rustamova S.M., Gojayeva I.M., Orujlu E.N., Babanly D.M., Mammadov A.N. Multi-3D modeling of phase diagram of $PbTe-Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ system // <i>Chemical Problems</i>, 2023, No 4 (21), p.353-360. https://chemprob.org/wp-content/uploads/2023/09/353-360.pdf (https://doi.org/10.32737/2221-8688-2023-4-353-360)
6	<p>İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər (burada doldurmalı)</p>

	Hesabat dövründə layihə üzrə ixtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər olmamışdır.
7	Layihə üzrə ezamiyyətlər (burada doldurmalı) Layihə rəhbəri prof. M.B.Babanlı 4-9 dekabr 2023 il tarixində Gürcüstanın Tbilisi şəhərində İvan Cavaxişvili ad. Tbilisi Dövlət Universitetində ezamiyyətdə olmuşdur
8	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (burada doldurmalı) Layihə üzrə elmi ekspedisiya nəzərdə tutulmamışdır.
9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak (burada doldurmalı) İştirak edilməmişdir.
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar) (burada doldurmalı) Layihə mövzusu üzrə elmi seminar keçirilmiş və alınmış bir sıra nəticələr müzakirə edilmişdir.
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar (burada doldurmalı) Hesabat dövründə layihədə nəzərdə tutulmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar hələlik alınmamışdır.
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr (burada doldurmalı) Layihə üzrə bəzi tədqiqatlar Bakı və Gəncə Dövlət Universitetlərinin əməkdaşlarının iştirakı ilə aparılmışdır.
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr (burada doldurmalı) Layihə üzrə tədqiqatlar Rusiya və Gürcüstandan olan həmkarlarımızla sıx əlaqələr şəraitində yerinə yetirilir.
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (burada doldurmalı) Layihə mövzusu üzrə tədqiqatlara Kataliz və qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun və Bakı Dövlət Universitetinin magistrant və doktorantları cəlb olunmuşlar, onlar elmi seminarlarda və dəyirmi masalarda iştirak edirlər
15	Sərgilərdə iştirak (burada doldurmalı) Sərgilərdə iştirak edilməyib.
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (burada doldurmalı) Layihənin yerinə yetirilməsi gedişində xarici və yerli həmkarlarla mütəmadi təcrübə mübadiləsi aparılır.
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (burada doldurmalı) Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. yoxdur.

Layihə rəhbərinin imzası _____ Babanlı Məhəmməd Baba oğlu

Tarix _____