



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 1-ci 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**

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 I mərhələ üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

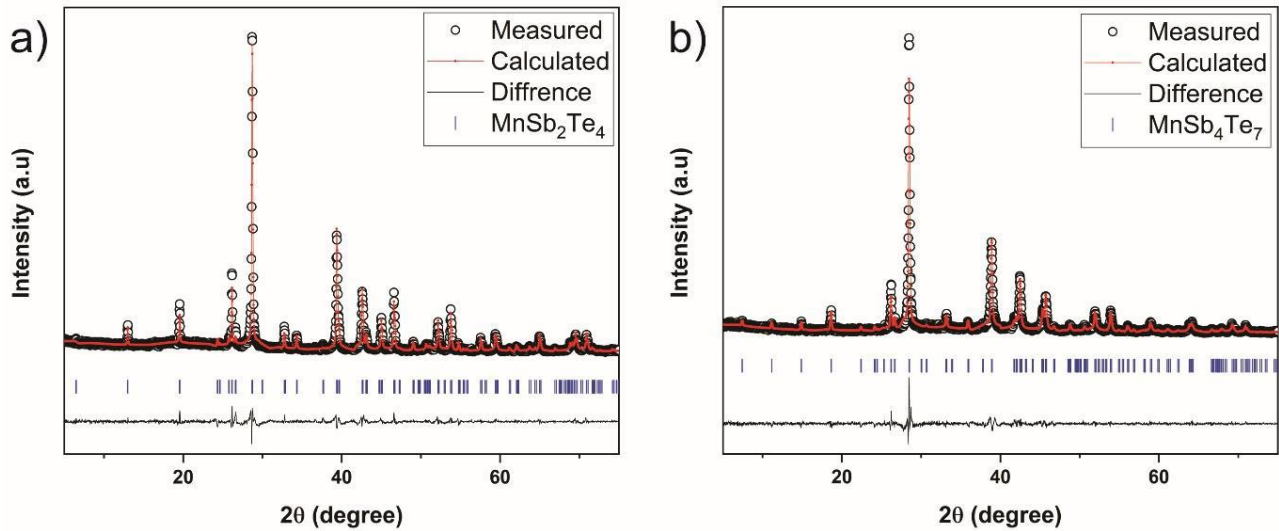
1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**

(burada doldurmalı)

Hesabat dövründə (layihə üzrə 1-6 aylar) maqnetik topoloji izolyator (MTİ) xassəli yeni fazaların axtarışı məqsədilə üçlü Mn-Sb-Te, Mn-Bi-Te, kvaziüçlü MnTe-GeTe-Sb₂Te₃, MnTe-Sb₂Te₃-Bi₂Te₃ və qarşılıqlı Mn, Bi//Se, Te sistemlərində müxtəlif tərkibli birləşmə və xəlitələr sintez olunmuş və termiki emaldan keçirilmişlər. Bu dövrdə həmçinin tədqiqat obyektlərinə və oxşar sistemlərə aid yeni ədəbiyyat məlumatları toplanmış və araşdırılmışdır.

Qeyd edilən üçlü sistemlərin MnTe-Sb₂Te₃-Te və MnTe-Bi₂Te₃-Te tərkib sahələrində, həmçinin MnTe-GeTe-Sb₂Te₃ kvaziüçlü sistemində faza tarazlıqları öyrənilmiş, həmin sistemlərin faza diaqramlarının bir sıra politermik və izotermik kəsikləri, həmçinin likvidus səthlərinin proyeksiyaları qurulmuşdur. Üçlü sistemlərdə MnB^V₂Te₄, MnB^V₄Te₇, MnB^V₆Te₁₀ (B^V-Sb, Bi), MnBi₈Te₁₃, MnBi₉Te₁₆ tərkibli birləşmələrin emələ gəlməsi müəyyən edilmiş, onlar DTA, RFA və SEM üsulları ilə xarakterizə edilmişlər.

Şəkil 1-də MnSb₂Te₄, MnSb₄Te₇ birləşmələrinin toz difraktoqramlarının Ritveld dəqiqləşdirilməsi görünüşləri, **Cədvəldə** isə həmin birləşmələrinin kristalloqrafik göstəriciləri verilir.



Şək. 1. MnSb_2Te_4 və MnSb_4Te_7 birləşmələrinin toz difraktoqramlarının Ritveld dəqiqləşdirilməsi görünüşləri.

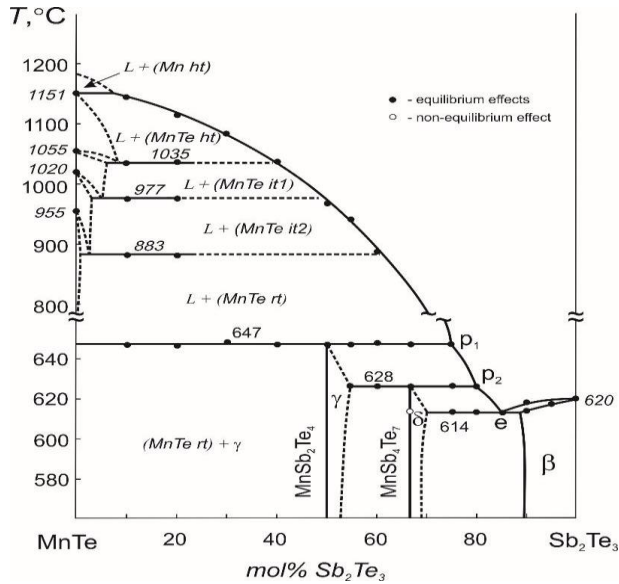
Cədvəl. MnSb_2Te_4 və MnSb_4Te_7 birləşmələrinin kristalloqrafik göstəriciləri.

Birləşmə	MnSb_2Te_4	MnSb_4Te_7
Fəza qrupu	R-3m (no. 166)	P-3m1 (no. 164)
Z	3	1
Temperatur (K)	293	293
Qəfəs parametrləri: a (Å)	4.2445(2)	4.2513(3)
c (Å)	40.862(3)	23.761(4)
Elem.qəfəs həcmi (Å ³)	637.534	371.9108
RBreqq%	2.67	1.35
Süa	CuK α 1	CuK α 1

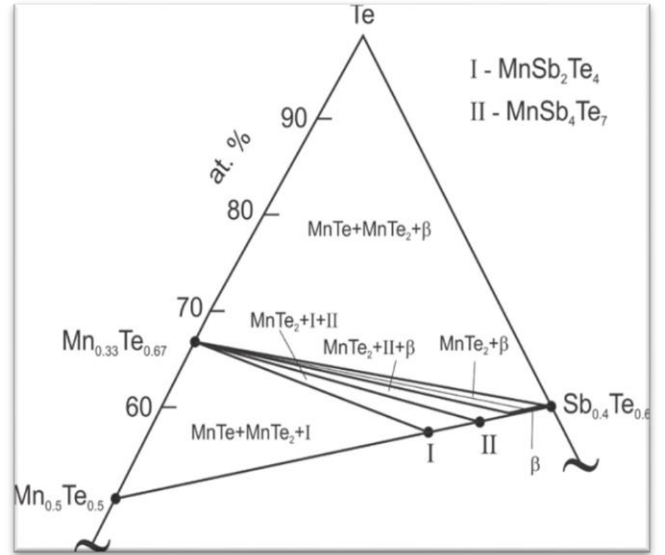
DTA və RFA üsulları ilə $\text{MnTe-Sb}_2\text{Te}_3$ sisteminin faza diaqramı qurulmuşdur (**Şək.2**). Göründüyü kimi sistem kvazibinardır və iki üçlü birləşməyə malikdir. MnSb_2Te_4 və MnSb_4Te_7 birləşmələrinin hər ikisi peritektik reaksiya üzrə parçalanmaqla əriyirlər. Peritektika temperaturları, müvafiq olaraq, 647 və 628 K-dir. MnSb_4Te_7 birləşməsi Sb_2Te_3 əsasında bərk məhlullarla evtektik tarazlıqdadır. Evtektik qarışıq 614 K temperaturda əriyir. Faza diaqramından həmçinin görünür ki, hər iki üçlü birləşmə əsasında məhdud həllolma sahəsi mövcuddur. İlkin birləşmələr əsasında da məhdud həllolma sahələri əmələ gəlir. MnTe birləşməsinin müxtəlif modifikasiyaları əsasında bərk məhlulların əmələgəlməsi onun polimorf çevrilmə temperaturlarını azaldır və 1035, 977 və 883 K-də metatektik tarazlıqlar yaranır.

Hesabat dövründə həmçinin, $\text{MnTe-Sb}_2\text{Te}_3\text{-Te}$ sistemində bərkfaza tarazlıqları xarakteri müəyyən edilmiş və sistemin bərkfaza tarazlıqları diaqramı qurulmuşdur (**Şək.3**). Qurulmuş diaqramdan görünür ki, MnTe_2 birləşməsi və sistemdə əmələgələn hər iki üçlü birləşmə solidusdan aşağıda Sb_2Te_3 əsasında bərk məhlullarla konnod əlaqəsindədir. Bu məlumatlar

növbəti mərhələlərdə üçlü birləşmələrin EHQ üsulu ilə termodinamik tədqiqində istifadə ediləcəkdir.



Şək. 2. MnTe-Sb₂Te₃ sisteminin faza diaqramı.



Şək.3. MnTe-Sb₂Te₃-Te sisteminin 450 K-də bərkfaza tarazlıqları diaqramı

MnTe-GeTe-Sb₂Te₃ kvaziüçlü sisteminin tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, MnSb₂Te₄ və MnSb₄Te₇ birləşmələri ilə onların germanium analogları arasında fasiləsiz əvəzlənmə bərk məhlulları əmələ gəlir. Həmin bərk məhlulların seçmə nümunələri sintez və identifikasiya olunmuşlar.

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

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)

(burada doldurmalı)

100 %. İşlər tam həcmdə yerinə yetirilmişdir. Əlavə olaraq maqnit ölçmələri üçün nümunələr sintez olunmuşdur.

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi

(burada doldurmalı)

Hesabat dövründə ilk dəfə olaraq MnTe-Sb₂Te₃-Te, MnTe-Bi₂Te₃-Te və MnTe-GeTe-Sb₂Te₃ sistemlərində faza tarazlıqlarının tam mənzərələri alınmışdır. Hər üç sistemin həcmi T-x-y diaqramı, onların şaquli və izotermik kəsikləri qurulmuş, Maqnetik topoloji izolyator xassələri göstərəcəyi gözlənilən yeni birləşmə və fazalar alınmışdır. Qurulmuş faza diaqramları həmin birləşmə və bərk məhlulların istiqamətli sintezinin elmi əsaslarını təşkil edir.

Aşkar edilmiş yeni MnSb₂Te₄, MnSb₄Te₇ və MnSb₆Te₁₀ birləşmələri, onların Bi analogları, həmçinin Mn_(1-x)Ge_xSb₂Te₄, Mn_(1-x)Ge_xSb₄Te₇ və Mn_(1-x)Ge_xSb₆Te₁₀ tərkibli bir sıra bərk məhlul nümunələri fərdi şəkildə alınmış, onların əmələgəlmə xarakteri, mayedən ilkin kristallaşma sahələri, kristal qəfəs tipləri və parametrləri təyin edilmişdir.

	Alınmış bütün bu elmi nəticələr yenidir və müvafiq fazaların istiqamətli sintezi və kristallarının yetişdirilməsi üçün istifadə ediləcəkdir.
4	Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar (burada doldurmalı) Layihə üzrə tədqiqatlar fiziki – kimyəvi analizin klassik metodları olan 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.
5	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) 1. U.R. Bayramova, K.N. Babanly, E.I. Ahmadov, L.F. Mashadiyeva, M.B. Babanly. Phase equilibria in the $\text{Cu}_2\text{S-Cu}_8\text{SiS}_6\text{-Cu}_8\text{GeS}_6$ system and thermodynamic functions of phase transitions of the $\text{Cu}_8\text{Si}_{(1-x)}\text{Ge}_x\text{S}_6$ argyrodite phases // Journal of Phase Equilibria and Diff., 2023, v. 44, p. 509–519. https://link.springer.com/article/10.1007/s11669-023-01054-y (https://doi.org/10.1007/s11669-023-01054-y) 2. Amiraslanova A.J., Babanly K.N., Imamaliyeva S.Z., Yusibov Yu.A., Babanly M.B. Phase equilibria in the $\text{Ag}_8\text{SiSe}_6\text{-Ag}_8\text{SiTe}_6$ system and characterization of solid solutions $\text{Ag}_8\text{SiSe}_{6-x}\text{Te}_x$ // Applied Chemical Engineering, 2023 Vol 6, Issue 2, p.1-9. https://systems.enpress-publisher.com/index.php/ACE/article/view/2162 (https://doi.org/10.24294/ace.v6i2.2162) 3. Aghazade A.I., Orujlu E.N., Salimov Z.E., Mammadov A.N., Babanly M.B. Experimental investigation of the solid phase equilibria at 300 K in the $\text{SnBi}_2\text{Te}_4\text{-PbBi}_2\text{Te}_4\text{-Bi}_2\text{Te}_3$ system // Physics and Chemistry of Solid State, V. 24, No. 3, 2023, p. 453-459. https://journals.pnu.edu.ua/index.php/pcss/article/view/6855 (https://doi.org/10.15330/pcss.24.3.453-459) 4. Aghazade A.I., Babanly V.I., Gocayeva I.M., Orujlu E.N., Mammadov A.N. 3D modeling of phase diagram of the ternary $\text{SnTe-PbTe-Bi}_2\text{Te}_3$ system // Azerbaijan Chemical Journal. 2023. №2, p.62-68. https://akj.az/uploads/content/AghazadeAI.pdf (https://doi.org/10.32737/0005-2531-2023-2-62-68)
6	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər (burada doldurmalı) Hesabat dövründə layihə üzrə ixtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər olmamışdır.
7	Layihə üzrə ezamiyyətlər (burada doldurmalı) Layihə rəhbəri prof. M.B.Babanly 16 -20 oktyabr 2023 il tarixində Rusiya Federasiyasının Moskva şəhərində Moskva 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 _____

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.