



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 7-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**

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**

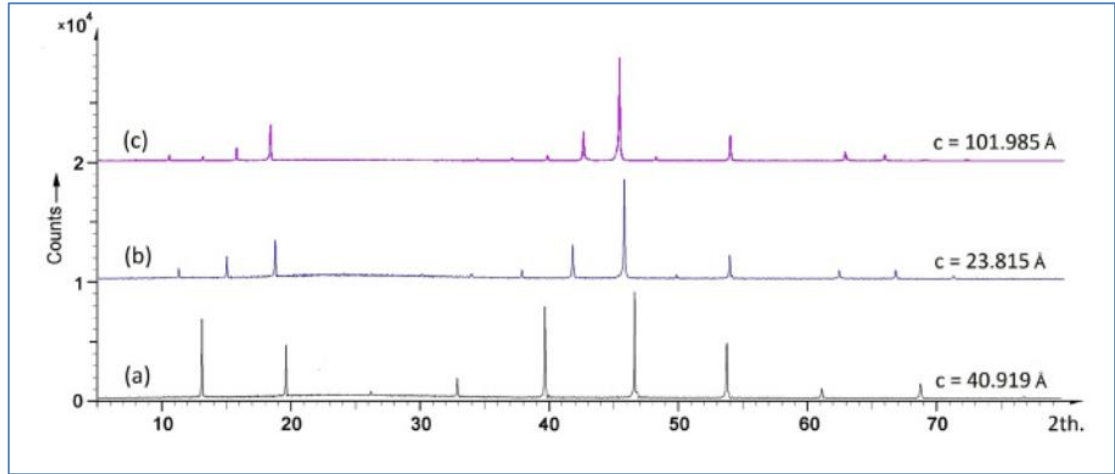
Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2023-cü il - 01 may 2025-ci il**

Layihənin VII mərhələ üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş elmi işlər <i>(burada doldurmalı)</i> Əvvəlki mərhələlərdə $\text{MnTe-Sb}_2\text{Te}_3\text{-Te}$, $\text{MnTe-Bi}_2\text{Te}_3\text{-Te}$ və $\text{Cd}_3\text{As}_2\text{-Zn}_3\text{As}_2$ üçlü sistemlərinin, həmçinin $\text{MnTe-GeTe-Sb}_2\text{Te}_3$, $\text{MnTe-Sb}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Te}_3$, $\text{MnTe-SnTe-Bi}_2\text{Te}_3$ kvaziüçlü və Mn,Bi Se,Te qarşılıqlı sistemlərində faza tarazlıqlarına aid aldığımız təcrübi nəticələr, faza diaqramlarının tərtib olunmuş riyazi-analitik modelləri və onların 3D görüntüləri həmin sistemlərdə əmələ gələn aralıq fazaların əmələgəlmə xarakterini, homogenlik sahələrini, termodinamik xassələrini, kristalloqrafik parametrlərini müəyyən etməyə imkan vermişdir. Bu məlumatlar əsasında MnBi_2Te_4, MnBi_4Te_7, $\text{MnBi}_6\text{Te}_{10}$, SnBi_2Te_4, SnBi_4Te_7, $\text{SnBi}_6\text{Te}_{10}$, MnSb_2Te_4, GeBi_2Te_4, GeSb_2Te_4 və s. laylı üçlü birləşmələrinin və onlar əsasında bərk məhlullarının istiqamətli sintezinin və monokristallarının yetişdirilməsinin metodikaları işlənmiş və texnoloji şəraitləri müəyyən edilmişdir. Aşkar edilən birləşmələrin əksəriyyətinin və seçmə tərkibli yeni dəyişən tərkibli fazaların monokristalları Bricmen-Stokbarger üsulu ilə, bəzi stexiometrik tərkibli birləşmələrin kristalları isə, həmçinin, qazdaşıyıcı reaksiya və duz ərintisində kristallaşdırma üsulları ilə yetişdirilmişdir. Alınmış kristal nümunələrinin monokristallığı onların səthlərinin rentgenoqrafik tədqiqi ilə sübut olunmuşdur. Kristalloqrafik tədqiqatlar nəticəsində fazaların kristal qəfəslərinin c parametrləri dəqiqləşdirilmiş və polikristallik nümunələrdə təyin olunmuş parametrlərlə
---	---

müqayisə edilmişdir. Alınmış nəticələr monokristalların tərkibinin tələb olunan tərkiblərə uyğun gəlməsini təsdiq etmişdir. Şəkil 1-də nümunə olaraq MnBi_2Te_4 (a), MnBi_4Te_7 (b), $\text{MnBi}_6\text{Te}_{10}$ (c) monokristallarının sınma səthlərinin difraksiya mənzərələri verilmişdir. Göründüyü kimi hər üç kristal rentgenoqrafik birləşməyə uyğun və tetradimite-bənzər laylı quruluşa malikdir. Onların "c" parametrlərinin qiymətləri müvafiq birləşmələr üçün polikristalların toz difraksiyası göstəriciləri əsasında təyin olunmuş kəmiyyətlərlə praktiki olaraq üst-üstə düşür.



Şəkil 1. MnBi_2Te_4 (a), MnBi_4Te_7 (b), $\text{MnBi}_6\text{Te}_{10}$ (c) monokristallarının sınma səthlərinin difraksiya mənzərələri.

Yetiştirilmiş kristalların səthləri, həmçinin, SEM analizi üsulu ilə öyrənilmiş, onların birləşmə olmaları təsdiq edilmiş və element tərkibləri SEM-EDS üsulu ilə təyin olunmuşdur.

Beləliklə, yetiştirilmiş kristallar tam xarakterizə edilmişdir. Onlar elektro-fiziki tədqiqatlar üçün xarici kollaboratorlara göndərilmişdir.

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.

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

(burada doldurmalı)

Layihə üzrə tədqiqatların əvvəlki mərhələlərində alınmış nəticələr əsasında MnBi_2Te_4 , MnBi_4Te_7 , $\text{MnBi}_6\text{Te}_{10}$, SnBi_2Te_4 , SnBi_4Te_7 , $\text{SnBi}_6\text{Te}_{10}$, MnSb_2Te_4 , GeBi_2Te_4 , GeSb_2Te_4 və s. laylı üçlü birləşmələrinin peritektik reaksiyalar üzrə inkonqruent ərimələri müəyyən edilmiş və onların peritektik parçalanma temperaturları təyin olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, həmin birləşmələr əsasında bərk məhlullar da parçalanmaqla əriyirlər.

Bu məlumatlar əsasında yuxarıda göstərilən birləşmə və bərk məhlulların istiqamətli sintezinin və monokristallarının yetiştirilməsinin metodikaları işlənmiş və texnoloji şəraitləri müəyyən edilmişdir.

Bricmen-Stokbarger, qazdaşıyıcı reaksiya və duz ərintisində kristallaşdırma üsulları ilə yuxarıda göstərilən birləşmələrin və onlar əsasında müxtəlif tərkibli bərk məhlulların monokristalları yetiştirilmiş və xarakterizə edilmişdir. Monokristalların yetiştirilməsi üçün

	qeyri-stexiometrik tərkibli maye məhlullardan istifadə edilmişdir. Əksər birləşmələrin və bütün dəyişən tərkibli fazaların monokristallarının yetişdirilmə proseslərinin texnoloji parametrləri və alınmış kristalların termiki, termodinamik və kristalloqrafik göstəriciləri yenidir.
4	Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar (burada doldurmalı) Xəlitələrin termiki xassələri, bircinsliliyi və element tərkibi differensial termiki analiz, rentgenfaza analizi, və skanedici elektron mikroskopiya (SEM) üsulları ilə öyrənilmişdir. 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 difraktometrərin kompüter təminatı proqramları ilə analiz edilmişdir. SEM analizi JEOLJSM-7600FJE-OLJSM-7600F markalı skanedici elektron mikroskopunda aparılmışdır. Monokristalların yetişdirilməsi ikizonalı vertikal soba əsasında yığılmış Bricmen qurğusunda, həmçinin, qazdaşıyıcı reaksiyalar və duz məhlulundan çökdürülmə üçün xüsusi yığılmış qurğularda həyata keçirilmişdir.
5	Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmaller, konfrans materialları, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) (surətlərini əlavə etməli!) (burada doldurmalı) 1. Babanly M.B., Mashadiyeva L.F., Imamaliyeva S.Z., Tagiev D.B., Babanly D.M., Yusibov Yu.A. Thermodynamic properties of complex copper chalcogenides (Review) // Chemical Problems, 2024, No.3, p.243-280. (Scopus) https://chemprob.org/wp-content/uploads/2024/05/243-280.pdf https://doi.org/10.32737/2221-8688-2024-3-243-280 2. L.F.Mashadiyeva, Z.T.Hasanova, Yu.A.Yusibov, M.B.Babanly. Phase equilibria in the $\text{Cu}_2\text{Se}-\text{Cu}_3\text{AsSe}_4-\text{As}_2\text{Se}_3$ system // Azerbaijan Chemical Journal, 2024, N3, p.83-93 (Scopus) https://akj.az/uploads/documents/Mashadiyeva.pdf https://doi.org/10.32737/0005-2531-2024-3-83-93 3. Nabiyev E.R., Orujlu E.N., Aghazade A.I., Hasanov A.A., Babanly M.B. The solid-phase equilibria in the $\text{GeBi}_2\text{Te}_4-\text{SnBi}_2\text{Te}_4-\text{Bi}_2\text{Te}_3$ system at 300 K and characterization of tetradymite-type layered solid solutions // Condensed Matter and Interphases, 2024; 26(4), p.725-731. (Scopus) https://journals.vsu.ru/kcmf/article/view/12446 https://doi.org/10.17308/kcmf.2024.26/12446 4. Намазов Дж.С., Бабанлы К.Н., Алвердиев И.Дж., Имамалиева С.З., Юсипов Ю.А. Новые фазы переменного состава в квазитройной системе $\text{Cu}_2\text{S}-\text{Ag}_2\text{S}-\text{SiS}_2$ / X Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах — ФАГРАН - 2024», Воронеж, 2024, с. 189 (http://www.fagran.vsu.ru/ru/programm) 5. Orujlu E.N., Izzatli S.B., Aghazade A.I., Jafarov Y.I., Babanly M.B. Liquidus surface projection of the $\text{MnTe}-\text{Sb}_2\text{Te}_3-\text{Bi}_2\text{Te}_3$ pseudo-ternary system / X Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в

	конденсированных средах и на межфазных границах — ФАГРАН-2024», Воронеж, 2024, с. 199 (http://www.fagran.vsu.ru/ru/programm) 6. Gojayeva I.M., Aghazade A.I., Shukurova G.M., Babanly M.B. Phase equilibria in the $\text{GeBi}_2\text{Te}_4\text{-PbBi}_2\text{Te}_4\text{-Bi}_2\text{Te}_3$ system / X Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах — ФАГРАН -2024», Воронеж, 2024, с.154 (http://www.fagran.vsu.ru/ru/programm)
6	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər (burada doldurulmalı) Hesabat dövründə layihə üzrə ixtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər olmamışdır.
7	Layihə üzrə ezamiyyətlər (burada doldurulmalı) Hesabat dövründə layihə üzrə ezamiyyətlər olmamışdır.
8	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (burada doldurulmalı) Layihə üzrə elmi ekspedisiya nəzərdə tutulmamışdır.
9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak (burada doldurulmalı) İştirak edilməmişdir.
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar) (burada doldurulmalı) Layihə mövzusu üzrə Kataliz və qeyri-üzvi kimya İnstitutunda elmi seminar keçirilmiş və alınmış bir sıra nəticələr müzakirə edilmişdir.
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar (burada doldurulmalı) Hesabat dövründə layihədə nəzərdə tutulmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar hələlik alınmamışdır.
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr (burada doldurulmalı) Layihə üzrə bəzi tədqiqatlar Bakı və Gəncə Dövlət Universitetlərinin, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin əməkdaşlarının iştirakı ilə aparılmışdır.
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr (burada doldurulmalı) Layihə üzrə tədqiqatlar İspaniya, Rusiya və Gürcüstandan olan həmkarlarımızla sıx əlaqələr şəraitində yerinə yetirilir.
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (burada doldurulmalı) 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 doldurulmalı) Sərgilərdə iştirak edilməyib.
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (burada doldurulmalı)

	Layihənin yerinə yetirilməsi gedirdə xarici və yerli həmkarlarla mütəmadi təcrübə mübadiləsi aparılır.
17	Layihə mövzusu ilə baėlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s.
	(burada doldurmalı) Layihə mövzusu ilə baėlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. yoxdur.

Layihə rəhbərinin imzası _____ Babanlı Məhəmməd Baba oėlu

Tarix _____

QEYD: bütün hallarda uyėun olan bəndlər doldurulmalıdır.

