



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA  
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu  
və Belarus Respublika Fundamental Tədqiqatlar Fondunun  
qrantların verilməsi üzrə 2-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq  
müsabiqəsinin (EIF-BGM-3-BRFTF-2\*/2017) qalibi olmuş  
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

**YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT**

Layihənin adı: Mikroelektronika üçün tərkibində nadir torpaq elementləri saxlayan tallium-bismut telluridləri əsasında yeni maqnit materialların sintezi, tədqiqi və xassələrinin modelləşdirilməsi

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Əsədov Səlim Mirsəlim oğlu

Qrantın məbləği: 60 000 manat

Layihənin nömrəsi: EIF-BGM-3-BRFTF-2\*/2017-15/05/1-M-13

Müqavilənin imzalanma tarixi: 29 mart 2018-ci il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 24 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 may 2018-ci il – 01 may 2020-cu il

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

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

- 1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar  
(burada doldurmalı)  
Əvvəlcə  $Tl_9BiTe_6-Tl_9LnTe_6$  sistemlər ( $Ln = Gd, Tb, Er, Tm$ ) əsasında bərk məhlullar və materiallar sintez edilmişdir. Onların xassələrinin öyrənilmiş göstərir ki, onlar yarımkeçirici maqnit xassələ materiallardır. Onlarda həmçinin "maqnit nizamlığı - maqnetik nizamsızlığı" faza keçidləri müşahidə edilir. Bu tip materialların mikroelektronikada istifadə edilən qurğularda tətbiqi üçün tədqiqatların aparılması aktual problemdir.  
Mikroelektronika üçün lazım həm yarımkeçirici xassələri və həm də maqnit nizamlılığı olan tərkibində nadir torpaq elementləri saxlayan tallium-bismut telluridləri əsasında çoxkomponentli sistemlərdə materialların tərkib-xassə-quruluş dəyişdirilməsi prosesi nəzəri və təcrübi tədqiq edilmişdir.  
Çoxkomponentli maqnit sistemlərdə heterogen faza tarazlığının modelləşdirilməsi aparılmışdır. Praktiki əhəmiyyətli tərkiblər seçilmiş, nümunələrin sintezi aparılmış, onların xarakteristikalarının

hesablanması, fiziki və fiziki-kimyəvi tədqiqi həyata keçirilmişdir.

Olduqca mürəkkəb  $Tl_9BiTe_6-Tl_9LnTe_6$ , ( $Ln = Gd, Tb, Er$  və  $Tm$ ) sistemlərin üçqat birləşmələrinin və bərk məhlullarının formalaşmasının modelləşdirilməsi aparılmışdır. Bu sistemlərin bir sıra nümunələrinin sintezi üzrə sınaqlar və təcrübələr keçirilmişdir.

Cu  $K_{\alpha}$ -radiyasında nümunələrin faza tərkibi müəyyən edilmiş və struktur parametrlərinin tapılması üzrə işləri aparılmışdır.

$Tl_9BiTe_6-Tl_9LnTe_6$  ( $Ln=Gd, Tb, Er, Tm$ ) sistemlərdə nümunə tərkiblərinin sintezi üçün optimal şərtlər müəyyən edilmişdir.

Cu  $K_{\alpha}$ -radiyasında diffraksiya tədqiqatları aparılmış və onların əsasında kristal strukturunun şifrələməsinin nəticələri əldə edilmişdir. Sintez olunmuş çoxkomponentli nümunələrin elementar kristal qəfəslərinin, onların syngoniyaları və fəza qrupları müəyyən edilmişdir.

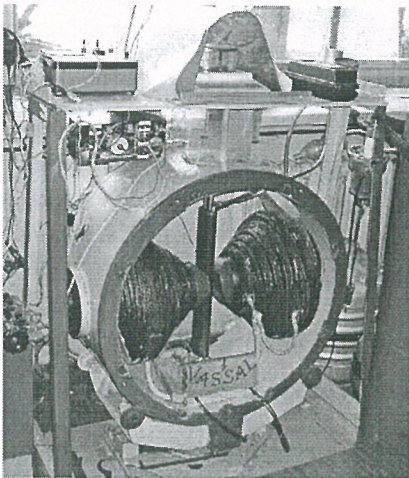
Rentgenoqramların şifrələnmələri aparılmışdır, eləcə də kompozit nümunələrində fazaların kəmiyyət tərkibi müəyyənləşdirilmişdir.

Sintez üsulları; differensial-termiki analiz; rentgenfaza analizi;  $\geq 99.999\%$  təmizliyə malik elementlərdən kimyəvi birləşmələrin və bərk məhlulların nümunələrinin alınması; bu nümunələrin ölçü üçün hazırlanması və onların fiziki və maqnit xassələrinin ölçülməsi üsulları.

Qoyulmuş fiziki və fiziki-kimyəvi məsələlərin həlli üçün fiziki, fiziki-kimyəvi və riyazi modellərin seçilməsi, hazırlanması, onların həll üçün alqoritmlərin qurulması və modelləşdirmə üsulları.

Bərk məhlullarının xüsusi maqnitləşməsinin temperatur asılılığı şəkil 1-də göstərilən qurğuda ölçülmüşdür. Tədqiqat üçün sınaqlar BMEA materialşünaslıq üzrə Elmi-İstehsalat Mərkəzinin Magnit Materiallarının Fizikası Laboratoriyasının sertifikatlaşdırılmış qurğusunda həyata keçirilmişdir.

- 2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)  
(burada doldurmalı)  
Planda nəzərdə tutulmuş işlər tam yerinə yetirilmişdir: 100%.
- 3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr** (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)  
(burada doldurmalı)  
Layihənin iş planına əsasən bir illik aralıq mərhələsindəki işlər başa çatdırılmışdır.  $Tl_9BiTe_6-Tl_9LnTe_6$  ( $Ln=Gd, Tb, Er, Tm$ ) bərk məhlulların nümunələrinin maqnit xarakteristikaları  $80 \leq T \leq 1100$  K temperatur intervalında və hazırlanmış nümunələrin rentgen faza analizi tədqiq edilmişdir.



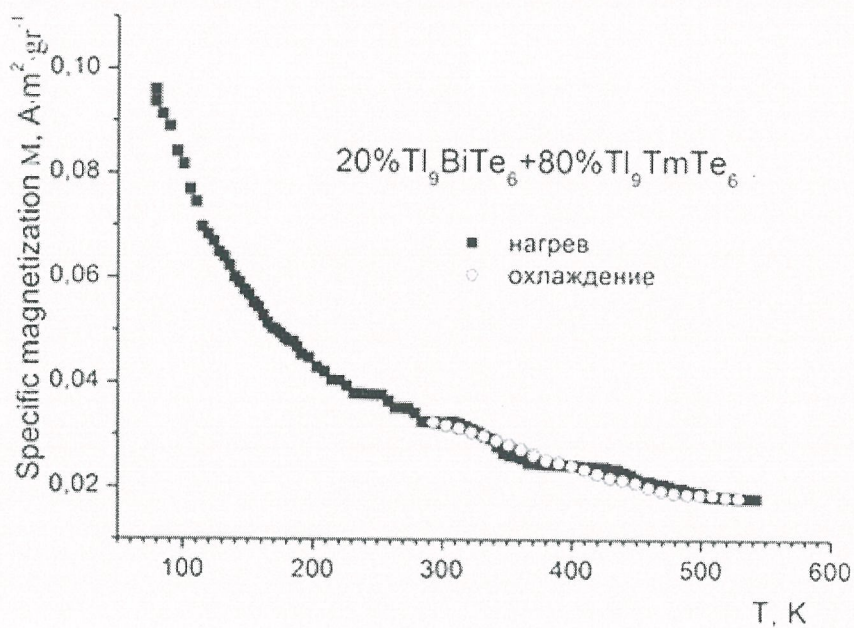
### Təcrübi nəticələr

$Tl_9BiTe_6-Tl_9GdTe_6$  və  $Tl_9BiTe_6-Tl_9TmTe_6$  sistemlərinin bərk məhlullarının xüsusi maqnitləşməsinin temperatur asılılığı ölçülmüşdür. Tədqiqat üçün sınaqlar BMEA materialşünaslıq üzrə Elmi-İstehsalat Mərkəzinin Magnit Materiallarının Fizikası Laboratoriyasının sertifikatlaşdırılmış qurğusu üzrə həyata keçirilmişdir (şəkil 1).

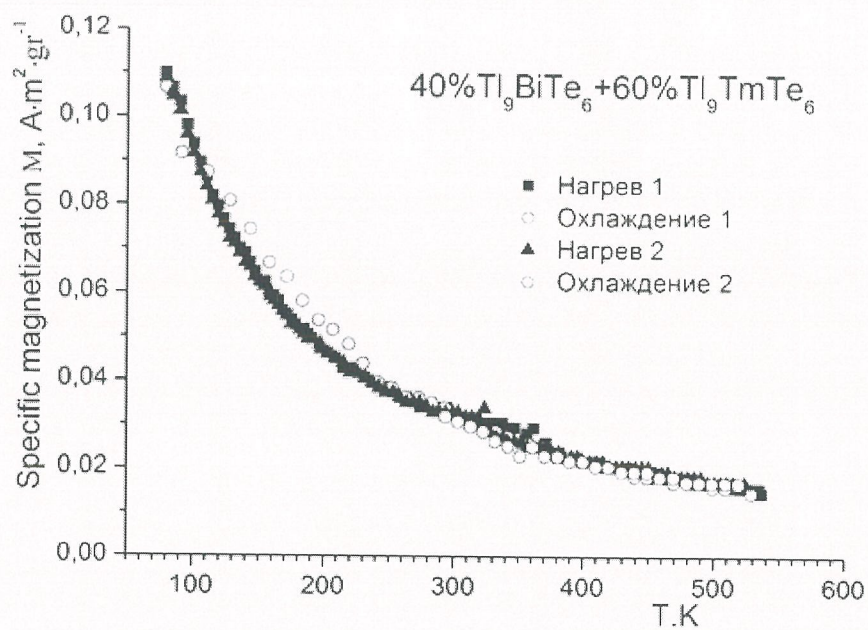
**Şəkil 1.**  $80 \leq T \leq 1100$  K temperaturda xüsusi maqnitləşməni və

maqnit həssaslığının temperatur asılılığını öyrənmək üçün qurğunun fotosu.

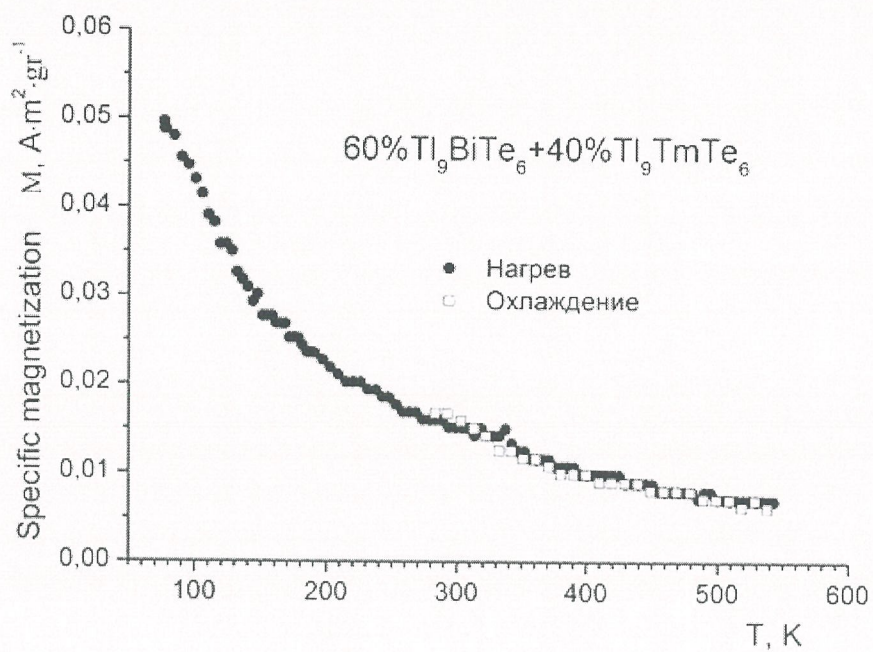
Təcrübi nəticələrinin nümunəsi kimi  $Tl_9BiTe_6$ - $Tl_9TmTe_6$  sisteminin xəlitələrinin müxtəlif tərkiblərinin temperatur asılılıqları **şəkil 2-5**-də göstərilmişdir. Mürəkkəb anlar Maye azotun temperaturu yaxınlığında xüsusi maqnitləşmənin temperatur asılılığından xəlitələrin maqnit momenti (Bor magnetonu vahidində) müəyyən edilmişdir.



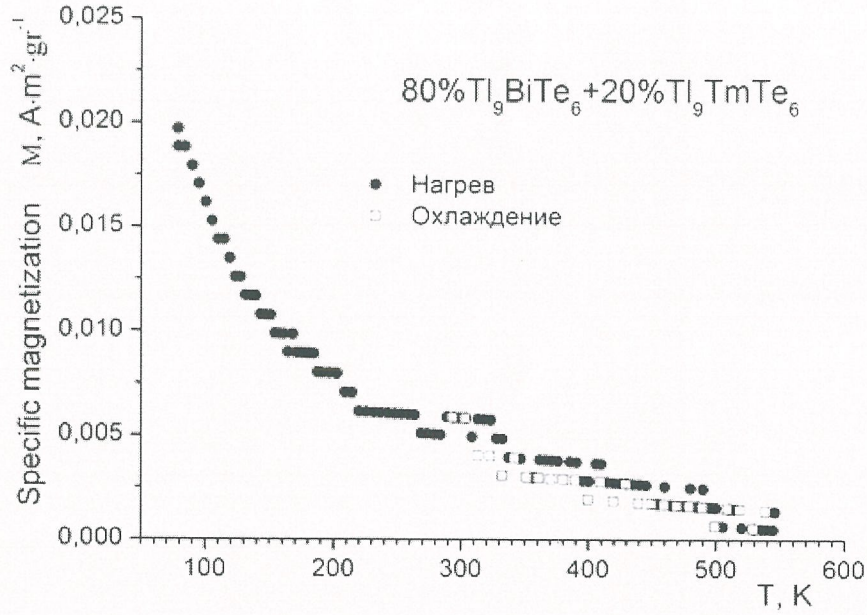
Şəkil 2.



Şəkil 3.



Şəkil 4.



Şəkil 5.

Qurulan asılılıqlar yeni sintez edilmiş maddələrdə ferromaqnetizmin təbiətini və temperaturun bu xassələrə təsirini müəyyən etməyə imkan verir. Qurulan asılılıqlardan (şəkil 2-5) görünür ki, sintez edilən yarımkeçirici maddələr ferromaqnit xüsusiyyətlər malikdirlər, onların xassələri tərkibdən asılı olaraq monoton dəyişir. Şekillərdən görünür ki, göstərilən tərkibli maqnit materiallarda histerezis hadisəsi müşahidə edilmir; buda onların təkrarolunan maqnit xassələrə malik olduğunu göstərir.

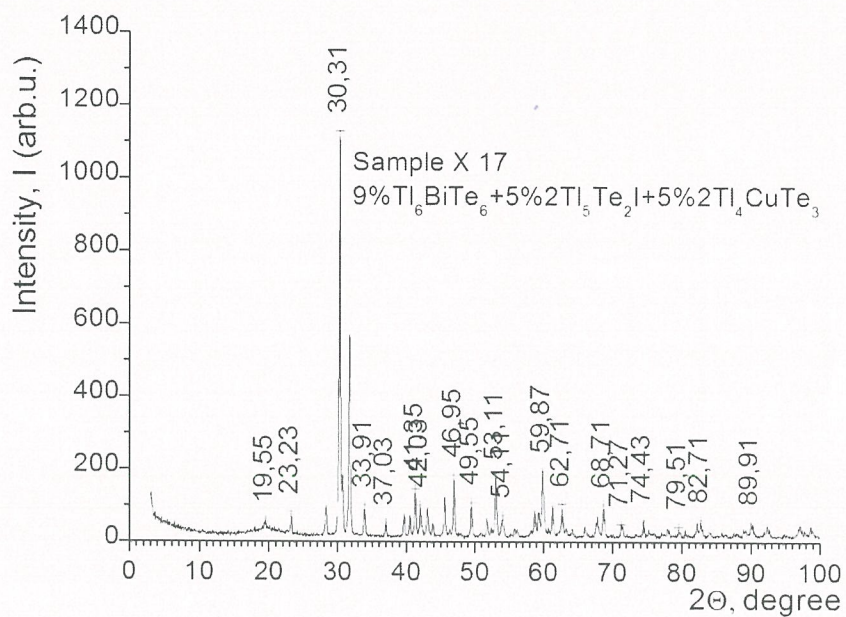
Sintez edilən ferromaqnit xassəli maddələrin atomlarında (ionlarında) maqnit momentləri elektronlardakı kompensasiya edilməmiş elektronların spin maqnit momentləri ilə bağlıdır. Bu halda ferromaqnit atomların maqnit momentləri qarşılıqlı təsir nəticəsində bir-birinə paralel halda yönəliirlər və maqnit domenləri halında formalaşirlar.

Cu K- $\alpha$  radiyasısında sintez edilmiş nümunələrin rentgen faza analizi (RFA) tədqiqatlarına əsaslanaraq onların kristal quruluşları haqqında nəticələr əldə edilmişdir. Sintez olunmuş tərkiblərin syngoniyaları, fəza qrupları və elementar kristal qəfəslərinin parametrləri müəyyən edilmişdir.

Rentgenoqramların şifrələmələri əsasında birləşmələrin, eləcə də hazırlanmış çoxkomponentli nümunələrin faza tərkibi müəyyənləşdirilmişdir. RFA-nın təcürbi nəticələri **cədvəl 1**-də göstərilmişdir.

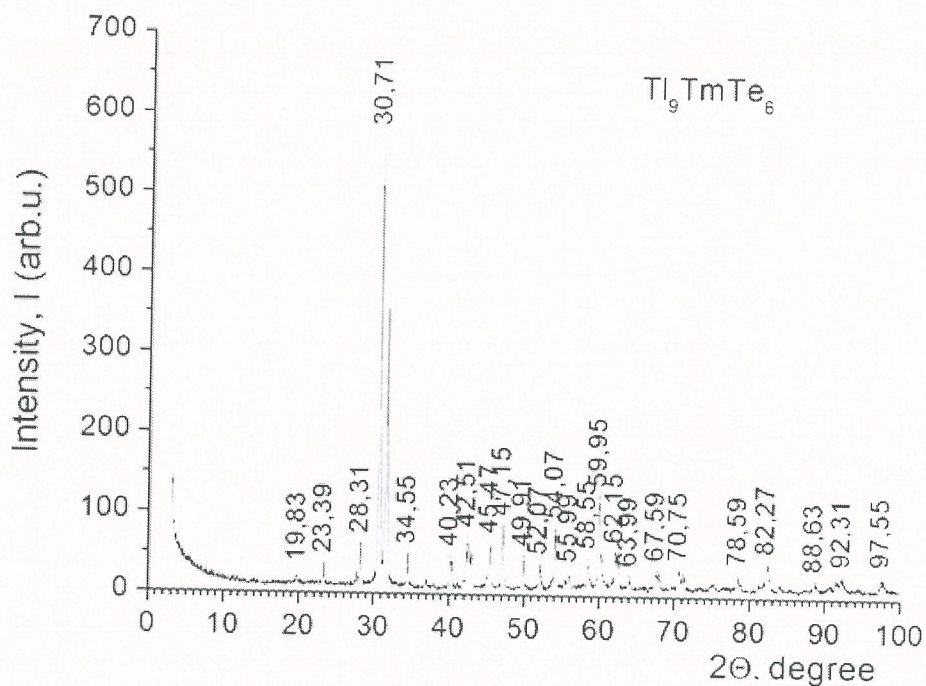
**Cədvəl 1**

Nümunə no	Nümunənin faza tərkibi, %
1	20% $Tl_9BiTe_6$ + 80% $Tl_9TmTe_6$
2	40% $Tl_9BiTe_6$ + 60% $Tl_9TmTe_6$
3	60% $Tl_9BiTe_6$ + 40% $Tl_9TmTe_6$
4	80% $Tl_9BiTe_6$ + 20 % $Tl_9TmTe_6$
5	20% $Tl_9BiTe_6$ + 80% $Tl_9GdTe_6$
6	40% $Tl_9BiTe_6$ + 60% $Tl_9GdTe_6$
7	60% $Tl_9BiTe_6$ + 40% $Tl_9GdTe_6$
8	80% $Tl_9BiTe_6$ + 20% $Tl_9GdTe_6$
9	90% $Tl_9BiTe_6$ + 10% $2Tl_5Te_2I$
10	9% $Tl_9BiTe_6$ + 5% $2Tl_9Te_2I$ + 5% $2Tl_4CuTe_3$

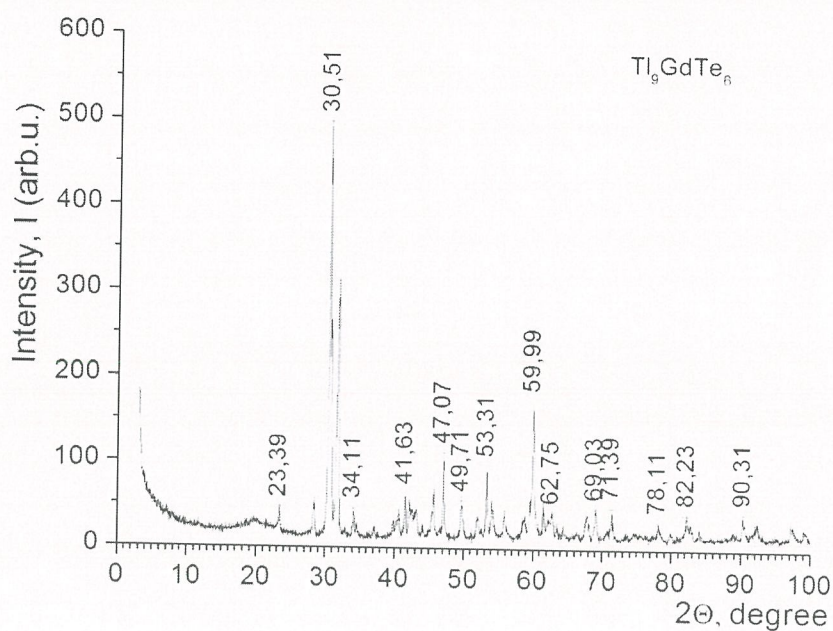


**Şəkil 6.**

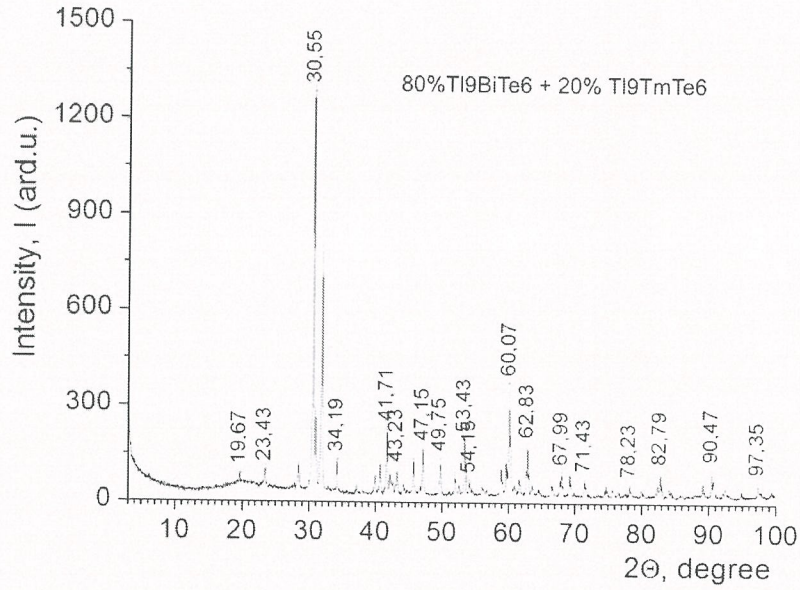
Tədqiq edilən nümunələrdən kimyəvi və faza tərkibinə görə 10 saylı nümunə ən mürəkkəbdir. Bu nümunənin  $3^\circ \leq 2\theta \leq 100^\circ$  bucaq aralığındakı rentgen difraksiya təsviri **şəkil 6-da** göstərilmişdir. Sintez edilmiş birləşmələrin və onlardan hazırlanmış  $Tl_9BiTe_6$ - $Tl_9LnTe_6$  ( $Ln = Gd, Tb, Er, Tm$ ) sistemlərin bərk məhlullarının rentgen difraksiya təsvirləri (**şək. 7, 8 və 9**) aşağıda təqdim edilmişdir.



Şəkil 7.



Şəkil 8.



Şəkil 9.

Şəkil 6-9-da rentgenoqrammaların difraksiya refleksləri  $\text{BiTl}_9\text{Te}_6$  birləşmənin aid olduğu S.G.:14/mcm (140) fəza qrupunun dördbucaqlı quruluşu əsasında indeksasiya olunurlar. Elementar qəfəsin parametrləri beynəlxalq kartoçkalara 84-2448 və 38-1192 PCPDFWIN 1998 JCPDS və 19-0483 uyğun olaraq S.G.:14/mcm (140) üçün  $a = 8.86 \text{ \AA}$ ,  $c = 13.05 \text{ \AA}$  və S.G.:P üçün isə  $a = 9.1 \text{ \AA}$ ;  $c = 9.3 \text{ \AA}$  təhlil edilmişdir.

Cədvəl 2

Maddənin tərkibi	a, nm	c, nm
$\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$	0.886 <sub>7</sub>	1.308 <sub>2</sub>
$\text{Tl}_9\text{DyTe}_6$	0.891 <sub>7</sub>	1.292 <sub>4</sub>
$\text{Tl}_9\text{ErTe}_6$	0.895 <sub>6</sub>	1.233 <sub>5</sub>
20%( $\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$ )+80%( $\text{Tl}_9\text{DyTe}_6$ )	0.894 <sub>3</sub>	1.274 <sub>0</sub>
40%( $\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$ )+60%( $\text{Tl}_9\text{DyTe}_6$ )	0.890 <sub>1</sub>	1.287 <sub>9</sub>
60%( $\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$ )+40%( $\text{Tl}_9\text{DyTe}_6$ )	0.889 <sub>2</sub>	1.286 <sub>1</sub>
80%( $\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$ )+20%( $\text{Tl}_9\text{DyTe}_6$ )	0.888 <sub>0</sub>	1.294 <sub>3</sub>
20%( $\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$ )+80%( $\text{Tl}_9\text{ErTe}_6$ )	0.897 <sub>9</sub>	1.264 <sub>8</sub>
40%( $\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$ )+60%( $\text{Tl}_9\text{ErTe}_6$ )	0.891 <sub>3</sub>	1.282 <sub>4</sub>
60%( $\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$ )+40%( $\text{Tl}_9\text{ErTe}_6$ )	0.885 <sub>9</sub>	1.292 <sub>3</sub>
80%( $\text{Tl}_9\text{BiTe}_6$ )+20%( $\text{Tl}_9\text{ErTe}_6$ )	0.887 <sub>0</sub>	1.299 <sub>9</sub>



Tədqiq olunmuş nümunələrin elementar qəfəs parametrlərinin (a, nm və c, nm) hesablanması Tl<sub>9</sub>BiTe<sub>6</sub> tərkibinə xarakterik olan S.G.14 / mcm (140) fəza qrupunun tetragonal quruluşu əsasında həyata keçirilmişdir. RFA-nıntəcrübi nəticələrindən hesablanan kristal qəfəs parametrlərinin qiymətləri cədvəl 2-də verilmişdir.

Tl<sub>9</sub>BiTe<sub>6</sub>-Tl<sub>9</sub>LnTe<sub>6</sub> (Ln = Gd, Tb, Er, Tm) berk məhlulların maqnit sahələrində (± 14 Tesla) maqnitləşməsinin sahədən asılılıqları öyrənilmişdir (**cədvəl 3**).

Maqnit xassəsi yüksək olan nümunələrdən nazik təbəqə halında hazırlanmış tallium-tellurid əsasında olan nümunələrin xüsusi maqnitləşməsinin temperatur asılılıqları tədqiq edilir.

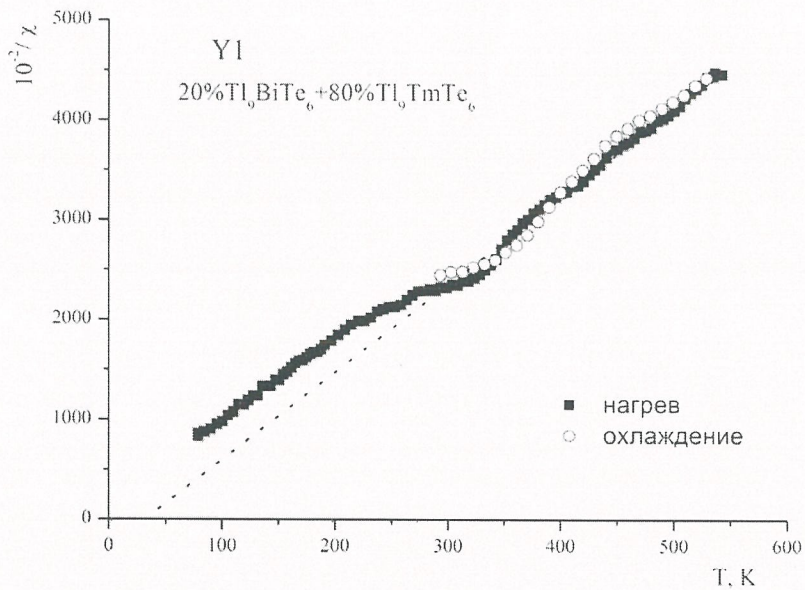
Hazırlanmış nümunələrdə maqnit xassələrinə temperaturun təsiri, onların elektrik keçiriciliyi, maqnitləşməsinin və effektiv maqnit anizotropiyasının dəyişməsi tədqiq edilir.

**Cədvəl 3**-də tərkibləri göstərilən nümunələrin  $\mu_{ef}^2 = 3kC \cdot M / N_A \cdot \mu_B^2$  (M - molekul kütləsi, N<sub>A</sub> – Avaqadro ədidi, k – Boltzman sabiti, C – qurulan asılılığın düzxətli hissəsinin bucaq əmsalı) formula ilə hesablanan Bor maqnitonunun qiymətləri verilmişdir. Cədvəl 3-dən görüldüyü kimi tapılan parametrlərin yüksək qiymətləri sintez edilən nümunələrin həssaslı yeni maqnit materiallar olduğunu sübut edir.

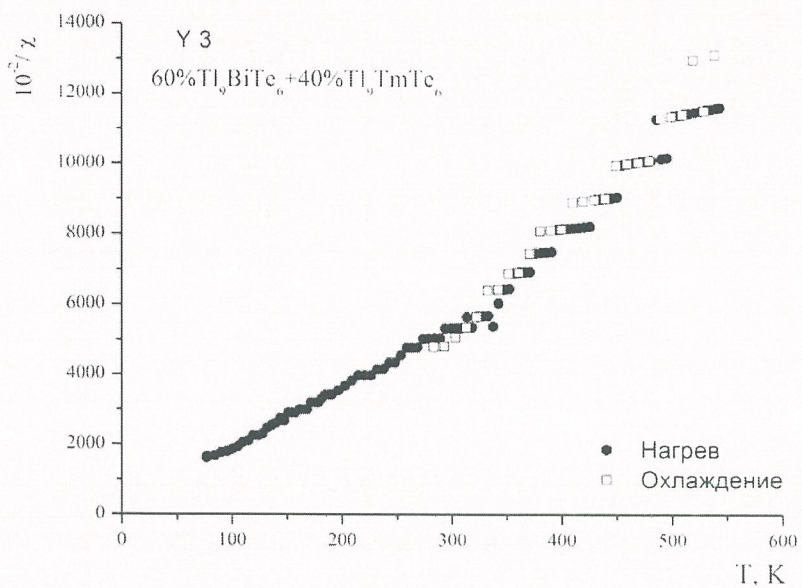
**Cədvəl 3**

Nümunələrin tərkibləri	Parametrlər				
	$\alpha$	tg $\alpha$	M	$\mu_{\text{эф}}^2, (\mu_B)^2$	$\mu_{\text{эф}}, \mu_B$
20% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 80% Tl <sub>9</sub> TmTe <sub>6</sub>	83.4563	8.7177	2781.8732	25.5200	5.0517
40% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 60% Tl <sub>9</sub> TmTe <sub>6</sub>	85.4483	12.56127	2789.8824	17.7622	4.2145
60% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 40% Tl <sub>9</sub> TmTe <sub>6</sub>	88.0099	28.77867	2797.8916	7.7751	2.7884
80% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 20% Tl <sub>9</sub> TmTe <sub>6</sub>	89.6886	184.01369	2805.9008	1.2195	1.1043
20% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 80% Tl <sub>9</sub> GdTe <sub>6</sub>	79.0569	5.17199	2772.526	42.8709	6.5476
40% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 60% Tl <sub>9</sub> GdTe <sub>6</sub>	81.7112	6.86417	2782.872	32.4228	5.6941
60% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 40% Tl <sub>9</sub> GdTe <sub>6</sub>	84.2810	9.98518	2793.218	22.3714	4.7298
80% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 20% Tl <sub>9</sub> GdTe <sub>6</sub>	87.4929	22.83907	2803.564	9.8170	3.1332
Tl <sub>9</sub> GdTe <sub>6</sub>	78.0350	4.71881	2762.18	46.8128	6.8420
Tl <sub>9</sub> TmTe <sub>6</sub>	89.1938	71.06057	2773.864	3.1218	1.7669
90% Tl <sub>9</sub> BiTe <sub>6</sub> + 5% 2Tl <sub>5</sub> Te <sub>2</sub> I+ 5% Tl <sub>4</sub> CuTe <sub>3</sub>	89.9941	9657.5748	2717.0005	0.0225	0.1500

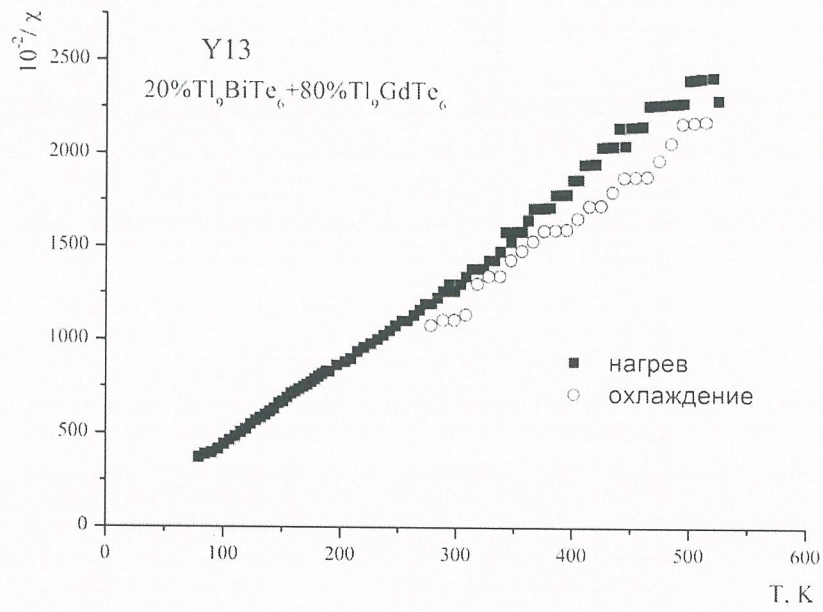
Cədvəl 3-də göstərilən 1, 3, 13, 15 sayılı tərkiblər üçün xüsusi maqnit həssaslığının temperatur asılılıqları **şəkil 10-13**-də verilmişdir.



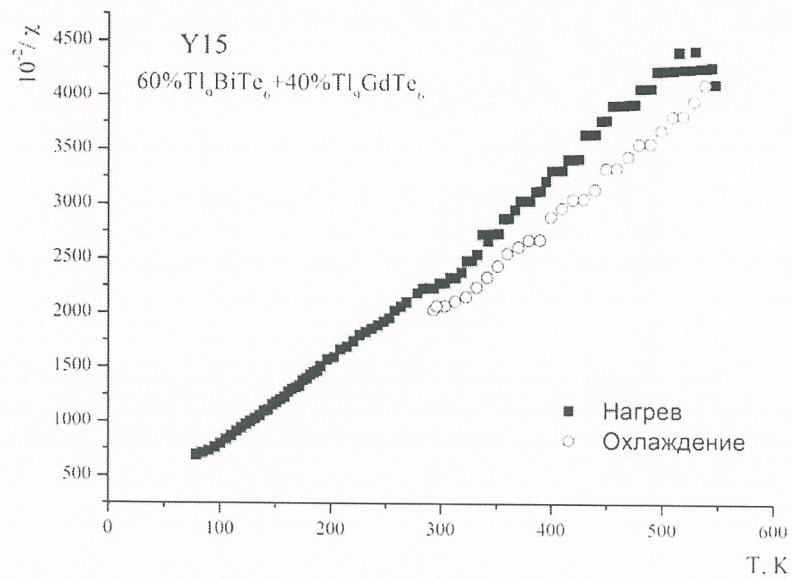
**Şəkil 10.**



**Şəkil 11.**



Şekil 12.



Şekil 13.

Nümunələrin təcrübədən alınan maqnit momentləri və Küri temperaturları **cədvəl 4**-də verilmişdir.

**Cədvəl 4**

Nümunələrin tərkibi	Maqnit momenti, $\mu, \mu_B$	$T_C, K$
$Tl_9GdTe_6$	6.84	330
$Tl_9TmTe_6$	1.79	310
20% $Tl_9BiTe_6$ +80% $Tl_9TmTe_6$	5,05	348
40% $Tl_9BiTe_6$ +60% $Tl_9TmTe_6$	4,21	327
60% $Tl_9BiTe_6$ +40% $Tl_9TmTe_6$	2,79	342
80% $Tl_9BiTe_6$ +20% $Tl_9TmTe_6$	1.10	-
20% $Tl_9BiTe_6$ +80% $Tl_9GdTe_6$	6.57	340
40% $Tl_9BiTe_6$ +60% $Tl_9GdTe_6$	5.69	350
60% $Tl_9BiTe_6$ +40% $Tl_9GdTe_6$	4.52	330
80% $Tl_9BiTe_6$ +20% $Tl_9GdTe_6$	3.13	350
90% $Tl_9BiTe_6$ +5% $2Tl_5Te_2$ +5% $Tl_4CuTe_3$	0.15	-

#### Yeni nəticələr

1. Xüsusi maqnitləşmənin və maqnit həssaslığının temperatur asılılığını öyrənmək üçün 80-600 K temperatur intervalında aşağıdakı tərkibli nümunələr sintez edilmiş və onlarda sınaqlar keçirilmişdir:  $Tl_9TmTe_6$ , 20% $Tl_9BiTe_6$ +80% $Tl_9TmTe_6$ , 40% $Tl_9BiTe_6$ +60% $Tl_9TmTe_6$ , 60% $Tl_9BiTe_6$  + 40% $Tl_9TmTe_6$ , 80% $Tl_9BiTe_6$  + 20% $Tl_9TmTe_6$ .

2. Müəyyən edilmişdir ki,  $Tl_9TmTe_6$ ,  $Tl_9BiTe_6$ ,  $Tl_9GdTe_6$  birləşmələr və onların bərk məhlulları  $Tl_9BiTe_6$ - $Tl_9TmTe_6$  və  $Tl_9BiTe_6$ - $Tl_9GdTe_6$  yüksək maqnit momentli ferromaqnit xassəli yarımkəçiricilərdir. Nümunələrin maqnit momentlərinin qiymətləri və onların temperatur asılılıqları müəyyən edilmişdir. Nümunələrin ilkin elektrik müqavimətin temperatur asılılığı tədqiqi göstərir ki, onlar aşqar keçiriciliyə xarakterik olan aktivasiya enerjisi ilə təsvir olunurlar.

3. Aşqar yarımkəçirici xüsusiyyətlərə malik olan bu materiallar "maqnit nizamlığı - maqnit nizamsızlığı" faza keçidlərinə malikdirlər. Maddələrin hesablanmış effektiv maqnit momentləri ( $1.10$ - $6.84 A \cdot m^2$ ) yüksək Küri temperaturuna malikdirlər (310-350K). Maqnit momenti üçün Bor maqnitonunun qiymətləri birləşmələr üçün olan qiymətlərdən xeyli kiçikdir və bərk məhlulda  $Tl_9BiTe_6$  birləşməsinin qatılığı artdıqca azalır.

4. Alınan nəticələr nadir torpaq elementlərinin 3d-elektron halının  $Tl_9TmTe_6$  və  $Tl_9GdTe_6$  matrisalarının elektron halları ilə hibridləşməsi və müxtəlif tip əvəzetmə qarşılıqlı təsirlərin konkurensiyası ilə zah edilir. Alınan elmi nəticələr yenidir və mikroelektronikada istifadə üçün hazırlanır.

### Nəticələrin praktiki əhəmiyyəti

Əldə olunan yeni elmi nəticələrlə yanaşı  $Tl_9TmTe_6$ ,  $Tl_9BiTe_6$ ,  $Tl_9GdTe_6$  birləşmələr və  $Tl_9BiTe_6-Tl_9TmTe_6$  və  $Tl_9BiTe_6-Tl_9GdTe_6$  sistemlərin bərk məhlullarının monokristallarının yetişdirilməsi, kristallarının quruluşunun, yükdaşıyıcılarının nəqli və maqnit xassələrinin tədqiqini aşağıdakı praktiki əhəmiyyət kəsb edən məsələlərlə bağlıdır:

- elektronika və mikroelektronika texnologiyalarında istifadə etmək üçün yeni materiallar hazırlamaq, onlarda xüsusi - elektrik və maqnit xassələrinin yaranması mexanizmlərinin açıqlanmasını təmin etmək,
- aşağı-ölçülü elektron əlaqəli sistemlərdə maqnetizm və elektron köçürülməsi üçün nəzəri modellərin qurulması,
- müəyyən edilmiş xassəli materialların sintezi üçün elmi əsasların inkişafı və istinad materialları kimi təqdim oluna bilmələri.

Bu kristalların əsasında və alınan nəticələrə əsaslanaraq maqnit müqaviməti cihazlarının aktiv elementlərinin dizaynı üzərində iş aparılır.

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

1,2-ci və 3-cü mərhələlərdəki hesabatlarda göstərilən dərc olunan elmi nəşirlərə (N 1-29) əlavə olaraq 4-cü mərhələ 5 iş dərc edilmişdir. Aşağıda 1 illik aralıq mərhələdə dərc olunan bütün işlərin biblioqrafik siyahı verilib.

### Aralıq illik elmi-texniki hesabat dövründə layihə üzrə dərc olunmuş IF məqalələrin və tezislərin siyahısı

1 Asadov S.M., Mustafayeva S.N. Dielectric Losses and Charge Transfer in Antimony-Doped  $TlGaS_2$  Single Crystal // Physics of the Solid State. 2018. V. 60. № 3. P. 504–508.

2 Asadov S.M., Mustafayeva S.N., Guseinov D.T., Kelbaliev K.I. Dependence of the X-Ray Dosimetric Parameters of  $AgGaS_{2-x}Se_{2-2x}$  Single Crystals on Their Composition // Technical Physics. 2018. V. 63. № 4. P. 546-550.

3 Alieva O.M., Asadov M.M., Azhdarova D.S., Mamedov Sh.G., Ragimova V.M. Polythermal Section  $FeSb_2S_4-FeSm_2S_4$  of the  $FeS-Sb_2S_3-Sm_2S_3$  System // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2018. Vol. 63. № 6. P. 833–836.

4 Mustafayeva S.N., Asadov S.M., Kerimova E.M. Dielectric Properties and Electrical Conductivity of  $(1-x)TlGaSe_2 \cdot xTm$  Crystals // Inorganic Materials. 2018. V. 54. № 7. P. 627–631.

5 Asadov M.M., Mustafayeva S.N., Mammadov F.M., Hasanova U.A., Aliev O.M., Yanushkevich K.I., Nikitov S.A., Qulu-Zade E.S. Thermodynamics of  $FeS-PbS-In_2S_3$  and Properties of

Intermediate Phases // Defect and Diffusion Forum. 2018. V. 385. P. 175-181.

6 Asadov S.M., Mustafaeva S.N., Kerimova E.M. Dielectric Properties and Conductivity of Ag-Doped TlGaS<sub>2</sub> Single Crystals // Semiconductors. 2018. V. 52. № 2. P. 156-159.

7 Asadov M.M., Akhmedova N.A. T–x Diagram of Section BiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub>–YbBO<sub>3</sub> // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2018. V. 63. № 12. P. 1617-1621.

8 Asadov S.M., Mustafaeva S.N., Guseinov D.T. Dielectric relaxation and conductivity of CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> single crystal grown by the CTR method // Crystallography Reports. 2018. V. 63. № 7. P. 1–3.

9 Mustafaeva S.N., Asadov S.M. Dielectric behavior and conductivity of TlIn<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub>Se<sub>2</sub> // Crystallography Reports. 2018. V. 63. № 7. P. 1–4.

10 Магаммедрагимова Р.С., Алиев И.И., Алиев О.М., Асадов М.М. Экспериментальное исследование и термодинамическая оценка As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>–As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>–InSe // Актуальные Проблемы Физики Твердого Тела. ФТТ-2018. Сборник докладов. VIII Международная научная конференция. 24-28 сентября 2018. Минск. Т. 1. С. 79-81.

11 Асадов М.М., Алиев О.М., Гасанова У.А., Янушкевич К.И., Никитов С.А. Материаловедческие основы разработки перспективных магнитных материалов систем FeS–PbS–In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) // Актуальные Проблемы Физики Твердого Тела. Сборник докладов. ФТТ-2018. VIII Международная научная конференция. 24-28 сентября 2018. Минск. Т. 3. С. 178-179.

12 Асадов М.М., Мустафаева С.Н., Гасанова У.А., Алиев О.М., Янушкевич К.И., Никитов С.А. Моделирование и свойства многокомпонентных магнитных систем FeS–PbS–M<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (M=Ga, In) // AJP. Fizika. 2018. Vol. XXIV. № 3. Section: Az. С. 11-14.

13 Asadov S.M., Mustafaeva S.N., Lukichev V.F. Response of silver chalcogallates to X-rays // AJP. Fizika. 2018. Vol. XXIV. № 3. Section: En. P. 9-11.

14 Асадов М.М., Ахмедова Н.А. Фазовые равновесия и термодинамика в Li<sub>2</sub>O–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> // Химия твердого тела и функциональные материалы – 2018. Термодинамика и материаловедение. Тез. докл. Всерос. конф. с межд. участием и 12-го Всерос. симп. с межд. участием. 21–27 мая 2018 года / под ред. В.В. Гусарова – СПб.: «Новбытхим». 2018. Ч. 3. С. 158.

15 Асадов М.М., Мустафаева С.Н., Мамедов Ф.М., Гасанова У.А., Алиев О.М. Фазовые взаимоотношения в FeS–PbS–Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) и свойства промежуточных фаз // Химия твердого тела и функциональные материалы – 2018. Термодинамика и материаловедение. Тез. докл. Всерос. конф. с межд. участием и 12-го Всерос. симп. с межд. участием. 21–27 мая 2018 года / под ред. В.В. Гусарова – СПб.: «Новбытхим». 2018. Ч. 3. С. 159.

16 Асадов М.М., Кули-заде Э.С. Фазовая диаграмма и термодинамика системы ZnO–PbO–Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> // Химия твердого тела и функциональные материалы – 2018. Термодинамика и материаловедение. Тез. докл. Всерос. конф. с межд. участием и 12-го Всерос. симп. с межд. участием. 21–27 мая 2018 года / под ред. В.В. Гусарова – СПб.: «Новбытхим». 2018. Ч. 3. С. 160.

17 Asadov M.M., Yanushkevich K.I., Mammadov F.M. Phase equilibrium of the Fe–Se–Te–Ge system and the magnetic properties of the samples // Сборник трудов. XXIII Международная конференция «Новое в магнетизме и магнитных материалах» (HMMM XXIII). Москва. 30 июня-5 июля 2018. Рос. Техн. Ун-т. МИРЭА. P. 72.

18 Асадов М.М, Зарбалиев М.М, Рагимов Р.Н., Янушкевич К.И. Магнитные полупроводники на основе халькогенидов 3d-элементов // «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики - 2018». Международная научно-техническая конференция (100-летию Азербайджанской Демократической Республики посвящается). 24-25 мая 2018. Сумгаит. 2018. С. 27-30.

19 Asadov M.M. Mustafaeva S.N. Yanushkevich K.I. Nikitov S.A. Thermodynamics and physical properties of magnetic compounds  $M\text{Ga}_2\text{S}_4$  and  $M_2\text{Ga}_2\text{S}_5$  ( $M = \text{Fe}, \text{Pb}, \text{Ni}$ ) // International Materials Research Congress. Symposium: F1, New Advances in Superconductivity and Magnetism: 1D, 2D and 3D Modality. Abstracts. The XXVII International Materials Research Congress. Cancun. Mexico. August 19-24, 2018. simF1-abs002.

20 Mustafaeva S., Asadov S. Charge transport in novel Er-doped  $\text{TlInS}_2$  crystals // International Materials Research Congress. Symposium A3, Emerging 2D Non-Graphene Materials: Synthesis, Heterogeneity, and Collective Phenomena. Abstracts. The XXVII International Materials Research Congress. Cancun. Mexico. August 19-24, 2018. simA3-abs002.

21 Asadov S., Mustafaeva S., Lukichev V. Materials based on  $\text{AgGaS}_2$  for X-ray Detection // Proc. The International Conference "Micro- and Nanoelectronics – 2018" (ICMNE-2018) with the Extended Session "Quantum Informatics" (QI-2018). Moscow-Zvenigorod. Russia. October 1-5, 2018. P2-21. P. 177.

22 Мустафаева С.Н., Хусейнова К.М., Асадов М.М. Frequency and temperature dependences of the physical properties of  $(1-x)\text{TlGaSe}_2 \cdot x\text{Dy}$  solid solutions // Applied solid state chemistry. 2018. № 2(3). P. 59-64.

23 Mustafaeva S.N., Asadov S.M., Guseinov D.T., Lukichev V.F. Ag chalcogallates for uncooled and virtually inertialess x-ray-detecting devices // Journal of Radiation Researches, 2018. Vol. 5. № 2. P. 71-75.

24 Мустафаева С.Н., Асадов М.М., Магеррамов А.Б., Янушкевич К.И., Лукичев В.Ф. Расчет фазовой диаграммы  $\text{As}_2\text{Se}_3\text{-As}_2\text{S}_3$  и частотные зависимости физических свойств  $0.8\text{As}_2\text{Se}_3\text{-}0.2\text{As}_2\text{S}_3$  // Известия Национальной Академии Наук Азербайджана. Серия физико-математических наук, физика и астрономия. 2019. № 2. С. 23-28.

25 Asadov S.M., Mustafaeva S.N., Lukichev V.F. Effect of doping with gallium on the electrical conductivity of  $\text{TlSbS}_2$  single crystals // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Химия твердого тела и функциональные материалы» и XII Всероссийского симпозиума с международным участием «Термодинамика и материаловедение». Санкт-Петербург. Россия. 21-27 мая 2018. Под ред. В.В. Гусарова. Россия. Санкт-Петербург: «Новбытхим». 2018. Ч. 3. С. 355.

26 Asadov S.M., Mustafaeva S.N., Lukichev V.F. Response of silver chalcogallates to X-rays // Tezises of Academician G.B. Abdullaev Centenary International Conference and School "Modern

Trends in Condensed Matter Physics" (MTCMP-2018). Baku. Azerbaijan. ANAS. IP. Sept. 24-26. 2018. P. 156.

27 Асадов М.М., Мустафаева С.Н., Гасанова У.А., Алиев О.М., Янушкевич К.И., Никитов С.А. Моделирование и свойства многокомпонентных магнитных систем  $\text{FeS-PbS-M}_2\text{S}_3$  ( $M=\text{Ga, In}$ ) // Tezises of acad. G.B. Abdullaev Centenary International Conference and School "Modern Trends in Condensed Matter Physics" (MTCMP-2018). Baku. Azerbaijan. ANAS. IP. Sept. 24-26. 2018. P. 40.

28 Asadov S., Mustafaeva S. Hopping conductivity in  $(\text{TlGaSe}_2)_{1-x}(\text{TlInS}_2)_x$  solid solutions // Abstracts of XXVII International Materials Research Congress. (MRS). Symposium F2, Advances in Functional Semiconducting Materials. Cancun. Mexico. August 19-24, General program. 2018. SF2-P003. P. 251.

29 Мустафаева С.Н., Асадов С.М., Керимова Э.М. Влияние состава полученных материалов  $\text{TlGaSe}_2 : \text{Tm}$  на их физические свойства // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Химия твердого тела и функциональные материалы» и XII Всероссийского симпозиума с международным участием «Термодинамика и материаловедение». Санкт-Петербург. Россия. 21-27 мая 2018. Под ред. В.В. Гусарова. Россия. Санкт-Петербург: «Новбытхим». 2018. Ч. 3. С. 279.

30 Mustafaeva S.N., Asadov M.M., Magammedragimova R.S., Aliyev O.M. Phase formation, kinetic properties and thermodynamic analysis of  $\text{As}_2\text{Se}_3\text{-In}_3\text{As}_2\text{S}_3\text{Se}_3$  and  $\text{As}_2\text{Se}_3\text{-As}_2\text{S}_3$  systems // Applied solid state chemistry. 2018. № 4. P. 23-32.

31 Asadov S.M., Mustafaeva S.N. Effect of Electron Irradiation on Charge Transfer in 2D Gallium Monosulfide // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2019. Vol. 55. No. 1. P. 70–76.

32 Mustafaeva S.N., Asadov S.M. Charge Transport and Thermo-emf in  $\text{TlFe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{S}_2$  Solid Solutions // Advances in Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 3. P. 1-5. DOI: 10.1155/2019/9285359

33 Asadov S.M. The phase equilibria in the  $\text{Tl-S-I}$  system and electrical properties of the  $\text{Tl}_6\text{Sl}_4$  and  $\text{TlS}$  compounds // (D.M. Babanly, Z.S. Aliev, Q.M. Huseynov, S.M. Asadov, S.N. Mustafaeva, D.B. Tagiyev) Journal of Alloys and Compounds. 2019. No 776. P. 495-503.

34 Асадов С.М., Мустафаева С.Н., Лукичев В.Ф., Гусейнов Д.Т. Влияние состава на диэлектрические свойства и перенос заряда в 2D материалах  $\text{GaS}_{1-x}\text{Se}_x$  // Микроэлектроника. 2019. Т. 48. № 4. С. 1–6.

35 Mamedov A.N., Akhmedova N.Ya., Asadov S.M. et al. Thermodynamic analysis and defection formation in alloys on the basis of lead selenide containing copper // Chemical Problems. 2019. No. 1 (17). P. 16-25.

#### **Çapa göndərilmiş elmi işlər**

Həmmüəlliflərlə birlikdə Belarus Milli Elmlər Akademiyasının xəbərləri toplusunda dərc üçün bir məqalə göndərilib



A.B. Аплевич, С.С. Аплеснин, М.М. Асадов, С.М. Асадов, Е.А. Афиногенов, А.И. Галяс, О.Ф. Демиденко, А.М. Живулько, Г.И. Маковецкий, С.Н. Мустафаева, Г.Н. Наумов, О.Б. Романова, Д.И. Скринников, К.И. Янушкевич. Халькогенсодержащие магнитные полупроводники для микроэлектроники // Belarus Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri Toplusu. 2019.

- |    |   |
|----|---|
| 5  | İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər<br>(burada doldurulmalı)   |
| 6  | Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərilməlidir)<br>(burada doldurulmalı)<br>Layihə planı üzrə tədqiqat işləri aparmaq üçün layihə iştirakçısı prof. Mirsəlim M. Əsədov 6 günlük Minsk şəhərinə ezamiyyətə getmişdir (23 sentyabr-30 sentyabr 2018 il). Ezamiyyət hesabatı EIF-na təqdim edilmişdir.<br>Ezamiyyənin elmi və praktiki əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, BMEA Materialşünaslıq Mərkəzində (Minsk şəh.) faza tarazlığı və rentgen quruluş xassələrinin öyrənilməsi üçün vacib olan təcrübələr aparılmışdır.<br>Təcrübələrdən alınan nəticələr Belarus həmkarlarla həmmüəllifli bir məqalə şəklində dərcə göndərilmişdir. Mikroelektronika üçün vacib olan nazik təbəqəli yeni maqnit xassəli materialın yaradılması üzrə birgə fikir mübadiləsi aparılmış və elmi-tədqiqat işləri davam etdirilir. |
| 7  | Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)<br>(burada doldurulmalı)   |
| 8  | Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak<br>(burada doldurulmalı)  |
| 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)<br>(burada doldurulmalı)  |
| 10 | Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları<br>(burada doldurulmalı)  |
| 11 | Yerli həmkarlarla əlaqələr<br>(burada doldurulmalı)   |
| 12 | Xarici həmkarlarla əlaqələr<br>(burada doldurulmalı)<br>Minskdən olan layihə üzrə iştirakçılar ilə və REA-nın Radioelektronika və Elektronika, Fiziki Texnologiyalar İnstitutunun əməkdaşları ilə birlikdə dərc edilmiş materiallar yuxarıda siyahıda   |

verilib

13 Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa)  
(burada doldurmalı)

14 Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa)  
(burada doldurmalı)

15 Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa)  
(burada doldurmalı)

16 Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərilməlidir)  
(burada doldurmalı)

**Baş məsləhətçi**  
**Quliyeva Mülayim Sahib qızı**

**Layihə rəhbəri**  
**Əsədov Salim Mirsəlim oğlu**

\_\_\_\_\_  
(imza)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020\_-ci il

\_\_\_\_\_  
(imza)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020\_-ci il