



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
“Elm-Təhsil İntegrasiyası” məqsədli qrant müsabiqəsinin
(EİF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: A2VB3VI birləşmələri əsasında aşqarlama və nanostrukturlaşma yolu ilə alınmış
yüksək termoelektrik effektivli yeni materiallar

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Qəhrəmanov Kamil Şamil oğlu

Qrantın məbləği: 31 200 manat

Layihənin nömrəsi: EİF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)-71/16/1-M-01

Müqavilənin imzalanma tarixi: 19 avqust 2020-ci il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 6 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 oktyabr 2020-ci il – 01 aprel 2021-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 işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

1. Kristalların cihazlarda tətbiqi üçün onların real strukturunu nəzərə alınması çox vacib məsələdir. İdeal kristal olmur və real kristallarda, məsələn laylı Bi_2Te_3 monokristallarda, həm defektlər var, həm də dislokasiyalar. Bu defektlərin mövcudluğu kristalların elektrik və istilik keçiriciliyinə böyük təsir edir və cihazların iş rejimini dəyişir. Laylar arasındakı zəif qarşılıqlı əlaqəsi olduğuna görə bu defektlər əsasən laylar arasında yaranırlar və yerləşirlər. Atom-qüç mikroskopu vasitəsi ilə Bi_2Te_3 monokristallarda laylara perpendikulyar kəskin alınmış mənzərəsi öyrənilib.
2. Riyazi modeldən istifadə etməklə dislokasiyaların kristalda yaranması və yer dəyişməsi hesablanıb.
3. Məlumdur ki, Bi_2Te_3 monokristalların termoelektrik effektivliyini qaldırmaq üçün istilik keçiriciliyini azaltmaq yolu ilə nail olmaq olar. İndium (In) və mis (Cu) atomları ilə aşkar olunmuş Bi_2Te_3 monokristalların istilik keçiriciliyi ölçülüb.

4. Maqnit yarımkeçirici birləşmələr spintronikada geniş istifadə olunur, topoloji maqnit yarımkeçirici birləşmələr isə bundan əlavə qeyridissipativ cihazlarda öz tətbiqini tapa bilər. Bi_2Te_3 monokristallarına Mn maqnit atomları əlavə etməklə $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_n$ sistemə aid yeni topoloji maqnit yarımkeçirici birləşmələr alınmışdır.
5. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur asılılığı və xarici maqnit sahəsinin bu temperatur asılılığına təsiri öyrənilib.
6. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_2$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur asılılığı və xarici maqnit sahəsinin bu temperatur asılılığına təsiri öyrənilib.
7. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_3$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur asılılığı və xarici maqnit sahəsinin bu temperatur asılılığına təsiri öyrənilib.
8. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_4$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur asılılığı və xarici maqnit sahəsinin bu temperatur asılılığına təsiri öyrənilib.
9. Anomal Xoll effekti yeni topoloji maqnit yarımkeçirici birləşmələrdə MnB_2Te_4 və $\text{MnB}_8\text{Te}_{13}$ araşdırılıb.
10. Məlumdur ki, ayrıca In_2Te_3 və $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ birləşmələri müxtəlif cihazlarda öz tətbiqini tapıb. Məsələn, In_2Te_3 birləşmələri termistorlarda və termoelektrik çeviricilərin elementi kimi istifadə olunurlar, $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ birləşmələri isə qamma suların detektoru və nanotexnologiyada, nanoelektronikada. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ bərk məhlullar, harada $x = 0.01$ və 0.03 alınıb və tədqiq olunub.
11. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ bərk məhlulların ($x = 0.01$ və 0.03) istilik keçiriciliyin temperaturdan asılılığı öyrənilib.
12. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ bərk məhlulların ($x = 0.01$ və 0.03) istilik müqavimətin temperaturdan asılılığı hesablanıb.
13. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.97}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_{0.03}$ bərk məhlulun uzununa Nernst-Ettingshausen koeffisientin və maqnitmüqavimətin temperaturdan asılılıqları öyrənilib.
14. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.97}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_{0.03}$ bərk məhlulun ölçüsüz Nernst-Ettingshausen koeffisientin $\varepsilon_y U_H H/c$ -dan asılılığı tədqiq olunub.
15. Son vaxtlar topoloji xüsusiyyətlərin aşkarlanması nəticəsində tetradimit tipli strukturlara maraq artmışdır. Topoloji xüsusiyyətlərə əlavə olaraq bu tip strukturlar geniş tədqiq olunan termoelektrik materiallardır. Optik xüsusiyyətlərin araşdırılması bu strukturlarda baş verən əsas fiziki proseslərin daha ətraflı başa düşülməsi üçün lazımdır. Bi_2Se_3 monokristalların və mislə (Cu) aşkarlanmış Bi_2Se_3 monokristalların optik xassələri spektral ellipsometriya tədqiqatları üsulu ilə öyrənilmişdir.
16. Tədqiqat M-2000 DI (J.A. WoollamCo, Inc.) spektroskopik ellipsometrə aparılmışdır. Ellipsometrik parametrlər Ψ və Δ -nin foton enerjisindən spektral asılılığı $0,7-6,5$ eV foton enerjisi aralığında, 50 meV addım ilə, düşmə bucaqlarının $60^\circ-75^\circ$ aralığında, 5° addım ilə alınmışdır.
17. Simulyasiya üçün bir Cody-Lorentz osilyatoru və üç Lorentz osilyatoru istifadə edilmişdir. Cody-Lorentz osilyatoru qadağan olunmuş zonanın ölçüsünü nəzərə alan Lorentz osilyatorunun bir formasıdır. Simulyasiyaların və təcrübələrin uzlaşması orta kvadrat səhvindən istifadə edərək qiymətləndirilmişdir. Orta kvadrat səhv 20 -dən az olduqda simulyasiya etibarlı sayılırdır.
18. Bi_2Se_3 monokristalların spektral ellipsometriya tədqiqatlarından təcrübi və simulyasiya yolu ilə hesablanmış ellipsometrik bucaqların Ψ və Δ qiymətləri $0,7$ eV-dən $6,5$ eV enerji intervalında təyin edilib.
19. Bi_2Se_3 mislə (Cu) aşkarlanmış $(\text{Bi}_2\text{Se}_3\langle\text{Cu}\rangle)$ monokristalların spektral ellipsometriya tədqiqatlarından təcrübi və simulyasiya yolu ilə hesablanmış ellipsometrik bucaqların Ψ və Δ qiymətləri $0,7$ eV-dən $6,5$ eV enerji intervalında təyin edilib.
20. Bi_2Se_3 monokristalların $0,7$ eV-dən $6,5$ eV enerji intervalında dielektrik funksiyanın real ε_r və xəyalı ε_i hissələri təyin olunub.
21. $\text{Bi}_2\text{Se}_3\langle\text{Cu}\rangle$ monokristalların $0,7$ eV-dən $6,5$ eV enerji intervalında dielektrik funksiyanın real

ϵ_r və xəyalı ϵ_i hissələri təyin olunub.

22. Bi_2Se_3 və $\text{Bi}_2\text{Se}_3<\text{Cu}>$ monokristalların elektron keçidlərin kritik nöqtələri aşkar olunub.

23. Bi_2Se_3 monokristalların 0,7 eV-dən 6,5 eV enerji intervalında sındırma n və əkstinsiya k əmsalları hesablanıb.

24. Bi_2Te_3 monokristalların fiziki xassələrinə indium (In) və mislə (Cu) aşkarlanmasının təsiri öyrənilib.

25. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In}, \text{Cu}>$ monokristalların kristallik qəfəsin a parametri müxtəlif temperaturlarda (100-700K) öyrənilib və istidən genişlənmə əmsalı α_a hesablanıb.

26. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In}, \text{Cu}>$ monokristalların kristallik qəfəsin c parametri müxtəlif temperaturlarda (100-700K) öyrənilib və istidən genişlənmə əmsalı α_c hesablanıb.

27. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In}, \text{Cu}>$ monokristalların elektrik keçiriciliyi σ 80-300K temperatur intervalında öyrənilib.

28. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In}, \text{Cu}>$ monokristalların Xoll əmsalın R və yükdaşıyıcıların konsentrasiyasın n 80-300K temperatur intervalında öyrənilib.

29. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In}, \text{Cu}>$ monokristalların yükdaşıyıcıların yürüklüyün μ temperatur asılılığı 80-300K temperatur intervalında müəyyən olunub.

30. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In}, \text{Cu}>$ monokristalların eninə maqnit müqavimətin maqnit sahəsindən asılılığı müxtəlif temperaturlarda (130K, 150K, 170K) öyrənilib.

31. Tetradimit tipli (Bi_2Te_3 -tipli) strukturuna aid olan yeni maqnit topologi izolyatorun $\text{MnBi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_4$ elektrik və qalvanomaqnit xassələri tədqiq olunmuşdur.

32. Geniş 5-300K temperatur intervalında $\text{MnBi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_4$ monokristalların elektrik keçiriciliyin anizotropiyası təyin olunub.

33. $T=5\text{K}$ $\text{MnBi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_4$ monokristalların eninə maqnit müqavimətin maqnit sahəsindən asılılığı müəyyən edilmişdir.

34. Müxtəlif maqnit sahələrin ($H=2-60$ kOe) $\text{MnBi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_4$ monokristalların xüsusi müqavimətin temperatur asılılığına (5-70K) təsiri öyrənilmişdir.

2

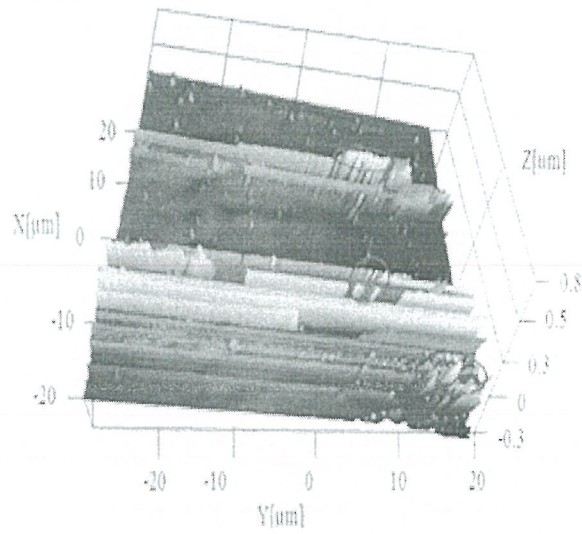
Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)

100%

3

Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr** (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)

1. Laylara perpendikulyar kəsikdə defektlərin və dislokasiyaların paylanmasını öyrənmək üçün atom-qüç mikroskopundan istifadə edilib (şəkil 1). atom qüvvə mikroskopundan (AQM) vasitəsi ilə laylara perpendikulyar kəsikin alınmış mənzərəsində qırmızı dairelərlə defektlərin və dislokasiyaların yeri göstərilib.

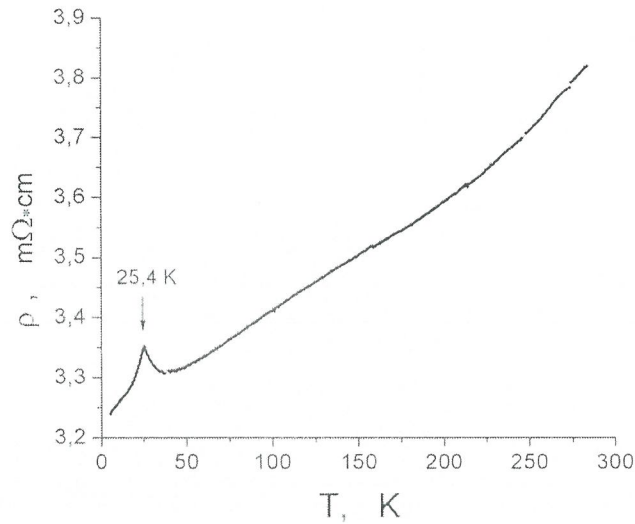


Şəkil 1. Atom-güc mikroskopu vasitəsi ilə laylara perpendikulyar kəsikin mənzərəsi.

2. Atom-güc mikroskopu və elektron mikroskopu tədqiqatları və nəzəri hesablamalar göstərir ki, qeyri elastik deformasiya və dislokasiyaların sürüşməsi laylar arasındakı toplanmış nanoobyektlər şəklində.

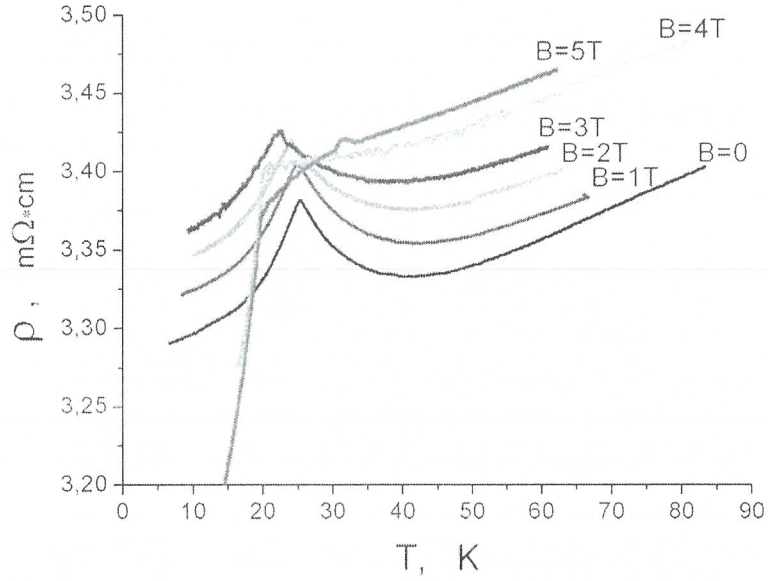
3. Məlumdur ki, Bi_2Te_3 monokristalların termoelektrik effektivliyini qaldırmaq üçün istilik keçiriciliyini azaltmaq yolu ilə nail olmaq olar. Aşkar olunub ki, Bi_2Te_3 monokristallarına indium (In) və mis (Cu) atomları aşkar kimi vurulanda, istilik keçiriciliyi azalır. Aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, aşkar atomlar (In, Cu) laylar arasındakı toplanırlar və belə nanoobyektlər fononların səpilməsinə gətirir və bununla istilik keçiriciliyi azalır.

4. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)$ birləşmənin xüsusi müqavimətin geniş temperatur intervalında 5-300K temperatur assılığında $T=25,4$ K temperaturda pik şəklində xüsusiyyət aşkar olunub (şəkil 2). Məlum olub ki, bu xüsusiyyət paramaqnit-antiferromaqnit faza keçidi ilə bağlıdır və 25,4 K Neel temperaturudur.



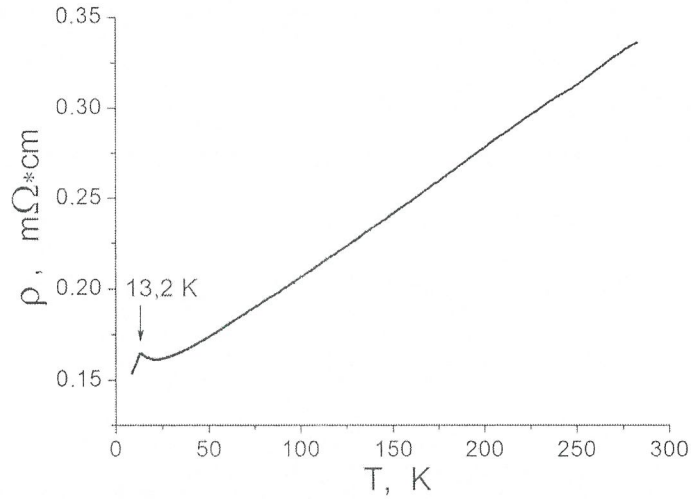
Şəkil 2. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur assılığı.

5. Xarici maqnit sahəsinin bu xüsusiyyətə təsiri (şəkil 3) göstərir ki, 25,4 K xüsusiyyət maqnit təbiətə malikdir.



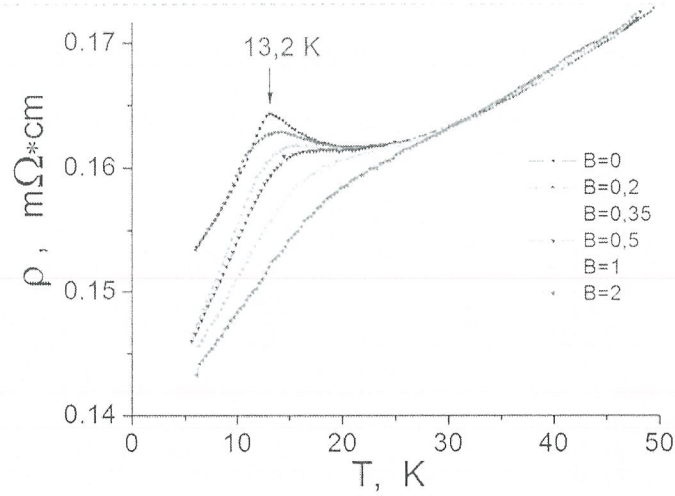
Şəkil 3. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur assılığına xarici maqnit sahəsinin təsiri.

6. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_2$ birləşmənin xüsusi müqavimətin geniş temperatur intervalında 5-300K temperatur assılığında $T=13,2$ K temperaturda pik şəklində xüsusiyyət aşkar olunub (şəkil 4). Məlum olub ki, bu xüsusiyyət paramaqnit-antiferromaqnit faza keçidi ilə bağlıdır və 13,2 K Neel temperaturudur.



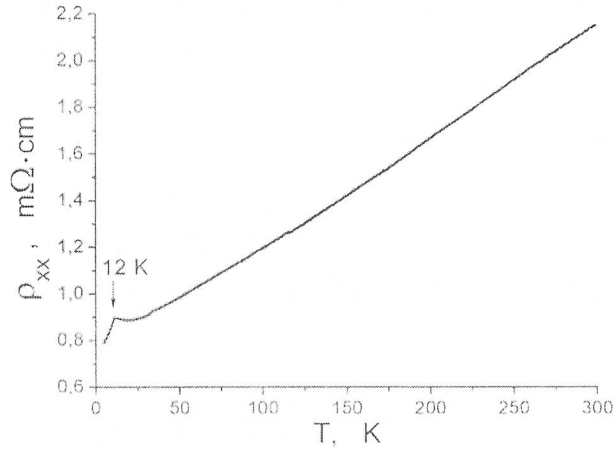
Şəkil 4. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_2$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur assılığı.

7. Xarici maqnit sahəsinin bu xüsusiyyətə təsiri (şəkil 5) göstərir ki, 13,2 K xüsusiyyət maqnit təbiətə malikdir.



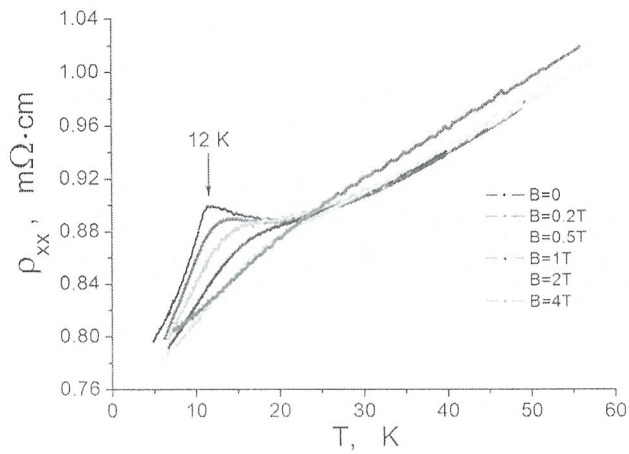
Şəkil 5. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_2$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur assılığına xarici maqnit sahəsinin təsiri.

8. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_3$ birləşmənin xüsusi müqavimətin geniş temperatur intervalında 5-300K temperatur assılığında $T=12$ K temperaturda pik şəklində xüsusiyyət aşkar olunub (şəkil 6). Məlum olub ki, bu xüsusiyyət paramaqnit-ferromaqnit faza keçidi ilə bağlıdır və 12 K Kyuri temperaturudur.



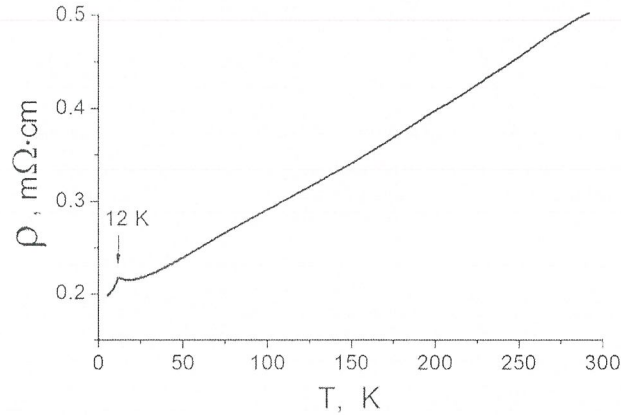
Şəkil 6. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_3$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur assılığı.

9. Xarici maqnit sahəsinin bu xüsusiyyətə təsiri (şəkil 7) göstərir ki, 12 K xüsusiyyət maqnit təbiətə malikdir.



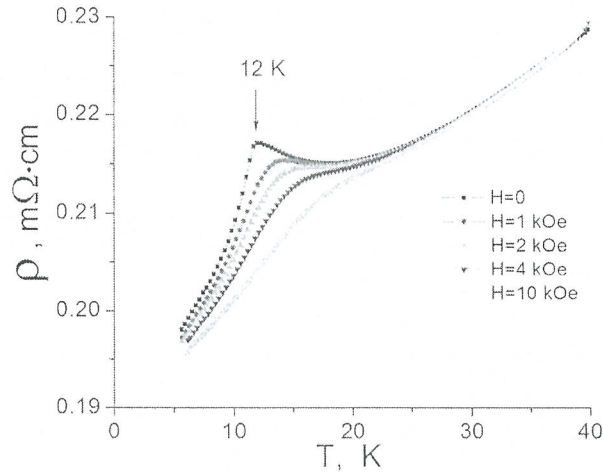
Şəkil 7. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_3$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur assılığına xarici maqnit sahəsinin təsiri.

10. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_4$ birləşmənin xüsusi müqavimətin geniş temperatur intervalında 5-300K temperatur assılığında $T=12$ K temperaturda pik şəklində xüsusiyyət aşkar olunub (şəkil 8). Məlum olub ki, bu xüsusiyyət paramaqnit-ferromaqnit faza keçidi ilə bağlıdır və 12 K Kyuri temperaturudur.



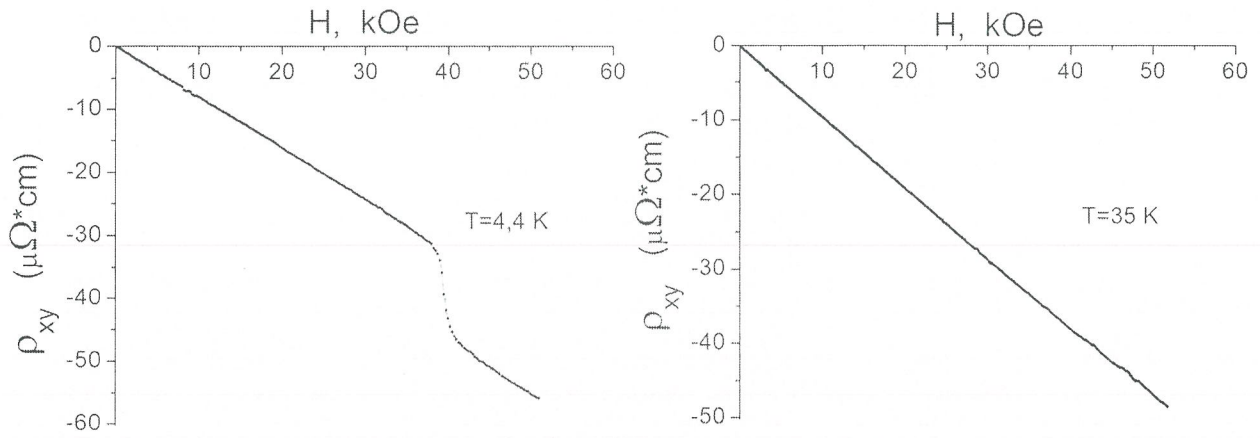
Şəkil 8. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_4$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur assılığı.

11. Xarici maqnit sahəsinin bu xüsusiyyətə təsiri (şəkil 9) göstərir ki, 12 K xüsusiyyət maqnit təbiətə malikdir.



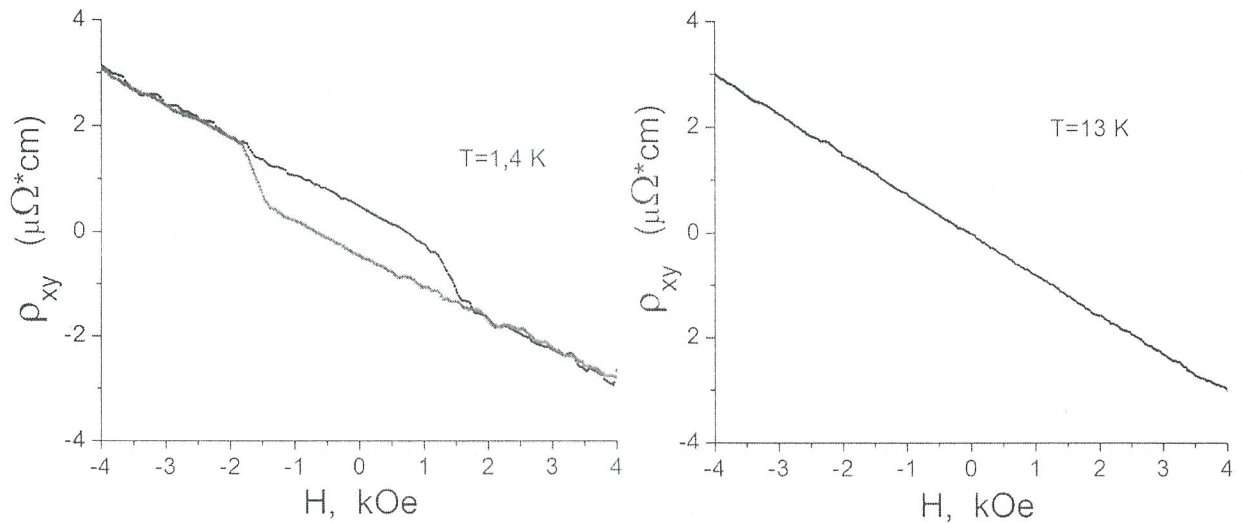
Şəkil 9. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_4$ birləşmənin xüsusi müqavimətin temperatur assılığına xarici maqnit sahəsinin təsiri.

12. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_2$ birləşmənin (ya MnBi_2Te_4) Xoll ölçüləri aparılıb və aşkar olunub ki, antiferromagnetiklərə xass olan Anomal Xoll effekti müşahidə edilib: Neel temperaturdan aşağı $T=4,4$ K Anomal Xoll effekti müşahidə edilir (solda), amma Neel temperaturdan yuxarı $T=35$ K paramagnetiklərə xass olan Normal Xoll effekti (sağda) müşahidə edilir (şəkil 10).



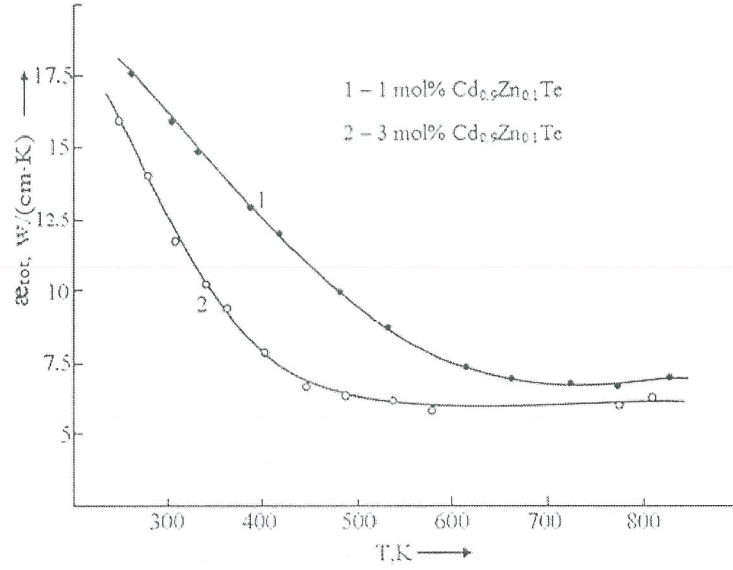
Şəkil 10. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_2$ birləşməsində Xoll ölçüləri : solda $T=4,4$ K temperaturda Anomal Xoll effekti, sağda $T=35$ K temperaturda adi Normal Xoll effekti.

13. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_4$ birləşmənin (ya $\text{MnBi}_8\text{Te}_{13}$) Xoll ölçüləri aparılıb və aşkar olunub ki, ferromagnetiklərə xass olan Anomal Xoll effekti müşahidə edilib: Kyuri temperaturdan aşağı $T=1,4$ K Anomal Xoll effekti müşahidə edilir (solda), amma Kyuri temperaturdan yuxarı $T=13$ K paramagnetiklərə xass olan Normal Xoll effekti (sağda) müşahidə edilir (şəkil 11).



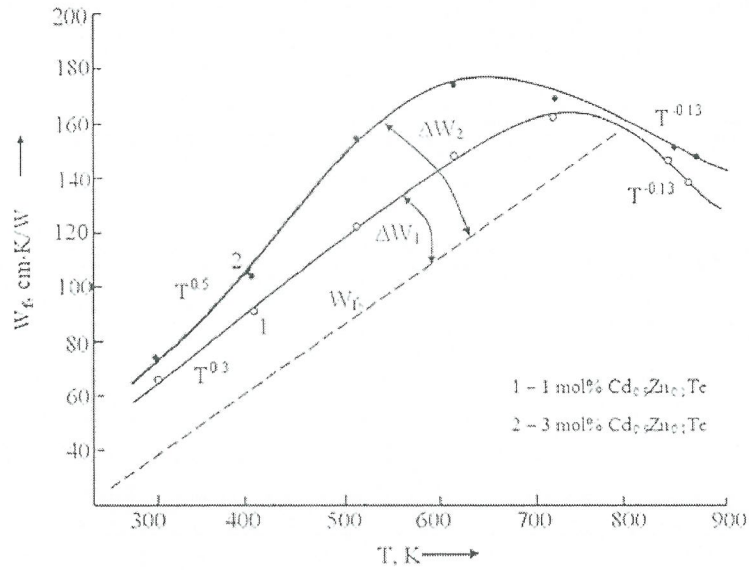
Şəkil 11. $(\text{MnTe})(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_4$ birləşməsində Xoll ölçüləri : solda $T=1,4$ K temperaturda Anomal Xoll effekti, sağda $T=13$ K temperaturda adi Normal Xoll effekti.

14. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ bərk məhlulların ($x = 0.01$ və 0.03) istilik keçiriciliyin temperaturdan assılığı öyrənilib (şəkil 12). 300-500 K temperatur intervalında istilik keçiriciliyin azalması müşahidə olunur. Bu effekt fononların anharmonizmi ilə (fonon-fonon qarşılıqlı təsiri) izah olunur.



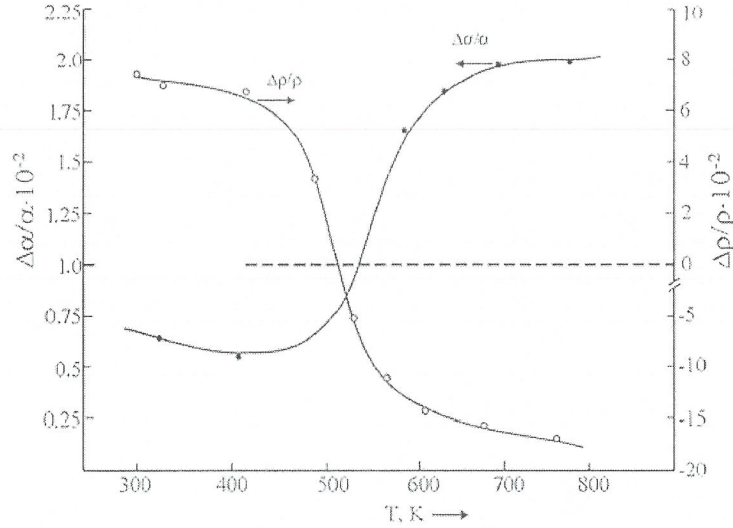
Şəkil 12. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ bərk məhlullarının ($x = 0.01$ və 0.03) istilik keçiriciliyinin temperaturdan assılığı.

15. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ bərk məhlullarının ($x = 0.01$ və 0.03) Wiedemann–Franz qanunu istifadə etməklə fonon istilik müqavimətinin temperaturdan assılığı hesablanıb (şəkil 13). Fonon istilik müqavimətinə əlavələr ΔW_1 və ΔW_2 üç fononlar qarşılıqlı təsirin ilə bağlıdır. 700 K temperaturdan yuxarı istilik müqavimətinin azalması istilik keçiriciliyinə elektron payının artmasına görə baş verir.



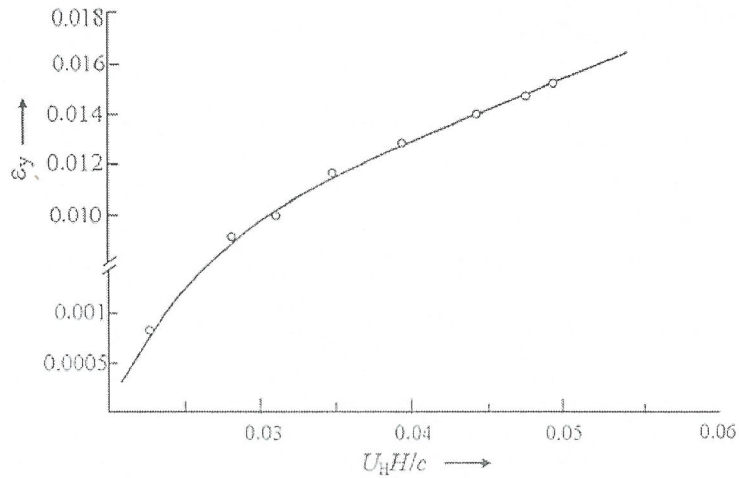
Şəkil 13. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ bərk məhlullarının ($x = 0.01$ və 0.03) fonon istilik müqavimətinin temperaturdan assılığı.

16. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.97}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_{0.03}$ bərk məhlulun uzununa Nernst-Ettingshausen koeffisientin və maqnitmüqavimətin temperaturdan assılıqları öyrənilib (Şəkil 14). Yaxşı görünür ki 500 K temperatur ətrafında maqnitmüqavimətin $(\Delta\rho/\rho)$ pozitiv qiymətindən mənfi qiymətə keçid baş verir. Bu xadisə onu xəbər verir ki elektronların səpilmə mexanizmində dəyişiklik baş verir.



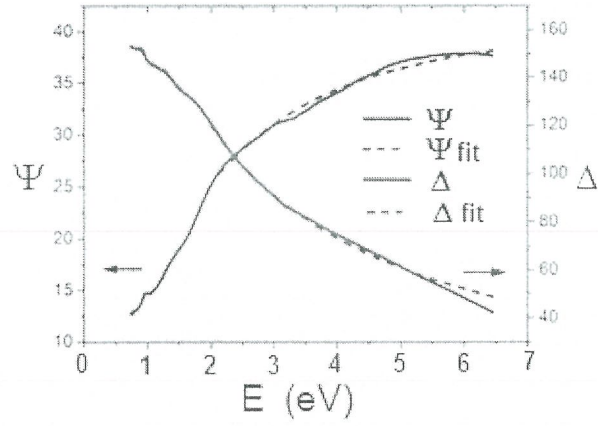
Şəkil 14. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.97}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_{0.03}$ bərk məhlulun uzununa Nernst-Ettingshausen koeffisientin $(\Delta\alpha/\alpha)$ və maqnitmüqavimətin $(\Delta\rho/\rho)$ temperaturdan assılıqları.

17. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.97}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_{0.03}$ bərk məhlulun ölçüsüz Nernst-Ettingshausen koeffisientin ε_y $U_H H/c$ -dan assılığı tədqiq olunub, burada U_H – Xoll yürüklüyü, H – magnit sahəsinin qiyməti, c – işıq sürəti.



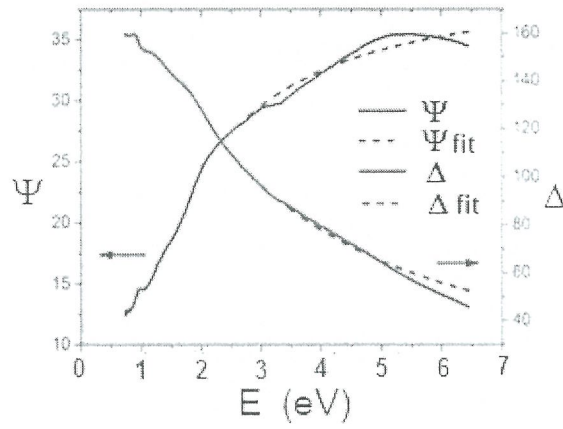
Şəkil 15. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.97}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_{0.03}$ bərk məhlulun ölçüsüz Nernst-Ettingshausen koeffisientin ε_y $U_H H/c$ -dan assılığı.

18. Göstərilib ki, Bi_2Se_3 monokristalların 0,7 eV-dən 6,5 eV enerji intervalında ellipsometrik bucaqların Ψ və Δ təcrübədən ölçülən (qatı xətt) və simulyasiyadan hesablanmış (nöqtəli xətt) qiymətləri yaxşı uzlaşır (şəkil 1).



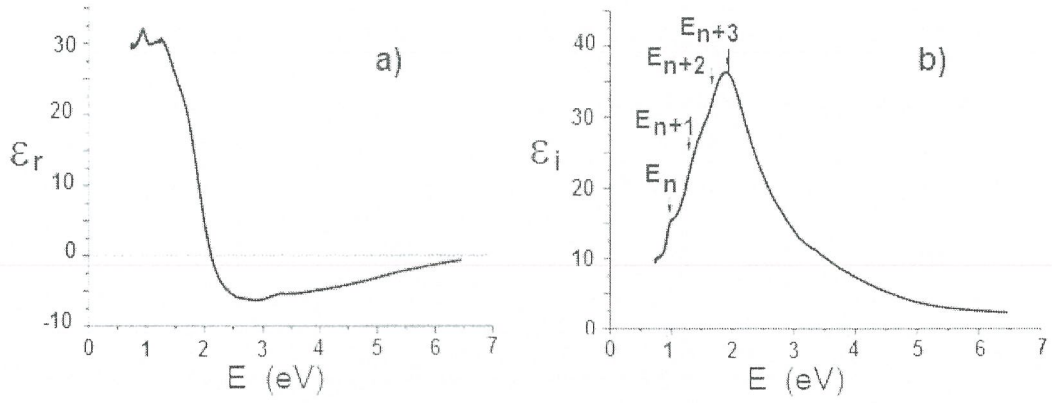
Şəkil 1.

19. Göstərib ki, Bi_2Se_3 mislə (Cu) aşkarlanmış ($\text{Bi}_2\text{Se}_3\langle\text{Cu}\rangle$) 0,7 eV-dən 6,5 eV enerji intervalında ellipsometrik bucaqların Ψ və Δ təcürbedən ölçülən (qatı xətt) və simulyasiyadan hesablanmış (nöqtəli xətt) qiymətləri yaxşı uzlaşırırlar (şəkil 2).



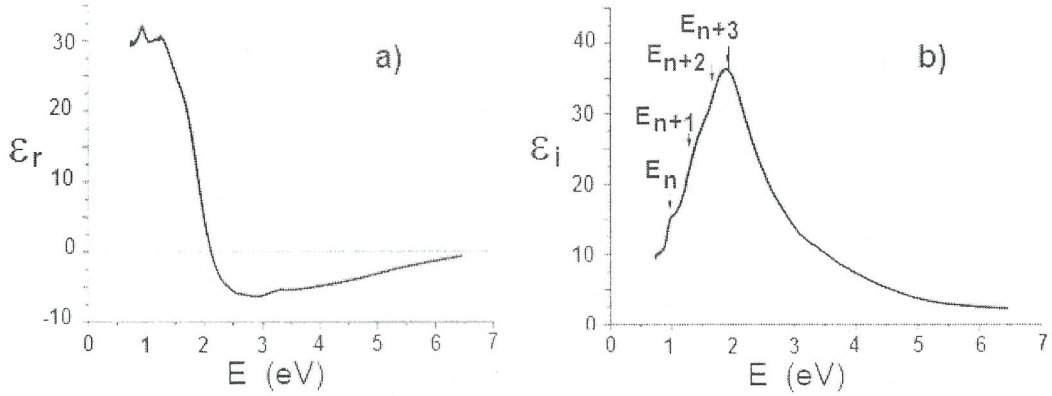
Şəkil 2.

20. Bi_2Se_3 monokristalların 0,7 eV-dən 6,5 eV enerji intervalında dielektrik funksiyanın real ϵ_r və xəyalı ϵ_i hissələri təyin olunub və kritik nöqtələrin energisi ($\epsilon_n=1.013$ eV, $\epsilon_{n+1}=1.343$ eV, $\epsilon_{n+1}=1.656$ eV, $\epsilon_{n+1}=1.900$ eV) və eni təyin olunub (Şəkil 3).



Şəkil 3.

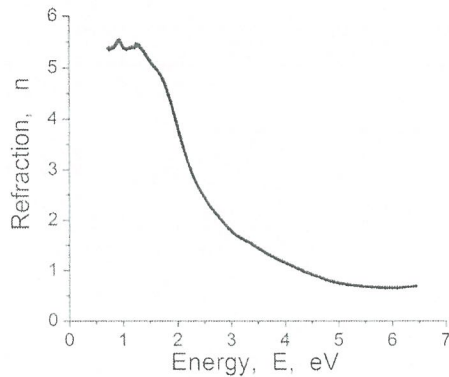
21. $\text{Bi}_2\text{Se}_3\langle\text{Cu}\rangle$ monokristalların 0,7 eV-dən 6,5 eV enerji intervalında dielektrik funksiyanın real ϵ_r və xəyalı ϵ_i hissələri təyin olunub və kritik nöqtələrin enerjisi ($\epsilon_n=1.012$ eV, $\epsilon_{n+1}=1.350$ eV, $\epsilon_{n+1}=1.774$ eV, $\epsilon_{n+1}=1.949$ eV) və eni təyin olunub (Şəkil 4).



Şəkil 4.

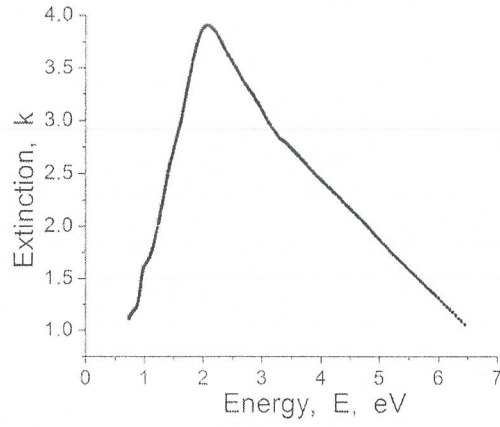
22. Aşkar olunub ki, Bi_2Se_3 monokristalların mislə (Cu) aşkarlanması kritik nöqtələrin ultrabənövşəyi bölgəyə doğru dəyişməsinə gətirib çıxarır. E_n nöqtəsi dəyişmir, E_{n+1} nöqtəsi 7 meV, E_{n+2} nöqtəsi 118 meV dəyişir. E_{n+3} kritik nöqtəsi Bi_2Se_3 və $\text{Bi}_2\text{Se}_3\langle\text{Cu}\rangle$ üçün uyğun olaraq 1.900 eV və 1.949 eV-yə bərabərdir, enerji 49 meV miqdarında dəyişmişdir.

23. Bi_2Se_3 monokristalların 0,7 eV-dən 6,5 eV enerji intervalında sındırma əmsalı n müəyyən olunub (Şəkil 5).



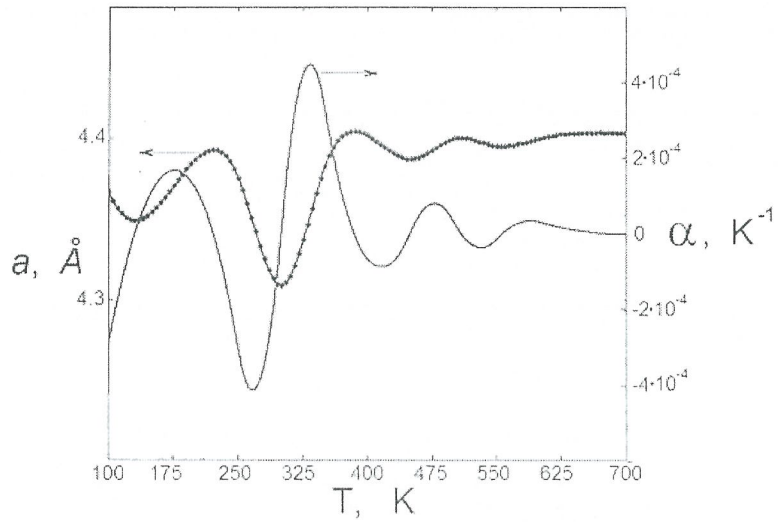
Şəkil 5.

24. Bi_2Se_3 monokristalların 0,7 eV-dən 6,5 eV enerji intervalında əkstinsiya əmsalı k müəyyən olunub (Şəkil 6).



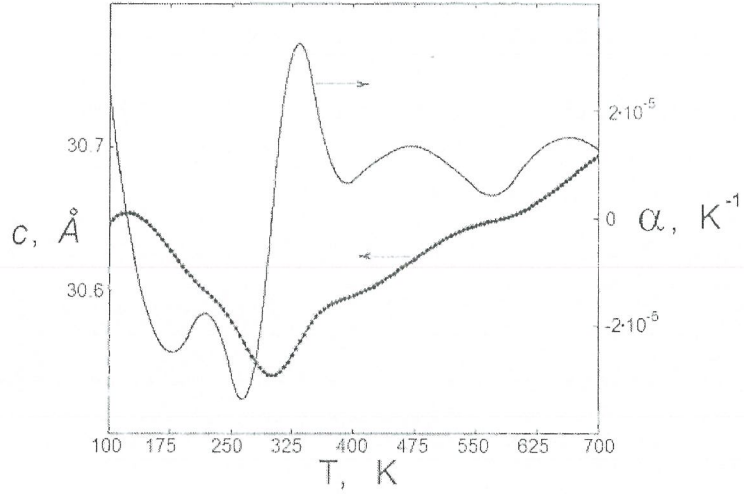
Şəkil 6.

25. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In, Cu}>$ monokristalların kristallik qəfəsin a parametri müxtəlif temperaturlarda (100-700K) təyin olunub və istidən genişlənmə əmsalı α_a hesablanıb (Şəkil 7).



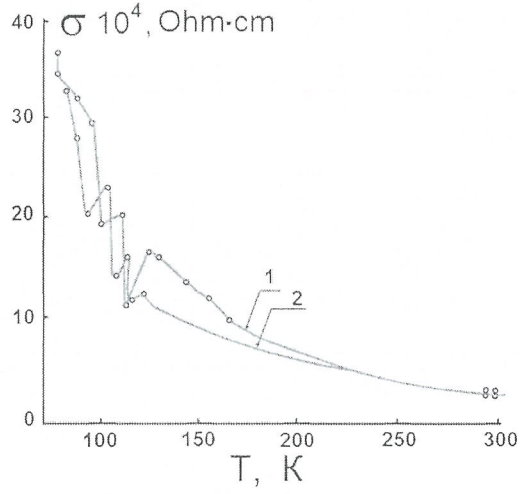
Şəkil 7.

26. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In, Cu}>$ monokristalların kristallik qəfəsin c parametri müxtəlif temperaturlarda (100-700K) təyin olunub və istidən genişlənmə əmsalı α_c hesablanıb (Şəkil 8).



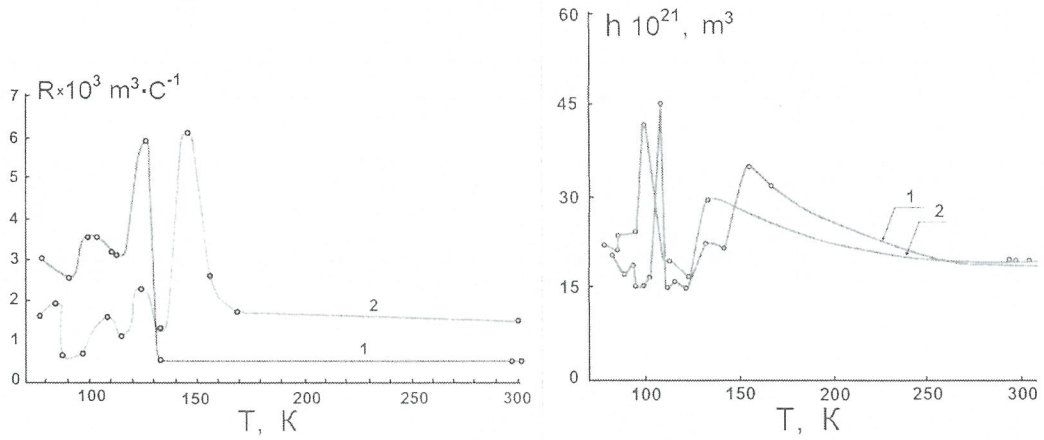
Şəkil 8.

27. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In, Cu}>$ monokristalların elektrik keçiriciliyi σ 80-300K temperatur intervalında öyrənilib (Şəkil 9). Müəyyən olunub ki, keçiricilik “metallik” tiplidir.



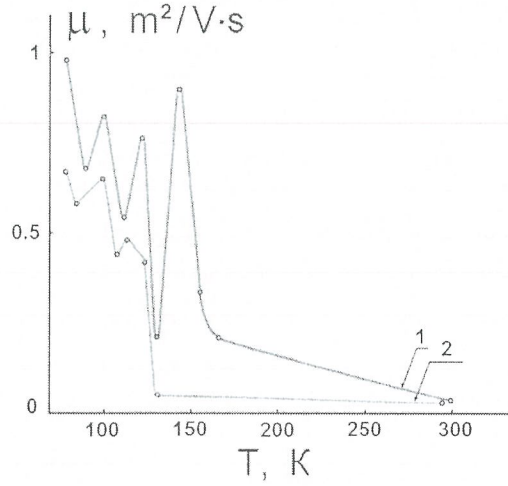
Şəkil 9.

28. Xoll effekti tədqiqatlardan $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In, Cu}>$ monokristalların Xoll əmsalı R və yükdaşıyıcıların konsentrasiyası h 80-300K temperatur intervalında öyrənilib və hesablanıb (Şəkil 10).



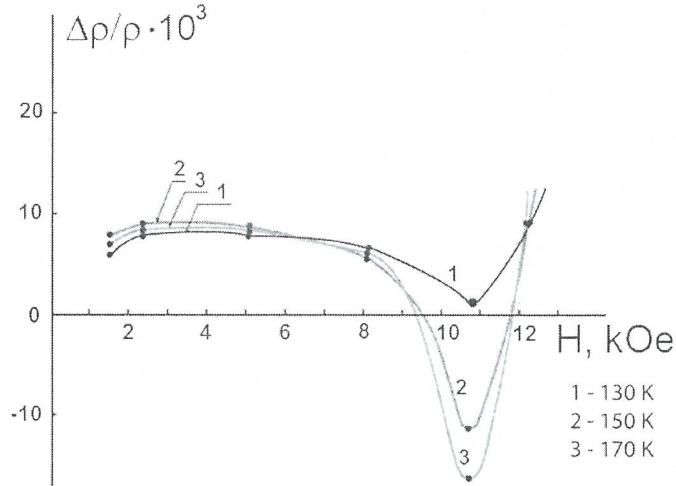
Şəkil 10.

29. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In, Cu}>$ monokristalların yükdaşıciyaların yürüklüyün μ temperatur asıllığı 80-300K temperatur intervalında müəyyən olunub (Şəkil 11).



Şəkil 11.

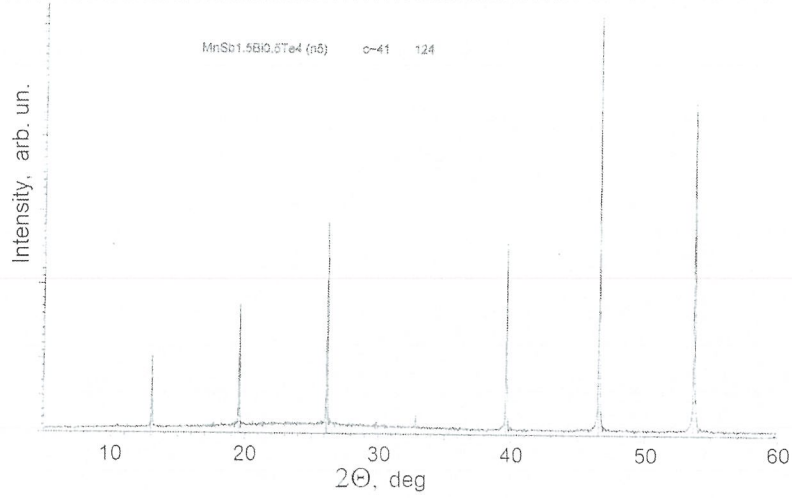
30. $\text{Bi}_2\text{Te}_3<\text{In, Cu}>$ monokristalların eninə maqnit müqavimətinin xarici maqnit sahəsindən (0-13 kOe) asıllığı müxtəlif temperaturlarda (130K, 150K, 170K) öyrənilib (Şəkil 12).



Şəkil 12.

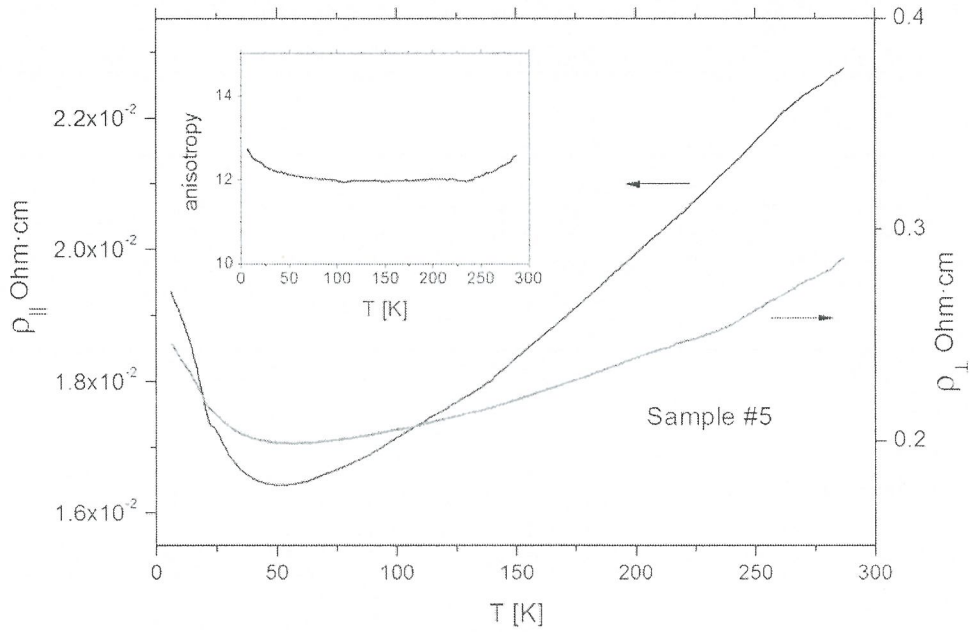
31. İlk dəfə yeni tetradimit tipli (Bi_2Te_3 -tipli) strukturuna aid olan maqnit topologi izolyator $\text{MnBi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_4$ alınıb və bu birləşmənin elektrik və qalvanomaqnit xassələri tədqiq olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, $T \sim 23\text{K}$ temperaturda maqnit faza keçidi baş verir.

32. $\text{MnBi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_4$ birləşmənin rentgen difraktogrammasından aydın olur ki, bu birləşmə MnBi_2Te_4 maqnit topologi izolyatorla eyni struktura malikdir (izostrukturdur, şəkil 13).



Şəkil 13.

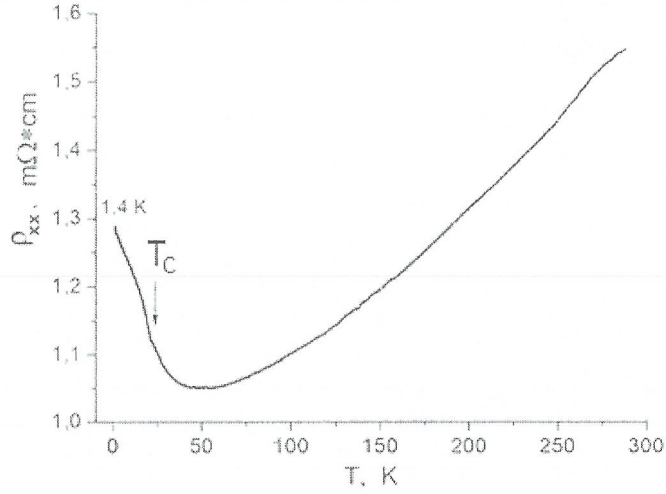
33. Laylı $\text{MnBi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_4$ birləşmənin elektrik keçiriciliyin anizotropiyasının temperaturdan dəyişməməsi göstərki, yükdaşıyıcıların köçürmə mexanizmləri laylar boyunca və laylara perpendukulyar istiqamətdə eynidir (Şəkil 14).



Şəkil 14.

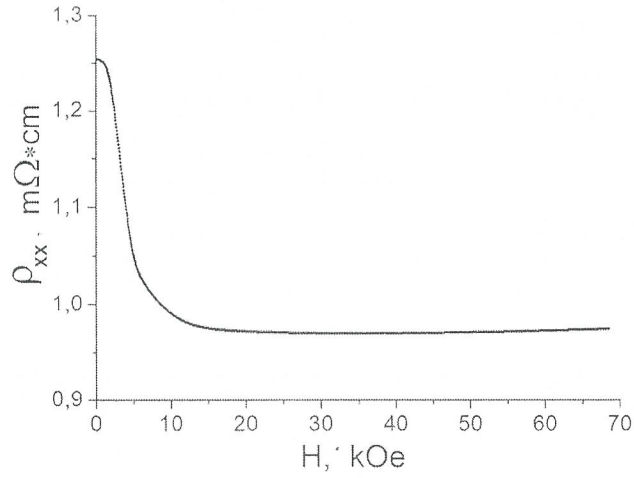
34. Göstərib ki, 23-50 K temperatur intervalda temperatur azaldıqca müqavimətin artması spin fluktuasiyaları ilə və baş verən maqnit faza keçidi ilə bağlıdır.

35. Məlum olub ki, 23 K temperaturdan aşağı temperatur azaldıqca müqavimətin artması (şəkil 15) zəif lokalizasiya effekti ilə izah olunur.



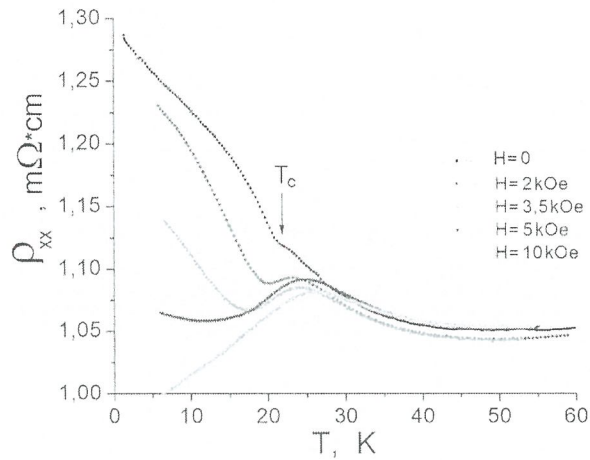
Şəkil 15.

36. Göstərib ki, mənfi maqnit müqavimətin müşahidə edilməsi (şəkil 16) zəif lokalizasiya effektin sübutlarından əsasıdır.



Şəkil 16.

37. Xarici maqnit sahəsinin xüsusi müqavimətin temperatur asılılığına təsiri (şəkil 17) zəif lokalizasiya effektin müşahidə edilməsi sübutudur.



Şəkil 17.

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

Dərc olunmuş məqalələr:

1. AIP Publishing nəşriyyatda "Journal of Applied Physics" jurnalında, ISSN: 0021-8979 (print); 1089-7550 (web), Impact Factor 2,328. Məqalə "Some thermophysical properties of $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ solid solutions" – **M.Sh. Hasanova, Ch.I. Abilov, and E.K. Kasumova**, J. Appl. Phys., 2020, vol. 127, 125114 (3p.).
<https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/1.5140478>
<https://doi.org/10.1063/1.5140478>
2. Elsevier nəşriyyatda "Materials Chemistry and Physics" jurnalında, ISSN: 02540584, Impact Factor 2,88. Məqalə "Physico-chemical properties and thermodynamic functions of alloys of the system $\text{InTe}-\text{Cr}_2\text{Te}_3$ " - **Ch.I. Abilov, M.Sh. Hasanova, N.T. Huseynova**, Materials Chemistry and Physics, 2020, vol. 241, 122341 (3p.).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254058419311563>
<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122341>
3. Azerbaijan Journal of Physics jurnalında çap olunub. Məqalə "The process of ostwald maturation on TlGaTe_2 crystal surface." - K.G. Khalilova, N.M. Abdullayev, **K.Sh. Kagramanov**, AJP Fizika (En), 2019, Vol. XXV, № 1, pp. 18-20.
http://physics.gov.az/Dom/2019/AJP_Fizika_01_2019_en.pdf
4. Azerbaijan Journal of Contemporary Applied Mathematics çap olunub. Məqalə "Процессы формирования поверхностных структур в фольгах слоистых кристаллов." - А.Ш. Кахраманов, К.Г. Халилова, **З.И. Бадалова, К.Ш. Кахраманов**, Journal of Contemporary Applied Mathematics, 2019, V.9, No.1, pp. 23-30.
<http://journalcam.com/wp-content/uploads/2019/05/3.pdf>
5. Азербайджанский журнал Учёные записки Технического Университета çap olunub. Məqalə "Defect centers, decrease thermal conductivity of Bi_2Te_3 <In,Cu>" Gojaev E.M., Abdullayev N.A., Gahramanov A.Sh., Gahramanov S.Sh., **Badalova Z.I.**, Учёные записки Технического Университета, 2019, № 3, с. 98-101.
6. Azerbaijan Journal of Physics jurnalında çap olunub. Məqalə " Bi_2Se_3 və $\text{Bi}_2\text{Se}_3<\text{Cu}>$ optik xassələri" - Ş.K. Qudavasov, N.A. Abdullayev, C.N. Cəlilli, Y.A. Abdullayev, **Z.İ. Bədəlova**, İ.A. Məmmədova, AJP Fizika (Az), 2021, Vol. XXVII, № 1, pp. 44-46.
http://physics.gov.az/Dom/2021/AJP_Fizika_01_2021_az.pdf
7. Azerbaijan Journal of Physics jurnalında çap olunub. Məqalə "The fermi level tuning by annealing in selenium vapor and argon plasma etching of Bi_2Se_3 surfaces" - S.Sh. Gahramanov, Y.A. Abdullayev, A.A. Badalov, **K.M. Jafarli**, N.A. Abdullayev, **K.Sh. Gahramanov**, AJP Fizika (En), 2021, Vol. XXVII, № 1, pp. 63-68.
http://physics.gov.az/Dom/2021/AJP_Fizika_01_2021_en.pdf

Qəbul olunmuş və çapa hazırlanan məqalələr:

8. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının XƏBƏRLƏRİ, Məqalə “Эффект слабой локализации в новых магнитных топологических изоляторах $MnBi_{0.5}Sb_{1.5}Te_4$ ”, Н.А. Абдуллаев, **Х.В. Алигулиева**, В.Н. Зверев, З.С. Алиев, И.Р. Амирасланов, М.Б. Бабанлы, С.М. Багирова, Е.Н. Алиева, И.А. Насибов, Н.Т. Мамедов, Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya, 2021, №2, с. 54-60.

9. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının XƏBƏRLƏRİ, Məqalə “Влияние межслоевого взаимодействия на свойства легированного теллурида висмута” С.Ш. Кахраманов, Ю.А. Абдуллаев, А.А. Бадалов, **К.М. Джафарли**, Н.А. Абдуллаев, **К.Ш. Кахраманов**, Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya, 2021, №2, с. 54-66.

10. Rusiyada “Физика и техника полупроводников” jurnalında, ISSN: 0015-3222, Impact Factor 0,848. Məqalə “Оптические фононы в полупроводниковых соединениях $TiFeS_2$, $TiFeSe_2$ ”, Р.Г. Велиев, Н.А. Абдуллаев, И.Р. Амирасланов, И.А. Мамедова, Д.А. Мамедов, **З.И. Бадалова**, Ш.К. Гудавасов, С.А. Немов, 2021.

11. Rusiyada “Физика и техника полупроводников” jurnalında, ISSN: 0015-3222, Impact Factor 0,848. Məqalə “Эллипсометрические исследования оптических свойств монокристаллов Bi_2Se_3 и $Bi_2Se_3<Cu>$ ”, Ш.К. Гудавасов, Н.А. Абдуллаев, Д.Н. Джалилли, **З.И. Бадалова**, И.А. Мамедова, С.А. Немов, 2021.

Çара göndərilmiş məqalə:

12. Rusiyada “Физика твёрдого тела” jurnalında, ISSN: 0367-3294, Impact Factor 1,126. Məqalə “Механизм переноса заряда в новом магнитном топологическом изоляторе $MnBi_{0.5}Sb_{1.5}Te_4$ ”, Н.А. Абдуллаев, **Х.В. Алигулиева**, В.Н. Зверев, З.С. Алиев, И.Р. Амирасланов, М.Б. Бабанлы, З.А. Джахангирли, Е.Н. Алиева, Х.Н. Ахмедова, Т.Г. Мамедов, М.М. Отроков, А.М. Шикин, Н.Т. Мамедов, Е.В. Чулков.

Qəbul olunmuş konfrans materialları və tezislər:

1. Məruzə tezisi. Абдуллаев Н.А., Алиев З.С., Амирасланов И.Р., **Алигулиева Х.В.**, Шикин А.М., Зверев В.Н., Мамедов Н.Т., Чулков Е.В. Электропроводность новых ферромагнитных топологических изоляторов $MnBi_6Te_{10}$ и $MnBi_8Te_{13}$. // Тезисы докладов XIV Российской конференции по физике полупроводников. Часть 2. – Новосибирск, ФГБун Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, – М. Издательство Перо, 2019. – 542 с., с. 486.

<https://www.isp.nsc.ru/semicond2019/upload/semicond2019-abstracts-2.pdf>

DOI 10.34077/Semicond2019-486

2. Məruzə tezisi. Абдуллаев Н.А., Алиев З.С., Амирасланов И.Р., **Алигулиева Х.В.**, Шикин А.М., Зверев В.Н., Мамедов Н.Т., Чулков Е.В. Перенос заряда в новых антиферромагнитных топологических изоляторах $MnBi_4Te_7$. // Тезисы докладов XIV Российской конференции по физике полупроводников. Часть 2. – Новосибирск, ФГБун Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, – М. Издательство Перо, 2019. – 542 с., с. 487.

<https://www.isp.nsc.ru/semicond2019/upload/semicond2019-abstracts-2.pdf>

DOI 10.34077/Semicond2019-487

3. Məruzə tezisi. **Х.В. Алигулиева**, Н.А. Абдуллаев, З.С. Алиев, И.Р. Амирасланов, А.М. Шикин, В.Н. Зверев, Н.Т. Мамедов, Е.В. Чулков. Механизм переноса заряда в новых антиферромагнитных топологических изоляторах $MnBi_2Te_4$. // Тезисы докладов 53- Школы ПИЯФ по физике конденсированного состояния (ФКС-2019), 11–16 марта 2019 г., Санкт-Петербург., – НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ, 2019. 245 с., с. 183.

http://fks2019.pnpi.spb.ru/media/Sbornik_FKS_2019.pdf

4. Konfrans materialı. **Алигулиева Х.В.**, Абдуллаев Н.А., Алиев З.С., Амирасланов И.Р., Зверев В.Н., Шикин А.М., Мамедов Н.Т., Чулков Е.В. Транспорт электронов в новых антиферромагнитных топологических изоляторах MnV_2Te_4 . // Материалы Республиканской научной конференции «Актуальные вопросы подготовки кадров по специальностям энергетики» 30-31 мая 2019 года Сумгаит – 2019, стр. 117-121.

5. Konfrans materialı. **Алигулиева Х.В.**, Абдуллаев Н.А., Алиев З.С., Амирасланов И.Р., Зверев В.Н., Шикин А.М., Мамедов Н.Т., Чулков Е.В. Аномальный эффект Холла в новых антиферромагнитных топологических изоляторах MnV_2Te_4 и MnV_8Te_{13} . // Материалы II Международной научной конференции «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики» 12-13 ноября 2020 года Сумгаит – 2020, стр. 64-69.

<https://www.ssu-conferenceproceedings.edu.az/pdf/fizika.pdf>

6. Məruzə tezisi. **Х.В. Алигулиева**, Н.А. Абдуллаев, З.С. Алиев, И.Р. Амирасланов, А.М. Шикин, В.Н. Зверев, Н.Т. Мамедов, Е.В. Чулков. Механизм переноса заряда в топологических изоляторах $MnBi_2Te_4$. // Тезисы докладов 54 - Школы ПИЯФ по физике конденсированного состояния (ФКС-2020), 16–21 марта 2020 г., Санкт-Петербург., – НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ, 2020. 212 с., с. 57.

http://fks2020.pnpi.spb.ru/media/Sbornik_tez_FKS_2020_v_3.pdf

7. Məruzə tezisi. **Kamil Shamil oglu Gahramanov**, N. A. Abdullayev. Influence of interlayer interaction on the properties of doped bismuth telluride. Abstracts of the XVIII International Forum on Thermoelectricity, dedicated to the 140-th birthday anniversary of academician A.F. Ioffe, October 26-30, 2020, Chernivtsi, Ukraine, p.18-19.

http://forum2020.inst.cv.ua/?page_id=448&lang=en

8. Məruzə tezisi. Н.А. Абдуллаев, **Х.В. Алигулиева**, З.С. Алиев, И.Р. Амирасланов, В.Н. Зверев, А.М. Шикин, Н.Т. Мамедов, Е.В. Чулков. Электронный транспорт в магнитном поле в новых ферромагнитных топологических изоляторах $MnBi_8Te_{13}$ и $MnBi_{10}Te_{16}$. // Тезисы докладов XXI Всероссийской школы – семинара по проблемам физики конденсированного состояния вещества (СПФКС-21), 18–25 марта 2021 г., г. Екатеринбург, Россия. Çar olunub konfransın Proqramı 2021, s.20.

http://smu.imp.uran.ru/spfks/sites/default/files/upload/programm_spfks-21_0.pdf

9. Məruzə tezisi. Н.А. Абдуллаев, **Х.В. Алигулиева**, З.С. Алиев, И.Р. Амирасланов, В.Н. Зверев, А.М. Шикин, Н.Т. Мамедов, Е.В. Чулков. Электрические и гальваномагнитные эффекты в антиферромагнитном топологическом изоляторе $MnBi_2Te_4$. // Тезисы докладов XXI Всероссийской школы – семинара по проблемам физики конденсированного состояния вещества (СПФКС-21), 18–25 марта 2021 г., г. Екатеринбург, Россия. Çar olunub konfransın Proqramı 2021, s.20.

http://smu.imp.uran.ru/spfks/sites/default/files/upload/programm_spfks-21_0.pdf

Конфрансларда iştirak etmək üçün göndərilmiş tezislər:

10. Məruzə tezisi. **Кахраманов К.Ш.**, Абдуллаев Н.А., Кахраманов С.Ш., Абдуллаев Ю.А., Мамедова И.А. Настройка уровня Ферми обработкой в аргоновой плазме и отжигом в парах селена поверхности Bi_2Se_3 . // Тезисы докладов 2-ой конференции «Физика Конденсированных Состояний», 31 мая-4 июня 2021 г., г. Черноголовка, Моск. обл., Россия.

11. Məruzə tezisi. **Кахраманов К.Ш.**, Абдуллаев Н.А., Кахраманов С.Ш., Абдуллаев Ю.А., Мамедова И.А. Влияние адсорбции калия на поверхностные свойства кристаллов Bi_2Se_3 и Bi_2Te_3 . // Тезисы докладов 2-ой конференции «Физика Конденсированных Состояний», 31 мая-4 июня 2021 г., г. Черноголовка, Моск. обл., Россия.

12. Məruzə tezisi. Абдуллаев Н.А., **Алигулиева Х.В.**, Зверев В.Н., Алиев З.С., Амирасланов И.Р., М.Б. Бабанлы, Н.Т. Мамедов. Влияние дефектов на температуру Нееля в антиферромагнитных топологических изоляторах $MnBi_2Te_4$. // Тезисы докладов 2-ой конференции «Физика Конденсированных Состояний», 31 мая-4 июня 2021 г., г. Черноголовка, Моск. обл., Россия.

13. Məruzə tezisi. **Кахраманов С.Ш.**, Абдуллаев Ю.А., Бадалов А.А., **Бадалова З.И.**, Абдуллаев Н.А., Кахраманов К.Ш. Влияние центров беспорядка на свойства легированного теллурида висмута. // Тезисы докладов 12-ой Международной конференции "Аморфные и микрокристаллические полупроводники 2021", 19 - 21 июля 2021 г., Санкт-Петербург, Россия.

14. Məruzə tezisi. Абдуллаев Н.А., **Алигулиева Х.В.**, Зверев В.Н., Алиев З.С., Амирасланов И.Р., М.Б. Бабанлы, Н.Т. Мамедов. Влияние структуры на температуру Нееля и перенос заряда в полупроводниковых топологических изоляторах $MnBi_2Te_4$. // Тезисы докладов 12-ой Международной конференции "Аморфные и микрокристаллические полупроводники 2021", 19 - 21 июля 2021 г., Санкт-Петербург, Россия.

5	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər Yox
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) Yox
7	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa) Yox
8	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak (burada doldurmalı) Yox
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) (burada doldurmalı) Yox
10	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları Yox

11	Yerli həmkarlarla əlaqələr
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Azərbaycan MEA-nın G.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, f.-r.e.d. Əjdarov H. X. 2. Azərbaycan MEA-nın G.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, f.-r.e.d. Abdullayev N. A. 3. Azərbaycan MEA-nın G.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, akad., f.-r.e.d., Məmmədov N. T. 4. Azərbaycan MEA-nın G.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, f.-r.e.d., Əmiraslanov İ. R.
12	Xarici həmkarlarla əlaqələr
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rusiya Elmlər Akademiyasının Bərk Cisimlər Fizikası İnstitutu, f.-r.e.d. Zverev V.N. 2. Rusiya I Petr adına Sankt Peterburg Dövlət Politeknik Universiteti, f.-r.e.d. Nemov S.A.
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa)
	Bir dissertanat çalışır – Bədəlova Zibaxanum İskəndər qızı İki doktorant çalışır – Əliquliyeva Xayala Vaqif qızı və Həsənova Mehriban
14	Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa)
	Yox
15	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa)
	Yox
16	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərilməlidir)
	Yox

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Aparıcı məsləhətçi
Hüseynzadə Leyla İlqar qızı

(imza)

" ___ " _____ 2021-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri
Qəhrəmanov Kamil Şamil oğlu

Kaxpamanov

(imza)

" ___ " _____ 2021-ci il



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
“Elm-Təhsil İntegrasiyası” məqsədli qrant müsabiqəsinin
(EİF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

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

Layihənin adı: **A2VB3VI birləşmələri əsasında aşqarlama və nanostrukturlaşma yolu ilə alınmış yüksək termoelektrik effektivli yeni materiallar**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Qəhrəmanov Kamil Şamil oğlu**

Qrantın məbləği: **31 200 manat**

Layihənin nömrəsi: **EİF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)-71/16/1-M-01**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **19 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **6 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il – 01 aprel 2021-ci il**

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

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

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

(burada doldurmalı)

1. Mis (Cu) və indium (In) ilə aşqarlanmış və nanostrukturlaşdırılmış $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{In,Cu}\rangle$ birləşməsinin termoelektrik effektivliyinin z ($z = \sigma \cdot S / \chi$, burada σ – elektrikkeçiriciliyi, S – Zeebeck əmsalı, χ – istilikkeçiriciliyi) 20% artıq artması aşkar olunub.

Göstərib ki, indium (In) atomla aşqarlanmış Bi_2Te_3 birləşməsində Bi_{Te} antisayt defektlərin əmələ olmasına səbəb olur və belə defektlər əhəmiyyətli dərəcədə istilikkeçiriciliyinin χ azalmasına gətirir.

Müəyyən olub ki, mis (Cu) atomla aşqarlanmış laylı Bi_2Te_3 birləşməsində Cu atomları

əsasən laylar arasında yerləşir, beləliklə sərbəst elektronlar keçiriciliyə kömək edir və nəticədə elektrikkeçiriciliyi σ mühüm dərəcədə artır.

Beləliklə, istilikkeçiriciliyinin χ azalması və elektrikkeçiriciliyinin σ artması termoelektrik effektivliyinin z əhəmiyyətli dərəcədə artmasına gətirir.

2. Məlumdur ki, In_2Te_3 birləşməsi termistor və termoelektrik çevirici kimi istifadə olunur, bərk məhlul $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ isə qamma şualar detektoru kimi tanınır.

İlk dəfə alınmış $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ (harada $x=0,01$ və $x=0,03$) bərk məhlullarda bu xassələr istilikkeçiriciliyinin χ azalmasına görə yaxşılaşırlar və tətbiq perspektivləri artır.

Çap olunmuş "Journal of Applied Physics" jurnalında məqalədə göstərilib ki, $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ (harada $x=0,01$ və $x=0,03$) bərk məhlullarda çoxlu miqdarda ionlaşmış aşqar mərkəzləri və nöqtəli struktur defektləri yaranır və nəticədə istilikkeçiriciliyinin χ əhəmiyyətli dərəcədə azalması baş verir. Bu da, yuxarıda göstərilib, termoelektrik effektivliyinin z əhəmiyyətli dərəcədə artmasına gətirir.

Çap olunmuş "Materials Chemistry and Physics" jurnalında məqalədə göstərilib ki, yeni maqnit yarımkəçirici InCr_2Te_4 ilk dəfə alınıb və xarakterizə olunub. Bu birləşmə yeni innovativ elm sahəsində - spintronikada istifadə ola bilər. Əsasən məlumat ötürülməsi, qeyd edilməsi və saxlanması vasitələrində də tələb olunur.

3. Yeni tetradimit strukturlu maqnit topologi izolyatorlar $(\text{MnBi}_2\text{Te}_4)(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_n$ harada $n \geq 0$ və $\text{MnBi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_4$ birləşməsi tətbiq sahələri genişdir:

a) yeni innovativ elm sahəsində - spintronikada istifadə ola bilər, əsasən məlumat ötürülməsi, qeyd edilməsi və saxlanması vasitələrində də tələb olunur.

b) kvantlaşdırılmış anomal Hall effekti (QAH),

c) maqnitoelektrik effekti,

d) aksion elektrodinamikası,

e) Majoran fermionları və s..

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) 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 doldurmalı)

yox

1. 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)

(burada doldurulmalı)

1. Mis (Cu) və indium (In) ilə aşqarlanmış və nanostrukturlaşdırılmış $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{In,Cu}\rangle$ birləşməsinin tədqiqatların nəticələri tətbiqi istifadəsi perspektivləri var. Məsələn, avtomobillərin kiçik ölçülü soyuducularında, elektromaqnit (qamma, ultrabənövşə, görünən, infraqırmızı diapazonda) şuaların detektorların soyuducularında və s.
2. $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te})_x$ (harada $x=0,01$ və $x=0,03$) bərk məhlulların tətbiqi perspektivləri çox genişdir: termoelektrik çeviriçilərdə, termistorlarda və qamma şuaları detektorlarda.
3. $(\text{MnBi}_2\text{Te}_4)(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_n$, $n>0$ və $\text{MnBi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_4$ birləşmələrin tədqiqatların nəticələri fundamental və axtarış-innovasiya yönlü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında istifadə oluna bilər.

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Aparıcı məsləhətçi
Hüseynzadə Leyla İlqar qızı

(imza)

" " _____ 2021-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri
Qəhrəmanov Kamil Şamil oğlu

Kəhrəmanov

(imza)

" " _____ 2021-ci il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
“Elm-Təhsil İntegrasiyası” məqsədli qrant müsabiqəsinin
(EIF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT
(Qaydalar üzrə Əlavə 17)

Layihənin adı: **A2VB3VI birləşmələri əsasında aşqarlama və nanostrukturlaşma yolu ilə alınmış yüksək termoelektrik effektivli yeni materiallar**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Qəhrəmanov Kamil Şamil oğlu**

Qrantın məbləği: **31 200 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF/MQM/Elm-Təhsil-1-2016-1(26)-71/16/1-M-01**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **19 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **6 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il – 01 aprel 2021-ci il**

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

1. Elmi əsərlər (sayı)

No	Tamliq dərəcəsi	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Monoqrafiyalar	yox	yox	yox
	həmçinin, xaricdə çap olunmuş			
2.	Məqalələr	7	4	1

	həmçinin xarici nəşrlərdə	2	2	1
3.	Konfrans materiallarında məqalələr O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında			
4.	Məruzələrin tezisləri	9		5
	həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	7		5
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)	yox		

2. İxtira və patentlər (sayı)

No	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə	yox		
2.	İxtira	yox		
3.	Səmərələşdirici təklif	yox		

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

No	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plenary, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	Yox, karantin			
2.				
3.				

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Aparıcı məsləhətçi

Hüseynzadə Leyla İlqar qızı

(imza)

" " _____ 2021-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Qəhrəmanov Kamil Şamil oğlu

Kaxpaxanov

(imza)

" " _____ 2021-ci il

