

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

CAHANGİR İSLAM oğlu HÜSEYNOV

**Ln-Sn-S(Se) (Ln- Pr, Gd, Er, Dy) SİSTEM ƏRİNTİ VƏ
BİRLƏŞMƏLƏRİNDƏ ELEKTRON, FONON PROSESLƏRİ**

2211.01– Bərk cisimlər fizikası

Fizika üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

B A K İ – 2017

İş Azərbaycan Texniki Universitetində və Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi:

Əməkdar elm xadimi, F.-r.e.d.,
professor **E.M.QOCAYEV**

Rəsmi opponentlər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **H.X.ƏJDƏROV**

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **K.R.ALLAHVERDİYEV**

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **R.S.MƏDƏTOV**

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Fizika kafedrası)

Dissertasiyanın müdafiəsi «___» _____ 2017-ci il saat da Bakı Dövlət Unversitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D.02.012 Dissertasiya Şurasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1148, Bakı şəhəri, Z. Xəlilov küçəsi, 23, BDU, əsas bina, 437 saylı auditoriya.

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin Elmi Kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat «___» _____ 2017-ci ildə göndərilmişdir.

D.02.012 Dissertasiya Şurasının

Elmi katibi, f.-r.e.n., dos.:

M.R.RƏCƏBOV

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Elm və texnikanın sürətli inkişaf tempi bərk cisimlər fizikası qarşısında tələb olunan kompleks fiziki, texnoloji və istismar xassələrinə malik, ekoloji və iqtisadi cəhətdən səmərəli olan yeni materialların alınmasını, onların nəzəri və eksperimental tədqiqi və müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq imkanlarının araşdırılmasını tələb edir. Bu mənada fizikanın üstünlük verilən sahələrindən biri də defektli kristallik və mürəkkəb elektron quruluşuna, yüksək termoelektrik effektivliyi əmsalına malik, sərt istismar şəraitinə davamlı olan ağır elementli yarımkeçiricilərin tədqiqidir.

Elektron texnikasının və energetikanın inkişafı rəngarəng xassələrin mürəkkəb kompleksinə malik olan yarımkeçiricilərə tələbatı artırır. Müasir dövrdə sənaye üçün tələb olunan xassəli yarımkeçirici materiallar siyahısında, zəngin fiziki xassələri ilə əlverişsiz xarici təsirə davamlılığı arasında münasib uyğunluq əmələ gətirən, nadir torpaq metallarının (NTM) iştirakı ilə alınmış birləşmə, bərk məhlulların xüsusi yeri vardır. Belə ki, lantanoid atomlarında dərinde yerləşən, tam dolmayan $4f$ elektron hallarının mövcudluğu, $4f$ və $5d$ hallarının yaxınlığı, $4f$ halında olan elektronların sayının quruluş və xassəyə təsiri, həmçinin energetik dayanıqlı $4f^0$, $4f^7$ və $4f^{14}$ hallarını almağa cəhd göstərmələri onların iştirakı ilə alınan materialları çox maraqlı tədqiqat obyektlərinə çevirir. Bu baxımdan qeyd olunan maddələrin tədqiqi prinsipial yeni və elektron texnikası üçün əhəmiyyətli olan hadisələrin kəşfinə gətirib çıxara bilər.

Lantanoidlərin iştirakı ilə alınan birləşmə və bərk məhlullar, praktiki olaraq, bənzərsiz xassəli materialların tükənməz mənbəyidir. Bir çox lantanoidli birləşmə və bərk məhlulların texnikanın digər sahələrində də müvəffəqiyyətlə tətbiq olunmalarını qeyd etmək lazımdır. Bu sinfə aid olan yarımkeçirici birləşmə və bərk məhlulların tərkiblərini variasiya etməklə, fiziki xassələrin məqsədəuyğun toplusunu və tələb olunan xarakteristikali ərinti almaq mümkündür. Termoelektrik nəzəriyyəindən məlumdur ki, keyfiyyətli termoelektrik materiallar çoxkomponentli, tərkibində mürəkkəb elektron quruluşuna və defektli kristal strukturuna malik olan, ağır elementlərdən ibarət yarımkeçirici bərk məhlullar və birləşmələrdir. Dissertasiya işinin tədqiqat obyektləri kimi seçilmiş materiallar bu tələblərə cavab verir.

Lantanoidlərin iştirakı ilə, $A^{IV}B^{VI}$ tip birləşmələr əsasında alınmış ərintilərdə müşahidə edilən fiziki hadisələrin zənginliyi, digər birləşmələrə xas olmayan yeni spesifik xüsusiyyətlərin aşkara çıxarılmasına kömək edir. Məlumdur ki, qalay halkogenidlərində və onun əsasında alınmış bərk məhlullarda elektrik cəhətdən aktiv olan məxsusi nöqtəvi defektlər (düyünlərərası vakansiya və atomlar) donor olduqda keçiricilik zonasının tavanından aşağıda energetik səviyyələr yaradırlar. Bu amil kristallarda tərkib stexiometriyası pozulduğuna görə yükdaşıyıcıların yüksək konsentrasiyaya malik olmasına səbəb olur. Qeyd olunan səviyyələr zonaların sərhədləri ilə genetik bağlı olmadığından, xarici amillərin (ərintinin tərkibi, temperatur, xarici təzyiq, maqnit sahəsi) təsiri ilə enerji spektrini dəyişdirmək mümkündür. Digər tərəfdən, lantanoidlərin iştirakı ilə alınmış ərinti və birləşmələrdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının tənzimlənməsi reallaşır; valent və keçiricilik zonaları ilə yanaşı, qadağan olunmuş zonada yeni, «dərin» energetik səviyyələr yaratmaq mümkün olur. Həm də lantanoidli ərintilər yuxarı temperaturlarda yarımkeçirici xüsusiyyətlərinin saxlanması, rütubət və radiasiyaya davamlılığı, yüksək ərimə temperaturuna, mexaniki bərkliyə və termoelektrik effektivliyə malik olmaları ilə fərqlənir. Bu materialların tərkibini dəyişməklə arzuolunan xassəli yeni materiallar almaq mümkündür. Buna görə də, kifayət qədər perspektivli, komponentləri Yer üzərində geniş yayılmış, iqtisadi və ekoloji cəhətdən səmərəli olan SnS və $SnSe$ binar birləşmələrinin quruluş və xassələrinə lantanoidlərin təsirinin araşdırılması xüsusi maraq doğuran məsələlərdən biridir.

Bu qəbildən olan tədqiqatlar göstərilən materialların yeni fiziki xassələrinə aşkara çıxarmaqla yanaşı, həm də digər ərinti və birləşmələrdə elektron, fonon proseslərinin mexanizminin izah olunmasına və bu materialların yeni praktik tətbiq imkanlarının aşkara çıxarılmasının mümkünlüyünə əhəmiyyətli dərəcədə kömək edə bilər.

Qalay monohalkogenidləri əsasında alınmış ərinti və birləşmələrdə köçürmə hadisələrinin kompleks şəkildə eksperimental tədqiqi həm bu materialların fizikası, həm də ümumiyyətlə bərk cisim fizikası və elektronikası üçün çox aktual məsələlərdəndir. $Ln-Sn-X$ tipli mürəkkəb yarımkeçiricilərin fiziki xarakteristikalarının lantanoidlərin $4f$ örtüyünün dolma səviyyəsindən və sp elektronlarının sayının sp elementin baş kvant ədədinin dəyişməsindən asılı olaraq tədqiqi ilə demək olar ki, məşğul olunmamışdır.

İşin məqsədi- $Ln-Sn-S(Se)$ ($Ln - Pr, Gd, Dy, Er$) sistemlərində faza tarazlığının öyrənilməsi, $(SnS)_{1-x}(LnS)_x$ və $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ bərk məhlullarının, $LnSnSe_2$, Ln_2SnSe_4 tipli üçlü birləşmələrin alınması və onların elektrofiziki və istilik xassələrinin kompleks şəkildə tədqiq edilməsi, elektron və fononların enerji spektrinin, eləcə də γ -şüalanmanın bu xassələrə təsir xüsusiyyətlərini təyin etmək, alınmış materialların praktiki tətbiq imkanlarını aşkar etməkdir.

Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həlli zəruri olmuşdur:

- məsələyə dair mövcud olan elmi ədəbiyyat materialları analitik təhlil olunması, onun qısa xülasəsinin tərtib edilməsi, qarşıya qoyulan məqsədin mahiyyətinin verilməsi;

- SnS və $SnSe$ monokristallarının səth relyeflərinin tədqiq olunması,

-kompleks fiziki-kimyəvi və rentgen quruluş analizləri ilə (SnS) - (LnS) və $(SnSe)$ - $(LnSe)$ kəsilərində qarşılıqlı təsirin xarakterinin öyrənilməsi, $SnS(Se)$ -də $LnS(Se)$ -nin həllolma oblastının müəyyənləşdirilməsi, $(SnS)_{1-x}(LnS)_x$ və $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ bərk məhlullarının $LnSnSe_2$ və Ln_2SnSe_4 tip yeni üçlü birləşmələrin alınması;

-Təməl prinsiplərdən tam enerjinin minimuma gətirilməsi yolu ilə laylı SnS yarımkeçiricisi üçün kristal quruluşun optimallaşdırılması, hal tənliliklərinin parametrlərinin təyin edilməsi, tam enerjinin həcmdən asılılıq ayrısının qurulması;

- SnS kristallarında psevdopotensial metodu ilə yükdaşıyıcıların enerji spektri, valent zonasının mənşəyinin araşdırılması, dielektrik nüfuzluğu və optik funksiyalarının hesablanması;

- $SnSe$ kristallarında yükdaşıyıcıların müxtəlif konsentrasiyalarında köçürmə hadisələrinin kompleks tədqiq olunması, yükköçürmə mexanizminin araşdırılması;

- $SnSe$ kristallarında floressensiya spektrinin tədqiq olunması;

- $Ln-Sn-S(Se)$ tip ərintilərdə qalvanomaqnit, termoelektrik, termomaqnit effektlərin geniş temperatur intervalında tədqiq olunması;

- $Ln-Sn-S(Se)$ sistemlərinin bərk məhlullarında lantanoidlərin yük və istilik daşınma proseslərinə, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminə təsirinə və yaratdığı aşqar səviyyələrinin təbiətinin tədqiq edilməsi.

-İstilikkeçirmə əmsalının təyin olunmuş qiymətləri əsasında kristal qəfəs rəqslərinin anharmoniyası, istilikkeçirmənin mexanizmində qəfəsin fonon rəqslərinin rolu və kimyəvi rəbitənin təbiətinin tərkibdən asılı olaraq dəyişməsi haqqında nəticələrin əldə olunması;

- $LnSnSe_2$ və Ln_2SnSe_4 tip birləşmələrdə yük və istilik daşınma proseslərinin tədqiqi, əsas kinetik parametrlərin təyin olunması;

- $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ bərk məhlullarının qalvanomaqnit, termoelektrik və istilik xassələrinə γ - şüaların təsirinin tədqiq edilməsi.

- tədqiq olunan obyektlərin praktiki tətbiq imkanlarının dəyərləndirilməsi.

- dissertasiya işində təcrübi olaraq tədqiq edilən elektron, fonon hadisələri və tədqiqat obyekti olan materiallar haqqında ədəbiyyatda mövcud olan elmi təsəvvürləri nəzərə almaqla, əldə olunan təcrübi nəticələrin müqayisəli təhlili aparılması və onların fiziki mahiyyətini izah etmək üçün müvafiq sxematik enerji modeli təklif olunması.

Tədqiqat metodları və tədqiqat obyektləri. Tədqiqatın obyektləri indiyə qədər öyrənilməmiş və ya çox az öyrənilmiş $Ln-Sn-S(Se)$ sistemlərinin binar, üçqat birləşmələri və bərk məhlullarıdır. Alınmış nümunələrin tərkibi və quruluşu, səth relyefi fiziki-kimyəvi, rentgen quruluş analizləri və Atom qüvvə mikroskopu metodu ilə müəyyənləşdirilmişdir.

80-700 K temperatur intervalında aparılmış tədqiqatlar zamanı elektrikkeçiriciliyi, Holl, termo e.h.q.nin əmsallarının temperatur asılılıqları müəyyən olunmuş, istilikkeçirmə ölçülmüş, termoelektrik keyfiyyətliliyi dəyərləndirilmiş, bərk məhlulların zona parametrləri təyin olunmuş, köçürmə hadisələrinə radiasiyanın təsiri öyrənilmişdir.

Alınmış nəticələrin təhlili və müzakirə olunması üçün maddənin konfigurasiya modeli, valent elektronların lokallaşması və delokallaşması modeli, zona modeli, bir və ikizonalı modellər, həmçinin atomlararası qarşılıqlı təsirin elektron xassələrinin təbiəti haqqında digər təsəvvürlərdən də istifadə olunmuşdur.

İşin elmi yeniliyi. Dissertasiya işində daha orjinal və ilk dəfə olaraq alınmış elmi nəticələr aşağıdakılardır:

1. Atom qüvvət mikroskopu vasitəsilə SnS və $SnSe$ monokristallarının səth relyefləri tədqiq olunmuşdur.

2. $SnS-LnS$, $SnSe-LnSe$ və $SnSe-Ln_2Se_3$ sistemlərinin qarşılıqlı təsirləri öyrənilmişdir,

3. $SnSe-LnSe$ və $SnSe-Ln_2Se_3$ sistemlərində komponentlərin 1:1 nisbətində yeni $LnSnSe_2$ və Ln_2SnSe_4 tipli üçlü birləşmələr alınmış, onların kristallik quruluşu, elementar qəfəs parametrləri təyin edilmişdir;

4. Təməl prinsiplərindən SnS laylı kristalı üçün hal tənliklərinin parametrləri təyin edilmiş, tam enerjinin həcmdən asılılıq qrafiki qurulmuş, nəzəri olaraq qəfəs parametrləri hesablanmış, psevdopotensial

üsulu ilə zona quruluşu hesablanmış, valent zonanın mənsəyi müəyyənləşdirilmiş, qadağan olunmuş zonanın eni təyin edilmişdir;

5. Sıxlıq Funksionalı Nəzəriyyəsi tətbiq olunmaqla Brilluen zonasının simmetrik nöqtələri və xətləri üzrə SnS birləşməsinin elektron spektri hesablanmış, valent və keçirici zonanın ekstremumları identifikasiya olunmuş və ki, verilmiş maddənin çəpkeçidli yarımkəçirici olduğu göstərilmişdir;

6. SnS kristallarında kompleks dielektrik nüfuzluğunun həqiqi və xəyali hissələrinin tezlikdən asılılığına əsasən optik funksiyaları hesablanmışdır.

7. $SnSe$ birləşmələrin kinetik parametrlərinin yükdaşıyıcıların geniş konsentrasiya intervalında kompleks tədqiqi əsasında onların zona quruluşu və yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmləri araşdırılmış, fluoressensiya spektri tədqiq olunmuşdur.

8. $Ln_xSn_{1-x}S(Se)$ tip bərk məhlullarda elektrofiziki xassələrin tədqiqi ilə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, aktivləşmə enerjisi təyin edilmiş, elektrik keçiriciliyinin mexanizmi araşdırılmış, səpilmə prosesləri təhlil edilmiş, istilik daşınma prosesləri öyrənilmiş, termik emalın istilikkeçiriciliyinə təsiri araşdırılmışdır.

9. $LnSnSe_2$ və Ln_2SnSe_4 tip üçlü birləşmələrdə qalvanomaqnit, termoelektrik, termomaqnit xassələri, istilikkeçiriciliyi geniş temperatur intervalında tədqiq olunmuş, əsas kinetik parametrləri təyin edilmişdir.

10. $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ bərk məhlullarında elektron fonon proseslərinə γ şüaların təsiri öyrənilmişdir.

11. $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ tip bəzi bərk məhlulların geniş temperatur intervalında yüksək temperatur həssaslığına malik olmaları müəyyən edilmişdir.

12. $(SnSe)_{0,995}(Er_2Se_3)_{0,005}$ əsasında $T=(300-860)K$ temperatur intervalında termoelektrik effektivliyi $Z \approx 2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ tərtibində olan yeni termomaterial alınmışdır.

Dissertasiya işinin praktiki əhəmiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir:

1. $(LnS(Se))_xSnS(Se)_x$ ərintiləri tərkibində NTM-nin miqdarını dəyişməklə yük və istilik daşıyıcıları parametrlərinin tənzimlənmə qanunauyğunluğunun müəyyənləşdirilmiş, maraqlı fiziki xassələrə malik $LnSnSe_2$ və Ln_2SnSe_4 tip yeni üçlü birləşmələr alınmışdır.

2. $SnS(Se)$ birləşmələrində qalay atomlarının qismən lantanoidlərlə əvəz olunması ilə sərt istismar şəraitinə davamlı materiallar alınmışdır.

3. Lantanoidlərin iştirakı ilə qalay halkogenidləri əsasında bərk məhlullardan orta temperatur oblastında işləyən termogeneratorlar üçün perspektivli materiallar alınmışdır.

4. Tədqiq olunan sistem ərintiləri əsasında geniş temperatur intervalında işləyən və yüksək temperatur həssaslığını malik olan termistorlar alınmışdır.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Sıxlıq Funksionalı və Xəttiləşdirilmiş Birləşmiş Müstəvi Dalğalar (LAPW) metodundan istifadə etməklə SnS kristalı üçün hesablanmış elektron zona quruluşu. Enerji zonalarının müəyyən edilmiş atom mənşəyi.

2. SnS kristalının qəfəs parametrləri və atom koordinantları, Murnaghan və Birch-Murnaghan hal tənliklərinin parametrləri;

3. $SnSe$ birləşməsinin elektron hadisələrində iki növ yükdaşıyıcıların iştirak etməsi, valent zonasının iki alt zonadan ibarət olması.

4. $Ln-Sn-S(Se)$ sistemlərinin bərk məhlullarında lantanoid aşqarlarının donor funksiyası yerinə yetirməsi.

5. $Ln-Sn-S(Se)$ sistemində yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin bərk məhlula daxil olan lantanoidin növündən və miqdarından asılı olması.

6. $Ln-Sn-S(Se)$ sistemlərində baş verən elektron, fonon proseslərində akustik fononlardan səpilmə ilə yanaşı, effektiv kütlənin temperatur asılılığı faktoru və polyarlaşmış fononlardan səpilmənin də müəyyən rolunun olması;

7. $Ln-Sn-S(Se)$ bərk məhlullar sistemində istilik daşınmasının əsasən normal proseslərin təsiri ilə şərtlənməsi, üçfononlu qaytarıcı proseslərin də iştirak etməsi;

8. $LnSnSe_2$ və Ln_2SnSe_4 birləşmələrində NTM atomlarının sıra nömrəsindən asılı olaraq birləşmələr daxilində yaratdıqları istilik rəqsləri, polarizəlmə dərəcəsindən asılı olaraq dəyişməsi.

9. $Ln_{0,01}Sn_{0,99}Se$ ($Ln-Pr, Tb, Er$) monokristallarının elektrofiziki xassələrinə γ - şüaların yüksək temperaturlarda hiss olunacaq dərəcədə təsir yaratmaması;

10. Müəyyən temperatur intervalında müqavimətin temperatur həssaslığı və müqavimətin temperatur əmsalı müasir termistorların texniki parametrlərinə yaxın, hətta onlardan üstün olan hallarında müşahidə olunması;

11. $(SnSe)_{0,995}(Er_2Se_3)_{0,005}$ ərintisində yüksək termoelektrik effektivliyinin alınması;

İşin aprobeiasyası. Dissertasiya işinin materialları və alınan nəticələri Rusiya fedarasiyasında «Процессы в неорганических материалах» beynəlxalq konfransında (Kemerovo, 1998), BDU-da keçirilmiş “Fizikanın aktual problemləri” II, IV, VI (Bakı 2004, 2006, 2012) respublika konfranslarında, III, VIII, IX, X международной конференции «Аморфные и поликристаллические полупроводники», С.Петербург, (2002, 2012, 2014, 2016), Akad. M.Nağıyevin 95 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfransında, Bakı, AMEA-nın Kimya İnstitutu 2003, Международная конференция «Физико - Химические процессы в неорганических материалах (ФХП- 9)» , Кемерово 2004, TPE-06 3rd International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, Ankara, 2006, “Metallar fizikasının müasir problemləri” I, II, elmi praktik konfransında (Bakı, AzMİU– Elm - 2007, 2009), Международная конференция «Физико – Химические процессы неорганических материалах (ФХП- 10)», Кемерово 2007, “Fizikanın müasir problemləri” II, III respublika konfransında (Bakı, BDU, 2008, 2009), ATU-nun 60-illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi-Praktiki Konfransında, “Fizikanın müasir problemləri” Opto-, nano- elektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası V, VI, VII Respublika konfransında (Bakı, BDU, 2011, 2012, 2013), The V international conference perspectives of peaceful use of nuclear energy, book of abstracts, November 21-23. Baku, IRP-2012, ADPU-nun professor-müəllim heyətinin X elmi konfransında, Bakı, ADPU, 2012. X, XI, XII Международный Уральский Семинар «Радиационная физика металлов и сплавов» (Кыштым, Россия, 2013, 2015, 2017), «XI Росейская конференция по физике полупроводников», Тезисы докладов, Санкт-Петербург, 16-20 сентября 2013, Международный симпозиум «Физика кристаллов 2013» Москва 28 октября-2 ноября 2013, Akademik M.K.Kərimovun 65 illik yubileyinə həsr olunmuş “Radiasiya tədqiqatları və onların praktiki aspektləri” VIII konfrans, tezislər məcmuəsi, Bakı, Azərbaycan, 20-21 noyabr 2013, Труды Международной конференции «Фундаментальные и прикладные

вопросы физики», Ташкент 2013 г, 14-15 ноября, Шестая Международная конференция «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов» Москва 26-28 мая 2015, 11-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика», Казахстан, Алматы 2017, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin “Ümumi fizika”, Azərbaycan Texniki Universitetinin “Fizika” kafedralarının elmi seminarlarında məruzə olunmuşdur

Nəşrlər. Elmi tədqiqat işlərinin nəticələri 34 elmi məqalə (onlardan 11-i nüfuzlu beynəlxalq jurnallarda), 22 beynəlxalq və respublika konfranslarının materiallarında nəşr olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya giriş, 7 fəsil, əsas nəticələr və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı, 122 şəkil və 28 cədvəl də daxil olan 345 səhifədən ibarətdir. Dissertasiya işində 265 adda müxtəlif ədəbiyyatdan istifadə olunmuşdur.

İşin qısa məzmunu: Girişdə mövzunun aktuallığı, işin məqsədi, həll olunan əsas məsələlər, işin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, əldə olunmuş nəticələrin aprobeşiyası və işin əsas nəticələrinin nəşri haqqında məlumat verilir.

Dissertasiya işinin I fəslində ortorombik sinqoniyada kristallaşan $A^VI B^VI$ tip birləşmələrin və onlar əsasında alınmış bərk məhlulların kristallik və zona quruluşlarının tədqiqinə, elektrofiziki, fotoelektrik, optik xassələrinə dair mövcud elmi ədəbiyyatın qısa analitik xülasəsi verilmiş, dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmışdır.

Dissertasiyanın II fəslində lantanoidlərin iştiraktı ilə SnS və $SnSe$ əsasında yarımkeçirici materialların alınma texnologiyasına və fiziki-kimyəvi analizlərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Tədqiq olunan materialların sintezi stexiometrik nisbətdə götürülmüş ayrı-ayrı komponentlərin birbaşa əridilməsi yolu ilə aparılmışdır.

Alınan nümunələrin fərdiliyini müəyyənləşdirmək və faza tərkiblərini təyin etmək üçün kompleks fiziki-kimyəvi analizlər (mikroqurluş, mikroberklilik, diferensial termik, rentgenfaza analiz) aparılmış, sıxlıqları təyin edilmişdir.

Tədqiq olunan nümunənin DTA-i alçaq tezlikli NTR-73 markalı Kurnakov pirometrdə və Perkin Elmer Sinintitaneons Thermal Analgiyzer,

STA 6000 (ABŞ) qurğusunda aparılmışdır. Nümunələrin mikroquruluşu qayidan işıqda işləyən və x200 dəfə böyütmə verən MUM-7İ mikroskopu ilə tədqiq olunmuş, mikrobærkliyinin öyrənilməsi PMT-3 mikrobærkmetrlə aparılmışdır.

Debaeqrammalar URS-60 (RKD tipli kamera) rentgen qurgusunda, difraktoqrammalar ovuntu metodu ilə *Ni* (nikel) süzğəcindən istifadə etməklə CuK_{α} ($\lambda_{\alpha}=1,5418\text{\AA}$) şüalanmalarında, $U=35\text{ kV}$ gærginlik və $J=10\text{ mA}$ cærəyan şiddəti rejimində DPOH-3 markalı retgen difraktometrində aparılmışdır. Qəfəs parametrlərinin temperatur asılılıqlarını tədqiq etmək üçün təcrübələr vakuumda (10^{-1} Pa təzyidə) “YPBT-2000” temperatur əlavəli “ДРОН-3М” difraktometrində aparılmışdır. Kəsilməz skanirə rejimində çəkilişin bucaq ayırd etməsi $\sim 0,1'$ təşkil edir. Təcrübədə bucaqların təyinindəki xəta $\Delta\theta = \pm 0,02^{\circ}$ -dən çox olmur, difraksiya əksolunmaları TOPAS proqramı ilə indeksləşmiş, kristalloqrafik parametrlər EVA proqramı ilə dəqiqləşdirilmişdir.

Tədqiq olunan nümunələrin monokristalları Bricmen-Sttokbarqer üsulu ilə yetiştirilmiş, sıxlığı piknometrik metodla təyin olunub, rentgenoqrafik metodla hesablanmış və müvafiq müqayisələr aparılmışdır.

Laylı quruluşa malik olan *SnS* və *SnSe* monokristallarının səth relyefi skanirəedicilə zond mikroskopu vasitəsilə atom-qüvvə rejimində tədqiq olunmuşdur. Onların səthinin ikiölçülü və həcmi təsvirləri səthin kifayət qədər bircins və hamar olduğunu göstərir. Kristalının təbii səthində bircinslili 25 nm tərtibində dəyişir. Sərhəd təbəqəsində müəyyən nahamarlılığın müşahidə olunması çox ehtimal ki, təbəqələr arasında zəif Van-der-Vaals qüvvələri mövcud olduğundan, kristal səthində rabitə qüvvələrinin pozulması zamanı təbəqələrə ayrılarkən kristalın səthində ayrı-ayrı atomların deyil, atomlar qrupunun klasterlərinin qalması ilə bağlıdır. Atom-qüvvət mikroskopu metodu ilə alınmış Furre spektri təsvirin mərkəzində yerləşməsi səth hissəciklərinin təqribən eyni ölçüyə malik olduğunu göstərir.

Kristallaşma dərəcəsinə və faza keçidini müəyyənləşdirmək məqsədi ilə qəfəs parametrlərinin temperatur asılılıqlarını tədqiq etmək üçün geniş temperatur intervalında hər iki nümunənin laueqrammaları çıxarılmışdır. *SnS* və *SnSe* birləşmələrinin 300÷800 K temperatur intervalında difraksiya xətlərinin sayının və intensivliklərinin güclü dəyişməsi müşahidə olunmur. Hər iki kristal üçün 300-850 K temperatur intervalında *a* parametri temperaturun artımı ilə xətti olaraq azalır. Həmin temperatur intervalında elementar özəyin *b* və *c* parametrləri isə xətti olaraq artır.

SnS və $SnSe$ monokristallarının geniş temperatur oblastında rentgenoqrafik tədqiqi uyğun olaraq 875 K və 800 K temperaturlarında aşağı temperaturlu $\alpha - SnS(Se)$ ortorombik fazasından, yuxarı temperaturlu $\beta - SnS(Se)$ tetraqonal fazaya keçid müşahidə olunur. Temperaturdan asılı olaraq elementar qəfəs parametrləri xətti dəyişdiyindən, elementar özəklərin həcmi və mikrosıxlıqlarının da dəyişməsi xətti asılılığa yaxın olur.

Temperaturun artımı ilə elementar özək həcmiminin zəif artımı, mikrosıxlıqların isə azalması müşahidə olunur. $\alpha \leftrightarrow \beta$ faza keçidi zamanı elementar özəklərin həcmi və mikrosıxlıqlar sıçrayışla dəyişir. SnS -də elementar özək həcmiminin dəyişməsi $\Delta V = 2,53 \text{ \AA}^3$, mikrosıxlığın dəyişməsi $\Delta \rho = 0,06 \text{ q/sm}^3$, $SnSe$ birləşməsində isə uyğun olaraq $\Delta \rho = 0,1 \text{ q/sm}^3$, $\Delta V = 3,76 \text{ \AA}^3$ təşkil edir. SnS və $SnSe$ ortorombik modifikasiyasının temperatur dayanıqsızlığı kristalloqrafik istiqamətlərdə istidən genişlənmə əmsalının anizotropiyası ilə bağlıdır.

$(SnS)_{1-x}(LnS)_x$ ərintilərinin tərkibində LnS -in 3 mol% dən böyük olmayan bütün nümunələrin mikrofotografiyaları bircinslik aydın görünür və SnS -in mikroquruluşundan fərqlənir. 3.5 və 4 mol % tərkibə uyğun nümunələrin mikroşliflərində az miqdarda da olsa ikinci-qeyri əsas faza müşahidə olunur.

Aparılmış kompleks fiziki-kimyəvi analizlərin nəticələri göstərir ki, $(SnS(Se))_{1-x}(LnS(Se))_x$ sistemlərində aşkar edilmiş bərk məhlullar da əsas maddə olan SnS kimi ortorombik sinqoniyada kristallaşırlar. Lakin ərintilərin tərkibində LnS -in faizlə miqdarı artdıqca kristal qəfəsin elementar özəyinin parametrlərinin, sıxlıqlarının və mikrobərklikliklərinin zəif artımı, ərimə temperaturları və digər termik qızma effektlərinin isə nisbətən aşağı temperatur oblastına tərəf sürüşməsi müşahidə olunur. Bütün tərkiblərdə rentgenoqrafik metodla hesablanmış sıxlıq piknometrik üsulla təyin edilmiş sıxlığın qiymətindən böyük olur. Bu nəticə alınmış bərk məhlulların quruluş elementlərinin vakansiyalarından ibarət defektlərlə zəngin olduğunu göstərir.

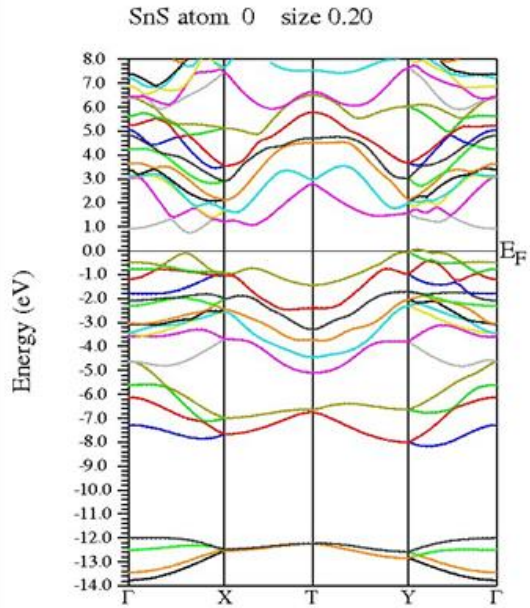
DTA, MQA, RFA, mikrobərkliyin və sıxlıqların qiymətlərinə əsasən $SnSe-LnSe$ siteminin hal qiaqramı qurulmuşdur. Kvazi binar evtetik tipdə olan bu sistemdə komponentlərin 1:1 nisbətində inkonqruent əriyən yeni $LnSnSe_2$ alınmış, rentgenquruluş analiz ilə onun sinqoniyada kristallaşdığı müəyyən olunmuş, elementar qəfəs sabitləri təyin edilmişdir. Sıxlığı piknometrik metodla ölçülmüş və rentgenoqrafik nəticələr əsasında hesablanmışdır.

$SnSe-Ln_2Se_3$ sistemlərinin də hal diaqramı qurulmuş, bu sistemlərdə yeni Ln_2SnSe_4 tipli üçlü birləşmələr alınmış, rentgenquruluş analiz üsulu ilə onların heksoqonal sinqoniyada kristallaşdığı müəyyən edilmiş və elementar qəfəs sabitləri və sıxlıqları təyin edilmişdir.

III fəsilə Təməl prinsiplərdən ABINIT proqramlar paketi və LAPW metodu istifadə olunmaqla tam enerjinin minimuma gətirilməsi yolu ilə SnS laylı yarımqəçiricisi üçün kristal quruluşu optimizasiya olunmuşdur. Kristallik qəfəsin parametrlərini hesablamaq üçün elementar qəfəsin həcmi $\mp 8\%$ ətrafında dəyişərək, tam enerjinin müvafiq qiyməti hesablanmışdır. Bu kristalın Murnaghan və Birch-Murnaghan hal tənliklərinin bütün parametrləri təyin edilmişdir. Hesablamadan alınmış və Murnaghan hal tənliyinə görə təyin edilmiş qiymətlər əsasında tam enerjinin həcmdən asılılıq əyrisi qurulmuşdur.

Sıxlıq Funksionalı Nəzəriyyəsi yaxınlaşmasında LAPW metodundan istifadə edərək WIEN2k proqramlar paketi vasitəsilə SnS kristalının Brilluen zonasının simmetrik nöqtələri və xətləri üzrə elektron spektri, tam və ayrı-ayrı atomlara proyeksiyalanmış parsial zona halları sıxlığı hesablanmışdır (Şəkil 1).

Hesablamadan alınan zona quruluşundan görünür ki, valent zonalarını üç qrupa ayırmaq olar. Valent hallarının dalğa funksiyasının analizi göstərir ki, valent zonanın əsas qrupundan 6 eV geniş enerji ayrılmış əsas qrup anionun s - halından yaranır. Dörd zonadan ibarət, -7 eV yaxınlığında yerləşən növbəti qrup Sn -un s - halı ilə əlaqədardır. On iki zonadan ibarət, 0 -dan -5 eV qədər oblastda yerləşən ən yuxarı qrup öz mənşəyinə görə kation və anionun p - halından



Şək. 1 SnS birləşməsinin zona quruluşu

yarandır. Valent hallarının vəziyyətinin analizi fotoelektron emissiyanın nəticələri ilə, zona quruluşuna görə hesablanmış qadağan olunmuş zonanın eninin qiyməti isə onun təcrübədən alınan qiyməti ilə yaxşı uzlaşır.

SnS birləşməsinin müxtəlif polarizasiyalarda kompleks dielektrik nüfuzluğunun həqiqi və xəyali hissələrinin tezlikdən asılılığını hesablamaqla bu birləşmənin optik funksiyaları: sındırma, qaytarma və udulma əmsallarının, optik keçiriciliyin həqiqi və xəyali hissələri hesablanmışdır. Alınmış nəticələrin eksperimental nəticələrlə yaxşı uzlaşması aşkar edilib. Udulma və qaytarma əmsallarının hesablanmış spektral asılılıqları dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsinin $\epsilon_2(E)$ asılılığının əsas xüsusiyyətlərini əks etdirir. Sındırma əmsalının enerji paylanması maksimumları kompleks dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi ağırliq mərkəzlərinin vəziyyəti ilə üst-üstə düşür.

$SnSe$ birləşmələrin kinetik parametrlərinin yükdaşıyıcıların geniş konsentrasiya intervalında kompleks öyrənilməsi əsasında onların zona quruluşları və yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmləri araşdırılmışdır. Aşağı 80-110 K temperatur intervalında Holl əmsalının maqnit sahəsinin intensivliyindən və temperaturdan asılı olmaması elektrikkeçiricilikdə bir növ yükdaşıyıcıların-yüngül dəşiklərin iştirak etdiyini göstərir. 120 K-dən yüksək temperaturalarda Holl əmsalının maqnit sahə intensivliyindən asılılığı valent zonasında ikinci alt zonasının mövcud olduğunu göstərir. Temperaturun artımı ilə ikinci zonanın rolu artır, keçiricilikdə yüngül dəşiklərlə yanaşı ağır dəşiklər də iştirak edir. Termo-e.h.q.-si əmsalının temperatur və konsentrasiyadan asılılığı da valent zonasının yüngül və ağır dəşiklər üçün iki alt zonadan ibarət olması fikrini təsdiqləyir. Dəşiklərin konsentrasiyası çox olmadıqda kimyəvi potensial səviyyəsi ağır dəşiklər zonasından yuxarıdan keçir, ağır dəşiklər zonası elektronlarla tam doludur və termo-e.h.q.-si yalnız yüngül dəşiklərin hesabına yaranır. Kimyəvi potensial səviyyəsi ikinci zonanın zirvəsindən xeyli aşağıdan keçdikdə, ağır dəşiklərin sayı yüngül dəşiklərin sayından çox böyük olur və termo-e.h.q.-si tamamilə ağır dəşiklərlə təyin olunur.

Maqnitotermo-e.h.q.-nin maqnit sahəsinin intensivliyinin artımı ilə termo-e.h.q.-si özünün doyma qiymətinə çatmır. Eninə N-E effekti adsız sahəsinin maqnit sahəsindən qeyri xətti asılılığa malikdir. Bu elektrikkeçiriciliyində böyük yürüklüklü elektronların da iştirak etdiyini göstərir. Bunu eninə N-E effektinin adsız sahəsinin temperatur asılılığı da təsdiq edir. 190 K dən yuxarı temperaturalarda yüksək konsentrasiyalı

nümunələrdəki eninə N-E potensial sahəsi aşağı konsentrasiyalı nümunələrdəkindən böyük olur. Keçiricilikdə eyni zamanda elektron və dəşiklər əmələ gələn nümunənin maqnit sahəsinə gətirilməsi onların əks istiqamətlərdə meylinə səbəb olur və nəticədə bir tip keçiriciliyi olan nümunələrə nisbətən böyük elektrik sahəsi alınır.

Aşağı konsentrasiyalı iki nümunə üçün müxtəlif temperaturlarda yüngül dəşiklərin effektiv kütləsi iki üsulla hesablanmışdır, 90 K temperaturunda $m^* = 0.15 m_0$ qiyməti alınmışdır.

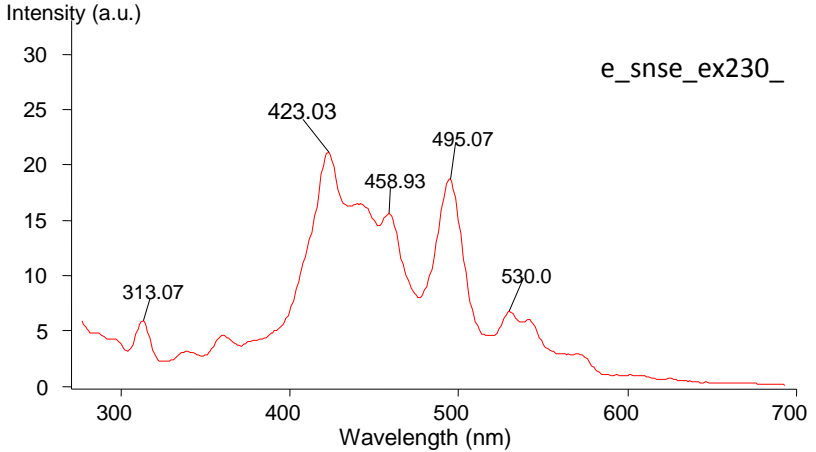
İkizonalı modelə uyğun olaraq çırılşma olmadıqda $R(T)$ aşağıdakı kimi ifadə olunur

$$\frac{R-R_0}{R_0} = \frac{\Delta R}{R_0} (1 - C)^2 \left(\frac{m_2}{m_1}\right)^{\frac{3}{2}} \exp\left(-\frac{\Delta E_0}{k_0 T}\right)$$

Burada $R_0 = \frac{1}{e(P_1+P_2)}$ aşağı temperatur oblastında Holl əmsalı, $C = \frac{u_2}{u_1}$ və $\frac{m_2}{m_1}$ burada u_1 və u_2 uyğun olaraq ağır və yüngül dəşiklərin yürüklükləri və m_1 , m_2 hal sıxlığının effektiv kütlələridir. Qeyd edək ki, ΔR dəyişməsi yalnız altzonalarda yükdaşıyıcıların yenidən paylanması ilə şərtlənir. $R(T)$ asılılığına və nəticələrindən loqarifmik masştab koordinatlarında $\lg\left(\frac{\Delta R}{R_0}\right) = \left(\frac{1}{T}\right)$ qrafikinə meylinə əsasən valent zonası ilə aşağıda yerləşən altzonanın maksimumları arasındakı energetik aralığın qiyməti, $E_0 = 0.05 eV$, ağır və yüngül dəşiklərin effektiv kütlələrinin nisbəti $\frac{m_2}{m_1} = 4.38$ təyin olunmuşdur. Bu nəticə termo-e.h.q.-sinə əsasən təyin olunmuş qiymətlə uzlaşır.

Yükdaşıyıcılarının konsentrasiyası kiçik olan nümunələrdə Holl yürüklüyü temperaturdan kəskin asılı olur. Konsentrasiyası yüksək olan nümunələrdə yürüklük əvvəlcə temperaturun artımı ilə artır, $140 \div 160 K$ temperatur intervalında maksimumdan keçməklə azalır. $T > 200 K$ intervalında temperaturun artımı ilə yükdaşıyıcıların yürüklüyü azalır. Yüksək konsentrasiyalı nümunələrdə aşağı temperatur oblastında yükdaşıyıcılar aşqar atomlarından səpildiyindən yürüklük əvvəlcə artır, sonra isə akustik fononlardan səpilmə üstünlük təşkil etdiyindən azalır. 190 K dən yuxarı temperaturlarda optik fononlar əmələ gəlir və yükdaşıyıcıların səpilməsi qarışıq xarakter daşıyır. Temperaturun artımı ilə optik fononlardan və qismən aşqar ionlarından səpilmə üstünlük təşkil edir.

Otaq temperaturunda $SnSe$ monokristalının fluoressensiya spektri tədqiq olunmuşdur (Şəkil 2). 230 nm dalğa uzunluğunda həyəcanlanmadan yaranan spektrdə 313.07 nm , 423.03 nm , 458.93 nm , 495.07 nm və 530.00 nm dalğa uzunluqlarına uyğun gələn maksimumlar müşahidə olunmuşdur. Həyəcanlandırma siqnalının dalğa uzunluğuna daha yaxın olan 423.03 nm -ə uyğun maksimum ən böyük intensivliyə malikdir. 495.07 nm ətrafındakı maksimuma uyğun intensivlik isə 458.93 nm və 530.00 nm dalğa uzunluqlarına uyğun maksimum intensivliklə müqayisədə daha böyükdür. Müxtəlif enerjili foton impulsuları ilə şüalandırıldıqda spektrin müxtəlif dalğa uzunluğunda uyğun dar oblastda maksimumlar müşahidə olunur. $SnSe$ monokristalının nisbətən qısa dalğalı impulsu işıqlandırdıqda dar fluoressensiya spektrinin nazik maksimuma uyğun gələn dalğa uzunluğu da qısalır. $300\text{-}600\text{ nm}$ dalğa uzunluğu intervalında fluoressensiya spektrinin tədqiqi göstərir ki, bu tip materiallardan çoxfunksiyalı elektron qurğularının hazırlanmasında müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər.



Şək. 2. $SnSe$ monokristalının fluoressensiya spektri

Dissertasiyanı IV fəslində SnS və $SnSe$ kristallik qəfəslərində defektliyin, yükdaşıyıcıların enerji spektrinin dəyişməsinə və bu dəyişmələrin elektrofiziki xassələrə təsirini keyfiyyətcə aydınlaşdırmaq məqsədi ilə $(SnS)_{1-x}(LnS)_x$, $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ ərintilərinin otaq temperaturunda bir sıra elektrofiziki xassələri tədqiq olunmuşdur. $(SnSe)_{1-x}(PrSe)_x$ bərk məhlullarında Pr -un $0 \leq x \leq 0.005$ konsentrasiyaları üçün qalay vakansiyalarının doldurulması və halkogen antistruktur defektlərinin

dəyişməsi yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının və xüsusi elektrikkeçiriciliyinin qiymətinin azalmasına gətirir. *PrSe*-nin miqdarının sonrakı artımında antistruktur defektlərinin yaranması demək olar ki, baş vermir. Xüsusi elektrikkeçiriciliyinin qismən artması, ikinci işarəli yükdaşıyıcıların meydana gəlməsi ilə əlaqədardır. Tərkibdə *PrSe*-nin miqdarının artımı ilə termo-e.h.q. əmsalının mütləq qiyməti azalır və $x=0.002$ qiymətində inversiya baş verir, p-tip keçiricilikdən n-tipə keçir. $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ bərk məhlullarında termo-e.h.q.-əmsalının mütləq qiymətinin azalmasını valent zonasının altzonalarında dəşiklərin yenidən paylanması ilə əlaqələndirmək olar.

$(SnSe)_{1-x}(ErSe)_x$ ərintilərinin quruluş xüsusiyyətlərinin tədqiqi göstərir ki, tədqiq olunan tərkiblər qalay atomlarının qismən *Er* atomları ilə əvəz olunması ilə kristallaşır. Bu əvəz olunma prosesinin kristal qəfəsdə heterovalent izomorfizm çevrilməsi ilə baş verdiyi ehtimal olunur. Bu əvəz olunma, rentgenquruluş analizinin nəticələrindən məlum olduğu kimi, *SnSe*-nin qəfəs parametrlərinin artmasına, həmçinin yükdaşıyıcıların qəfəs “təhriflərindən” intensiv səpilməsinə səbəb olur ki, bu da xüsusi istilikmüqavimətinin artması ilə müşayiət olunur.

$(SnS)_{1-x}(LnS)_x$ (*Ln-Pr, Gd, Dy, Er*) monokristallarının xüsusi elektrikkeçiriciliyinin və Holl əmsalının temperatur asılılıqlarının dəyişmə xarakteri bütün tədqiq olunan kristallar analogidir. Başlangıç maddənin *SnS* tərkibində *Ln* miqdarının artması Holl əmsalının qiymətinin artmasına, başqa sözlə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının azalmasına gətirir. Xüsusi elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı 80-300K temperatur intervalında yarımkeçiricilərə xas olan şəkildə dəyişir. Aşağı temperaturlarda (300K-ə kimi) elektrikkeçiriciliyi temperaturdan zəif asılı olur. Bu oblastda tərkibdə *Ln*-in miqdarının faizlə artımı elektrikkeçiriciliyin azalmasına səbəb olur. p-tip keçiriciliyə malik *SnS* monokristalında lantanoidin konsentrasiyasının artması (0,2%) dəşiklərin *Ln*-lə tutulmasına, başqa sözlə, elektrikkeçiriciliyinin azalmasına gətirir. 300 K -dən başlayaraq temperaturun 500 K-ə qədər artması ilə tədqiq olunan nümunələrin hamısında xüsusi elektrikkeçiriciliyi azalır. 500 K temperaturdan başlayaraq keçiricilik kəskin artır. Bu, valent zonasındakı elektronların qadağan olunmuş zonanın eninə bərabər və ondan böyük enerji udaraq keçirici zonaya keçməklə elektrikkeçiriciliyində iştirak etmələridir. Holl əmsalının temperatur asılılığının təhlilindən görünür ki, azot temperaturundan başlayaraq 300K temperatura kimi, yəni aşqar keçiriciliyi oblastında Holl əmsalı demək olar ki, temperaturdan asılı olmur. Qeyd edək

ki, qadağan olunmuş zonanın eninin Holl əmsalının temperatur asılılığından təyin olunmuş qiyməti, xüsusi elektrikkeçiriciliyinə əsasən təyin edilmiş qiyməti ilə yaxşı uzlaşır. Tədqiq olunan bütün nümunələr üçün yüürlüüyün temperatur asılılığı oxşar xarakterdə olur. 300K temperatura kimi temperaturun artması ilə yüürlük $u \propto T^{1.5}$ qanunu ilə artır, maksimumdan keçərək 350 K yuxarı temperatur oblastında temperaturun artması ilə $u \propto T^{-1.6}$ qanunu ilə azalır. Ln-in iştirakı ilə alınmış nümunələrdə yüürlüüyün temperatur asılılığının maksimumu 50-100 K yuxarı temperatur oblastına tərəf sürüşür.

$Gd_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərində $x=0.005$ və 0.010 –a müvafiq olan tərkiblərlə yanaşı $SnSe$ birləşməsinin də maqnit müqavimətinin temperatur asılılığına baxılmışdır. Aşağı temperaturalarda maqnit müqaviməti müsbətdir, temperatur artımı ilə azalaraq işarəsini dəyişir. Bu dəyişmə SnSe üçün 430 K-də baş verir. SnSe-in Gd elementi ilə yaratdığı bərk məhlullarda isə bu inversiya nöqtəsi nisbətən yuxarı temperatura doğru sürüşür: $x=0.005$ tərkibli nümunə üçün $T=460K$; $x=0.010$ tərkibli nümunə üçün isə inversiya nöqtəsi $T=470K$ temperaturunda baş verir. Temperaturun sonrakı artımında $(\frac{\Delta\rho}{\rho})$ –in işarəsi mənfidir və $T=530, 560K$ temperatur intervalında mütləq qiymətcə maksimumdan keçərək azalır. Maqnit müqavimətinin işarəsinin dəyişməsi verilmiş temperaturda yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin dəyişdiyini, mütləq qiymətcə böyük olması isə tərkiblərdə ikinci növ yükdaşıyıcıların olmasını göstərir.

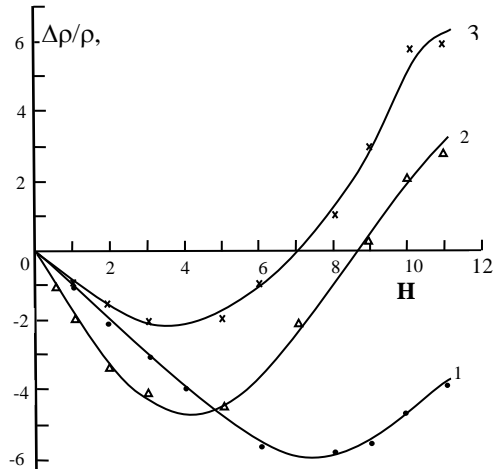
Göstərilən inversiya nöqtələri ətrafında ($T=420K$) maqnit sahə intensivliyindən $(\frac{\Delta\rho}{\rho}) = f(H)^2$ asılılığının qeyri-xətti olması “yüngül” və “ağır” elektronların istiqamətlənmiş spin düzülüşünə əlavə enerji sərf olunması ilə izah olunur. Maqnit müqavimətinin sahə intensivliyindən asılılığının tədqiqi göstərir ki, maqnit sahəsinin kiçik qiymətlərində H-sahə istiqamətində həm sərbəst, həm də lokallaşmış mikromərkəzlərinin istiqamətlənmiş spin düzülülərində enerji sərf olunmur. Sahə intensivliyinin artması və spinə görə ortalanmış elektronların sayı artır və H-in müəyyən qiymətindən sonra maqnit müqaviməti xətti artır. Sahənin nisbətən böyük qiymətlərində H-in artması ilə spinə görə ortalanmış elektronların sayı artdığından $(\frac{\Delta\rho}{\rho}) = f(H)^2$ asılılığı xətti olur. Burada qismən lokallaşmış mikroferromaqnit mərkəzlərinin paramaqnetizmə keçid ehtimal olunur. Yükdaşıyıcıların yüürlüüyü, $T=300 \div 360$ K temperaturunda $x=0.005$ tərkibli nümunədə $u \sim T^{1.2}$ qanunu ilə, $x=0.010$ tərkibli nümunədə isə

$u \sim T^{0.8}$ qanunu ilə dəyişir. Bu temperatur intervallarında yükdaşıyıcıların qismən ion mərkəzlərindən səpilməsi ilə yanaşı polyarizə olunmuş akustik fononlardan səpilməsidə baş verir və temperaturun artması ilə akustik fononlardan səpilmə üstünlük təşkil edir.

$Dy_{1-x}Sn_xSe$ ərintilərində elektrikkeçiriciliyin temperatur asılılığında yükdaşıyıcıların iki növ aktivləşmə enerjisi müşahidə olunur: $T=300 \div 435$ K temperatur intervalında $\Delta E_1=0,32$ eV və $T=550-720$ K intervalında, $\Delta E_2=0,40$ eV tərtibindədir.

$DySe$ -nin iştirakı ilə alınan ərintilərdə Holl əmsalının qiyməti xeyli böyüyür, temperaturun artımı ilə isə ənənəvi olaraq azalır. $SnSe$ birləşməsində Holl əmsalının temperatur asılılığında $T=420$ K nöqtəsinin yaxın ətrafında müşahidə olunan anomal hal $(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ ərintilərində nisbətən aşağı temperatur oblastına sürüşməklə özünü biruzə verir.

$(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ ərintilərində maqnitmüqaviməti $x=0,025$ təkibli ərintidə $T=420$ K, $x=0,04$ tərkibli ərintidə isə $T=470$ K temperaturda maqnit müqaviməti işarəsini müsbətdən mənfiyə dəyişir. Hər iki nümunədə $T=420 \div 450$



Şək.3. $(SnSe)_{1-x}(DySe)_x$ ərintilərində maqnit müqavimətinin sahə intensivliyindən asılılığı

K-də müşahidə olunan anomal dəyişməyə səbəb, çox ehtmal ki, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin dəyişməsidir. Bu mexanizmi araşdırmaq üçün hər iki nümunədə yükdaşıyıcıların Holl yürüklüyünün temperatur asılılığına baxılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, $T=300 \div 400$ K temperatur intervalında Holl yürüklüyü $U \sim T^{-0.47}$ qanunu ilə $T \geq 500$ K-də isə $U \sim T^{-1.4}$ qanunu ilə dəyişir. Bu qanunauyğunluqlar yükdaşıyıcıların $T=300 \div 400$ K temperatur intervalında əsasən akustik fononlardan səpildiyi halda, $T \geq 500$ K-də isə optik fononlardan səpilmənin üstünlük təşkil etdiyini söyləməyə imkan verir.

$Er_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin Holl əmsalı $T \approx 365$ K temperaturunda maksimumdan keçərək monoton azalır. Holl əmsalının ekstremumdan keçərək azalması energetik zona quruluşunun mürəkkəb olduğunu və

keçiricilik mexanizmində iki növ yükdaşıyıcıların iştirak etdiyini göstərir. İkinci növ yükdaşıyıcının aktivləşməsi $T \geq 385 \text{ K}$ temperaturuna təsadüf edir və bu temperaturda Holl əmsalının qiyməti inversiya nöqtəsindən keçir. $R_x(T)$ asılılığı bilavasitə $\sigma(T)$ asılılığını keyfiyyətcə təsdiq edir. Qeyd edək ki, R-Holl əmsalının maksimumdan keçərək dəyişməsi energetik zona quruluşunun mürəkkəb olduğunu göstərir. Digər tərəfdən, temperaturun artması ilə elektrik keçiriciliyi mexanizmində ikinci növ –ağır yükdaşıyıcıların iştirak etdiyini göstərir. Temperaturun artması ilə onların həyəcanlanması intensivləşir və nəticədə keçiricilikdə iştirak etmələri təmin olunur.

$Er_xSn_{1-x}Se$ bərk məhlullarının $x=0.0025$ tərkibli nümunəsində $T=420-500 \text{ K}$ temperatur intervalında $I_{gu}(T)$ asılılığı maksimumdan keçərək monoton azalır. $x=0.005$ tərkibli nümunədə də $T=300-420 \text{ K}$ temperatur intervalında $u \propto T^{2.0}$ qanunu ilə, $T \geq 500 \text{ K}$ temperatur intervalında isə $u \propto T^{-0.8}$ qanunu ilə dəyişir. Bu asılılıqların analizi və ümumilikdə $R(T)$ asılılığından görüldüyü kimi $T=300-420 \text{ K}$ temperatur intervalında yükdaşıyıcıların polyarlaşmış ion mərkəzlərindən səpilməsi üstünlük təşkil edir. Temperaturun sonrakı artımında bu səpilmə qarışıq akustik-optik fononlardan səpilmə ilə əvəz olunur. Qeyd edək ki, $T \geq 420 \text{ K}$ temperatur intervallarında yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin dəyişməsi ikinci növ yükdaşıyıcıların aktivləşməsi ilə müşayiət olunur.

$Er_{0.025}Sn_{0.975}Se$ ərintilərinin Holl yürüklüyünün temperatur asılılığını üç hissəyə ayırmaq olar. $T < 355 \text{ K}$ temperatur intervalında Holl yürüklüyü temperaturdan asılı olaraq $u \propto T^{2.4}$ qanunu ilə dəyişir. Bu, akseptor tipli defektlərin konsentrasiyasının artdığını və bu defektlərdən səpilmənin üstünlük təşkil etdiyini göstərir. $355 < T < 500 \text{ K}$ temperatur intervalında $u \propto T^1$ qanunu ilə azalır ki, bu da yükdaşıyıcıların optik fononlardan səpilməsinə uyğundur. $500 < T < 800 \text{ K}$ temperatur intervalında $u \propto T^{1.5}$ qanunu ilə artır. Bu həmin temperatur intervalda yükdaşıyıcıların əsasən polyarlaşmış aşqar mərkəzlərindən səpilməsinə uyğundur.

Dissertasiyanın V fəslı $(SnS)_{1-x}(LnS)_x$ və $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ ərintilərinin istilikkeçiriciliyi, termo e.h.q və termomaqnit (eninə və uzununa N-E) effektlərinin kompleks şəkildə öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Ln aşqarlarının $(SnS)_{1-x}(LnS)_x$ bərk məhlullarının istilikkeçiriciliyinə təsirini öyrənmək üçün nümunələrdə istilikkeçirmənin elektron (χ_{el}) və qəfəs (χ_q) istilikkeçirmələrindən ibarət

olduğu qəbul olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, bu tərkiblər üçün χ_{el} hissəsinin payına düşən istilikkeçirmə əmsalı ümumi istilikkeçiriciliyinin $T=300K$ -də 0,45% -ni təşkil edir və temperaturun artması ilə bu 0,63%-ə çatır. Təcrübədən alınan qiymətləri əsas götürərək ümumi istilikkeçirməni təxminən qəfəs istilikkeçirmə kimi götürülüb ($\chi_{\text{üm}} = \chi_q$) və onların $\lg \chi_q = f[\lg(T)]$ asılılığı qurularaq analiz edilib. SnS birləşməsində istilikkeçiriciliyi $\chi_q \sim T^{-1,18}$ qanunu ilə dəyişdiyi halda $\text{Gd}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{S}$ nümunəsində $\chi_q \sim T^{-1,23}$ qanunu ilə dəyişir. $\chi(T)$ -nin belə asılılığı aşağıdakı mülahizəyə görə izah oluna bilər. Tərkiblər də Gd metal atomları vakant mərkəzlərini tutmaqla bərabər nümunələrdə defektlərin miqdarını azaltmaqla, həm də fonon proseslərin tənzimlənməsini, nizamlılığını artırır. Digər tərəfdən? $T > 530 K$ -dən yuxarı temperaturalarda həm SnS birləşməsinin, həm də onun qadaliniumlu $\text{Gd}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{S}$ bərk məhlulunda $\chi(T)$ xətti asılılığından qismən kənara çıxma müşahidə olunur.

İstilik müqavimətinin temperatur asılılığının şərti olaraq 2 hissəyə ayırmaq olar. 100-520 K temperatur intervalını əhatə edən birinci hissədə istilik müqaviməti bütün nümunələrdə xətti olmaqla paralel dəyişir. Lakin yüksək temperaturalarda bu xətti asılılıq pozulur. 300-850K temperatur intervalında $\text{Gd}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{S}$ nümunələrində qəfəsin istilik müqavimətinin temperatur asılılığının analizi aparılmışdır. $w(T)$ asılılığı xətti asılılıqdır ki, bu da istilik müqavimətinin fonon səpilməsi hesabına yaranmasını göstərir. $T \geq 530 K$ temperaturundan yuxarı temperaturunda $\frac{1}{\chi} = w(T)$ asılılıqları qeyri-xətti dəyişir və temperaturun artması ilə özünü doyma hallarına çatmış olurlar. İstilik müqavimətinin yuxarı temperaturunda anomal dəyişməsi qismən bipolyar diffuziyanın yaranması hesabına baş verdiyi ehtimal olunur.

Lantanoidlərin iştirakı ilə SnS binar birləşməsi əsasında alınan bərk məhlullarda lantanoid atomlarının defektlərdən təmizləyici rol oynadığını fərz etmək olar. $T > 530K$ temperatur oblastında SnS birləşməsində olduğu kimi $\text{Dy}_x\text{Sn}_{1-x}\text{S}$ bərk məhlullarında da istilikkeçirmədə xətti asılılıqdan kənara çıxma müşahidə olunur. Yuxarı temperatur oblastında istilik keçiriciliyinin (χ) və uyğun olaraq istilik müqavimətinin anomal dəyişməsi tədiq olunan nümunələrdə bipolyar diffuziyanın yaranması ilə bağlıdır.

$\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{S}$ kristallarında termik emaldan əvvəl və sonra istilikkeçirmə əmsalının qiymətləri tədqiq edilmişdir. Ümumi istilikkeçirmə əmsalının qiyməti hər iki halda temperatur artdıqca monoton azalır və uzun

müddətli termik emal ($T=800$ K temperaturunda $t=480$ saat saxlanılmışdır)

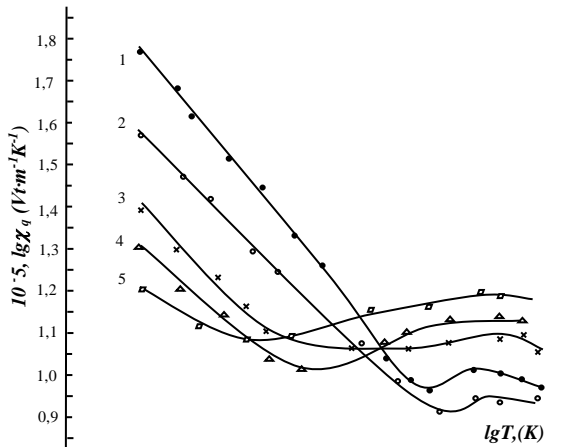
χ_{km} -nin qiymətini artırır.

Analoji təcrübələr Pr , Gd və Dy metalların iştirakı ilə alınan bərk məhlullarda da aparılmış, oxşar nəticələr alınmış və müəyyən olunmuşdur ki, $Ln_xSn_{1-x}Se$ ərintilərində istilik daşınması əsasən fononların hesabına baş verir. $Pr_xSn_{1-x}Se$ ərintilərində $x=0.0$ tərkibli nümunədə ($SnSe$ -də) $\chi_q \propto T^{-1.3}$ qanunu ilə dəyişdiyi halda $x_2=0.25$ mol %-li nümunədə $\chi_{q_2} \propto T^{-1.0}$ qanunu ilə $x_3=0.5$ mol %-də $\chi_{q_3} \propto T^{-0.8}$, $x_4=0.75$ mol %-li də və $x_5=1.0$ mol %-də isə $\chi_{q_5} \propto T^{-0.7}$ qanunu ilə dəyişir. Tərkiblərin istilik

müqaviməti fonon-fonon səpilməsi hesabınadır və tərkiblərdə Pr -un miqdarı artdıqca istilik müqavimətinin qiyməti nöqtəvi defektlər və paramaqnit mərkəzləri hesabına artır. Digər sistemlərin: $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x(Ln_2Se_3)$ ($Ln-Pr$, Gd , Dy , Er) ərintilərinin alınmasında da analoji üsuldan istifadə olunmuş və uzun müddətli ($T=800$ K, $t=480$ saat) termiki emaldan sonra onların $T=(77-700)$ K temperatur intervalında istilikkeçiriciliyi ölçül-müş və analiz edilmişdir.

Aşağı temperaturlarda təcrübi nəzəriyyə ilə yaxşı uzlaşır. Beləliklə otaq temperaturundan başlayaraq aşağı temperaturlarda $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ ərintilərində fononların səpilməsində normal proseslər qaytarıcı proseslər ilə eyni dərəcədə iştirak edirlər.

$Ln_xSn_{1-x}S$ ($Ln-Pr$, Gd , Dy , Er) bərk məhlullarında termo-e.h.q.-si əmsalının $\alpha(T)$ temperatur asılılığının tədqiqi ilə müəyyən edilib ki, aşağı keçiriciliyi oblastında, 80-360 K temperatur intervalında temperaturun artımı ilə termo-e.h.q.-si artaraq maksimum qiymətinə $\alpha = 1000 \frac{mKv}{K}$ -ə çatır, məxsusi keçiricilik oblastında temperaturun sonrakı artımında işarəsi



Şək. 4. $(SnSe)_{1-x}(PrSe)_x$ ərintilərində qəfəs istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı

müsbət qalmaqla monoton azalma müşahidə olunur. SnS binar birləşməsində Sn atomlarının qismən NTM ilə əvəz olunması zamanı termo-e.h.q.-si əmsalının qiymətinin azalması ilə yanaşı, onun azalma intervalının daha yüksək temperaturlar oblasına tərəf sürüşdüyünü göstərir.

$Ln_xSn_{1-x}S$ sistem ərintilərinin Holl və termo-e.h.q. əmsallarının temperatur asılılıqları bir birləri ilə yaxşı uzlaşır. Tədqiq olunan sistem ərintilərində yüngül və ağır dəşiklərin mövcudluğunun ilə R və α – nın temperatur asılılığında müşahidə olunan anomalyanı yaxşı izah etmək olur.

$Pr_xSn_{1-x}Se$ bərk məhlullarında termo-e.h.q. əmsalının $\alpha(T)$ temperatur asılılığında ana maddədən ($p-SnSe$) onun bərk məhlullarına keçdikdə α -nın həm qiymətinin, həm də işarəsinin dəyişməsi müşahidə olunur. Dəyişmə xarakteri tərkibdə $PrSe$ -nin miqdarından asılı olaraq fərqli xarakter daşıyır. $x_2=0.005$ tərkibli nümunənin $\alpha(T)$ asılılığı $T=80-420$ K temperatur intervalında artır və temperaturun sonrakı artımında işarəsi müsbət qalmaqla monoton azalma müşahidə olunur. $x_3=0.01$ tərkibli nümunədə isə $T=80-340$ K temperatur intervalında işarəsi müsbətdir, $T=345$ K-də inversiya baş verir, işarəsinə müsbətdən mənfiyə dəyişir və $T=500$ K-də ekstremumdan ($\alpha = -170 \frac{mKv}{K}$) keçərək monoton azalır. $x_4=0.025$; $x_5=0.05$ tərkibli nümunələrdə bütün temperatur oblastında n tip keçiriciliyə malikdir. $80-400$ K intervalında temperaturun artımı ilə termo e.h.q.-si monoton artır, $T>500$ K –də isə monoton azalma müşahidə olunur. Qeyd edək ki, aşağı temperaturlarda aşqar keçiriciliyi oblastında temperaturun artımı ilə termo-e.h.q.-si (α) artması, məxsusi keçiricilik oblastında isə azalması mürəkkəb zona quruluşlu birləşmələr və bərk məhlullar üçün xarakterikdir.

$Pr_xSn_{1-x}Se$ bərk məhlullarının nümunələrində E_y (N-E) effekti Pr komponentinin çox kiçik konsentrasiyalarında ($x_2=0.005$) E_y parametri tədqiq olunan bütün temperatur oblastında müsbətdir və maksimal qiymətini $T=420$ K temperaturunda alır. Temperaturun sonrakı artımında monoton azaldığı görünür. Digər, $x_3=0.01$ və $x_5=0.05$ tərkibli nümunələrdə isə uyğun olaraq $T=460$ və 455 K temperaturlarda E_y parametri işarəsinə müsbətdən mənfiyə dəyişir və $T=580-600$ K temperaturda mütləq qiymətcə zəif maksimumundan keçərək azalma müşahidə olunur. $E_y(T)$ asılılığının müşahidə olunan formada dəyişməsi ikinci növ yükdaşıyıcıların yaranması və səpilmə mexanizminin dəyişməsi ilə bağlı olduğu ehtimal olunur. Uzununa N-E effektinin $\Delta\alpha(TH)$ maqnit sahəsindən asılılığı bu nümunələr üçün tətbiq olunan maqnit sahəsi zəif sahə olduğunu

göstərir. Digər tərəfdən tərkibdə prazedium elementinin miqdarı çox olan nümunədə termo-e.h.q.-nin dəyişməsi də nisbətən böyük olur. Bu isə öz növbəsində ion mərkəzlərinin polyarlaşmasının artmasına və qismən ikinci növ yükdaşıyıcıların aktivləşməsi ilə bağlıdır. Uyğun tədqiqatlar $Gd_xSn_{1-x}Se$ kristallarında da aparılmışdır. $Gd_xSn_{1-x}Se$ kristalları da xassə baxımından keyfiyyətə $Pr_xSn_{1-x}Se$ kristallarına oxşar tərzdə dəyişir, kəmiyyətə müəyyən qədər fərqlənirlər.

Erbium (*Er*) və disprozium (*Dy*) elementlərinin iştiraki ilə alınmış ərintilərdə termo-e.h.q. əmsalı, eninə və uzununa Nernst-Ettinshauzen (N-E) effektləri 77-700 K temperatur intervalında tədqiq olunmuşdur. 77÷200 K temperatur intervalında diferensial termo-e.h.q.-sinin xəttlikdən kənara çıxması və eninə N-E effekt əmsalının işarəsinin dəyişməsi müşahidə olunur. Qeyri tarazlıq halında elektron fonon qarşılıqlı təsirində uzundalğalı akustik fononlarla yanaşı anharmonik toplananın mövcudluğundan bir biri ilə zəif qarşılıqlı təsirdə olan eninə və uzununa polyarlaşmış “optik” fononlar da iştirak etdiyi müəyyən olunmuşdur. Hər iki sistemdə diferensial termo-e.h.q.-nin xəttlikdən güclü kənara çıxması əsasən yükdaşıyıcıların fonon sövqü ilə bağlı olduğu müəyyənləşdirilmiş, elektron sövqünün statistik qiyyəsi qiymətləndirilmişdir.

$Er_xSn_{1-x}Se$ ərintilərində yükdaşıyıcılar kiçik yürüklüyə malikdirlər, bu da yalnız sərbəst uçuş məsafəsinin uzunluğu ilə deyil, həm də böyük m^* effektiv kütləsi ilə bağlıdır. Bu zaman relaksasiya müddəti $kT > (\hbar/\tau)$

kriteriyasını ödəyəcək qədər böyük ola bilər. Yuxarıda göstərilən nəticələri və $Er_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin mürəkkəb quruluşunu nəzərə alaraq fərz etmək olar ki, qeyri tarazlıq halında müşahidə olunan sövq effektinin termomaqnit xassələrə təsiri nazik kanalla yönəlmiş və yükdaşıyıcıların uzununa uzundalğalı optik fononlarla güclü qarşılıqlı təsirinə gətirən, qəfəsin optik rəqslərinin polyarlaşması ilə bağlıdır. Anharmonik toplananlar mövcud olduğundan polyarizəlanmış optik rəqslər bir birləri ilə zəif qarşılıqlı təsirdə olurlar, “optik” rəqslərin eninə və uzununa polyarizələnməsini bilavasitə əlaqələndirirlər.

VI fəsildə $LnSnSe_2$ və Ln_2SnSe_4 tip birləşmələrdə yük və istilik daşınma mexanizmləri araşdırılmış və əsas kinetik parametrlər cədvəldə verilmişdir.

$LnSnSe_2$ birləşmələrinin bəzi kinetik parametrləri (300K)

Tərkiblər	σ , $Om^{-1} \cdot sm^{-1}$	R , sm^3/Kl	$p(n) \cdot 10^{17}$, sm^{-3}	u , $sm^2/V \cdot san$	α , mkV/K	$\Delta\rho/\rho$	E_g , eV
$PrSnSe_2$	0.543	+46	0.14	25	+220	+0.087	1.5
$GdSnSe_2$	0.69	-29,2	0.21	20.2	-179	+0.076	0.82
$DySnSe_2$	0.14	-59,4	0,11	8.3	110	+0.098	1.0
$ErSnSe_2$	0.734	-39	26	18.6	-185	+0.084	1.0

$PrSnSe_2$, $GdSnSe_2$ və $DySnSe_2$ birləşmələrini xarakterizə edən Holl yürüklüyünün qiyməti $T=77-340$ K temperatur intervalına mütənəşib artım müşahidə olunur və bu artım $PrSnSe_2$ və $GdSnSe_2$ -də təxminən $u \sim T^{1,3}$ qanunu ilə, $DySnSe_2$ birləşməsində isə $u \sim T^{1,5}$ qanunu ilə dəyişir, belə dəyişmə yükdaşıyıcıların əsasən ionlaşmış aşqar atomlarından səpildiyini göstərir. Temperaturun sonrakı artımında isə yürüklük maksimumdan keçərək ($T=250$ K) $u \sim T^{-1,1}$ qanunu ilə azalması həmin temperatur intervalında yükdaşıyıcıların optik fononlardan səpilməsini göstirir.

Ln_2SnSe_4 ($Ln-Pr, Gd, Dy, Er$) tip üçlü birləşmələrdə Holl əmsalı $T=77-140$ K temperatur intervalında çox zəif monoton azalır, $T=140-420$ K-də isə nisbətən sabitdir. Pr_2SnSe_4 və Dy_2SnSe_4 birləşmələrdə $T \geq 420$ K-də $R(T)$ asılılığı maksimumdan keçərək azalır. Temperaturun sonrakı artımında $R(T)$ asılılığında kəskin və monoton azalma müşahidə olunur.

Dy_2SnSe_4 birləşməsində maqnit müqavimətinin $T=300-400$ K temperatur intervalında qiyməti nisbətən sabit olub $\Delta\rho/\rho = 0.085$ tərtibindədir və temperaturun sonrakı artımında monoton azalır. $T=430$ K temperaturunda inversiya nöqtəsindən keçərək işarəsini müsbətdən mənfiyə dəyişir.

Pr_2SnSe_4 kristalının $T=98$ K-də termo e.h.q. əmsalının maqnit sahəsində dəyişməsinin $\Delta\alpha(H)$ sahə intensivliyindən asılılığı tətbiq olunan ($H=0-11$ kErs) sahə ilə düz mütənəşibdir. Başqa sözlə tətbiq olunan maqnit sahəsi Pr_2SnSe_4 kristalı üçün zəif sahədir ($uH \ll 1$). $T=375$ və $T=460$ K temperaturalarda $\Delta\alpha(H)$ xətti asılılığı $H \leq 9$ kErs intervalında ödənilir. $T \geq 300$ K temperatur intervalında $\Delta\alpha$ -nın artımı daha çoxdur, $T=98$ K temperaturunda termo e.h.q.-nin maqnit sahəsində dəyişməsinin maksimal qiyməti $\Delta\alpha_{max} = 10$ mkV/K olduğu halda, $T=460$ K -də daha böyük $\Delta\alpha = 16$ mkV olur. Eninə $N-E$ -effektinə məxsus qiymətlərin

ışarəsi $T=77-430\text{ K}$ temperatur intervalında müsbət; $T = 440\text{ K} - 580\text{ K}$ temperatur intervalında isə mənfidir. Temperaturun sonrakı artımında isə yenidən ışarəsini dəyişərək müsbət olur. E_y -in ışarəsinin bu formada dəyişməsi yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizminin dəyişməsi və eyni zamanda keçiricilikdə iki növ yükdaşıyıcının olması ilə izah olunur. Buradan görüldüyü kimi tədqiq etdiyimiz Pr_2SnSe_4 kristalının energetik zona quruluşunun (spektrinin) mürəkkəb olduğunu göstərir. $\Delta\alpha/\alpha_0$ nisbətinin dəyişməsi müsbətdir və $T = 460\text{ K}$ temperatur intervalında maksimumdan keçərək azalır. Beləliklə müəyyən olunmuşdur ki, Pr_2SnSe_4 kristalında iki növ (ağır və yüngül dəşiklər) yükdaşıyıcı olmaqla bərabər onların ionlaşmış mərkəzlərdən (aşağı temperaturda $T \leq 460\text{ K}$) səpilməsi $T > 380\text{ K}$ -də qəfəs rəqslərinin intensivləşməsi nəticəsində ($r = 0$) zəifləyir və akustik fononlardan səpilmə ilə əvəz olunur.

Tətbiq olunan sabit maqnit sahəsi Er_2SnSe_4 kristalı üçün zəif sahədir. Digər tərəfdən, Er_2SnSe_4 kristalında müşahidə olunan $\Delta\alpha/\alpha_0$ və ξ -in dəyişməsinin maksimal qiymətləri də qismən kiçikdir. Temperaturun artması ilə $\Delta\alpha(H)$ asılılığında müşahidə olunan maksimal dəyişmə qiymətcə azalır. $T=80-360\text{ K}$ temperatur intervalında E_y -in qiyməti sabitdir və $T \approx 370\text{ K}$ -də zəif ekstremumdan keçərək inversiya nöqtəsinə yaxınlaşır və $T \approx 450\text{ K}$ -də ışarəsini dəyişir. Bu birləşmədə də Dy_2SnSe_4 -də olduğu kimi, Er_2SnSe_4 birləşməsində də $T \approx 600$ -də mütləq qiymətcə maksimumdan keçərək azalma müşahidə olunur (temperaturları qismən fərqlənir). Tədqiq olunan birləşmələrdə “ağır” və “yüngül” olmaqla keçiricilikdə iki növ yükdaşıyıcı iştirak edir.

Qeyd edək ki, verilmiş temperatur intervalında tədqiq etdiyimiz birləşmələrdə elektron istilikkeçiriciliyinin payı (χ_{el}) otaq temperaturunda təxminən 6-7% təşkil edir. $T=77-700\text{ K}$ temperatur intervalında $\chi_q(T)$ asılılığı tədqiq etdiyimiz birləşmələr üçün özünə məxsus spesifik xassələri ilə fərqlənilir. Bununla bərabər temperaturun verilmiş qiymətində birləşmələrdə Pr elementindən Gd , Dy və Er ardıcılığı ilə NTM- sıra ardıcılığına uyğun olaraq metal atomlarına keçdikdə χ_q -nin qiymətinin mütənasib azaldığı müşahidə olunur. Buna səbəb, çox ehtimal ki, qəfəs atomlarının (ionlarının) istilik rəqslərinin dəyişməsi hesabına fonon-fonon qarışıqlı təsiri nəticəsində əlavə səpilmənin yaranmasıdır. NTM-nın sıra nömrəsi artdıqca, birləşməni təşkil edən komponentlərin istilik rəqslərinin

tezliyi ilə intensivliyi arasındakı fərq artır. Bu isə fononların fononlardan əlavə səpilməsini artırmaqla istilikkeçiriciliyinin azalmasına səbəb olur.

Temperaturun sonrakı artımında birləşmələrin istilikkeçiriciliyinin daha mürəkkəb formada dəyişdiyini ($T=160-240$) K və istilikkeçirmə əmsalının (χ_q) qismən temperaturdan asılı olmadığını müşahidə edirik. Bu temperatur intervalında $ErSnSe_2$ birləşməsinin qəfəs istilikkeçiriciliyindən fərqli olaraq digər birləşmələrdə ion və akustik fononlardan səpilmə mühüm rol oynayır. $ErSnSe_2$ birləşməsində bu iki səpilmə növü $T=260-400$ K temperatur intervalına düşür. $ErSnSe_2$ birləşməsinin $T=240-450$ K temperatur intervalında istilikkeçiriciliyi digər birləşmələrdəkinə nisbətən xeyli yüksəkdir $\chi_q \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ Vt/sm} \cdot \text{K}$ və temperaturun sonrakı artımında ($T > 450$ K) $\chi_q \propto T^{-3}$ qanunu ilə azalma baş verir. Uyğun olaraq bu temperatur intervalında $GdSnSe_2$ və $DySnSe_2$ birləşmələrində $\chi_q \propto T^{-2.8}$ qanunu ilə dəyişmə müşahidə olunur. $PrSnSe_2$ -birləşməsində bu qanuna uyğunluq $T=240-500$ K temperaturunda müşahidə olunur və temperaturun sonrakı artımında ($T > 500$ K) bipolyar difuziya hesabına qəfəs istilikkeçiriciliyinin qiymətində artma müşahidə olunur və $\chi_q \propto T^{1.0}$ qanunu ilə dəyişir. Buradan göründüyü kimi $T \leq 240$ K temperatur intervalında birləşmələrdə olan paramaqnit xassəli (Pr , Gd , Dy , Er) NTM ionlarının polarizəlməsi hesabına fononların –fononlardan səpilməsi mühüm rol oynayır.

$LnSnSe_2$ ($Ln-Pr$, Gd , Dy , Er) yarımkəçirici birləşmələrində $T=77-180$ K temperatur intervalında istilik müqavimətinin $w(T)$ asılılıqlarının qiymətləri mütənasib azalır. Bu azalma sürətləri hər bir birləşmə üçün özünə məxsus qanunla baş verir. Digər tərəfdən bu azalma sürəti $PrSnSe_2$ kristalında nisbətən zəifdir, $PrSnSe_2$ və $GdSnSe_2$ birləşmələri üçün 160-170 K temperaturuna qədər davam edir. $DySnSe_2$ və $ErSnSe_2$ kristallarında isə $T = 240$ K temperaturuna qədər davam edir. Bu göstərilən temperatur intervalında, istənilən temperatur nöqtəsində $w_{Pr} < w_{Gd} < w_{Dy} < w_{Er}$ münasibəti saxlanılır. Çox kiçik temperatur intervallarında, $PrSnSe_2$ və $GdSnSe_2$ kristalları üçün $T=170-200$ K və $DySnSe_2$ və $ErSnSe_2$ kristalları üçün $T=200-280$ K) verilmiş birləşmələr üçün w -nin qiymətləri sabitdir. Temperaturun sonrakı artımında hər bir birləşmə üçün ($T \geq 240$ K) $w(T)$ asılılığı xətti qanunauyğunluqla dəyişir. Bu xətti asılılıq $PrSnSe_2$ birləşməsi üçün $T=200-500$ K; $GdSnSe_2$ birləşməsi üçün $T=200-500$ K temperaturunda və $DySnSe_2$ birləşməsi üçün isə $T=280-600$ K temperaturunda ödənilir. Temperaturun sonrakı artımında $w(T)$ -nin

qiymətində xətti asılılıqdan kənara çıxmalar müşahidə olunur ki, bu da bipolyar diffuziya hesabına baş verdiyi ehtimal olunur. Başqa sözlə desək bu kənara çıxmalar istilik daşınmasında hər iki növ: həm elektron və həm də dəşiklərin iştirak etdiyini, (yəni məxsusi keçiricilik oblasti) göstərir. Digər tərəfdən w -nin xətti dəyişən oblastına $w(T)$ meyl bucaqları arasında $tg\theta_{Dy} < tg\theta_{Pr} < tg\theta_{Gd}$ münasibətləri ödənilir. $ErSnSe_2$ birləşməsində tədqiqat apardığımız temperatur intervalında yükdaşıyıcıların bipolyar diffuziya hesabına istilik müqavimətinin qeyri xətti dəyişməsi müşahidə olunmur və $w(T)$ asılılığı digər birləşmələrin asılılığına nəzərən çox kiçik sürətlə dəyişir ($tg\theta_{Er}$ -kiçikdir). $w(T)$ asılılığının xətti dəyişdiyi oblastda ($w_i \propto T$) fononların fononlardan səpilməsi fərqlənir. NTM atomlarının sıra nömrəsi fərqli olduğundan onların göstərilən birləşmələr daxilində yaratdıqları istilik rəqsləri və həm də polyarizəşmə dərəcəsi asılı olaraq dəyişir. $PrSnSe_2$, $GdSnSe_2$ və $DySnSe_2$ kristalları üçün, uyğun olaraq $T \geq 500 K$ və $T \geq 540 K$ temperaturlarda bipolyar diffuziya hesabına istilik müqavimətinin qiyməti azalır. Bu isə məxsusi keçiricilik oblastında dəşik və elektron keçiriciliyi hesabına əlavə istilikkeçiriciliyi yaranır.

Analoji olaraq $(SnSe)_{1-x}(Ln_2Se_3)_x$ ($Ln-Pr, Gd, Dy, Er$) sistemlərində komponentlərin 1:1-ə nisbətində yaranan Pr_2SnSe_4 , Gd_2SnSe_4 , Dy_2SnSe_4 və Er_2SnSe_4 birləşmələrinin $T=(77-720)$ -də istilikkeçiriciliyin temperatur asılılıqları tədqiq edilmişdir. Eyni temperaturda NTM-komponentinin atom çəkirlərinin artması ardıcılığına uyğun χ_q nın qiymətinin mütənasib azalması müşahidə olunur. Digər tərəfdən $\chi_q(T)$ -nin maksimal qiymətinin mütənasib olaraq aşağı temperaturlara doğru sürüşdüyünü müşahidə edirik. $T < 240 K$ temperaturlarında $\chi(T)$ asılılığı $\chi \propto T^n$ qanunu ilə dəyişir. Bu isə onu göstərir ki, aşağı temperaturlarda fononların maqnit xassəli ion mərkəzlərindən (maqnonlardan) səpilməsi üstünlük təşkil edir. Burada n birləşmələrin tərkibində olan maqnit xassəli ionların (Pr, Gd, Dy, Er) ionluq xassəsindən asılı olaraq dəyişir. Məsələn, Pr_2SnSe_4 birləşməsi üçün $\chi \propto T^{1.2}$ qanunu ilə dəyişdiyi halda Er_2SnSe_4 birləşməsində $\chi \propto T^{0.8}$ qanunu ilə dəyişir. Temperaturun sonrakı artımında ($T=220-310 K$) -də hər iki istilikkeçirmə əmsali kəskin azalır.

VII fəsilə $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ sistem ərintilərinin γ şüalanmadan əvvəl və sonra bir sıra elektrofiziki xassələri geniş temperatur intervalında tədqiq olunmuş və bu xassələrə γ - şüaların təsiri araşdırılmışdır. γ -şüaların mənbəyi kimi kvantının enerjisi $1,25 MeV$ olan

^{60}Co izotopundan istifadə olunmuşdur. Şüalanma $D=0.6\text{Qr/san}$ dozada, 30 saat ərzində aparılmışdır.

$(\text{SnSe})_{0,75}(\text{PrSe})_{0,25}$ bərk məhlullarının şüalanmadan əvvəl xüsusi müqaviməti temperaturun artımı ilə artır, $T=100\text{K}$ yaxınlığında maksimumdan keçərək zəif azalır. $D=35\text{ kQr}$ dozada γ - kvantlarla şüalanmadan sonra $\rho(T)$ nəzərə çarpacaq dərəcədə artır. Müqavimətin nisbi dəyişməsi 100 K-də $\frac{\Delta\rho}{\rho} = 34.1\%$, 120 K-də isə $\frac{\Delta\rho}{\rho} = 81.4\%$ olur.

Şüalanmadan sonra nümunə $620\text{ }^\circ\text{C}$ temperaturda tablmda saxlanıldıqdan sonra xüsusi müqaviməti ölçülmüşdür. Termik emaldan sonra nümunədə bərpəetmə prosesləri gedir, xüsusi müqavimət şüalanmadan qabaqkı qiymətinə yaxınlaşır. Qalıq müqavimət $T=100\text{ K}$ -də $\frac{\Delta\rho}{\rho} = 13.6\%$, $T=$

120 K temperaturda isə $\frac{\Delta\rho}{\rho} = 18.2\%$ təşkil edir. p -tipli keçiriciliyə malik $(\text{SnSe})_{0,75}(\text{PrSe})_{0,25}$ nümunələrdə γ -kvantların hesabına yeni defektlərin qismən nizamsız paylanması sayəsində xüsusi müqaviməti artır. Termoemaldan sonra radiasiya defektlərinin miqراسiyası nəticəsində bərpəolunma prosesi gedir, ona görə də xüsusi müqavimət başlanğıc qiymətinə yaxınlaşır.

γ - kvantların $(\text{SnSe})_{0,975}(\text{PrSe})_{0,025}$ kristallarının termo-e.h.q. əmsali və istilikkeçiriciliyinə təsirinin tədqiqində də analogi nəticələr alınmışdır. $T=300\text{ K}$ temperaturda isə termo.eh.q-nin qiymətində $\text{Sn}_{0,99}\text{Pr}_{0,01}\text{Se}$ nümunəsində 10% azalma, $\text{Gd}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{Se}$ və $\text{Sn}_{0,99}\text{Er}_{0,01}\text{Se}$ nümunələrində isə uyğun olaraq 20% və 17% artma müşahidə edilmişdir. Temperaturun artımı ilə şüalanmadan sonar termo e.h.q.-sinin nisbi dəyişməsi azalır.

Tədqiq olunan temperatur intervalında şüalanmadan əvvəl nümunələrdə elektron istilikkeçiriciliyi ümumi istilikkeçiriciliyinin 7-12 %-ni təşkil edir. γ – şüalarının təsirinə məruz qalmış nümunələrdə ümumi istilikkeçiriciliyi azalır. γ - şüalarının təsiri ilə yaranan radiasiya defektləri qəfəs istilikkeçiriciliyinin azalmasına, elektron istilikkeçiriciliyinin isə artmasına səbəb olur. Belə ki, 300 K temperaturda $\text{Gd}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{Se}$ monokristalında qəfəs istilikkeçiriciliyi 8 % azalmış, elektron istilikkeçiriciliyi isə 28 % artmışdır.

Qeyd edək ki, $\text{Gd}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ ($x=0,01; 0,05$) ərintilərində istilik əsasən fononlarla daşınır. Tədqiq olunan temperatur intervalında şüalanmadan əvvəl nümunələrdə elektron istilikkeçiriciliyi ümumi istilikkeçiriciliyinin 7-12 %-ni təşkil edir. γ - şüalarının təsirinə məruz qalmış nümunələrdə ümumi istilikkeçiriciliyi azalır. Elektrikkeçiriciliyində və Holl əmsalında

olduğu kimi məxsusi keçiricilik oblastında γ - şüalarının istilikkeçiriciliyinə təsiri nəzərə alınmayacaq dərəcədə zəif olur ki, bu da həmin nümunələrin radiasiyaya davamlı materiallar kimi istifadə olunmasına imkan verir..

Tədqiq olunan $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ ərintilərinin müqavimətin temperatur həssaslığı və müqavimətin temperatur əmsalı müasir termistorların texniki parametrlərinə yaxın hətdə ondan üstün olan hallar da müşahidə olunur. $99,75\%SnSe+0,25PrSe$, $98,0\%SnSe +2,0\%ErSe$ ərintilərinin 80-300 K temperatur intervalında, $99,75\%SnSe+ 0,25\%GdSe$ ərintisinin və $EuSnSe_2$ üçqat birləşməsinin isə 280-380 K temperatur intervalında müqavimətin temperatur həssaslığı və müqavimətin temperatur əmsalı hesablanmış, alınan nəticələr cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2

No	Nümunə	B, K^{-1}	MTƏ, K^{-1}	Temp.inter., K
1	$99,75\%SnSe+ 0,25PrSe$	805	$3.1 \cdot 10^{-2}$	80-300
2	$98,0\%SnSe +2,0\%ErSe$	991	$4.6 \cdot 10^{-2}$	80-300
3	$99,75\%SnSe+ 0,25\%GdSe$	4096	$1.2 \cdot 10^{-2}$	280-380
4	$EuSnSe_2$	4096	$9.1 \cdot 10^{-2}$	280-380

$(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$ ərintilərində termoelektrik effektivliyi tərkibdən asılı olaraq müxtəlif qiymətlər alır. $x=0.005 \text{ mol } \% Er_2Se_3$ tərkibli nümunə termoelektrik effektivliyinin daha yüksək olduğundan əsas kinetik parametrlərin və termoelektrik effektivliyinin temperatur asılılığı $T=300-950 \text{ K}$ temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Termo e.h.q.-nin qiyməti $T=300-950 \text{ K}$ temperatur intervalında minimumdan keçərək azalır. Təcrübədə termoelektrik effektivliyi tədqiqat aparılan temperatur intervalı üçün hesablanmış və müəyyən olunmuşdur ki, $x=0.005 \text{ mol } \%$ tərkibli nümunənin termoelektrik effektivliyi geniş temperatur intervalında ($T=300-820 \text{ K}$) $Z \approx 2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ olmaqla sabit qalır ki, bu da $(SnSe)_{0.995}(Er_2Se_3)_{0.005}$ -tərkibli yarımkeçirici materialdan orta temperatur intervalında çalışan termoelektrik generatorların hazırlanmasına imkan verir.

DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

1. Diferensial termik, mikroquruluş, rentgenfaza analiz üsulları ilə SnS - LnS , $SnSe$ - $LnSe$ və $SnSe$ - Ln_2Se_3 sistemlərinin hal diaqramları qurularaq, bu sistemlərdə $SnS(Se)$ əsasında bərk məhlulların, $LnSnSe_2$, Ln_2SnSe_4 tip birləşmələrin mövcud olması müəyyən edilmişdir.

2. Müəyyən edilmişdir ki, SnS birləşməsinin zona quruluşunun hesablanmasına uyğun olaraq valent zonanı üç altqrupdan ibarətdir. Valent hallarının dalğa funksiyasının analizi göstərmişdir ki, valent zonanın əsas qrupundan 6 eV aralıda yerləşən əsas qrup anionun s - halından yaranır. Dörd zonadan ibarət, -7eV yaxınlığında yerləşən növbəti qrup Sn-un s - halı ilə əlaqədardır. On iki zonadan ibarət, 0-dan -5 eV oblastda yerləşən ən yuxarı qrup öz mənşəyinə görə kation və anionun p - halından yaranır.

3. SnS -in dielektrik nüfuzluğunun spektral xarakteristikasının qiymətinə əsasən birləşmələrin optik funksiyaları təyin edilmiş və məlum eksperimental nəticələrlə yaxşı uzlaşması aşkar edilmişdir.

4. $SnSe$ birləşməsində valent zonasının, aralarındakı energetik məsafə $E_0 = 0.05 \text{ eV}$ olan iki alt zonadan ibarət olduğu müəyyənləşdirilmiş, ağır və yüngül deşiklərin effektiv kütlələrinin nisbəti $\frac{m_2}{m_1} = 4.38$ təyin edilmişdir.

5. İlk dəfə olaraq $Ln_xSn_{1-x}S(Se)$ monokristallarının qalvanomaqnit xassələrinin tədqiqi nəticəsində qadağan olunmuş zonanın eni, yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, Holl əmsalı, yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmi araşdırılmış, yük köçürmə prosesləri iki zonalı modelə yaxşı izah olunduğu müəyyənləşdirilmişdir.

6. Müəyyən edilmişdir ki, $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ bərk məhlullarında istilik müqaviməti əsasən fonon-fonon səpilməsi hesabına yaranır və tərkiblərdə Ln-in miqdarı artdıqca istilik müqavimətinin qiyməti nöqtəvi defektlər və paramaqnit mərkəzləri hesabına artır. Uzun müddətli termik emal ümumi istilikkeçiriciliyini qiymətini 6-17 % artırır. Məxsusi keçiricilik oblastlarında, bipolyar diffuziya hesabına istilikkeçiriciliyinin artması müşahidə olunur. Tədqiq olunan ərintilərdə fononların səpilməsində normal proseslər, üçfononlu sçrayışlı proseslər (U-proses) ilə eyni dərəcədə iştirak edir, nöqtəvi defektlərdən isə (ərintilərin quruluş nizamsızlığından və digər defektlərdən) səpilmədə isə fonon-fonon proseslərini üstələyir.

7. $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ ərintilərində 80-200 K temperatur intervalında diferensial termo-e.h.q.-sinin xəttlikdən kənara çıxması və eninə N-E effekt əmsalının işarəsinin dəyişməsi qeyri-tarazlıq halında elektron-fonon qarşılıqlı təsirdə uzunalğalı akustik fononlarla yanaşı anharmonik toplananın mövcudluğundan bir-biri ilə zəif qarşılıqlı təsirdə olan eninə və uzununa polyarizəlanmış “optik” fononlar da iştirak etdiyi göstərir. Diferensial termo-e.h.q.-sinin xəttlikdən güclü kənara çıxması əsasən yükdaşıyıcıların fonon sövqü ilə bağlı olduğu müəyyənləşdirilmiş, elektron sövqünün statistik qüvvəsi qiymətləndirilmişdir.

8. $LnSnSe_2$ tip birləşmələrin əsas kinetik parametrləri təyin olunmuş, keçiricilikdə iki növ yükdaşıyıcıların, “yüngül” və “ağır” dəşiklərin iştirak etdiyi müəyyənləşdirilmişdir. Holl yürüklüyünün qiyməti $T=77-350$ K temperatur intervalında $u \sim T^{1,5}$ qanunu ilə dəyişməsi yükdaşıyıcıların əsasən ionlaşmış aşqar atomlarından səpildiyini, temperaturun sonrakı artımında isə maksimumdan keçərək $u \sim T^{-1,1}$ qanunu ilə azalması həmin temperatur intervalında yükdaşıyıcıların optik fononlardan səpilmənin üstünlük təşkil etdiyini göstərir.

9. Ln_2SnSe_4 NTM element atomlarının sıra nömrəsinin artma istiqamətində aşqarların tükənmə oblastına uyğun temperatur intervalı daralır, bu oblasta yaranan minimumun dərinliyi və məxsusi keçiriciliyə keçid temperaturu, ümumi istilikkeçiriciliyi, qadağan olunmuş zonanın eni ($E_g = 1.35$ eV-dan $E_g = 0.7$ eV –a kimi) və yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi isə ($\Delta E_{Pr} = 0.22$ eV –dan $\Delta E_{Er} = 0.6$ eV –a kimi) azalır.

10. γ –şüaları ilə şüalandırılmış və şüalandırılmamış $Ln_xSn_{1-x}Se$ ($Ln-Pr, Gd, Er$) monokristallarının elektrofiziki və istilik xassələrinin müqayisəli tədqiqi göstərir ki, şüalanma aşağı temperaturlarda elektrikkeçiriciliyinə zəif təsir etsə də, yuxarı temperaturlarda hiss olunacaq dərəcədə dəyişiklik yaratmır. Bu, həmin kristallar əsasında radiasiyaya davamlı yarımkeçirici cihazların hazırlanmasına imkan verir.

11. Müəyyən temperatur intervalında tədqiq olunan $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ ərintilərinin $99,75\%SnSe+0,25PrSe$; $98,0\%SnSe+2,0\%ErSe$; $99,75\%SnSe+0,25\%GdSe$ nümunələrində müqavimətin temperatur həssaslığı və müqavimətin temperatur əmsalı müasir termistorların texniki parametrlərinə yaxın hətdə ondan üstün olan hallar müşahidə olunur.

12. $(SnSe)_{0.995}(Er_2Se_3)_{0.005}$ -tərkibli nümunələrdə ərintinin termoelektrik parametrləri geniş ($T = 300 - 800$ K) temperatur

intervalında temperatur intervalında termoelektrik effektivliyi qalmaqla $Z \approx 2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ tərtibində olur ki, bu da termoelektrik generatorların hazırlanmasında yeni material kimi istifadə olunmasına imkan verir.

Dissertasiyanın işinin əsas müddəaları və nəticələri aşağıdakı işlərdə nəşr olunmuşdur:

1. Адгезалова Х.А., Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Несиров В.И. Электрофические свойства моносulfида германия и олова с участием редкоземельных металлов / The first Int.Con.On Material Science of Chalcogenide and Diamond Struc. Cernovtsi, 1994, p. 60.
2. Гусейнов Дж.И., Адгезалова Х.А., Мургузов М.И., Мамедова Р.Ф., Гасанов О.М. Влияние примесей редкоземельных металлов на электрофические свойства моносulfида германия и олова / Меж. конференция «Физико - Химические процессы в неорганических материалах (ФХП- 9)», Кемерово 2004, доклады Т 2., 314.
3. Murquzova M.İ., Tahirov.B.A., Murquzov M.İ., İsmayılov Ş.S., C.İ.Hüseynov (*SnSe*)_{1-x}(*GdSe*)_x sistem bərk məhlullarının rentgenoqrafik tədqiqi və fiziki parametrlərin tərkib asılılığı // “Fizika”, Bakı,AMEA, 2006 Cild XII, № 1-2, s. 6-8.
4. Huseynov J.İ., Murquzov M.İ., İsmayılov Sh.S.Termal conductivity and termal EMF of materialas for termal energy converterts / TPE-06 3rd International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, Ankara, 2006, p. 804- 806.
5. Hüseynov C.İ., Murquzov M.İ., Məmmədova R.F., İsmayılov Ş.S. (*SnSe*)_{1-x}(*DySe*)_x sistem ərintilərinin qalvanomaqnit xassələri / “Metallar fizikasının müasir problemləri” elmi praktik konfrans, Bakı, AzMİU– Elm -2007, s 147-150.
6. Гусейнов Дж.И., Адгезалова Х.А., Мургузов М.И., Гасанов О.М. Природа дефектов и электрофических свойств сплавов систем *Er_xSn_{1-x}Se* / Меж. Кон. «Физико – Химические просессы неорганических материалах », Кемерово 2007, доклады Т 1., с. 137-139.
7. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С. Электрофические свойства твердых растворов *Er_xSn_{1-x}Se* // Elmi əsərlər (Fundamental elm) , Bakı, ATU 2008 Cild VII,(27), № 3, с. 27-30.

8. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С. Теплопроводность твердых растворов $Er_xSn_{1-x}Se$ // «Неорганические материалы» Известия АН России, Москва 2008. т.44, № 5, с. 542-544.
9. Murqzovova M.İ., Tahirov.B.A, C.İ.Hüseynov, Murqzov M.İ., İsmayılov Ş.S.,Səfərov C.M. $(SnSe)_{1-x}(GdSe)_x$ sistem bərk məhlullarının fiziki – kimyəvi və qalvanomaqnit xassələri // AMEA-nın xəbərləri, (Fizika- riyaziyyatı və texniki elmlər seiyası, Fizika və astronomiya) Bakı, 2008, № 5. s.177-179
10. Murqzovova M.İ., İsmayılov Ş.S., Qurbanov A.M., Hüseynov C.İ. Dy_2SnSe_4 birləşməsinin elektrofiziki xassələri / S.A.Hacıyevin 80 il yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın müasir problemləri” II respublika konfransının materialları, Bakı, BDU, 2008, s. 177-179.
11. Hüseynov C.İ., Bayramov R.B., Məmmədov A.M.,Vəliyev V.Q. $SnSe-DySe$ system ərintilərinin fiziki-kimyəvi xassələri / Kimya problemləri”, Bakı, AMEA, 2009, № 1, s. 110-113
12. Hüseynov C.İ. Məmmədova R.F., Bayramov R.B. $DySnSe_2$ birləşməsinin fiziki-kimyəvi xassələri // Elmi əsərlər (Fundamental elmlər), Bakı, ATU 2009, Cild VIII,(30), № 2, s. 78-82.
13. Hüseynov C.İ., Bayramov R.B., Cəfərov T.A. $GdSnSe_2$, $TuSnSe_2$ birləşmələrinin alınması və fiziki-kimyəvi xassələri // Elmi əsərlər (Fundamental elmlər) , Bakı, ATU 2009, Cild VIII,(31), № 3, s. 46-51.
14. Hüseynov C.İ., Səfərov S.M. $ErSnSe_2$ və Er_2SnSe_4 birləşmələrinin istilikkeçiriciliyi // Azerbaijan Journal of Physics, Bakı, AMEA 2010, XVI № 2, Series: Az., s. 130-131.
15. Hüseynov C.İ., Murqzov M.İ., İsmayılov Ş.S. $DySnSe_2$ birləşməsinin termomaqnit xassələri / ATU-nun 60-illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi-Praktiki Konfrans materialları, s. 719-722
16. İsmayılov Ş.S., Əhmədova R.İ., Murqzov M.İ., Hüseynov C.İ. $La_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin elektrikkeçiriciliyi və yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmi // Elmi əsərlər (Fundamental elmlər) , Bakı, ATU 2011, Cild X,(37), № 1, s. 7-11.
17. Hüseynov C.İ., Kərimova P.C., Məmmədov İ.M. $Er_xSn_{1-x}Se$ bərk məhlullarının keçiriciliyinə erbiyum aşqarlarının kompensasiya təsiri // Elmi əsərlər (Fundamental elm.) , Bakı, ATU 2011, Cild X,(37), № 1, s. 44-47.
18. Hüseynov C.İ., İsmayılov Ş.S., Məmmədova R.F., Kərimova P.C. $SnSe-ErSe$ sistem ərintilərinin fiziki-kimyəvi xassələri // Azerbaijan Journal of Physics, Bakı, AMEA 2011, XVII № 1, Series: Az.. s. 16-19.

19. Murqzov M.İ., İsmayılov Ş.S., Tağıyev R.A., Hüseynov C.İ. HoSnSe₂ birləşməsinin istilikkeçiriciliyi və istilik müqavimətinin təbiəti // Elmi əsərlər (Fund. Elmlər), Bakı, ATU 2011, Cild X,(40), № 4. S. 25-29.
20. Hüseynov C.İ., Kərimzadə G.İ. SnSe kristallarının zona quruluşu və elektrofiziki xassələrinin ümumi xüsusiyyətləri / “Fizikanın müasir problemləri” Opto-, nano- elektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası V Res. Kon. mat. Bakı, BDU, 2011
21. Huseynov J.İ., İsmayılov Sh.S., Mammadova R.F, Hasanov O.M. Impact of γ -radiation on some kinetic effects in the alloys of Er_xSn_{1-x}Se systems / The V international conference perspectives of peaceful use of nuclear energy, book of abstracts, November 21-23. Bakı, IRP-2012, 50.
22. Гусейнов Дж.И., Джафаров Т.А. Влияние γ -облучения на электрофизические свойства термообработанных монокристаллов **Tb_xSn_{1-x}Se** // «Физика и техника полупроводников», 2012, т.46, в.4, 247-249.
23. Hüseynov C.İ., Murqzov M.İ., Mammadova R.F, İsmayılov Ş.S. **DySnSe₂** kristallarının termomaqnit xassələri / ADPU-nun professor-müəllim heyətinin X elmi konfransının materialları, Bakı, ADPU, 2012., s. 123-128.
24. Qəribov A.A., Hüseynov C.İ., Cəfərov T.A, İsmayılov Ş.S. **Sn_{1-x}Tb_xSe** sistem ərintilərinin elektrik və istilikkeçiriciliyinə γ - şüalarının təsiri // AMEA-nın xəbərləri, (Fizika- riyaziyyat və texniki elmlər seiyası, Fizika və astronomiya) cild XXXII, Bakı – Elm 2012, № 2, s. 66-71.
25. Murqzov M.İ. İsmayılov Ş.S., Hüseynov C.İ. İsayeva S.A. Eu₂SnSe₄ birləşməsində istiliyin daşınmasında baş verən dəyişmələr // Elmi əsərlər (Fundamental elmlər), Bakı, ATU 2012, Cild XI,(42), № 2., s. 29-31
26. Hüseynov C.İ. **SnSe** monokristallarında zonalararası səpilmə // Elmi əsərlər (Fundamental elm.), Bakı, ATU 2012, Cild XI,(42), № 2., s. 61-64.
27. Hüseynov C.İ., Murqzov M.İ. Abbasova J.Ş. DySnSe₂ kristallarında elektrikkeçiriciliyi / “Fizikanın aktual problemləri” IV Respublika elmi konfransının mater., Bakı, BDU, 2012., s. 46-47.
28. Hüseynov C.İ., Məmmədova R.F., İsayeva A.Ə., Əliyeva S.S. **Er_xSn_{1-x}Se** sistem ərintilərində yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmləri / “Fizikanın müasir problemləri” Opto-, nano- elektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası VI Respublika konfransının mater., Bakı, BDU, 2012., s. 151-154.
29. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Мамедова Р.Ф., Исмаилов Ш.С. Влияние облучения на термоэлектрические свойства селенида олова

- легированного Pr и Er / X Международный Уральский Семинар «Радиационная физика металлов и сплавов», Тезисы докладов, 25 февраля – 3 марта. Кыштым, Россия, 2013, s. 5-6.
30. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С. Особенности самокомпенсации в твердых растворах $Er_xSn_{1-x}Se$ // «Физика и техника полупроводников», 2013, т. 47, в 3, с. 298-301.
31. Qocayev E.M., Hüseynov C.İ., İsayeva A.Ə., Əliyeva S.S., Əliyev İ.İ. $Pr_xSn_{1-x}Se$ sistem ərintilərinin fiziki-kimyəvi analizləri və termoelektrik xassələri // Azerbaijan Journal of Physics, Bakı, AMEA 2013, XIX № 1, Series: Az., s.25-29
32. Hüseynov C.İ. Murqzov M.İ. Abbasova J.A. $DySe-SnSe$ sistem ərintilərinin fiziki-kimyəvi tədqiqi // Azerbaijan Journal of Physics, Bakı, AMEA 2013, XIX № 1, Series: Az., s. 30-33.
33. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Гасанов О.М. Электронные явления в сплавах $Sn-Tb-Se$ // «XI Россейская конференция по физике полупроводников», Тезисы докладов, Санкт-Петербург, 16-20 сентября 2013., s. 134.
34. Гусейнов Дж.И., Годжаев Э.М. Зонная структура и оптические свойства соединения SnS Международный симпозиум «Физика кристаллов 2013» Москва 28 октября-2 ноября 2013, 62.
35. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Годжаев Э.М. Кристаллическая структура и физические свойства соединения Dy_2SnSe_4 // Международный симпозиум «Физика кристаллов 2013» Москва 28 октября-2 ноября 2013, 63
36. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С., Мамедова Р.Ф. Влияние γ -облучения на термоэдс и теплопроводность монокристаллов $Ln_{0,01}Sn_{0,99}Se$ ($Ln=Pr, Tb, Er$) / Akademik M.K.Kərimovun 65 illik yubleyinə həsr olunmuş “Radiasiya tədqiqatları və onların praktiki aspektləri” VIII konfrans, tezislər məcmuəsi, Bakı, Azərbaycan, 20-21 noyabr 2013, s. 81.
37. Гусейнов Дж.И. Зонная структура и оптические свойства соединения SnS // Jour of Qafqaz University, Physics, Vol 1, № 2, 2013, 142-151.
38. Qocayev E.M., Hüseynov C.İ. $SnSe-LnSe$ ($Ln=Pr, Gd, Dy, Er$) sistemləri ərintilərinin fiziki kimyəvi analizi və qalvanomaqnit xassələri // Elmi əsərlər (Fundamental elmlər), Bakı, ATU 2013, Cild 2, № 2, s. 115-126.
39. Гасанов Х.А., Гусейнов Дж.И., Дадашова В.В. Диффузионная термоэдс в квантовой проволоке / Труды Международной конференции

«Фундаментальные и прикладные вопросы физики», Ташкент 2013 г, 14-15 ноября., с. 121-123.

40. Hüseynov C.İ., Abdullayeva Ş. Y., Cəfərov T.A. Dy₂SnSe₄ birləşməsinin kristallik quruluşu və elektrofiziki xassələri / Akademik B.M.Əsgərovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” beynəlxalq elmi konfransının materialları, Bakı, BDU, 2013, s. 154-155.

41. Mövsümlü N.T., Məmmədova R.F., Hüseynov C.İ. GdSnSe₂ birləşməsində Holl yürüklüyü və termomaqnit xassələri / “Fizikanın müasir problemləri” Opto-, nano- elektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası VII Respublika konfransının mater., Bakı, BDU, 2013, s. 148-150..

42. Huseynov J.İ., Jafarov T.A. The influence of γ -irradiation on thermoemf and heat conduction of Ln_{0,01}Sn_{0,99}Se (Ln-Pr, Tb, Er) monocrystals // World Journal of Condensed Matter Physics, 2014, 4, № 1., p. 1-5.

43. Годжаев Э.М., Гусейнов Дж.И. Физико-химический анализ и термоэлектрические свойства сплавов системы (SnSe)_{1-x}(ErSe)_x // Термоэлектричество, 2014, № 3, 44-51

44. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С., Годжаев Э.М. О магнитосопротивлении в системе сплавов (SnSe)_{1-x}(DySe)_x / IX международной конференции «Аморфные и микрокристаллические полупроводники», С.Петербург, 2014, s. 187.

45. Алиев И.И., Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С., Годжаев Э.М. Диаграмма состояния и свойства сплавов системы SnSe-DySe // Известия РАН Неорган. Материалы. 2014. Т. 50, № 3, с. 259-262.

46. Hüseynov C.İ. Dy₂SnSe₄ birləşmələrinin kristallik quruluşu, qalvanomaqnit xassələri və istilikkeçiriciliyi // Elmi əsərlər (Fundamental elmlər), Bakı, ATU 2014, Cild 2, № 2., s. 141-152.

47. Huseynov J.İ., Murquzov M.İ., İsmayılov Sh.S., Jafarov T.A. The influence of thermal treatment and irradiation on specific resistance of (SnSe)_{1-x} - (PrSe)_x solid solutions / The Seventh Eurasian Conference Nuclear Science and Its Application, Baku-Azerbaijan, 2014, p. 267.

48. Hüseynov C.İ., Əliyeva S.S. Dy₂SnSe₄ birləşmələrinin kristallik quruluşu və istilikkeçiriciliyi // Известия Азербайджанского Национального Аэрокосмического Агентства, № 1 (17), 2014. с. 48-53.

49. Hüseynov C.İ., Murquzov M.İ., İsmayılov Ş.S., Məmmədova R.F., Qocayev E.M. Er və Dy elementləri ilə aşqarlanmış p-SnSe birləşmələrində bəzi termomaqnit effektlər və elektron-fonon qarşılıqlı

təsirinin təbiəti // Bakı Universitetinin xəbərləri, Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, № 3, 2014., 130-143.

50. Qojayev E.M., Huseynov J.I. Energy-Band Structure and Optical Properties of SnS Compound // International Journal of Engineering and Technical Research, V 3, Is 1, 2015., p. 264-267.

51. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С., Мамедова Р.Ф. Влияние облучения и термообработки на твердые растворы $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{PrSe})_x$ // XI Международный Уральский Семинар «Радиационная физика металлов и сплавов», Тезисы докладов, 23 февраля – 1 марта. Кыштым, Россия, 2015, s. 5-6.

52. Hüseynov C.İ. $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{LnSe})_x$ bərk məhlullarında istilik daşınma prosesləri // Elmi əsərlər (Fundamental elmlər), Bakı, ATU 2015, Cild 2, № 2., s. 49-57.

53. Гасанов Х.А., Гусейнов Дж.И., Дадашова В.В., Алиев Ф.Ф. Влияние фононного увлечения на термоэдс в параболической квантовой яме // ФТП, 2016, т. 50, в.3, с. 298-301.

54. Гусейнов Дж. И., Мургузов М. И., Исмаилов Ш. С., Гасанов О. М., Джафаров Т. А. Термоэлектрическая добротность твердых растворов $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{Er}_2\text{Se}_3)_x$ // Прикладная физика, 2016, № 4, с. 87-93.

55. Гасанов О. М., Адгезалова Х. А., Гусейнов Дж. И., Дашдемиров А. О. Влияние атомов Gd на фоточувствительность монокристалла SnS // Прикладная физика, 2017, № 4, с. 42-46.

56. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С., Мамедова Р.Ф., Годжаев Э.М. Термоэдс и термомагнитные свойства твердых растворов $\text{Er}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ // ФТП, 2017, т. 51, № 2, с. 161-165.

Джахангир Ислам оглы Гусейнов

**ЭЛЕКТРОН, ФОНОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ
СПЛАВОВ И СОЕДИНЕНИЙ Ln-Sn-S(Se) (Ln- Pr, Gd, Er, Dy)
АННОТАЦИЯ**

В системах $Ln-Sn-S(Se)$ ($Ln- Pr, Gd, Er, Dy$) изучено фазовое равновесие, с участием лантаноидов на основе $SnS(Se)$ получены твердые растворы и нового типа тройные соединения $LnSnSe_2$ и Ln_2SnSe_4 . Для них определены кристаллические структуры, параметры решетки.

Оптимизирована кристаллическая структура соединения SnS , определены параметры уравнения состояния, методом псевдопотенциала рассчитан энергетический спектр носителей заряда, определено происхождение валентной зоны, построены спектральные зависимости действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости и оптических функций. На основе комплексного изучения кинетических параметров соединений $SnSe$ в широком интервале концентрации носителей заряда, исследованы их зонная структура и механизмы рассеяния носителей заряда, и было определено, что существует вторая нижняя зона, находящаяся ниже валентной зоны на 0.05 эВ.

В системе сплавов $(SnS)_{1-x}(LnS(Se))_x(Ln-Pr, Gd, Dy, Er)$, в тройных соединениях типа $LnSnSe_2$ и Ln_2SnSe_4 изучены удельная электропроводность, коэффициент Холла, магнито сопротивление, термо ЭДС, температурная зависимость продольных и поперечных эффектов Нернст-Эттингсгаузена (N-E), исследованы механизмы рассеяния носителей заряда. Изменение знака магнитного сопротивления, эффектов N-E показывает изменение механизма рассеяния носителей заряда при данной температуре, а большое значение абсолютной величины в исследуемых образцах указывает на наличие носителей заряда второго типа. Вдоль точки инверсии зависимость магнитного сопротивления от квадрата напряженности поля становится нелинейной, с увеличением интенсивности поля увеличивается число электронов, центрированных на линии спина и после определенного значения интенсивности магнитного поля магнитное сопротивление увеличивается линейно. Зависимость

продольного N-E эффекта от магнитного поля указывает на то, что приложенное к этим образцам магнитное поле является слабым полем.

До и после термической обработки в кристаллах $Ln_xSn_{1-x}Se$ значение общего коэффициента теплопроводности в обоих случаях с повышением температуры монотонно уменьшается, но увеличение количества Ln в составах уменьшается. Длительная термическая обработка увеличивает значение теплопроводности.

Электрофизические и тепловые свойства твердых растворов $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ при слабом влиянии γ -лучей в областях выше комнатной температуры позволяют производить на их основе радиационно-стойкие полупроводниковые приборы. В нескольких образцах исследуемой системы сплавов наблюдается, что температурная чувствительность сопротивления и температурный коэффициент сопротивления близки к техническим параметрам современных термисторов, иногда даже превосходят их. Стабильность термоэлектрической эффективности ($Z \approx 2 \cdot 10^{-3} T^{-1}$) сплава $(SnSe)_{0.995}(Er_2Se_3)_{0.005}$ при температурном диапазоне $T=(300-860)K$ позволяет использовать их как материалы для изготовления термоэлектрических генераторов, работающих при средних температурах.

**ELECTRON-PHONON PROCESSES OF THE SYSTEM OF
ALLOYS AND COMPOUNDS Ln-Sn-S(Se) (Ln- Pr, Gd, Er, Dy)**

SUMMARY

In the $Ln-Sn-S(Se)$ ($Ln- Pr, Gd, Er, Dy$) systems the phase equilibrium have been studied, with the participation of lanthanides based on $SnS(Se)$ solid solutions and new series of ternary compounds $LnSnSe_2$ and Ln_2SnSe_4 have been obtained. For them have been determined crystal structures, lattice parameters.

The crystal structure of the compound was optimized, the equation-of-state parameters were determined, by the pseudopotential method was calculated the energy spectrum of the charge carriers, the origin of the valence band was determined, the spectral dependences of the real and imaginary parts of the dielectric constant and optical functions were constructed. On the basis of the complex study of the kinetic parameters of $SnSe$ compounds over a wide range of carrier concentration, their band structure and mechanisms of charge-carrier scattering were investigated and it was determined that there was a second lower zone located 0.05 eV below the valence band.

In the alloys system $(SnS)_{1-x}(LnS(Se))_x$ ($Ln-Pr, Gd, Dy, Er$), in ternary compounds of the type $LnSnSe_2$ и Ln_2SnSe_4 special electrical conductivity, Hall coefficient, magnetic resistance, thermo-emf, temperature dependence of longitudinal and transverse Nernst-Ettingshausen (N-E) effects were studied, the mechanisms of charge-carrier scattering was investigated. The change in the sign of magnetic resistance, in the N-E effects shows the change in the scattering mechanism of charge carriers at a given temperature, and the high absolute value in the samples under study indicates the presence the second type of charge carrier. Along the inversion point, the dependence of the magnetic resistance on the square of the field strength becomes nonlinear, with increasing field intensity the number of electrons centered on the spin line increases and after a certain value of the magnetic field intensity the magnetic resistance increases linearly. The dependence of the longitudinal N-E effect on the magnetic field indicates that the magnetic field applied to these samples is the weak field.

Before and after heat treatment in $Ln_xSn_{1-x}Se$ crystals the value of the total thermal conductivity decreases monotonically with increasing

temperature in both cases, but the increase in the amount of Ln in the compositions decreases. Long-term heat treatment increases the value of thermal conductivity.

The electrophysical and thermal properties of solid solutions $(SnSe)_{1-x}(LnSe)_x$ with weak influence of gamma rays in regions above room temperature make it possible to produce radiation-resistant semiconductor devices on their basis. In several samples of the investigated system of alloys, there has been that the temperature sensitivity of resistance and the temperature coefficient of resistance are close to the technical parameters of modern thermistors, sometimes even surpass them. The stability of the thermoelectric efficiency ($Z \approx 2 \cdot 10^{-3} T^{-1}$) of the alloy $(SnSe)_{0.995}(Er_2Se_3)_{0.005}$ at the temperature range $T=(300-860)K$ allows to use them as materials for manufacturing thermoelectric generators operating at medium temperatures.

*Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya MMC-də çap edilmişdir. Format: 60x84 1/16.
Əla növ kağız. Şərti çap vərəqi 3. Tirajı 100 nüsxə. Sifariş № 96*

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ**

БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ДЖАХАНГИР ИСЛАМ ОГЛЫ ГУСЕЙНОВ

**ЭЛЕКТРОН, ФОНОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ СПЛАВ И
СОЕДИНЕНИЙ Ln-Sn-S(Se) (Ln- Pr, Gd, Er, Dy)**

2211.01 – Физика твердого тела

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора наук по физике

БАКУ - 2017