

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

RÖVNƏQ MİRZƏ OĞLU RZAYEV

**A^{III} B^{VI} MONOSELENİDLƏRİNİN KRİSTALLARI TİPLİ LAYLI
QURULUŞLU YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ DREYF ÇƏPƏRLƏRİNİN
ELEKTRON HADİSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ**

2211.01 – Bərk cisim fizikası

Fizika üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün

təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ - 2014

İş Bakı Dövlət Universitetinin nəzdindəki Fizika Problemləri ETİ-nin “Yarımqeçiricilər fizikası” şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi: Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **Ə.Ş. ABDİNOV**

Rəsmi Opponentlər: Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **T.H. İSMAYİLOV**
Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **K.R. ALLAHVERDİYEV**
Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **R.S. MƏDƏTOV**

Aparıcı təşkilat: **AMEA-nın Həsən Abdullayev adına Fizika
İnstitutu (Qeyri-kristal yarımqeçiricilərin
fizikası laboratoriyası)**

Müdafiə « 02 » _____ 2014-cü ildə saat _____⁰⁰-da
Bakı Dövlət Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən D.02.012 Dissertasiya
Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1148, Bakı şəh., Z.Xəlilov küç., 23, Bakı Dövlət
Universiteti, əsas korpus, 310 saylı auditoriya.

Dissertasiya işi ilə Bakı Dövlət Universitetinin Elmi Kitabxanasında
taniş olmaq olar.

Avtoreferat « _____ » _____ 2014-cü ildə göndərilmişdir.

D 02.012 Dissertasiya Şurasının

Elmi katibi

f.-r.e.n., dos. M.R. RƏCƏBOV

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktualığı: Nizamlı periodik düzülüşlü atomlardan ibarət kristal sistem anlayışı kristal cisimlərdə baş verən elektron proseslərinin fiziki mexanizmini və xüsusiyyətlərini əksər hallarda tam dolğunluğu ilə izah etsə də, məsələyə daha ciddi şəkildə yanaşdıqda görünür ki, o, ancaq model xarakteri daşıyır və bir sıra hallarda əldə edilən eksperimental nəticələri izah etmək gücündə olmur. Belə ki, real kristal maddələrdən hazırlanmış təcrübi nümunələr və işçi funksional elementlər onlarda xarici şəraitdən, quruluş xüsusiyyətlərindən, üstünlük təşkil edən kimyəvi rabitənin növündən, aşqarlanma səviyyəsindən, nöqtəvi defektlərin sıxlığından asılı olaraq, sırf xaotik xarakterli irimiqyaslı defektlərin əmələ gəlməsi nəticəsində bir sıra hallarda (məsələn, yüksək aşqarlanmada, güclü radioaktiv şüalanmaya məruz qaldıqda və s.) özlərini qismən nizamsız və ya fəzaca qeyri-bircins kristal sistemlər kimi aparır. Qeyri-kristal bərk cisimlərdən (məsələn, amorf, şüşəvari və üzvi yarımkeçiricilərdən) fərqli olaraq, kristal cisimlərdəki qismən nizamsızlıq bütövlükdə nizamlı matrisada xaotik paylanmış irimiqyaslı defektlər şəklində özünü təzahür etdirir.

Baxılan materialın kristal quruluşunun xüsusiyyətlərindən və üstünlük təşkil edən kimyəvi rabitəsinin növündən asılı olaraq bu tip defektlər müxtəlif mənşə və formalarda ola bilər. Ən sadə halda belə sistemlər ya yüksəkomlu matrisada xaotik paylanmış müxtəlif həndəsi ölçülü və formalı alçaqomlu əlavələr, yaxud da əksinə - alçaqomlu matrisada xaotik paylanmış müxtəlif həndəsi ölçülü və formalı yüksəkomlu əlavələrdən ibarət olur. Eyni bir matrisadakı irimiqyaslı defektlərin (əlavələrin) mənşələri və təbiətləri də fərqli ola bilər.

Əksər praktik hallarda laylı və zəncirvari quruluşlu kristal maddələrdə də yüksək aşqarlanmış və ya güclü radiasiya şüalanmasına məruz qalmış kristal yarımkeçiricilərdə olduğu kimi, bütövlükdə alçaqomlu matrisadan (AO) və bu matrisada xaotik paylanmış yüksəkomlu əlavələrdən (YO) ibarət sistem modeli üstünlük təşkil edir. Bu zaman əsas matrisanın və xaotik əlavələrin kristal quruluşu, kimyəvi tərkibi, keçiricilik tipi eyni olsa da, onlar bir-birindən aşqarlanma səviyyəsinə, qadağan olunmuş zonadakı tutma, yapışma və rekombinasiya mərkəzlərinin sıxlığına və modifikasiyasına görə fərqlənə bilər.

Təbiidir ki, ümumiyyətlə kristal maddələrdə, o cümlədən yarımkeçiricilərdə müəyyən xarici şəraitlərdə fotoelektrik, elektrik, lüminessensiya və bu kimi elektron hadisələrinin xüsusiyyətləri ciddi

nizamlı kristal materiallardakından əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Daha doğrusu, müəyyən şəraitdə belə materiallarda qeyri-kristal yarımkeçiricilər (bərk cisimlər) üçün xarakterik olan elektron hadisələri də parlaq şəkildə müşahidə olunur. Əvvəllər aparılan tədqiqatlarda müəyyən olunmuşdur ki, müxtəlif yollarla, daha doğrusu temperaturun, xarici elektrik sahəsinin, işığın təsirinin, eləcə də kristaldaxili amillərin (məsələn, aşqarların, radiasiya və termik defektlərin yaradılması və konsentrasiyasının) dəyişdirilməsi yolu ilə baxılan materiallarda elektron hadisələrində belə qeyri-bircinsliklərin rolunu məqsədyönlü şəkildə idarə etmək olar.

Kristal maddələrdə elektron proseslərində təsadüfi və xaotik xarakterli irimiqyaslı defektlərin və fəzaca qeyri-bircinsliklərin rolunun idarə olunmasının mümkünlüyü bir neçə baxımdan maraqlıdır. Əvvəla, bu, öyrənilən materiallarda lazım gəldikdə elektron hadisələrinə həmin qeyri-bircinsliklərin təsirini aradan qaldırmağa imkan verir; ikincisi, qismən-nizamsız kristal maddələrdə (xüsusi ilə də kristal yarımkeçiricilərdə) sərbəst elektronlarla (deşiklərlə) irimiqyaslı defektlərin qarşılıqlı təsirinin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi, qeyri-kristal (bütövlükdə nizamsız) bərk cisimlərdə elektron proseslərinin fiziki mexanizmini izah edən modelin təklif olunmasına (formalaşdırılmasına) imkan verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, belə tip qismən nizamsızlıq özünü təkcə laylı və zəncirvari quruluşlu kristal yarımkeçiricilərdə deyil, eləcə də güclü radiasiya şüalanmasına məruz qalmış və yüksək səviyyədə aşqarlanmış kristal yarımkeçiricilərdə də, ən başlıcası isə, həmin materialların praktikada tətbiq olunduğu şəraitlərdə də özünü göstərir. Baxmayaraq ki, yuxarıda adı gedən kristal maddələrin elektron xassələrində ümumi cəhətlər, kriteriyalar və qanunauyğunluqlar da mövcuddur, lakin ayrı-ayrılıqda onların hər birinin fərdi xüsusiyyətləri də yox deyil. Bundan başqa, qismən-nizamsız kristal yarımkeçiricilərin hər bir sinfi, müəyyən şərtlər daxilində özünü qeyri-kristal maddələr kimi aparır. Sonuncu isə imkan verir ki, qismən-nizamsız kristal yarımkeçiricilərdə əldə edilmiş elmi nəticələr müəyyən şərtlər daxilində müvafiq qeyri-kristal yarımkeçiricilər üçün də tətbiq edilsin.

Əvvəllər aparılan çoxsaylı eksperimental tədqiqatların nəticələrinin müqayisəli təhlili göstərir ki, laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri, xüsusi ilə də, qallium selen (GaSe) və indium selenin (InSe) yüksəkumlu monokristalları müəyyən xarici şəraitlərdə (xüsusi ilə də aşağı temperaturalarda və zəif işıqlandırılmalarda) özünün elektron xassələrinə görə halkogenid komponentli şüşəvari yarımkeçiricilərə bənzəyir. Ona görə

də bu kristal yarımkeçiricilərdə elektron hadisələrin xüsusiyyətlərinin kompleks şəkildə sistemli olaraq ətraflı eksperimental tədqiqi yolu ilə onların yeni xüsusiyyətlərinin və praktik tətbiqlərinin mümkünlüyünün aşkar edilməsi ilə yanaşı, həm də halkogenid şüşəvari yarımkeçiricilərdə bəzi elektron hadisələrinin başvermə mexanizminin aydınlaşdırılmasına nail olmaq mümkündür.

Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarının fiziki xassələrinin əvvəlki işlərdə eksperimental tədqiqindən alınan nəticələrin təhlili imkan verir deyək ki, bu yarımkeçiricilər müəyyən şərtlər daxilində özünü bütünlüklə alçaqomlu (AO) matrisadan və həmin matrisada nizamsız paylanmış xaotik xarakterli yüksəkomlu əlavələrdən (YO) ibarət olan qismən nizamsız yarımkeçiricilər kimi aparır. Həmin alçaqomlu (AO) matrisa və yüksəkomlu (YO) əlavələrin sərhədində rekombinasiya çəpərləri, qonşu rekombinasiya çəpərlərinin (qonşu irimiqyaslı defektlərin) aralığında isə, daha doğrusu cərəyankeçirici kanalda isə - dreyf çəpərləri vardır. Belə ikiçəpərli enerji modeli əvvəla, “nizamlı” kristal maddələrin fizikası nöqtəyi-nəzərindən fiziki proseslərin göstərilən sinif yarımkeçiricilərdə müşahidə olunan çoxlu anomaliyalarının səbəbini izah edə bilər; ikincisi, onlarda yeni “qeyri-adi” elektron hadisələrinin, daha doğrusu, qalıq fotokeçiriciliyin, anomal fotokeçiriciliyin, spektral yaddaş, ardıcıl zəif işıq siqnalları təsirinin toplanması və s. hadisələrin izahına imkan yaradır.

Göstərilən materiallarda (laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında) bütün bu sadalanan “qeyri-adi” fiziki effektlər müxtəlif illərdə həmin yarımkeçiricilərdə rekombinasiya çəpərlərinin mövcudluğu ilə izah olunur. Baxmayaraq ki, bu materiallarda bir sıra, xüsusi ilə də qadağan olunmuş zonada lokal enerji səviyyələrinin (yapışma və rekombinasiya səviyyələrinin) mövcudluğu, eləcə də injeksiya cərəyanları və sərbəst yükdaşıyıcıların yüüklüyü ilə əlaqədar olan elektron proseslərində dreyf çəpərləri həlledici rola malikdir, lakin bu (dreyf çəpərlərinin elektron proseslərinə təsiri mexanizminin aydınlaşdırılması) məsələ demək olar ki, tədqiqatçıların diqqətindən kənar qalıb.

Təbii ki, bu qəbildən olan tədqiqatlar göstərilən materialların yeni fiziki xassələrini aşkara çıxarmaqla yanaşı, həm də digər nizamsız kristal, həmçinin halkogenid şüşəvari yarımkeçiricilərdə elektron hadisələrinin mexanizminin izah olunmasına və bu materialların yeni praktik tətbiq imkanlarının aşkara çıxarılmasının mümkünlüyünə əhəmiyyətli dərəcədə kömək edə bilər.

Yuxarıda deyilənlər heç bir tərəddüdsüz belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristalları tipli laylı quruluşlu bərk cisimlərdə (yarımkeçiricilərdə) dreyf çəpərlərinin elektron hadisələrinə təsirinin kompleks şəkildə eksperimental tədqiqi həm bu materialların fizikası, həm də ümumiyyətlə bərk cisim (yarımkeçiricilər) fizikası və elektronikası üçün çox aktual məsələlərdəndir.

Dissertasiya işinin məqsədi $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri tipli laylı quruluşlu kristallarda müxtəlif tip elektron hadisələri kompleksinin xüsusiyyətlərini aşkar etmək və həmin hadisələrə dreyf çəpərlərinin təsiri mexanizmini aydınlaşdırmaq, eləcə də bu hadisə və materialların yeni praktiki tətbiq imkanlarını müəyyənləşdirməkdən ibarətdir.

Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün sərbəst yükdaşıyıcıların generasiyası, injeksiyası, rekombinasiyası, yarışması və tutulması, eləcə də müxtəlif xarici və kristaldaxili şəraitlərdə təmiz və nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanmış qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında qadağan olunmuş zonadakı lokal enerji səviyyələrinin əvvəlcə qeyri-taraz dolub, sonra işığın və elektrik sahəsinin təsiri ilə boşalması nəticəsində baş verən elektron hadisələrinin kompleks şəkildə eksperimental tədqiqi aparılmışdır. Daha doğrusu:

- məsələyə dair mövcud olan elmi ədəbiyyat analitik təhlil olunmuş, onun qısa xülasəsi tərtib edilmiş, qarşıya qoyulan məqsədin mahiyyəti və vacibliyinin konkret səbəbləri verilmişdir;

- müxtəlif miqdarda ($N_{NTE}=10^{-5}$; 10^{-4} ; 10^{-3} ; 10^{-2} ; 10^{-1} at.%) nadir torpaq elementləri (NTE) ilə - qadoliniumla (Gd), holmiumla (Ho) və disproziumla (Dy) aşqarlanmış qallium (p-GaSe) və indium selen (n-InSe) birləşmələri sintez olunmuş və onların iriölçülü monokristalları göyərdilmişdir;

- alınan külçələrin fiziki-kimyəvi və rentgenoqrafik təhlilləri (diaqnostikaları) aparılmışdır;

- eksperimental ölçmələr üçün əlverişli cərəyan kontaktlarına və optimal həndəsi ölçülərə malik nümunələr hazırlanmışdır;

- kristaldaxili amillərin və xarici şəraitin geniş dəyişmə diapazonunda dissertasiya işinin məqsədinə uyğun təcrübi ölçmələrin aparılması üçün eksperimental qurğu yaradılmışdır;

- təcrübi ölçmələri aparmaq üçün nəzəri əsaslandırılmış və əldə olunan nəticələrin etibarlılığını təmin edən tədqiqat üsulları seçilmişdir;

- təcrübi olaraq təmiz və nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanmış qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında sərbəst yükdaşı-

yıcıların yürlüklüyünün tédqıq olunan nümunələrin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətindən, temperaturdan, tédqıq olunan nümunəyə təsir edən xarici elektrik sahəsinin intensivliyindən, işıqlanmadan, işığın spektral tərkibindən, NTE atomları ilə aşqarlanma səviyyəsindən və daxil olan aşqarların kimyəvi təbiətindən asılılıqları tédqıq edilmişdir;

- müxtəlif xarici amillərin (temperaturun, işığın, güclü elektrik sahəsinin) təsiri zamanı, eləcə də ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətin (nümunənin 77 K-də qaranlıqdakı xüsusi müqavimətinin) qiymətinin (ρ_{T_0}) və NTE ilə aşqarlanmanın öyrənilən materiallarda sərbəst yükdaşıyıcıların yürlüklüyünə təsirinin eksperimental tédqıqı aparılmışdır;

- təcrübi yolla müxtəlif temperaturlarda müxtəlif ilkin xüsusi qaranlıq müqavimətə (ρ_{T_0}) malik və müxtəlif səviyyədə (N_{NTE}) aşqarlanmış kristallarda məxsusi fotokeçiriciliyin əsas parametrlərinə (inteqral həssaslığına, qərarlaşma və sönmə müddətlərinə, spektrinin sərhədinə və maksimumunun vəziyyətinə) və xarakteristikalarına (spektrinə, lyuks-ampər xarakteristikasına və kinetikasına) müxtəlif intensivlikli xarici elektrik sahəsinin (ən kiçik qiymətlərdən çeviricilik effektinin baş verdiyi qiymətlərinə qədər) təsiri tédqıq olunmuşdur;

- müxtəlif xarici şəraitlərdə (müxtəlif temperaturlarda, elektrik sahəsinin müxtəlif intensivliklərində, müxtəlif intensivlikli və dalğa uzunluqlu işıqla işıqlandırılmalarda) müxtəlif ilkin xüsusi qaranlıq müqavimətə (ρ_{T_0}) malik təmiz və NTE atomları ilə aşqarlanmış qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında məxsusi fotokeçiriciliyin və qaranlıq keçiriciliyin düşən izotermik relaksasiyası hadisəsi tédqıq olunmuşdur;

- müxtəlif ρ_{T_0} -a malik p-GaSe və n-InSe kristallarında məxsusi fotokeçiriciliyin əsas parametr və xarakteristikalarının temperaturdan asılılığı tédqıq edilmişdir;

- qallium və indium monoselenidlərinin kristallarının məxsusi fotokeçiriciliyin əsas parametr və xarakteristikalarına NTE ilə aşqarlanmanın təsiri tédqıq edilmişdir;

- qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında müxtəlif təsirlərlə (fon işıqlanması və elektrik sahəsi ilə) induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin (İAF) əsas xassə və parametrləri, eləcə də onlara müxtəlif amillərin (temperaturun, nümunənin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətinin, aşqarlanmanın, elektrik sahəsinin) təsiri təcrübi olaraq tédqıq edilmişdir;

- təcrübədə müxtəlif xarici şəraitlərdə qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında injeksiya ilə induksiyanlanmış aşqardeşilməsi və müxtəlif tip çeviricilik effektləri, eləcə də onlara müxtəlif amillərin (temperaturun, işığın, aşqarlanmanın, nümunənin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətinin) təsiri təcrübi olaraq tədqiq edilmişdir;

- qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında müxtəlif mənşəli (məxsusi işıqla və ya injeksiya ilə həyəcanlaşdırılmış) termostimullaşmış keçiricilik (TSK), eləcə də həmin hadisəyə müxtəlif amillərin (nümunənin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətinin, aşqarlanmanın, elektrik sahəsinin) təsiri tədqiq edilmişdir;

- dissertasiya işində təcrübi olaraq tədqiq edilən fiziki effektlər (elektron hadisələri) və tədqiqat obyektini olan materiallar haqqında ədəbiyyatda mövcud olan elmi təsəvvürləri nəzərə almaqla, əldə olunan təcrübi nəticələrin müqayisəli təhlili aparılmış və onların fiziki mahiyyətini (mexanizmini) izah etmək üçün müvafiq sxematik enerji modeli təklif olunmuşdur.

Elmi yenilik. Məhz bu dissertasiya işində ilk dəfə olaraq $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında:

- sərbəst yükdaşıyıcıların yüüklüyünün tədqiq olunan nümunələrin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətindən asılılığının xüsusiyyətləri aşkar edilmiş və həmin asılılığın səbəbi aydınlaşdırılmışdır;

- sərbəst yükdaşıyıcıların yüüklüyünün tədqiq olunan nümunəyə birbaşa (qalvanik) tətbiq olunan xarici elektrik sahəsinin intensivliyindən spesifik asılılığı müşahidə olunmuş və bu asılılığın fiziki mexanizmi aydınlaşdırılmışdır;

- yüksəkəomlu kristallarda aşağı temperaturalarda elektrofiziki parametrlərin-xüsusi elektrik keçiriciliyinin (σ) və ya müqavimətinin (ρ), sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının (n) və ya Holl sabitinin (R_x), sərbəst yükdaşıyıcıların yüüklüyünün (μ) temperaturdan asılılıq ayrılmasının anomal xarakterli olması aşkar edilmiş və bu anomaliyanın səbəbi aydınlaşdırılmışdır;

- sərbəst yükdaşıyıcıların yüüklüyünün NTE ilə aşqarlanma səviyyəsindən – daxil edilən NTE aşqarlarının atomar faizlə miqdarından (N_{NTE}) qeyri-monoton asılılığı aşkar edilmiş və bu asılılığının mexanizmi aydınlaşdırılmışdır;

- sərbəst yükdaşıyıcıların yüüklüyünün qiymətinin işığın təsirindən asılılığı (“yüüklük fotoeffekt”) və “yüüklük yaddaşı” effekti müşahidə olunmuş, hər iki hadisənin əsas xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilmiş və fiziki

mexanizmi aydınlaşdırılmışdır;

- məxsusi fotokeçiriciliyə güclü elektrik sahəsinin təsiri kompleks və sistemli şəkildə tədqiq edilmiş, məxsusi fotokeçiriciliyin xarici elektrik sahəsindən asılılığının əsas xüsusiyyətləri aşkar edilmiş və həmin xüsusiyyətlərin fiziki mexanizmi aydınlaşdırılmışdır;

- məxsusi fotokeçiriciliyin və qaranlıq keçiriciliyin düşən izotermik relaksasiyası ətraflı tədqiq edilmiş, bu hadisələrin əsas xüsusiyyətləri aşkar olunmuş və fiziki mexanizmi aydınlaşdırılmışdır;

- induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin ətraflı təcrübi tədqiqi aparılmış və bu hadisələrdə dreyf çəpərlərinin rolu aydınlaşdırılmışdır;

- təcrübi ölçmələrdən alınmış nəticələr əsasında elektrik sahəsi (injeksiya) ilə induksiyanmış aşqar deşilmə ilə bağlı olan fiziki effektlərin dreyf çəpərləri ilə qarşılıqlı əlaqəsi aydınlaşdırılmışdır;

- NTE ilə aşqarlanmanın induksiyanmış aşqar elektron effektlərinə (induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyi, aşqar deşilməsi və termostimullaşmış keçiricilik hadisələrinə), həmçinin bu effektlərin dreyf çəpərindən asılılıqlarına təsiri təcrübi olaraq tədqiq edilmişdir.

- aparılan eksperimental tədqiqatlardan əldə olunan nəticələrin müqayisəli təhlili əsasında məxsusi fotokeçiriciliyin, sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün, məxsusi fotokeçiriciliyin və qaranlıq keçiriciliyin düşən izotermik relaksasiyasının, induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin və aşqar deşilməsinin, çeviricilik effektinin və termostimullaşmış keçiriciliyin xarici və kristaldaxili amillərdən asılılıqlarının xüsusiyyətlərinin səbəbi və bu hadisələrin dreyf çəpərləri ilə qarşılıqlı əlaqəsinin fiziki mexanizmi aydınlaşdırılmışdır.

Təqdim olunan dissertasiya işinin aşağıdakı kimi praktik əhəmiyyəti var:

- əldə edilən təcrübi nəticələri və onların fiziki mexanizmini izah etmək üçün təklif olunan modellər $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri tipli laylı quruluşlu yarımkeçiricilərlə yanaşı, həm də şüşəvari halkogenid yarımkeçiricilərdə baş verən bəzi elektron hadisələrinə dreyf çəpərlərinin təsirini izah etmək üçün tətbiq edilə bilər;

- xarici elektrik sahəsinin məxsusi fotokeçiriciliyə təsiri və injeksiya ilə induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin tədqiqi zamanı əldə edilmiş təcrübi nəticələr, qallium və indium monoselenidlərinin kristalları əsasında parametr və xarakteristikaları elektrik sahəsi ilə idarə oluna bilən işıq fotoqəbulədiciləri düzəltməkdə istifadə oluna bilər;

- sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün xarici elektrik sahəsindən və

işığın təsirindən asılılığının təcrübi tədqiqi zamanı istifadə olunan eksperimental qurğu və üsullar, digər yarımkeçirici materialların analoji xassələrinin tədqiqi üçün də yararlı ola bilər.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri tipli laylı quruluşlu kristallarda sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün tədqiq olunan nümunənin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətindən, temperaturdan, xarici elektrik sahəsindən, işığın təsirindən asılılıqlarında müşahidə olunan anomaliyaların həmin kristalların sərbəst enerji zonalarında dreyf çəpərlərinin mövcud olmasını nəzərə almaqla izah edilə bilməsi;

- $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri tipli laylı quruluşlu kristallarda “yürüklük fotoeffekti” və “yürüklük yaddaşı”-nın fiziki mexanizminin aydınlaşdırılması;

- $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri tipli laylı quruluşlu kristallarda məxsusi fotokeçiriciliyin xarici elektrik sahəsindən asılılığı və bu asılılığa dreyf çəpərlərinin təsiri mexanizminin aydınlaşdırılması;

- $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri tipli laylı quruluşlu kristallarda dreyf çəpərlərinin parametrlərinin və həmin çəpərlərin elektron hadisələrinə təsirinin praktik idarə olunmasının mümkünlüyünün göstərilməsi;

- dreyf çəpərlərinə malik yarımkeçiricilərdə məxsusi fotokeçiriciliyin və qaranlıq keçiriciliyin düşən izotermik relaksasiyasının məqsədyönlü şəkildə təcili silinməsinin mümkünlüyünün göstərilməsi və bu hadisələrin fiziki mexanizminin aydınlaşdırılması;

- dreyf çəpərlərinə malik yarımkeçiricilərdə induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin spesifik xüsusiyyətlərinin fiziki mexanizminin aydınlaşdırılması və onu mahiyyətcə təsvir edən enerji modelinin təklif olunması;

- $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri tipli laylı quruluşlu yarımkeçiricilərdə elektrik sahəsi ilə induksiyanmış aşqar deşilməsinin və çeviricilik effektinin fiziki mexanizminin aydınlaşdırılması;

- $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri tipli laylı quruluşlu yarımkeçiricilərdə termostimullaşmış keçiricilikdə dreyf çəpərlərinin rolunun aşkar edilməsi;

- qallium və indium monoselenidləri kristallarından və bu tip laylı quruluşlu digər yarımkeçiricilərdən işıq fotoqəbulediciləri düzəltməkdə istifadə olunmasının yeni praktik imkanlarının aşkar edilməsi;

Dissertasiya işinin aprobasiyası. Təqdim olunan dissertasiya işində alınan nəticələr “Fizikanın Aktual Problemləri” IV və VII Respublika Konfranslarında (Bakı, 2006, 2012); Avropa Materialşünaslıq Cəmiyyətinin Yaz Elmi Simpoziumunda (Strasburq, Fransa, 2007);

“Fizikanın Müasir Problemləri” IV, VI və VII Respublika Elmi konfranslarında (Bakı, 2010, 2012, 2013); “Opto-, nanoelektronika və kondensə olunmuş mühitlər” V və VI Respublika elmi konfranslarında (Bakı, 2011, 2012); “Fotoelektronika və gecəgörmə cihazları” üzrə XXII və XXIII Beynəlxalq Elmi Texniki Konfranslarında (Moskva, Rusiya, 2012, 2014); “Fizikanın fundamental və tətbiqi məsələləri” Beynəlxalq konfransında (Daşkənd, Özbəkistan, 2013); akademik B.M.Əsgərovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransında (Bakı, 2013); “Mikroelektron çeviriciləri və onların əsasında cihazlar” VII Beynəlxalq elmi-texniki konfransında (Bakı-Sumqayıt, 2013), həmçinin Bakı Dövlət Universiteti nəzdindəki Fizika Problemləri ETİ-nin “Yarımqeçiricilər fizikası” şöbəsinin, Bakı Dövlət Universitetinin Fizika fakültəsinin və Fiziki elektronika kafedrasının elmi seminarlarında müzakirə edilmişdir.

Publikasiya. Təqdim olunan dissertasiya işinin əsas materialları **37** elmi nəşr, o cümlədən **8** müxtəlif jurnallarda **22** elmi məqalə (impakt faktor olan **9** məqalə), **15** elmi konfrans materialları (**6** Beynəlxalq və **9** Respublika səviyyəli) şəklində dərc olunmuşdur.

Dissertasiyanın quruluşu. Dissertasiya işi girişdən, altı fəsildən, əsas nəticələrdən və istinad edilmiş **393** adlı ədəbiyyatın biblioqrafik siyahısından ibarət olub, **370** səhifədə **3** cədvəldə, **108** illüstrasiyada və **214** səhifəlik mətndə öz əksini tapıb.

İstifadə olunan elmi ədəbiyyatın siyahısına digər müəlliflərin (1950-ci ildən başlayaraq bu günə qədər) işləri ilə yanaşı, müəllifin özünün dissertasiyanın materiallarını birbaşa əks etdirən elmi işləri də daxil edilmişdir.

Dissertasiya işi müəllifin Bakı Dövlət Universitetinin nəzdindəki Fizika Problemləri ETİ-nin “Yarımqeçiricilər fizikası” şöbəsində və Bakı Dövlət Universitetinin “Fiziki elektronika” kafedrasında 15 ildən artıq bir dövrdə müntəzəm olaraq apardığı eksperimental tədqiqatların nəticələrini özündə əks etdirir.

Dissertasiya işində təqdim olunan nəticələr ya müəllifin özü tərəfindən təkliddə, ya da digər şəxslərlə birgə elmi əməkdaşlıq şəraitində əldə edilmişdir və bu nəticələrin əldə olunmasında əsas pay ona məxsusdur.

Girişdə mövzunun aktuallığı, işin məqsədi, həll olunan əsas məsələlər, işin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, əldə olunmuş nəticələrin aprobeşiyası və publikasiyası haqqında məlumat verilir.

Dissertasiya işinin birinci fəslində aparılan tədqiqatların əsas obyektləri olan materialların, yəni qallium və indium monoselenidləri kristallarının quruluş xüsusiyyətlərinə, elektrik və fotoelektrik xassələrinə dair mövcud elmi ədəbiyyatın qısa analitik xülasəsi (icmalı) verilir.

Burada qeyd olunur ki, laylı quruluşa malik $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristalları artıq uzun illərdir ki (20-ci yüzilliyin 50-ci illərindən başlayaraq), intensiv surətdə ətraflı tədqiq olunur.

Keçən müddət ərzində bu maddələrin kristal quruluşunun xüsusiyyətlərinə və elektron xassələrinə dair çox böyük sayda təcrübi işlər aparılmışdır. Təbii ki, bir dissertasiya işində bütün bu işlərin hamısının qısa mahiyyətini şərh etmək mümkün olmadığı kimi, heç məqsədəuyğun da deyil. Ona görə də təqdim olunan dissertasiya işinin birinci fəslində yalnız bu dissertasiyanın məramına və məqsədinə birbaşa aid olan elmi işlərin qısa xülasəsi şərh edilmişdir. Daha doğrusu, təmiz (xüsusi olaraq aşqarlanmamış) və aşqarlanmış qallium və indium monoselenidləri kristallarının kristal qəfəsinin quruluşu və parametrləri, spesifik xüsusiyyətləri, eləcə də onların elektrik və fotoelektrik xassələri haqqında ən başlıca informasiyalar verilmişdir.

Qallium və indium monoselenidlərinin kristallarının struktur xüsusiyyətləri və elektron xassələri üzrə mövcud elmi işlərin təhlili əsasında müəyyənləşdirilmişdir ki, onların kristal quruluşunun laylı olması səbəbindən ayrı-ayrı nümunələrin həm ilkin xüsusi qaranlıq müqavimətinin (77 K-dəki xüsusi qaranlıq müqavimətinin) qiyməti, həm də onlarda sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, yürüklüyü və yaşama müddəti, bu yarımkeçiricilərdə qadağan olunmuş zonanın eni, əsas elektrik və fotoelektrik kəmiyyətlərin qiymətləri, müxtəlif kristaldaxili və xarici amillərdən (aşqarlardan, defektlərdən, temperaturdan, elektrik sahəsinin intensivliyindən, işığın dalğa uzunluğundan və intensivliyindən) asılılıqlarının gedişi (xarakteri) kifayət qədər fərqlənir.

Müəyyən şərtlər daxilində həmin kristalların yüksəkomlu nümunələrində ($\rho_{T0} > 10^4 \text{ Om} \cdot \text{sm}$) kvazibircins yarımkeçiricilər haqqında mövcud olan elmi (nəzəri) təsəvvürlər əsasında əvvəlcədən deyilə (proqnozlaşdırıla) bilməyən və izah oluna bilməyən spesifik (qeyri-adi) elektrik və fotoelektrik hadisələri müşahidə olunur.

Baxmayaraq ki, bu günə qədər bir çox hallarda bu aspektdə əldə olunmuş təcrübi nəticələr kifayət dərəcədə qismən qeyri-bircins kristal yarımkeçiricilərdə iki çəpərli (rekombinasiya və dreyf çəpərli) enerji modeli əsasında izah olunmuşdur, ancaq bu zaman həmin

yarımkeçiricilərin elektron xassələrində az və ya çox dərəcədə yalnız rekombinasiya çəpərlərinin rolu aydınlaşdırılmışdır. İndiyədək elmi ədəbiyyatda laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarının elektron xassələrində dreyf çəpərlərinin rolu haqqında isə fiziki izahlar və məlumatlar demək olar ki, yoxdur.

Dissertasiya işinin bu fəslində qeyd olunur ki, $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin laylı kristallarından hazırlanmış nümunələrdə ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətə (ρ_{T0}), sərbəst yükdaşıyıcıların yürlüklüyünə (μ), eləcə də injeksiya cərəyanlarına, qadağan olunmuş zonadakı lokal enerji səviyyələrinin dolub-boşalması ilə bağlı olan elektron hadisələrinə dreyf çəpərlərinin qaçılmaz təsirini mütləq nəzərə almaq lazımdır. Ona görə də ümumiyyətlə, bərk cisim və yarımkeçiricilər fizikasının, eləcə də laylı $A^{III}B^{VI}$ kristallarının fizikasının inkişaf etdirilməsi, praktik tətbiqlərinin yeni imkanlarının aşkar olunması üçün həmin yarımkeçiricilərdə dreyf çəpərlərinin elektron hadisələrinə təsirinin xüsusiyyətlərinin aydınlaşdırılmasına kömək edən və bu təsirin fiziki mexanizmini izah etməyə imkan verən fiziki proseslərin (elektron hadisələrin) sistemli şəkildə hərtərəfli eksperimental tədqiqini aparmaq lazımdır.

Dissertasiya işinin ikinci fəsl təmiz (xüsusi olaraq aşqarlanmamış) və NTE ilə (holmium, qadolinium və disproziumla) aşqarlanmış indium və qallium monoselenidi kristallarının alınma texnologiyasına, onların fiziki-kimyəvi, termoqrafik və rentgenoqrafik diaqnostikasına, eləcə də təqdim olunan dissertasiya işində tətbiq olunmuş tədqiqat üsullarının, ölçü qurğusunun elementlərinin və eksperimental imkanlarının, ayrı-ayrı nümunələrin həndəsi ölçüləri və formalarının seçilməsinə, cərəyankeçirici kontaktlarının hazırlanmasına həsr olunmuşdur.

Tədqiq edilən $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin birləşmələri (GaSe və InSe) ənənəvi stexiometrik nisbətdə götürülmüş tərkib komponentlərinin (B-5 markalı metal qallium, B-4 markalı metal indium və B-5 markalı dənəvari selen) birgə əridilməsi ilə sintez olunmuşdur. Onların NTE ilə aşqarlanmış kristalları sintez prosesindən əvvəl şixtaya (qatışığa) 0,1 at. %-i qədər aşqarlama üçün tələb olunan miqdarda toz şəklinə salınmış NTE daxil etməklə alınmışdır. Bu məqsədlə təmizlik dərəcəsi 99,999 % olan metal Gd, Ho və Dy-dan istifadə edilmişdir.

NTE ilə aşqarlanmış $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin digər tərkibləri 0,1 at. % NTE daxil olunmuş $A^{III}B^{VI}<NTE>$ -ni təmiz $A^{III}B^{VI}$ ilə qarışdırıb yenidən sintez etməklə, daha doğrusu 0,1 at. %-li $A^{III}B^{VI}<NTE>$ ərintisini ardıcıl olaraq durulaşdırmaqla alınmışdır.

Həm təmiz, həm də NTE ilə aşqarlanmış $A^{III}B^{VI}$ monokristalları külçə boyunca sabit temperatur qradienti şəraitində yavaş soyutma üsulu ilə göyərdilmişdir.

Alınmış ərintilərin birfazlılığı, kimyəvi tərkibi, monokristallığı, daxil edilmiş aşqarların paylanması birincilik dərəcəsi, keçiriciliyinin tipi – yüksək həssaslıq və geniş imkanlara malik DSC-910, ADVNCE-8D, CuK_{α} istifadə etməklə SINTECP2₁ tipli müasir cihaz və qurğularda aparılmış termoqrafik və rentgenoqrafik təhlillərin (termoqram, debaeqram, laueqram və difraktoqramlarının təhlili əsasında), eləcə də çox dar (ensiz) işıq zondunun köməyi ilə nümunənin səthi boyunca ftohəssaslığın paylanması öyrənilməsi, Holl və termoe.h.q. əmsallarının ölçülməsi yolu ilə yoxlanılmış və təsdiq edilmişdir.

Bu tədqiqatların nəticəsində müəyyənləşdirilmişdir ki, alınan (göyərdilən) külçələr tərkibcə birfazlı olmaqla yanaşı, həm də yüksək dərəcədə monokristallığa malikdir. Qallium selen kristalları ϵ -GaSe modifikasiyasına (heksoqanal sinqoniyalı kristallara) aiddir və bütün baxılan hallarda qeyri-şərtsiz p-tip keçiriciliyə malikdir. İndium selen kristalları isə α -InSe modifikasiyasına (rombedrik sinqoniyalı kristallara) aiddir və n-tip keçiriciliyə malikdir.

Göyərdilən iriölçülü monokristal külçələrdən hər bir təcrübi ölçmə üçün həmin ölçmələrin spesifik xüsusiyyətlərindən asılı olaraq lazımı həndəsi forma və ölçülərə, cərəyankeçirici kontaktlara malik nümunələr hazırlanmışdır. Cərəyankeçirici kontaktların materialları olaraq metal indium (In), qalay (Sn), daha doğrusu adi lehim, gümüş pastası (Ag) və ya akvadak (Ak) götürülmüşdür. Kontaktlar açıq havada nümunələrin üzərinə flüzsüz In və Sn-in lehimlənməsi və ya Ag və akvadaq pastasının çəkilməsi yolu ilə alınmışdır.

Fotoelektrik ölçmələri MDP-12 və MDP-12Y tipli monoxromatorların bazasında düzəldilmiş ikişüalı təcrübi qurğuda aparılmışdır. Bu qurğunun tərkibinə daxil olan yüksək həssaslığa malik elektrik ölçmə cihazları və optik avadanlıqlar, eləcə də cərəyan mənbələri, termocüt və s. imkan vermişdir ki, ölçmələr çox yüksək dəqiqliklə aparılsın. Buna görə də eksperimental tədqiqatlarda buraxılan (yol verilə bilən) xətalər $3\div 5$ %-i aşmır. Qurğunun tərkibindəki xüsusi quruluşlu kommutasiya sisteminin tətbiqi isə eyni bir nümunədə onun yerini və vəziyyətini dəyişmədən müxtəlif xarakter və təyinatlı ölçmələrin aparılmasına imkan vermişdir.

Holl ölçmələri və qaranlıq xüsusi müqavimətinin (və ya qaranlıq xüsusi keçiriciliyinin) ölçülməsi Holl sabitini və xüsusi elektrik

keçiriciliyini eyni zamanda ölçməyə imkan verən ənənəvi üçzondlu üsulla standart qurğuda aparılmışdır. Bir sıra hallarda isə sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası (n) və yürüklüyü (μ) həcmi yüklərlə məhdudlaşdırılmış cərəyan rejimində tədqiq olunan nümunələrin statik volt-ampere xarakteristikasına görə qiymətləndirilmişdir.

İstifadə etdiyimiz təcrübi qurğu temperaturun ($77\div 600$ K), işığın dalğa uzunluğunun ($0,20 \leq \lambda \leq 4,00$ mk) və intensivliyin (sıfırdan $\sim 5 \cdot 10^2$ Lk-ə qədər), elektrik sahəsinin intensivliyinin (çox-çox zəif qiymətlərindən başlayaraq $\sim 10^4$ V/sm qiymətinə qədər) geniş diapazonunda ölçmələr aparmağa imkan vermişdir.

Tədqiqat obyektləri qismində uyğun olaraq ilkin xüsusi qaranlıq müqavimətləri $\rho_{T0}=10^2\div 10^7$ Om·sm və $\rho_{T0}=10^3\div 10^8$ Om·sm aralığında dəyişən təmiz n-InSe və p-GaSe, eləcə də $N_{NTE}=10^{-5}; 10^{-4}; 10^{-3}; 10^{-2}; 10^{-1}$ at.% miqdarında aşqarlanmış n-InSe<NTE> və p-GaSe<NTE> monokristal nümunələri götürülmüşdür.

Dissertasiyanın üçüncü fəsli indium və qallium monoselenidlərinin kristallarında qaranlıq xüsusi müqavimətin (və ya qaranlıq xüsusi keçiriciliyin) və Holl sabitinin (və ya sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının) temperatur asılılığı, NTE ilə aşqarlanmanın bu fiziki kəmiyyətlərə və onların temperatur asılılığına təsiri, eləcə də sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətin qiymətindən, temperaturdan, işığın təsirindən, elektrik sahəsinin intensivliyindən, NTE ilə aşqarlanma səviyyəsindən və daxil edilmiş aşqarların kimyəvi təbiətindən asılılığının təcrübi tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Aparılan təcrübi tədqiqatlar nəticəsində müəyyənləşdirilmişdir ki, öyrənilən nümunələrdə temperaturun 300 K-dən 77 K-ə qədər düşməsi zamanı onlarda Holl sabitinin (R_X -in) və ya sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının (n və p -nin) qiyməti, demək olar ki, dəyişmir. Bununla belə, qaranlıq xüsusi keçiriciliyin (σ_T -nin) və sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün (μ_T -nin) qiymətləri isə temperaturdan asılı olaraq kəskin azalır. Bu zaman $\sigma_T(T)$ və $\mu_T(T)$ asılılıqlarını təsvir edən qrafiklərin (əyirilərin) gedişi demək olar ki, üst-üstə düşür.

Bundan başqa, hər iki yarımkəçiricidə aşağı temperaturda ($T \leq 200\div 250$ K-də) ρ_{T0} və N_{NTE} -nin qiymətlərindən, eləcə də yarımkəçirici materialın növündən asılı olaraq sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün (μ) nümunənin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin (ρ_{T0}) qiymətindən,

NTE ilə aşqarlanma səviyyəsindən (N_{NTE} -nin qiymətindən), zamandan (t), elektrik sahəsinin intensivliyindən (E), eləcə də temperaturdan (T) spesifik asılılıqları müşahidə edilmişdir. Xüsusi ilə də yüksəkomlu kristallarda aşağı temperaturlarda qaranlıqda μ -nün çox kiçik qiymətə malik olması və temperaturun yüksəlməsi ilə aşqar ionlarından səpilmənin üstünlük təşkil etdiyi haldakından ($\mu \sim T^{3/2}$ -dən) daha kəskin (güclü) şəkildə böyüməsi müşahidə olunmuşdur. Müəyyənləşdirilib ki, μ -nün qiyməti σ_{T_0} -in azalması və aşqar udma oblastından olan işıqın (aşqar işığı) təsiri ilə kiçilir, məxsusi udma oblastından olan işıqın (məxsusi işığı) və güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə isə - böyüyür. N_{NTE} -dən asılı olaraq isə μ -nün qaranlıqdakı qiyməti qeyri-monoton dəyişir. Daha doğrusu, N_{NTE} artdıqca μ - əvvəlcə ($N_{NTE} \leq 10^{-3} at. \%$ qiymətlərində) kiçilir, sonra ($N_{NTE} \geq 10^{-3} at. \%$ qiymətlərində) isə - böyüyür.

Əldə olunmuş eksperimental nəticələrin müqayisəli təhlili əsasında göstərilmişdir ki, sərbəst yükdaşıyıcıların yürlüklüyünün (μ -nün) yuxarıda sadalanan asılılıqlarının spesifik xüsusiyyətləri yalnız kvazinizamlı kristal bərk cisimlərdə, o cümlədən kristal yarımkeçiricilərdə, sərbəst yükdaşıyıcıların yürlüklüyü haqqında mövcud olan nəzəri müddəalar əsasında izah oluna bilmir.

Müəyyən olunmuşdur ki, yüksəkomlu kristallardan hazırlanmış nümunələrdə aşağı temperaturlarda $\mu(T)$ asılılığı kvazibircins (və ya kvazinizamlı) kristal yarımkeçiricilərdə sərbəst yükdaşıyıcıların yürlüklüyü haqda mövcud nəzəriyyələrin irəli sürdüyündən daha kəskin fərqlənir. Belə ki, aşağı temperaturlar oblastında bu nümunələrdə temperaturun yüksəlməsi ilə μ -nün qiyməti çox yüksək üstlü superxətti qanunla artır, daha doğrusu $\mu(T)$ asılılığı aktivləşmə xarakterlidir ($\mu \sim e^{-\frac{\Delta E_d}{kT}}$).

Aşağı temperaturlar oblastından fərqli olaraq, yuxarı temperaturlar oblastında sərbəst yükdaşıyıcıların yürlüklüyünün akustik rəqslərdən səpilməsi üçün səciyyəvi olan $\mu(T)$ asılılığı, daha doğrusu $\mu \sim T^{\frac{3}{2}}$ şəklində asılılıq müşahidə olunur. Eyni bir xarici şəraitdə ρ_{T_0} -in kiçilməsi ilə $\mu(T)$ asılılığı kvazibircins (və ya kvazinizamlı) kristal yarımkeçiricilərdəki yürlüklük haqqında nəzəriyyədə $\mu(T)$ üçün irəli sürülən qanunlara yaxınlaşır.

Tədqiq olunan yüksəkomlu indium və qallium monoselenidlərində (həm təmiz, həm də aşqarlanmış) aşağı temperaturlarda sərbəst

yükdaşıyıcıların yürüklüyünün (μ) işığın təsirindən təcrübədə müşahidə olunan asılılığı daha maraqlıdır. Daha çox maraq doğuran təcrübə nəticə isə, bu halda tədqiq olunan nümunələrdə sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün işıq təsir edən halda (μ_c), qaranlıqdakından (μ_T) fərqli, həm də bu fərqi ($\Delta\mu=\mu_c-\mu_T$) işarəsinin tədqiq olunan nümunənin üzərinə düşən monoxromatik işığın spektral tərkibindən asılı olmasıdır. Belə ki, eyni bir nümunəni, eyni bir şəraitdə məxsusi işıqla işıqlandırdıqda $\Delta\mu>0$, aşqar işıqla işıqlandırdıqda isə $\Delta\mu<0$ olur. Bundan başqa, həmin nümunələrdə “yürüklük yaddaşı” effekti müşahidə olunur. Daha doğrusu, işığın təsiri kəsildikdən sonra sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün ilkin qaranlıq qiyməti (μ_T) dərhal deyil, kifayət qədər yavaş bərpa olunur.

Təcrübədə tədqiq olunan qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün nümunəyə birbaşa (qalvanik) tətbiq olunmuş xarici elektrik sahəsinin intensivliyindən (E) də asılılığı müşahidə olunmuşdur. Müəyyənləşdirilmişdir ki, sərbəst yükdaşıyıcıların elektrik sahəsinin təsiri ilə qızması halındakından fərqli olaraq, bu halda $\mu(E)$ asılılığı elektrik sahəsinin intensivliyinin daha kiçik qiymətlərindən başlayır və sərbəst yükdaşıyıcıların xarici elektrik sahənin təsiri ilə qızması nəzəriyyəsinin proqnozlaşdırdığından tamamilə fərqli xüsusiyyətlərə malik olur.

Dissertasiyanın bu fəslində əldə olunmuş təcrübə nəticələrindən belə görünür ki, $N_{NTE} \leq 10^{-2} at. \%$ miqdarında NTE ilə aşqarlanmanın təsiri yalnız sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün (μ) mütləq qiymətinin dəyişməsində deyil, həm də bu fiziki kəmiyyətin əsas asılılıqlarının da ($\mu(T)$, $\mu(\Phi)$, $\mu(\lambda)$, $\mu(t)$ və $\mu(E)$ -nin də) aşqarlanma səviyyəsindən asılı olmasında özünü göstərir. Bununla belə, nə μ -nün ədədi qiyməti, nə də onun müxtəlif amillərdən müşahidə olunan asılılıqları daxil edilmiş aşqarın kimyəvi təbiətindən asılı olaraq dəyişmir. Eləcə də müəyyən olunmuşdur ki, NTE ilə aşqarlanmanın sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün yuxarıda sadalanan asılılıqlarına təsiri yalnız aşağı temperaturlar oblastında (müxtəlif nümunələr üçün N_{NTE} -nin qiymətindən asılı olaraq $T \leq 200 \div 250K$ oblastında) müşahidə olunur.

Dissertasiyanın bu fəslində kvazibircins kristal yarımkeçiricilərdə sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyü haqqında mövcud olan elmi təsəvvürləri, həmçinin yüksəkölçü qismən nizamsız indium və qallium monoselenidi kristalları haqqında mövcud elmi ədəbiyyatdakı məlumatları nəzərə almaqla, əldə olunmuş eksperimental nəticələrin aparılan müqayisəli təhlili göstərir ki, tədqiq edilən materiallarda sərbəst yükdaşıyıcıların

yürüklüyünün müşahidə olunan bütün anomaliyalrı, hər şeydən əvvəl, həmin kristal materialların qismən nizamsızlığı, daha doğrusu onlarda qismən nizamsızlığın yaratdığı dreyf çəpərlərinin mövcudluğu ilə əlaqədardır.

Yüksəkumlu qallium və indium monoselenidi kristallarında $\mu(T)$ asılılığının aktivləşmə xarakterli olmasından istifadə edərək $\mu_1(T)$ asılılığı ayrılmasının meyindən tədqiq edilən nümunələrdə dreyf çəpərlərinin enerji hündürlüyü təyin olunub və göstərilib ki, 77 K-də müxtəlif nümunələr üçün (ρ_{T0} və N_{NTE} -dən asılı olaraq) bu qiymətlər həmin yarımkeçiricilərdə uyğun olaraq $\sim 0.05 \div 0.15$ eV və $\sim 0.10 \div 0.20$ eV təşkil edirlər.

Dissertasiyanın bu fəslində həm də belə tip laylı quruluşlu yarımkeçiricilərdə sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün aşkar edilmiş anomaliyalarını müvəffəqiyyətlə izah edə bilən uyğun elektron keçidlərini özündə ehtiva edən sxematik enerji modeli təklif olunmuşdur. Əldə olunmuş eksperimental nəticələr həm tədqiq edilən laylı $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında, həm də ümumiyyətlə, belə tipli oxşar quruluşlu digər yarımkeçiricilərdə aşkar olunmuş “yürüklük fotoeffekti” və “yürüklük yaddaşı” effektlərinin fiziki mexanizmini aydınlaşdırmağa imkan verir.

Dissertasiyanın bu fəslinin sonunda göstərilmişdir ki, indium və qallium monoselenidlərinin yüksəkumlu kristallarında sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün təcrübədə müşahidə olunan anomaliyalarının səbəbini izah etmək üçün təklif olunmuş modellər, həm də halkogenid şüşəvari yarımkeçiricilərdə sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün xüsusiyyətlərinin keyfiyyətə izahı üçün qaneedici səviyyədə tətbiq oluna bilər.

Dissertasiyanın dördüncü fəslı indium və qallium monoselenidlərinin kristallarında məxsusi fotokeçiriciliyin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Bu fəsildə aparılan tədqiqatlarda diqqət başlıca olaraq, məxsusi fotokeçiriciliyin məhz o xüsusiyyətlərinə yönəldilib və ölçmələr elə bir xarici şəraitlərdə aparılıb ki, dreyf çəpərlərinin təsiri və rolu daha əhəmiyyətli dərəcədə və daha parlaq şəkildə təzahür etsin.

Hər iki monoselenidin kristallarında təcrübə yolla məxsusi fotokeçiriciliyin spektral paylanması, işıq (lyuks-ampər) xarakteristikası, kinetikasi, eləcə də əsas parametrləri (inteqral həssaslığı, relaksasiya müddətləri, qalıq fotokeçiriciliyinin misli və saxlanma müddəti) nümunələrin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətindən, NTE ilə

aşqarlanma səviyyəsindən, xarici elektrik sahəsinin intensivliyindən və temperaturdan asılı olaraq tədqiq edilmişdir.

Aparılan ölçmələr nəticəsində müəyyənləşdirilmişdir ki, indium və qallium monoselenidlərinin kristallarında aşağı temperaturda sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün xüsusiyyətləri kimi (III fəslə bax), məxsusi fotokeçiriciliyin parametr və xarakteristikaları da həm kəmiyyət, həm də keyfiyyətcə əsaslı şəkildə tədqiq edilən nümunənin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətindən (ρ_{T_0} -dan) asılıdır. Belə ki, digər şərtlər eyni olduqda, ρ_{T_0} -ın qiymətinin böyüməsi ilə fotokeçiriciliyin spektrinin maksimumu və qırmızı sərhədi daha uzun dalğalar oblastına tərəf sürüşür, lyuks-ampere xarakteristikasının (LAX-ın) başlanğıc hissəsində isə fotocərəyanın işığın intensivliyindən asılı olaraq xəttidən daha kəskin qanunauyğunluqla artması ($i_{\phi} \sim \Phi^k$, burada k - bəzən 5÷7-ə qədər çatır) müşahidə olunur. Eyni bir şəraitdə temperaturun yüksəlməsi ilə məxsusi fotokeçiriciliyin parametr və xarakteristikalarının ρ_{T_0} -dan asılılığı zəifləyir, ρ_{T_0} -ın böyüməsi ilə isə - kvazibircins kristal yarımkeçiricilərdə fotokeçiricilik haqqında nəzəri təsəvvürlərə zidd olan bu xüsusiyyətlər özünü daha qabarıq şəkildə büruzə verir.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyənləşdirilmişdir ki, tədqiq olunan indium və qallium monoselenidlərinin kristallarında məxsusi fəthəssaslığın spektri və mütləq qiyməti, daxil edilmiş NTE aşqarlarının kimyəvi təbiətindən asılı olmayıb, yalnız nəzərəcarpacaq dərəcədə aşqarlanma səviyyəsindən asılı olaraq dəyişir. Həm də məxsusi fotokeçiriciliyin parametr və xarakteristikalarına NTE ilə aşqarlanmanın təsiri qeyri-monoton xarakterlidir. Daha doğrusu, N_{NTE} -nin artması ilə əvvəlcə ($N_{NTE} \approx 10^{-4} \div 10^{-3}$ at.% qiymətlərinə qədər) bu təsir güclənir, sonra ($N_{NTE} > 10^{-4} \div 10^{-3}$ at.% olduqda) isə - zəifləyir.

Müəyyən edilmişdir ki, həm yüksəkölmlü təmiz, həm də nisbətən zəif aşqarlanmış ($N_{NTE} < 10^{-2}$ at.%) kristallarda məxsusi fotokeçiriciliyin spektrinin qıscadalğalı və uzundalğalı budaqlarında əsas maksimumdan çox da uzaqda olmayan əlavə zəif piklər (pillələr) əmələ gəlir. Bu əlavə piklərin amplitudu uyğun olaraq ρ_{T_0} -ın və N_{NTE} -nin qiymətindən asılı olaraq dəyişir: ρ_{T_0} -ın artması ilə böyüyür, N_{NTE} -nin artması ilə isə qeyri-monoton dəyişir.

Xarici elektrik sahəsinin məxsusi fotokeçiriciliyin spektrinə, lyuks-ampere xarakteristikasına, eləcə də artma və düşmə kinetikasına təsirinin tədqiqi zamanı da maraqlı nəticələr alınmışdır. Daha doğrusu, müəyyənləşdirilmişdir ki, nümunəyə təsir edən xarici elektrik sahəsinin

intensivliyinin artması ilə məxsusi fotokeçiriciliyin spektrinin maksimumu daha qısa dalğalar oblastına tərəf sürüşür, LAX-ın başlanğıc hissəsindəki superxətti (sərt qalxan) hissə tədricən aradan qalxır, kinetikasında isə təsir edən elektrik sahəsinin intensivliyinin müxtəlif qiymətlərinə (zəif, orta və güclü) uyğun olaraq və bir-birindən çox aydın şəkildə seçilən üç spesifik xüsusiyyət müşahidə olunur.

Əldə olunmuş eksperimental nəticələrin müqayisəli təhlili əsasında müəyyən edilmişdir ki, təcrübi ölçmələrin aparıldığı şəraitdə yüksəkomlu indium və qallium monoselenidlərinin kristallarında məxsusi fotokeçiriciliyə müxtəlif tip lokal səviyyələrlə (yapışma, tutma və rekombinasiya səviyyələri ilə) yanaşı, müəyyən hallarda əsaslı surətdə həm də öyrənilən nümunənin sərbəst enerji zonalarında mövcud olan dreyf çəpərləri əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

Aşkar olunmuşdur ki, tədqiq olunan laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarına (onlardan hazırlanmış nümunəyə) birbaşa (qalvanik) zəif və orta güclü elektrik sahəsi ilə təsir etdikdə məxsusi fotokeçiriciliyin kinetikasının formalaşmasında tarazlıqda olmayan sərbəst yükdaşıyıcıların uyğun olaraq cəzbedici və itələyici nöqtəvi tutma mərkəzləri tərəfindən tutulması prosesi aparıcı (həllədic) rol oynayır. Elektrik sahəsinin orta qiymətə malik intensivliklərində (orta güclü elektrik sahələrində) tədqiq olunan nümunələrin qismən nizamsızlığı ilə bağlı olan dreyf və rekombinasiya çəpərlərinin, eləcə də cərəyan kontaktlarından yükdaşıyıcıların nəzərəcarpacaq injeksiyasının təsiri üstünlük təşkil edir.

Aparılan bu təcrübi tədqiqatlar zamanı yüksəkomlu kristallarda aşağı temperaturlar oblastında əldə olunmuş nəticələr, həmin xarakterli tədqiqatlar zamanı halkogenid şüşəvari yarımkeçiricilərdə alınan nəticələrə çox oxşayır (həm fotokeçiriciliyin müxtəlif amillərdən asılılığına, həm də bu asılılıqların başvermə mexanizminə görə). Aparılan müqayisəli təhlillər deməyə əsas verir ki, yüksəkomlu laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında məxsusi fotokeçiriciliyin xüsusiyyətlərinin izahı üçün təklif etdiyimiz modellər müəyyən hallarda halkogenid şüşəvari yarımkeçiricilərdə alınmış uyğun nəticələrin izahı üçün də istifadə oluna bilər.

Dissertasiya işinin beşinci fəsli qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında məxsusi fotokeçiriciliyin və qaranlıq cərəyanın qeyri-temperatur (qeyri-termik) xarakterli və ya izotermik düşən relaksasiyalarının tədqiqinə həsr olunub. Burada diqqət, başlıca olaraq, hər iki fiziki kəmiyyətin adı gedən relaksasiyası hadisələrinin temperaturdan və

həyəcanlanma səviyyəsindən (uyğun olaraq tədqiq olunan nümunənin üzərinə düşən məxsusi işığın intensivliyindən və nümunəyə tətbiq olunmuş xarici elektrik sahəsinin qiymətindən), təmiz kristalların ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətindən, eləcə də NTE ilə aşqarlanmış kristalların aşqarlanma səviyyəsindən (N_{NTE} -nin qiymətindən) və daxil edilmiş aşqarların kimyəvi təbiətindən asılılıqlarının tədqiqinə yetirilmişdir.

Burada həmçinin, öyrənilən kristallarda adı gedən relaksasiya proseslərinin sonunda nümunənin fotokeçiriciliyinin və ya qaranlıq keçiriciliyinin kvaziqərarlaşmış (kvazistasionar) halının xarici amillərin təsiri ilə təcili silinməsinin eksperimental tədqiqinə də xüsusi diqqət ayrılmışdır.

Aparılan təcrübi tədqiqatlar nəticəsində müəyyənləşdirilmişdir ki, yüksək qallium və indium monoselenidlərinin kristallarından olan nümunələrə digər təsirlər və nümunənin yerləşdiyi şərait eyni cür (dəyişməz) saxlanılmaqla, yüksək intensivlikli (müəyyən sərhəd qiymətindən böyük intensivlikli) məxsusi işıqla uzun müddət təsir etdikdə onların fotokeçiriciliyi (σ_{ϕ}), daha doğrusu, tədqiq olunan nümunənin fətohəssaslığı və ya ondan axan fətoçərəyanın qiyməti özünün ilkin stasionar qiymətinə (σ_{cr}) nəzərən tədricən (yavaş sürətlə) azalır. Nəhayət, bu azalmanın başladığı andan bir müddət keçdikdən sonra fətohəssaslığın qiyməti özünün yeni, təqribən dayanıqlı (kvazistasionar) qiymətinə (σ_{kc}) çatır. Tədqiq olunan nümunənin belə “aşağıfətohəssas” (və ya “pis fətohəssas”) halı, hətta nümunə üzərinə düşən işığın təsiri kəsildikdən sonra da kifayət qədər uzun müddət saxlanılır. Daha doğrusu, işığın təsiri kəsildikdən sonra nümunənin ilkin, yəni daha yüksək fətohəssaslığa malik olan halının (σ_{ϕ_0}) bərpası prosesi uzunmüddətli (asta) relaksasiya xarakterinə malik olur. Bununla belə ilkin hal müxtəlif üsullarla (məsələn, tədqiq olunan nümunəni qızdırmaqla və ya aşqar işıqla işıqlandırmaqla) təcili olaraq da bərpa oluna bilər.

Aparılan təcrübi tədqiqatlar nəticəsində göstərilib ki, məxsusi fotokeçiriciliyin izotermik düşən relaksasiyasında qərarlaşmış kvazistasionar halın termik və ya optik (infraqırmızı) silinməsi adlanan bu hadisə (nümunənin ilkin yüksək fətohəssaslığa malik olan halının təcili bərpa olunması), özünün başvermə mexanizminə görə qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında dərin β -yapışma səviyyələri ilə bağlı induksiyanmış aşqar fotokeçiricilik hadisəsinə çox oxşayır.

Yüksəkumlu qallium və indium monoselenidləri kristallarının nümunələrinə uzunmüddətli müəyyən sərhəd qiymətindən böyük qiymətlə malik birbaşa (qalvanik) tətbiq olunan xarici elektrik sahəsi (xarici elektrik gərginliyi) təsir etdikdə isə həmin bu nümunələrdən axan qaranlıq cərəyanın (və ya nümunənin qaranlıq keçiriciliyin) tədricən (asta sürətlə) azalması, yəni düşən qeyri- temperatur (izotermik) relaksasiyası müşahidə olunur.

Əldə olunmuş təcrübi nəticələrin ətraflı təhlili yolu ilə tədqiq olunan nümunələrdə yuxarıda adı gedən hər iki relaksasiya hadisənin identik mexanizmlərə malik olduğu aydınlaşdırılıb. Göstərilib ki, hər iki halda öyrənilən nümunələrdə bu relaksasiya prosesləri qocalma (materialın köhnəlməsi), deqradasiya, fotokimyəvi reaksiya, faza keçidlərinin baş verməsi və ya polyarlaşma effektləri ilə bağlı olmayıb, birbaşa tədqiq olunan nümunələrin uyğun olaraq fotoelektrik və elektrik yorulması hadisəsi ilə əlaqədardır.

Əgər məxsusi fotokeçiriciliyin izotermik düşən relaksasiyası halında hadisəyə əsas təkanverici amil tarazlıqda olmayan fotodaşıyıcılarırsa (ışığın təsiri ilə generasiya olunmuş yükdaşıyıcılarırsa), qaranlıq keçiriciliyin izotermik düşən relaksasiyası halında bu vəzifəni cərəyan kontaktlarından nümunəyə injeksiya olunmuş tarazlıqda olmayan yükdaşıyıcılar oynayır.

Hər iki halda bu effektlər, tədqiq olunan nümunənin sərbəst enerji zonasında dreyf və rekombinasiya çəpərlərinin, eləcə də nümunənin qadağan olunmuş zonalarında dərin β - yapışma (tutma) səviyyələrinin olması ilə əlaqədardır.

Dissertasiya işinin bu fəslində tədqiq olunan nümunələrdə, eləcə də fotokeçiriciliyin və elektrikkeçiriciliyinin düşən izotermik relaksasiyası başa çatdıqdan sonra nümunənin ilkin halının temperatur və optik (infraqırmızı) üsullarla bərpa olunması proseslərinin mexanizmi aydınlaşdırılıb.

Eyni zamanda göstərilib ki, təklif olunan izahatlar və sxematik enerji modelləri laylı quruluşlu digər yarımkeçiricilər üçün də uğurla tətbiq oluna bilər.

Əldə olunan təcrübi asılılıqlar əsasında qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında β - səviyyələrinin enerji dərinliyi qiymətləndirilib. Göstərilib ki, bu qiymətlər uyğun olaraq $\varepsilon_{\beta}=\varepsilon_v+0.50\text{eV}$ (p-GaSe-də) və $\varepsilon_{\beta}=\varepsilon_c-0.45\text{eV}$ (n-InSe-də) təşkil edir.

Dissertasiya işinin sonuncu altıncı fəslində qallium və indium

monoselenidlərinin kristallarında induksiyanmış aşqar elektron hadisələrinin (induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin, induksiyanmış aşqar deşilməsinin, çevricilik effektinin, termostimullaşmış keçiriciliyin) eksperimental tədqiqi zamanı alınan nəticələr verilmiş və onların təklif etdiyimiz elmi izahı şərh olunmuşdur.

Burada fon işıqlanması və xarici elektrik sahəsi ilə induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyinin (İAF); elektrik sahəsi (injeksiya) ilə induksiyanmış aşqar deşilməsinin və birbaşa bu deşilmə ilə bağlı olan bistabil və astanalı çevricilik effektlərinin; termostimullaşmış keçiriciliyin (TSK) müxtəlif formalarının (məxsusi işıqla və xarici elektrik sahəsi ilə həyəcanlaşdırılmış TSK) xüsusiyyətləri müxtəlif nümunələr üçün ətraflı tədqiq edilmişdir.

Bu fəsilə həmişinin qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında NTE ilə aşqarlanmanın induksiyanmış aşqar fotoelektrik və elektrik hadisələrinin tədqiqi zamanı əldə olunmuş eksperimental nəticələr verilmişdir.

Ayrı-ayrı şəraitlərdə müxtəlif nümunələrdə aparılan təcrübə tədqiqatları nəticəsində müəyyən olunub ki, bu yarımkəçiricilərin yüksəkölü kristallarında aşağı (zəif) həyəcanlandırılma səviyyələrində induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin mütləq qiyməti (Δi_{af}) kimi, spektrinin maksimumuna (λ_{im}) və qırmızı sərhədinə (λ_{iq}) uyğun gələn dalğa uzunluğu, zondlayıcı aşqar işığın təsiri kəsildikdən sonra düşmə (və ya yox olma) müddətinin qiyməti (τ_{dm}) də əhəmiyyətli dərəcədə tədqiq olunan təmiz nümunələrin ilkin xüsusi qaranlıq müqavimətinin qiymətindən, aşqarlanmış nümunələrin isə - aşqarlanma səviyyəsindən asılıdır. Eyni bir xarici şəraitdə ρ_{T0} -ın böyüməsi ilə induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin spektrinin maksimumu (λ_{im}) və qırmızı sərhədi (λ_{iq}) nəzərə çarpacaq qədər daha uzun dalğalar oblastına tərəf sürüşür, Δi_{af} və τ_{dm} kəmiyyətlərinin qiyməti isə - böyüyür. Aşqarlanma səviyyəsinin artırılması ilə λ_{im} , λ_{iq} , τ_{dm} və Δi_{af} kəmiyyətlərinin qiyməti qeyri-monoton dəyişir: N_{NTE} -nin artması ilə əvvəlcə (GaSe və InSe kristalları üçün uyğun olaraq $N_{NTE} \approx 10^{-4}$ və 10^{-3} at.% qiymətlərinə qədər) böyüyür, sonra isə (GaSe və InSe kristalları üçün uyğun olaraq $N_{NTE} \geq 10^{-4}$ və $N_{NTE} \leq 10^{-3}$ at.% qiymətlərində) - kiçilir. Yüksək həyəcanlaşdırılma səviyyələrində (Φ_c və U_i -nin çox böyük qiymətlərində) induksiyanmış aşqar fotokeçiriciliyin (İAF) xarakterik parametrlərinin ρ_{T0} və N_{NTE} -dən asılılığı aradan qalxır (müşahidə olunmur).

Hər iki yarımkəçiricinin alçaqölü kristallarında, yüksəkölü kristallarından fərqli olaraq İAF-in əsas parametr və xarakteristikaları

nümunənin həyəcanlaşdırılma səviyyəsindən asılı olmur. Bu kristallarda zondlayıcı işığın təsiri kəsildikdən sonra İAF-ın uzunmüddətli relaksasiyası hadisəsi də baş vermir.

Tədqiq olunan nümunələrin hamısında İAF ancaq aşağı temperaturlar oblastında (ρ_{T0} və N_{NTE} -dən asılı olaraq $T \leq 140-180$ K oblastında) müşahidə olunur.

p-GaSe<NTE> və n-InSe<NTE> kristallarında İAF daxil edilən aşqarların kimyəvi təbiətindən asılı deyil.

Tədqiq olunan hər iki yarımkeçiricinin bütün nümunələrində (alçaqomlu, yüksəkumlu, təmiz və aşqarlanmış) bistabil (kristalın “C” oxu istiqamətində) və astanalı (kristalın “C” oxuna perpendikulyar istiqamətdə) çeviricilik effektləri müşahidə olunur. Aparılan təcrübi ölçmələr nəticəsində müəyyənləşdirilib ki, bu effektlərin əsas parametrləri temperaturdan və işığın təsirindən başqa, həm də cərəyan kontaktlarının injeksiyaetdirmə qabiliyyətindən, təmiz nümunələrin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətindən və aşqarlanmış nümunələrin aşqarlanma səviyyəsindən asılı olsa da, daxil edilən aşqarın kimyəvi təbiətindən asılı deyil. Çevrilmə gərginliyinin aşqarlanma səviyyəsindən asılılığı isə qeyri-monoton xarakterə malikdir.

Qallium və indium monoselenidlərinin kristallarının termostimullaşmış keçiricilik (TSK) əyriələrində aydın sezilən üç maksimum müşahidə olunur. Bu maksimumların temperatur oxundakı yeri ρ_{T0} və N_{NTE} -dən asılı olmur, lakin N_{NTE} -nin dəyişməsi ilə həmin maksimumların hər birinin altında yerləşən sahənin ədədi qiyməti dəyişir. Belə ki, N_{NTE} artdıqca bu sahənin qiyməti qeyri-monoton dəyişir.

Öyrənilən kristallarda yuxarıda adları çəkilən induksiyalanmış aşqar elektron hadisələrinin ətraflı eksperimental tədqiqi zamanı əldə olunan nəticələrin müqayisəli təhlili əsasında aydınlaşdırılıb ki, qallium və indium monoselenidlərinin kristalları tipli laylı quruluşlu yarımkeçiricilərdə bu hadisələrin fiziki mexanizmini tam və düzgün aydınlaşdırmaq üçün hökmən qadağan olunmuş zonadakı müxtəlif tip lokal enerji səviyyələri ilə yanaşı, həm də sərbəst enerji zonalarındakı dreyf çəpərlərinin həlledici rolunu nəzərə almaq lazımdır.

Ümumiyyətlə, laylı quruluşlu kristal yarımkeçiricilərdə, xüsusi ilə də qallium və indium monoselenidlərinin kristallarında induksiyalanmış aşqar fotoelektrik və elektrik hadisələrinin təcrübələrdə müşahidə olunan xüsusiyyətlərini vahid mövqedən müvəffəqiyyətlə izah etmək gücündə olan elektron keçidləri ilə təsvir edilmiş ümumiləşmiş sxematik enerji modeli

təklif olunmuşdur.

Göstərilmişdir ki, laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ birləşmələrinin monoselenidlərinin kristallarında istər induksiyanlanmış aşqar fotokeçiricilik və termostimullaşmış keçiricilik, istərsə də çeviricilik effektləri iki ardıcıl mərhələdən ibarət olur. Birinci mərhələdə bu yarımkeçiricilərin qadağan olunmuş zonasında mövcud olan yapışma (tutma) səviyyələrinin fon işıqlanma ilə generasiya olunmuş və ya elektrik sahəsi ilə nümunəyə injeksiya olunmuş yükdaşıyıcılarla qeyri-taraz dolması baş verir. İkinci mərhələdə isə - qeyri-taraz dolmuş bu yapışma səviyyələrinin İAF, TSK və çeviricilik effektlərinə uyğun olaraq aşqar işığın, temperaturun və elektrik sahəsinin təsiri ilə (tunel) deşilməsi (boşalması) nəticəsində boşalması baş verir.

Bütün yuxarıda sadalanan hallarda alınmış nəticələrin kvazibircins yarımkeçiricilərdən fərqli xüsusiyyətləri, başqa sözlə desək, təcrübədə müşahidə olunan kənar çıxımları - birbaşa bütün əlamətləri ilə tədqiq olunan laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ yarımkeçiricilərinin monoselenidlərinin kristallarının qismən- nizamsızlığı ilə, daha doğrusu, tarazlıqda olmayan elektron-deşik cütünün rekombinasiya çəpərləri vasitəsi ilə fəzaca bir birindən ayrılması, eləcə də müxtəlif xarici və kristaldaxili amillərin təsiri altında dreyf çəpərlərinin silinməsi ilə əlaqədardır.

Göstərilmişdir ki, təklif olunan bu elmi izahlar və enerji modelləri həmçinin bir sıra şüşəvari hakogenid yarımkeçiricilərdə baş verən induksiyanlanmış aşqar fotoelektrik və elektrik hadisələrinin başlıca xüsusiyyətlərini keyfiyyətə izah etmək üçün də tətbiq oluna bilər.

Təqdim olunan dissertasiya işinin hər bir orijinal fəslində (III – VI) əldə edilmiş eksperimental nəticələrin şərhli və onların elmi müzakirəsi ilə yanaşı, qallium və indium monoselenidlərinin kristallarının yeni praktik tətbiqi imkanları haqqında da təkliflər irəli sürülmüşdür. O cümlədən, bu yarımkeçiricilər əsasında müxtəlif xarici təsirlərlə, eləcə də elektrik sahəsi ilə parametr və xarakteristikaları idarə oluna bilən müxtəlif tip fotoelektrik qəbuledicilərinin yaradılmasının mümkünlüyü; qallium və indium monoselenidlərinin kristalları tipli laylı quruluşlu yarımkeçiriciləri müxtəlif atomar faiz miqdarında NTE ilə aşqarlamaqla onların parametr və xarakteristikalarının stabilləşməsi və optimallaşmasının mümkünlüyü də göstərilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

77 K- də ilkin qaranlıq xüsusi müqaviməti $\sim 10^2 \div 10^9$ Om·sm olan təmiz (xüsusi olaraq aşqarlanmamış) və müxtəlif səviyyələrdə ($N_{\text{NTE}} \approx 10^{-5} \div 10^{-1}$ at.%) bəzi nadir torpaq elementləri (NTE), daha doğrusu, disproziyum (Dy), qadolinium (Gd) və holmiumla (Ho) aşqarlanmış laylı quruluşa malik $A^{\text{III}}B^{\text{VI}}$ birləşmələrinin monoselenidlərinin kristallarında müxtəlif elektron hadisələrinin – elektrik keçiriciliyinin, Holl effektinin, qaranlıq cərəyanın, məxsusi fotokeçiriciliyin, işıq və xarici elektrik sahəsi ilə induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin, elektrik sahəsi (injeksiya) ilə induksiyanlanmış aşqardeşilməsinin, termostimullaşdırılmış keçiriciliyin, fotokeçiriciliyin və qaranlıq keçiriciliyinin düşən izotermik relaksasiyası hadisələrinin ətraflı təcrübi tədqiqi aparılmışdır.

Ölçmələr ərinti boyunca sabit temperatur qradienti şəraitində asta soyutma üsulu ilə göyərdilmiş iriölçülü p-GaSe, p-GaSe<NTE>, n-InSe və n-InSe<NTE> monokristal külçələrinin müxtəlif hissələrindən və ayrı-ayrı külçələrdən kəsilmiş nümunələrdə müxtəlif temperaturlarda ($T=77 \div 600$ K), müxtəlif dalğa uzunluqlu ($\lambda=0.30 \div 4.00$ mkm) monoxromatik işıqla $5 \cdot 10^2$ Lk-a qədər intensivliklərdə və nümunəyə qalvanik tətbiq olunmuş xarici elektrik sahəsinin müxtəlif qiymətlərində (çox kiçik sahələrdən $\sim 10^4$ V/sm-ə qədər) aparılmışdır. Əldə olunmuş təcrübi nəticələrin tədqiq edilən yarımkeçiricilərin fiziki xassələri və kristal quruluşu haqqında elmi ədəbiyyatda mövcud olan məlumatlar, eləcə də tədqiq olunan elektron hadisələr haqqında fundamental fiziki təsəvvürlər nəzərə alınmaqla aparılmış müqayisəli təhlili əsasında aşağıdakı əsas elmi və praktiki nəticələr formalaşdırılmışdır:

1. Laylı quruluşlu $A^{\text{III}}B^{\text{VI}}$ monoselenidlərinin kristallarında sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün aşağı temperaturlar oblastında müşahidə olunan anomaliyaları, yəni $\mu \sim T^{3/2}$ asılılığı ilə müqayisədə daha sərt qanunla artması, ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin (ρ_{T_0}) böyüməsi ilə kiçilməsi, NTE ilə aşqarlanma səviyyəsindən (N_{NTE}) qeyri-monoton asılı olması, ilk növbədə, bu kristalların qismən nizamsızlığı və onların ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin (ρ_{T_0}) qiymətinin nizamsızlıq dərəcəsiindən, eləcə də tədqiq olunan nümunələrin sərbəst enerji zonalarındakı dreyf çəpərlərinin ölçülərinin aşqarlanma səviyyəsindən (N_{NTE} -dən) asılılığı ilə izah oluna bilər.

2. Laylı quruluşlu $A^{\text{III}}B^{\text{VI}}$ monoselenidlərinin yüksəkumlu kristallarında sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün (μ) nümunəyə

qalvanik tətbiq edilmiş xarici elektrik sahəsindən asılılığı sərbəst yükdaşıyıcıların qızması ilə deyil, tədqiq olunan nümunələrin nizamsızlıq dərəcəsinin, eləcə də onların sərbəst enerji zonalarındakı dreyf çəpərlərinin ölçülərinin injeksiya hesabına dəyişməsi ilə bağlıdır.

3. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün mütləq qiymətinin və temperatur asılılığının işığın təsirindən asılılığı (“yürüklük fotoeffekt”), ilk növbədə sərbəst enerji zonalarının potensialının xaosluq flyuktasiyası ilə, məxsusi işığın təsiri ilə dreyf çəpərlərinin silinməsi ilə, aşqar işığın təsiri ilə isə - dreyf çəpərlərinin ölçülərinin böyüməsi ilə əlaqədəkdir.

4. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidləri kristallarını məxsusi işıqla işıqlandırdıqda müsbət “yürüklük yaddaşı” effektinin müşahidə olunması sərbəst enerji zonalarındakı dreyf çəpərlərinin optik silinməsi və rekombinasiya çəpərlərinin mövcudluğu ilə, aşqar işıqla işıqlandırdıqda mənfi “yürüklük yaddaşı” effektinin müşahidə olunması isə - mənfi fotokeçiricilik hesabına böyümüş dreyf çəpərlərinin ilkin ölçülərinin termik generasiya hesabına asta bərpası ilə əlaqədardır.

5. Qismən nizamsız kristal yarımkeçiricilərdə sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyünün temperatur asılılığına əsasən dreyf çəpərlərinin hündürlüyünü (ΔE_d) təyin etmək olar. Qallium və indium monoselenidlərinin müxtəlif kristallarında (ρ_{T_0} -in və N_{NTE} -nin qiymətindən asılı olaraq) həmin yolla ΔE_d -nin tapılmış qiymətləri uyğun olaraq $\sim 0.05 \div 0.15$ eV və $\sim 0.10 \div 0.20$ eV təşkil edir.

6. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında məxsusi fotokeçiriciliyin kinetikasının ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətin (ρ_{T_0}) qiymətindən, NTE ilə aşqarlanma səviyyəsindən, tədqiq olunan nümunəyə qalvanik təsir edən elektrik sahəsinin intensivliyindən (E) asılılığı vahid mövqedən qismən nizamsız yarımkeçirici modeli çərçivəsində və qadağan olunmuş zonada eyni zamanda müxtəlif təbiətli stexiometrik defektlərlə (vakansiyalar, tərkib komponentlərinin artıq ionları ilə) bağlı həm cəzbedici, həm də itələyici nöqtəvi tutma mərkəzlərinin mövcudluğunu nəzərə almaqla izah etmək olar.

7. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında birbaşa (qalvanik) təsir edən zəif və orta intensivlikli elektrik sahələrində məxsusi fotokeçiriciliyin kinetikasının formalaşmasında tarazlıqda olmayan yükdaşıyıcıların uyğun olaraq cəzbedici və itələyici mərkəzlər tərəfindən tutulması prosesləri aparıcı rol oynayır. Elektrik sahəsinin orta intensivliklərində isə - tədqiq olunan nümunələrin qismən nizamsızlığı ilə

əlaqədar sərbəst enerji zonalardakı dreyf və rekombinasiya çəpərlərinin təsiri, eləcə də cərəyan kontaktlarından nəzərəcarpacaq injeksiyanın təsiri üstünlük təşkil edir.

8. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında müşahidə olunan məxsusi fotokeçiriciliyin və qaranlıq keçiriciliyinin düşən izotermik relaksasiyası hadisələri həmin yarımkeçiricilərin qadağan olunmuş zonasında iki tip (asta r - və sürətli S -) rekombinasiya və dərin tutma (β -tutma) səviyyələrinin olması, eləcə də sərbəst enerji zonalarda iki tip (rekombinasiya və dreyf xarakterli) potensial çəpərinin yaranmasına səbəb olan qismən nizamsızlığı ilə bağlıdır.

9. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarının hamısında məxsusi işıq və (və ya) xarici elektrik sahəsi ilə induksiyanlanmış aşqar fotokeçiricilik, bilavasitə həmin yarımkeçiricilərin qadağan olunmuş zonasında müxtəlif tip (dayaz α - və dərin β -) tutma mərkəzlərinin olması ilə bağlıdır. Aşağı temperaturalarda və zəif həyəcanlanma şəraitində isə bu hadisələrdə həlledici rol tədqiq olunan kristalların qismən nizamsızlığı və sərbəst enerji zonalarda potensialın təsadüfi xarakterli fluktuasiyaları oynayır.

10. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında müşahidə olunan induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin ($\dot{I}AF$) uzunmüddətli relaksasiyası, spektrinin maksimumunun və qırmızı sərhədinin təmiz kristallarda ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətin qiymətindən (ρ_{T0}), NTE ilə aşqarlanmış kristallarda isə aşqarlanma səviyyəsindən asılılığı, həmin materiallarda sərbəst yükdaşıyıcılar üçün rekombinasiya çəpərlərinin, $\dot{I}AF$ - in qiymətinin (Δi_{af}) kvazinizamlı kristal yarımkeçiricilərdəkindən böyük olması isə - sərbəst yükdaşıyıcılar üçün dreyf çəpərlərinin olması ilə bağlıdır.

11. Yüksək təmiz və NTE ilə zəif aşqarlanmış laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarından fərqli olaraq, alçaq təmiz və nisbətən yüksək səviyyədə ($N_{NTE} > 10^{-2}$ at.%) aşqarlanmış laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin yaranma mexanizmi və əsas xüsusiyyətləri S.M. Rıvkin tərəfindən induksiyanlanmış aşqar fotokeçiricilik xassəsinə malik yarımkeçiricilər üçün təklif olunmuş enerji modeli və elektron keçidləri əsasında tam və birqiymətli izah olunur.

12. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında induksiyanlanmış aşqar fotokeçiriciliyin xarakteristika və parametrlərinin təmiz kristallarda ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətin qiymətindən (ρ_{T0}),

NTE ilə aşqarlanmış kristallarda isə - aşqarlanma səviyyəsindən (N_{NTE}) asılılığı, ilk növbədə, həmin yarımkeçiricilərin sərbəst enerji zonalarının potensial relyefinin ρ_{T0} və N_{NTE} ilə əlaqəsi ilə bağlıdır: ρ_{T0} birbaşa kristalın nizamsızlıq dərəcəsini proqnozlaşdırır, N_{NTE} isə - nizamsızlıq dərəcəsini qeyri-monoton dəyişdirir.

13. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarının elektron xassələrinə NTE ilə aşqarlanmanın təsiri zəif aşqarlanma zamanı daxil olan aşqarın kimyəvi təbiətindən asılı olmayıb, yalnız onun atomar faizlə tərkibindən asılıdır, zəif aşqarlanma zamanı daxil olan aşqarlar əvvəlcə irimiqyaslı defektlər ətrafında toplanaraq onları daha da böyüdür, sonra isə - tədricən nümunənin bütün həcmi boyunca bircins paylanır. Buna uyğun olaraq, N_{NTE} – nin dəyişməsi ilə kristalın nizamsızlıq dərəcəsi əvvəlcə artır, sonra isə azalır.

14. Laylı quruluşlu $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristalları əsasında optik spektrin görünən və yaxın infraqırmızı oblastları üçün parametrləri və xarakteristikaları xarici (elektrik sahəsi, temperatur, deformasiya) və kristaldaxili (aşqarlanma) amillərin təsiri ilə idarə oluna bilən fotoqəbuledicilər yaratmaq mümkündür.

Dissertasiya işini nmaterialları əsasında müəllifin çap olunmuş elmi işlərinin siyahısı.

Dissertasiya işinin materialları aşağıdakı elmi nəşrlərdə çap olunmuşdur:

1. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рагимова Н.А., Рзаев Р.М., Эйвазова Г.Х. Сенсбилизация ИК-фоточувствительности в слоистых кристаллах типа соединений селенида индия электрическим полем. // Ж. «Прикладная физика». 2004. № 5. с. 81-85
2. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М., Эйвазова Г.Х. Особенности вольт-амперной характеристики в легированных редкоземельными элементами монокристаллах селенида индия. // Известия НАН Азербайджана, сер. физ.-мат. и техн. наук, физика и астрономия, 2004, т. XXIV, № 5, с. 75-80
3. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М., Аллахвердиев Ш.А. Сенсбилизированные примесные фотопроводимости в монокристаллах р-GaSe, легированных редкоземельными элементами. // Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, 2006, № 3, с. 156-161
4. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М., Багирова А.Т., Аллахвердиев Ш.А. Особенности статических ВАХ легированных редкозе-

- мельными элементами монокристаллов селенида галлия. // Докл. НАН Азербайджана, 2006, Т. LXII. №5-6. с. 55-63
5. Абдинов А.Ш., Рзаев Р.М., Аллахвердиев А.Ш. Эффекты, обусловленные перезарядкой локальных уровней, в легированных редкоземельными элементами монокристаллах A^3B^6 со слоистой структурой. / Материалы IV Республиканской научной конференции «Актуальные проблемы физики», Баку, БГУ, 2006, с.54
 6. Abdinov A.Sh., Rzaev R.M., Allahverdiev Sh.A. Effect of optical fatigubality in crystals of A^3B^6 with layered structure allaged by rare-carth elements. / EMRS, 2007. Spring Meeting, Strasbourq, France, R/P37
 7. Абдинов А.Ш., Аллахвердиев Ш.А., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. Влияние легирования редкоземельными элементами на эффекты стационаризации темнового тока и электрической утомляемости в кристаллах р-GaSe. // Изв. НАН Азербайджана, сер. физ-мат и техн. наук, Физика и астрономия, 2008, т. XXVIII, № 5, с.125-129
 8. Абдинов А.Ш., Аллахвердиев Ш.А., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. Проводимость высокоомных чистых и легированных РЗЭ кристаллов GaSe. // Неорганические материалы. 2009, т.45, № 7, с.785-789
 9. Abdinov Ə.Ş., Rzayev R.M. Qallium selen monokristallarında termostimullaşdırılmış keçiriciliyə elektrik sahəsinin təsiri. / “Fizikanın müasir problemləri” IV Respublika konfransının materialları, BDU, Bakı, 2010, s.164-167.
 10. Abdinov A.Sh., Babayeva R.F., Rzaev R.M. Effect of the light on charge carriers' mobility in gallium monoselenide crystals. // Azerbaijan Jour. of Physics, 2011, v.XVIII, № 2 (En). p.51-56
 11. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. К вопросу о фотопроводимости кристаллов моноселенида индия. // Вестник Бакинского Университета, сер. физ. мат наук, 2011, № 2, с.89-98
 12. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. Особенности индуцированной примесной фотопроводимости в кристаллах моноселенида индия. // Изв. НАН Азербайджана, сер. физ-мат. и техн. наук, Физика и астрономия, 2011, т., № 5, с.59-66
 13. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М., Амирова С.И. К вопросу о механизме индуцированной примесной фотопроводимости в кристаллах моноселенидов A^3B^6 со слоистой структурой. // Вестник Бакинского Университета. 2011, № 3, с.122-132
 14. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Амирова С.И., Рагимова Н.А., Рзаев Р.М., Гасанов Я.Г. К вопросу о специфических особенностях при-

- месных фотоэффектов в монокристаллах селенида галлия. / Материалы V Республиканской научной конференции «Опто-, наноэлектроники и физики конденсированных сред», Баку, БГУ, 2011, с.24-26
15. Rzayev R.M. Laylı quruluşa malik $A^{III}B^{VI}$ monoselenidlərinin kristallarında yorulma effektləri. // Azerbaijan Jour. of Physics, 2011, v.XVIII, № 3 (AZ). p.16-20
- 16.Рзаев Р.М. Особенности индуцированной электрическим полем примесной фотопроводимости в монокристаллах p-GaSe. / Материалы V Республиканской научной конференции «Опто-, наноэлектроники и физики конденсированных сред», Баку, БГУ, 2011, с.82-84
- 17.Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М., Амирова С.И. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в чистых и легированных гадолинием кристаллах p-GaSe. // Неорганические материалы, 2012, т.48, № 6, с.649-653
- 18.Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. О зависимости подвижности носителей тока от электрического поля в кристаллах моноселенида галлия. // ФТП. 2012, т.46, в.6, с.751-755
- 19.Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. Влияние электрического поля на кинетику фотопроводимости монокристаллов n-InSe. // Неорганические материалы, 2012, т.48, № 8, с.892-896
- 20.Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М., Амирова С.И., Гасанов Я.Г. Управление электрическим полем параметрами и характеристиками фотоприемников на основе слоистых кристаллов A^3B^6 . / Труды XXII международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения. М., Россия, 2012, с.327-329
- 21.Abidinov A.Sh., Babayeva R.F., Gasanov Ya.G., Amirova S.I., Ragimova N.A., Rzayev R.M. Anomalies of the induced impurity photoconductivity in gallium monoselenide crystals. // Azerbaijan Journal of Physics, 2012, v.XVIII, № 1 (En), p.25-30
- 22.Абдинов А.Ш., Амирова С.И., Рагимова Н.А., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. Подвижностный фотоэффект в кристаллах InSe. / “Fizikanın müasir problemləri” VI Respublika konfransının materialları, BDU, Bakı, 2012, s. 33-35
- 23.Абдинов А.Ш., Амирова С.И., Рагимова Н.А., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. Влияние легирования Gd на электрические свойства

- кристаллов p-GaSe. / “Fizikanın aktual problemləri” VII Respublika elmi konfransının materialları, BDU, Bakı, 2012. s. 65-66
- 24.Рзаев Р.М. О влиянии частичной неупорядоченности на индуцированную примесную фотопроводимость в кристаллах GaSe. / Материалы VI Республиканской научной конференции «Опто-, наноэлектроники и физики конденсированных сред», Баку, БГУ, 2012, с.71-74
- 25.Рзаев Р.М. Электрические свойства чистых и легированных атомами Но кристаллов n-InSe. / “Fizikanın aktual problemləri” VII Respublika elmi konfransının materialları, BDU, Bakı, 2012, s. 63-64.
- 26.Рзаев Р.М. Влияние легирования диспрозием на подвижность носителей тока в кристаллах моноселенида индия. // Вестник Бакинского Университета, 2012, №4, с.119-126
- 27.Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Амирова С.И., Рзаев Р.М. Влияние температуры и легирования редкоземельными элементами на подвижность носителей тока в кристаллах моноселенида индия. // ФТП, 2013, Т.47, № 8, с. 1009-1013
- 28.Abdinov A.Sh., Babayeva R.F., Ragimova N.A., Rzayev R.M., Amirova S.I. Influence of temperature and doping with rare-earth elements on electrophysical parameters of $A^{III}B^{VI}$ crystals with layered structure. // Azerbaijan Journal of Physics, 2013, v.XIX, № 1 (En), p.17-22
- 29.Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М., Рагимова Н.А., Амирова С.И. К вопросу об особенностях собственной фотопроводимости кристаллов моноселенида галлия. // Azerbaijan Journal of Qafqaz University-Physics, 2013, v.I, № 1, p.16-27
- 30.Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Гасанов Я.Г., Рагимова Н.А., Рзаев Р.М. Влияние электрического поля на электропроводность кристаллов InSe и InSe:Dy. // Неорганические материалы, 2013, т.49, № 12, с.1277-1284
- 31.Абдинов А.Ш., Рзаев Р.М., Амирова С.И., Бабаева Р.Ф., Рагимова Н.А. Солнечные преобразователи на основе селенидов галлия и индия / Akademik В.М.Əsgərovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransının materialları, BDU, Bakı, 2013. s.47-48
- 32.Абдинов А.Ш., Рзаев Р.М., Амирова С.И., Бабаева Р.Ф., Рагимова Н.А. Кристаллы $A^{III}B^{VI}$, как перспективные материалы для полупроводниковой опто- и фотоэлектроники / “Fizikanın müasir problemləri” VII Respublika konfransının materialları, “Opto,

- nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası”, BDU, Bakı, 2013. s. 89-90
33. Абдинов А.Ш., Рзаев Р.М., Амирова С.И., Бабаева Р.Ф. К вопросу об аномальных поведений электрофизических параметров слоистых кристаллов $A^{III}B^{VI}$ в области низких температур. / «Фундаментальные и прикладные вопросы физики». Труды Международной Конференции, посвященной 70-летию Физико-технического института НПО «Физика-Солнце» АН РУз. Ташкент. Узбекистан, 2013. С.58-59
34. Абдинов А.Ш., Рзаев Р.М., Амирова С.И., Бабаева Р.Ф. К вопросу о происхождении и возможностях управления нестабильностей параметров негатронных элементов на основе слоистых кристаллов $A^{III}B^{VI}$. / Материалы седьмой международной научно-технической конференции «Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе». МЭПП. Баку-Сумгаит, 2013. с. 135-136
35. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рагимова Н.А., Рзаев Р.М., Амирова С.И. Влияние температуры и легирования редкоземельными элементами на электрофизические параметры кристаллов моноселенида галлия. // Неорганические материалы. 2014, т.50, №4, с.362-367
36. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Рагимова Н.А., Рзаев Р.М., Амирова С.И. Влияние света на подвижность свободных носителей заряда в кристаллах моноселенида индия. // ФТП, 2014, том 48, вып. 8, с. 1009-1013
37. Абдинов А.Ш., Мехтиев Н.М., Бабаева Р.Ф., Рзаев Р.М. Многофункциональные фотоприемники на основе кристаллов n-InSe./ Тезисы докладов XXIII Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения. Москва. Россия. 2014. с.

**ВЛИЯНИЕ ДРЕЙФОВЫХ БАРЬЕРОВ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ
ЯВЛЕНИЯ В СЛОИСТЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ ТИПА
КРИСТАЛЛОВ МОНОСЕЛЕНИДОВ $A^{III}B^{VI}$**

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа посвящена одному из актуальных вопросов физики твердого тела - определению основных особенностей и выяснению физического механизма влияния дрейфовых барьеров различного происхождения на электронные явления, в пространственно-неупорядоченных кристаллических полупроводниках.

Она состоит из введения, шести глав, основных выводов и библиографического списка цитируемой литературы.

Экспериментально всесторонне исследовались основные характеристики электрофизических параметров; спадающая релаксация собственной фото- и темновой проводимости; индуцированная примесная фотопроводимость; индуцированный примесный пробой и связанные с ним электронные явления, а также термостимулированные проводимости различного происхождения в кристаллах $A^{III}B^{VI}$ со слоистой структурой.

На основе сравнительного анализа полученных экспериментальных результатов со сведениями в научной литературе о физических свойствах и кристаллического строения исследуемых полупроводников, фундаментальных физических представлений об исследуемых электронных явлениях, дано качественно-научное объяснение, а также выяснение новых возможностей практического применения исследуемых материалов и явлений.

В частности, показано, что для полного объяснения физического механизма этих явлений в изучаемых полупроводниках, помимо локальных энергетических уровней различного типа в запрещенной зоне, необходимо учитывать, также значительную роль существующих в их свободных энергетических зонах дрейфовых барьеров.

Предполагается, что предложенные научные объяснения и энергетические модели могут применяться для качественного объяснения основных особенностей электронных явлений, происходящих как в слоистых кристаллах типа моноселенидов $A^{III}B^{VI}$, так и в ряде стеклообразных халькогенидных полупроводниках.

Rovnag Mirza oglu Rzayev

**EFFECT OF DRIFT BARRIERS ON THE ELECTRON
PHENOMENON IN LAYERED SEMICONDUCTORS OF A^{III} B^{VI}
MONOSELENIDE TYPE CRYSTALS**

SUMMARY

The dissertation work is devoted to an actual issue for solid-state physics – to identification effect of the drift barriers with different origin, on the electron, or rather on the main electric and photoelectric properties and clarification its physical mechanism in partially irregularity semiconductor crystals.

Dissertation work contains introduction, six chapters, main results and a list of the used scientific literature.

The mobility of free charge carriers; the isothermal relaxation of intrinsic photoconductivity and the dark conductivity; induced impurity photoconductivity; impurity breakdown induced by the different methods and different types of electronic phenomena related to it; thermostimulated conductivity with different origin are experimentally studied in layered semiconductors of A^{III} B^{VI} monoselenide type crystals.

The results obtained experimentally was qualitatively explained by the study of physical properties of semiconductors and crystal structure data available in the scientific literature, as well as the study of the fundamental physical concepts of electronic events, taking into account the quality of scientific explanation, based on a comparative analysis, as well as the possibilities for practical application of the new events and materials was found.

It is found out that to clarify the physical mechanism of each of these events; it is necessary take into consideration the role of localized energy levels in the forbidden zone with the various types, as well as the role of drift barriers located in free energy zones of investigated semiconductors.

It is shown that the proposed scientific explanations and energy models, can be applied to explain the main features of different electron phenomnon occurring in layered semiconductors of A^{III} B^{VI} monoselenide type crystals, as well as crystals of glassy chalcogenide semiconductors.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

РОВНАГ МИРЗА ОГЛЫ РЗАЕВ

**ВЛИЯНИЕ ДРЕЙФОВЫХ БАРЬЕРОВ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ
ЯВЛЕНИЯ В СЛОИСТЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ ТИПА
КРИСТАЛЛОВ МОНОСЕЛЕНИДОВ $A^{III}B^{VI}$**

2211.01 – Физика твердого тела

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени доктора
наук по физике**

БАКУ - 2014