Ош мамлекеттик университети

Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер Академиясынын
Түштүк бөлүмүнүн А.С. Жаманбаев атындагы жаратылыш байлыктары
институту

Жалал-Абад мамлекеттик университети

К.01.19.599 диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда
УДК 535.548.

Орозбаева Айнагул Асланбековна

Жегич-галоиддик кристаллдардагы радиациялык нанотүзүлүштөгү дефекттердин ажыроосунун иондук-диффузиялык кинетикасын изилдөө

Адистиги 01.04.07– конденсирленген абалдардын физикасы

Физика-математика илиминин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип
алуу үчүн жазылган диссертациянын
авторефераты

Ош-2021

Диссертациялык жумуш Ош мамлекеттик университетинин Эксперименталдык жана теориялык физика кафедрасында аткарылган.

Илимий жетекчи: **Арапов Байыш,** Россия табият таануу илимдер академиясынын академиги, КРдин илимине эмгек сиңирген ишмер, физика-математика илимдеринин доктору, профессор

Расмий оппоненттер: **Юлдашев Носиржон Хайдарович,** Турон илимдер академиясынын академиги, физика-математика илимдеринин доктору, Фергана политехникалык институтунун физика кафедрасынын профессору (Өзбекистан, Фергана шаары)

Кадыров Кудайберди Сайдиевич, физика-математика илимдеринин кандидаты, КРнын улуттук илимдер академиясынын түштүк бөлүмүнүн окумуштуу катчысы (Кыргызстан, Ош)

Жетектөөчү мекеме: Андижан мамлекеттик университетинин физика кафедрасы, 170100, Өзбекистан республикасы, Андижан шаары, Университет көч., 129

Диссертациянын коргоосу 2021-жылдын «17-декабрь» күнү саат 10-00дө Ош мамлекеттик университетине, Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын түштүк бөлүмүнүн жаратылыш ресурстары институтуна жана Жалал-Абад университетине караштуу физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын коргоо боюнча түзүлгөн К 01.19.599 диссертациялык кеңештин жыйынында корголот.

Дареги: Кыргызстан, 723500, Ош шаары, Ленин көчөсү, 331, 203- ауд.

Диссертациянын коргоосунун zoom-webinar дан онлайн трансляциялоонун идентификациялык коду: https://vc.vak.kg/b/k01-wvo-b1l-2lm

Диссертация менен Ош мамлекеттик университетинин борбордук китепканасынан жана диссертациялык кеңештин osh.su.kg сайтынан таанышууга болот.

Автореферат 12-ноябрь 2021-жылы жөнөтүлдү.

Диссертациялык кеңештин окумуштуу катчысы,
ф.-м.и.к., доцент Бекешов Т.О.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Катуу телолорду изилдөө, биринчиден, ядролук реакторлордо кандай дефектер бузулса, иондук кристаллдарда дагы радиациянын таасиринен ошондой эле дефекттер пайда болгондуктан, оптикалык тунук зат, моделдик объект катары изилдөөгө өбөлгө түзүүчү материал, экинчиден иондук кристаллдардагы түстөнүү борборлорунун негизинде түзүлгөн компьютердин эстери, кадимки эстерге караганда бир нече эсеге көп маалымат сактагандыктан, аларды компьютердин эси катары колдонулушу, үчүнчүдөн дозиметрдик куралдарда кенири колдонгондуктан, иондук кристаллдарды изилдөө актуалдуу.

Катуу заттардын көпчүлүк касиеттери, ал заттардагы радиациялык дефекттердин бири-бирине айлануу жана жок болуу процесстери менен аныкталат. Жегич-галоиддик кристаллдардагы радиациялык дефекттердин термикалык жоголуусу көптөгөн окумуштуулар тарабынан кеңири изилденген (Ч.Б. Лущик, В.Б. Антонов-Романовский, В.М. Лысицин, Ф.Н. Заитов, Ю.Л. Луканцевер, А. Алыбаков, М.М. Кидибаев, Б. Арапов, М.М. Тайиров, К. Осмоналиев, Ы. Ташполотов, М.Ч. Осконбаев ж.б.). Радиациялык дефекттердин жоголуу процессинде бир түрдүү дефекттердин экинчи бир түрдөгү дефекттерге айлануусу, б.а. орто аралык, кыска убакытка жашаган нано түзүлүштөгү дефекттерден түзүлөт жана алар катуу заттардагы физикалык процесстердин өзгөчөлүктөрүн аныктайт. Мына ошондуктан, мындай кыска убакытта жашаган орто аралык нанотүзүлүштөгү дефекттердин пайда болушун жана алардын ролун аныктоо кристаллофизиканын актуалдуу маселелеринин бири болуп эсептелет жана менин изилдөөмдөгү негизги багыттардын бири болуп саналат.

Кванттык компьютердин жардамы менен маалыматты тез, кайра иштетүү менен катар анын коопсуздугунун же бекем сакталышынын өзгөү кванттык компьютердин өзгөчөлүгү болуп эсептелет. Ошондуктан кванттык компьютерлердеги түстөнүү борборлорунун эс катары пайдаланылышы катуу телолорду кайрадан изилдөөгө жана андагы электрондук түстөнүү борборлорунун курамын аныктоо жана структурасын, бош туктар менен байланышкан механизмдердин, кинетикасын, түстөнүү борборлорунун кайра түзүлүшүн аныктоо, изилдөө актуалдуу маселе.

Диссертациянын темасынын приоритеттүү илимий багыттар, ири илимий программалар (долбоорлор), билим берүү жана илимий мекемелер тарабынан жүргүзүлүүчү негизги илимий-изилдөө иштери менен болгон байланышы. Диссертациялык жумуш Ош мамлекеттик университетинин жана КР билим берүү жана илим министрлигинин алдындагы иновациялык технологиялар жана илим департаметинин илим

изилдөө иштеринин планындагы № ОФГН 031 2015-2020- жылдарындагы каржылаган проект боюнча аткарылган.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери. ЖГКдагы радиациялык нанотүзүлүштөгү дефекттердин пайда болуу, бири-бирине айлануу, өз ара ажыроосунун иондук-диффузиялык кинетикасын изилдөө менен бирге нано түзүлүштөгү дефекттердин курамын жана түзүлүштөрүн аныктоо.

Бул максатка жетүү үчүн төмөнкүдөй милдеттерди аткаруу керек:

- Түстөнүү борборлорунун жана жаркыроо борборлорунун пайда болуу тобунун структураларын изилдөө.
- Квазибөлүкчөлөр үчүн матрицалар жана группалар теориясын колдонуп, электрондук түстөнүү борборлорунун структуралары жана алардын мүмкүн болгон, бири-бирине айлануу жана пайда болуу процесстери түшүндүрүлгөн.
- Теориялык жол менен жана ЭПР ыкмаларын колдонуу менен, аралык дефекттердин структураларын аныктоо.
- Иондук кристаллдардагы аралык жана кыймылдуу диффузиялык дефекттер үчүн кинетикалык теңдемени жана анын чечимин алуу.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы.

- Бир-бирине жакын аниондук боштуктарда электрондук борборлордун кээ бир түрлөрүнүн болушун алдын ала аныктоо изилденген.
- Түстөнүү борборлордун жана жаркыроо борборлордун группаларынын өзгөртүп түзүүсүнүн структурасын изилдөө, иондук кристаллдардагы электрондук түстөнүү борборлорунун мурда белгисиз болгон өзгөчөлүгүн жана бири-бирине айлануусунун закон ченемдүүлүгү аныкталган.
- Теориялык аныктоонун негизинде квазибөлүкчөлөрдө электрондук түстөнүү борборлордун структуралары, алардын мүмкүн болгон өзгөртүп түзүүлөрү жана борборлордун бири-бирине айлануусу иондук-электрондук квазибөлүкчөлөрдүн борборго жакындагандыгы же алыстап кеткендигинен көз карандылыгы алынган.
- 290-350К температура аралыгындагы термикалык релаксация учурунда, Br_a^- тазаланбаган KCl-Ag (0,50 моль%) кристаллынан $Ag_a^-.....V_c^-$ бөлүнүп, аларды туруксуз ортомчу дефекттерге айландырып, радиациялык $Ag_c^{++}(Br)$, $V_2(Br)$ жана $V_{2A}(Br)$-борборлору менен кыймылдуу V_c^- боштуктар өз ара аракеттенишет. Алардан электрондук F, F_A, Ag_c^0, Ag_a^- борборго ажыроого алып келүүчү, $V_F(Br)$ кыймылдуу көзөнөктүк борборлору бөлүнүп чыгат.
- Радиациялык дефекттердин термикалык ажыроосунун кинетикасы иондук кристаллдардагы радиациялык түстөнүү борборлорунун баштапкы концентрациясы менен диффузиялык кыймылдуу дефекттердин катышы аркылуу аныкталаары кинетикалык тендеменин жана изотермикалык абал үчүн ал тендеменин чечиминин чыгарылышы менен тастыкталган.
- ЖГКдагы түстөнүү борборлордун нурдануусунун өчүүсүнүн кинетикасынын ар кандай өзгөчөлүктөрү түстөнүү борборлордун баштапкы

концентрациялары менен кыймылдуу дефекттеринин концентрациясынын ортосундагы ар кандай катыштардын негизинде аныкталган.

Алынган натыйжалардын практикалык маанилүүлүгү.

-Электрондук эсептөөчү машиналардын эсин түзүү үчүн изилдөөчү материал катарында колдонууга мүмкүн. Нанотүзүлүштөгү түстөнүү борборлорунун термикалык ажыроосуна таасир берүүчү квазибөлүкчөлөрдүн аныкталышы, катуу телолордун физикалык касиеттерин башкарууда пайдаланылышы мүмкүн.

Бул диссертациялык изилдөө фундаменталдык мүнөзгө ээ.

-Иондук кристаллдардагы нано түзүлүштөгү кошулмалуу жана өздүк дефекттердин курамы жана түзүлүш структурасы изилденип, аныкталды. Жыйынтыгы автордук күбөлүктөрдө (Кыргызпатент, №3645, 24.06.2019; №3618, 15.05.2019) чагылдырылган.

Диссертациянын коргоого коюлуучу негизги жоболору.

1. Кристаллдардын структуралык-сезгичтик мүнөзүн эске алып, ЖГКдагы нанотүзүлүштөгү дефекттердин ажыроосунун теориялык иштеп чыгуусунун жыйынтыгы
2. ЖГКдагы электрондук-түстөнүү борборунун өз ара айлануусунун закон ченемдүүлүктөрүн иштеп чыгууга мүмкүнчүлүк берген жаркыроо борборлорун жана түстөнүү борборлордун кайра жаралуусундагы түзүлүшүн изилдөөнүн жыйынтыгы
3. Радиациялык дефектердин термикалык ажыроосунун кинетикасы иондук кристаллдардагы радиациялык түстөнүү борборлорунун баштапкы концентрациясы менен диффузиялык кыймылдуу дефектердин катышы аркылуу аныкталаары кинетикалык тендеменин жана изотермикалык абал үчүн ал тендеменин чечиминин чыгарылышы аныкталган.
4. ЖГКдагы түстөнүү борборлордун нурдануусунун өчүүсүнүн кинетикасынын ар кандай өзгөчөлүктөрү түстөнүү борборлордун баштапкы концентрациялары менен кыймылдуу дефекттеринин концентрациясынын ортосундагы ар кандай катыштар ал процесстин кинетикасын аныктайт.
5. Алынган эксперименталдык жана теориялык аныктамалар жегич-галоиддик кристаллдардагы нано- жана микроструктуралык дефекттердин түзүлүшүн жана өзгөрүү процессинин закон ченемдүүлүгүн аныктоого мүмкүнчүлүк берет жана иондук кристаллдардын прикладдык колдонуусунда чоң мааниге ээ.

Изденүүчүнүн жеке салымы. Диссертациядагы илим изилдөөнүн обьектисин, усулун аныктоо жана изилдөөнүн максаттарын коюу илимий жетекчиси ф.-м.и.д., профессор Б. Араповго таандык. Бардык илимий макалалардагы баяндамалардын жасалгаланышы жана басмага даярдалуусу авторлошторго (Т.Б. Арапов, Б. Каденова, Аманбай к. А., Г. Кайназарова, С.

Какиев, А. Садыкбекова ж.б) таандык болуп, ал эми негизги жыйынтыктары А.А. Орозбаевага тиешелүү.

Диссертациянын натыйжаларын апробациялоо. Диссертациялык жумуштун негизги жыйынтыктары төмөнкүдөй илимий конференцияларда жана семинарларда баяндалган жана талкууланган:

- ОшМУнун иондук кристаллдардын физикасы илимий лабораториясындагы кафедралар аралык ар жылы өтүп туруучу илимий семинарларларында (2016-2021- жылдар, Ош шаары);
- XI Иссык-Кульская международная школа-конференция по радиационной физике твердого тела SCORPh-2015, (Иссык-Куль-2015).
- 12-я Республиканская научно- практическая конференция «Актуальная проблемы образовательного процесса в школе и вузе», посвященная 70-летию профессора Э. Мамбетакунова (Бишкек-2015);
- Международная конференция «информационные технологии и математическое моделирование в науке, технике и образование» Посвященной 75-летию академика А. Жайнакова и 20-летию кафедры «Информационные технологии и математическое моделирование имени академика А. Жайнакова» (Бишкек, 2016)
- ОшМУнун магистратура жана PhD докторантура бөлүмү тарабынан уюштурулган "Магистратуранын келечеги жана учурдагы маселелер" аттуу илимий-практикалык конференция (Ош, 2017-ж.)
- Международная научная конференция посвященной 60-летию профессора Р.У. Алиева, Андижанский государственной университет, Республика Узбекистан. (Андижан, 2018-ж.).
- Ош Технологиялык университетинде М.А. Асановдун жаркын элесине жана "Физика" кафедрасынын 25 жылдык юбилейине арналып уюштурулган "Билим берүү жана илимдеги физика-техникалык проблемалар" аттуу республикалык илимий-практикалык конференция (Ош, 2018-ж.)
- IV (2018 г.) и V (2020 г.) Международные конференции по "Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах", Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан. (Фергана).
- I Международный научный конгресс «Кыргызско-турецких и тюркоязычных стран по естественным и медицинским наукам» (21-24 апрель 2019г. г. Ош).
- Международной научно-практический конференции посвященной 70-летию профессор Ж. Арзиев, "Наука и инновационные технологии – основа развития Кыргызской Республики" (11-12 октября 2019 г., г. Ош).

Диссертациянын натыйжаларынын жарыяланышы. Диссертациянын негизги илимий жыйынтыктары 18 макала жана 2 автордук күбөлүктө чагылдырылган. Диссертациянын негизин Кыргыз Республикасынын

жогорку аттестациялык комиссиясы тарабынан каттоодон өткөн илимий журналдарда 16 макала, ал эми 2 макала “Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований” журналында (импакт – фактор РИНЦ (2016)-0,764 жана (2020)-0,564, Россия, Москва шаары) жарык көргөн. Жалпы топтогон баллы 220дан ашык.

Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Жалпысынан диссертациялык жумуш киришүүдөн, 3 баптан, жыйынтыктоодон жана колдонулган адабияттардын тизмесинен туруп, жалпы көлөмү 151 бет.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө диссертациялык изилдөөнүн актуалдуулугу, максаты, жумуштун илимий жаңылыктары, алынган жыйынтыктардын практикалык мааниси жана жумушту коргоого алып чыгылуучу негизги жоболор берилген.

Диссертациянын “ЖЕГИЧ-ГАЛОИДДИК КРИСТАЛЛДАРДАГЫ РАДИАЦИЯЛЫК ДЕФЕКТТЕР” биринчи бапы 2 параграфтан туруп, биринчи параграфы 2 бөлүктөн, ал эми экинчи параграфы 1 бөлүктөн жазылган.

Негизинен **биринчи бапта** жегич-галоиддик кристаллдардагы өздүк жана кошулмалуу дефекттер, алардын түрлөрү жана аларда болуучу процесстер адабияттык изилдөөлөрдүн негизинде анализделген.

“ИЗИЛДӨӨ ОБЬЕКТТЕРИ ЖАНА МЕТОДДОРУ” аталышындагы **экинчи бап** “изилдөөнүн обьекти” жана “изилдөө методдору” деген эки параграфтан туруп, ар бир параграф өзүнчө бөлүмдөрдөн куралган. Бул бапта жалпысынан изилдөө обьекттери, оптикалык жана термикалык ыкмалар менен алынган изилдөөлөр берилген.

Иондук кристаллдардагы түстөнүү борборлорунун жутулуу жана нурдануу спектрлери каралып, жегич-галоиддик кристаллдардагы түстөнүү борборлорунун термикалык жок болуу процессин аныктоо методу, нано- жана микродефекттерди изилдөө методу, радиациялык түстөнүү борборлорунун нурдануусунун өчүүсүн изилдөө методдору кеңири белгиленип, көрсөтүлгөн.

Диссертациянын негизги илимий жыйынтыктары **“**ЖЕГИЧ-ГАЛОИДДИК КРИСТАЛЛДАРДАГЫ РАДИАЦИЯЛЫК ДЕФЕКТТЕРДИН АЖЫРООСУНУН ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК НЕГИЗИ**”** аталышындагы **үчүнчү бапта** келтирилген. Үчүнчү бап 7 параграфтан туруп, алдынкы 4 параграфта каралган кристаллдарда дефекттердин термикалык жок болуусу изилденген маселенин коюлушу баяндалып, ал эми акыркы 3 параграфта алынган негизги жыйынтыктар көрсөтүлүп, түшүндүрүлгөн.

Ag^+ иону менен кошулган жегич галоиддик кристаллдарды (ЖГК) рентгендик нурдантууда бир катар электрондук жана көзөнөктүк түстөнүү

борборлору пайда болот. Ош мамлекеттик университетинде профессор Б. Араповдун жетекчилиги менен кристаллдарда, радиациянын натыйжасында пайда болгон микродефекттердин пайда болушун, ажыроосун жана бири-бирине айлануу механизмдерин изилдөөнүн комплекстик методун пайдаланып, кеңири изилденген.

Люминесценттик, оптикалык жана электрдик методдорду колдонуу менен, (Ag_c^{++}, V_2, V_{2A})-көзөнөктүк жана электрондук (F, F_A, Ag_c^0, Ag_a^-)-борборлордун термикалык ажыроо механизмдери жана KCl-Ag кристаллындагы рентгендик нурдануунун тассиринин натыйжасында рекомбинациялык люминесценциянын пайда болушу изилденген. Бул кристаллдардагы көзөнөктүк жана электрондук түстөнүү борборлордун термикалык ажыроосу үч температуралык аралыктарда болот (KCl-Ag үчүн: I-300-350K, II-350 ÷ 410K, III-410 ÷ 550K).

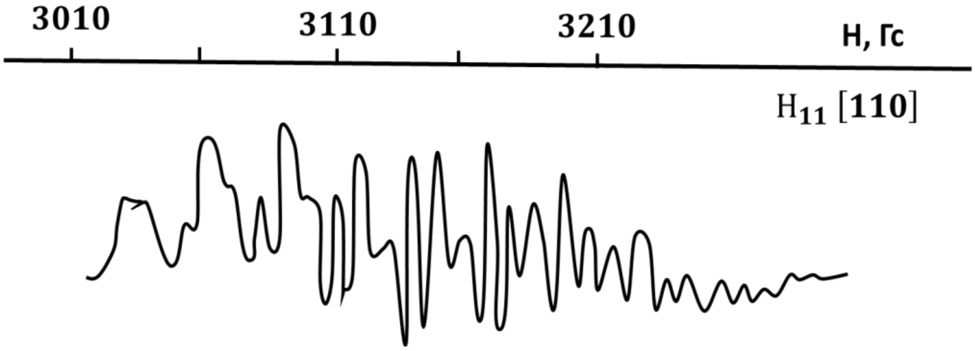
Жогорку иштердеги изилдөөнүн натыйжасында аныкталгандай, V_c^- менен Ag_c^{++}-,V_2-көзөнөктүк борборлорунун өз ара аракеттешүүсүнүн натыйжасында кыймылдуу V_F жана H- микродефекттери пайда болот. Бул пайда болгон ортомчу кыска убакыттык аракет этүүнүн натыйжасында түзүлгөндүктөн, ал туруктуу эмес болгондуктан термикалык релаксациянын натыйжасында убакыттын кыска аралыгында бөлүнөт. Ошол себептен, көзөнөктүк дефекттер менен кыймылдуу V_c^- катиондук вакансиянын өз ара аракеттенишүүсүнүн механизмдери деталдуу тактала элек жана ортомчу дефекттердин структурасы аныктала элек.

Бул көйгөйдү чечүү үчүн ЭПР ыкмасы менен, KCl-Ag кристаллындагы баштапкы парамагниттик нурлануу жана ортомчу дефекттеринин структураларын изилденди. Ошондой эле KCl-Ag кристаллында камтылган ар кандай Ag^{109}, K^{39}, K^{39} Cl^{35}жана Br^{91} ядро менен байланышкан дефекттердин магниттик моменттеринин проекциясынын мүмкүн болгон теориялык маанилери эсептелген.

1-сүрөттө KCl-Ag кристаллындагы баштапкы дефекттердин ЭПР спектрлери жана алардын V_c^- менен өз ара аракеттенүүсүнүн натыйжасында пайда болгон кыска убакытта жашоочу микродефекттери (продуктулары) көрсөтүлгөн. 290 К температурада рентген нурлары менен нурданган жана 350 К чейин ысытылып (бөлүнүүнүн биринчи температуралык интервалы), андан кийин кристаллдардын кристаллдык огунун багытын H <110> өзгөрткөндө, ал багыт боюнча ЭПР спектрдин жаңы сызыктары байкалган (бул учурда ЭПРди ченөө H = 9,5G болгон 28 бирдей ортомчу сызыктардан турган) жана 125 К температурага чейин кескин муздатылган. Алдын ала ысытылбаган, бирок 120 К чейин муздатылган, 120 К ге чейин рентген нурланган KCl-Ag кристаллынын эки түрдү спектри байкалган. ЭПР

спектринде Н <110> багыты менен ченелген алты сызык үч саптан турган эки топко жана сегиз дублетке бириктирилген.

Айрым Ag_c^+-, $(ClBr)_{aa}^-$-иондор жана алардын агрегаты үчүн ЭПР спектрдик сызыктарынын бөлүнүшүнүн эсептөө натыйжалары 2-сүрөттө келтирилген. Көрсөтүлгөн микродефекттери үчүн ЭПР сызыгынын спектри 28 эквидистанттык сызыктан (а) тургандыгы аныкталган. Н <110> магниттик талаанын таасиринде ЭПР спектринин ар бир сызыктары жети сызыктан болуп группаларга ажыратылган.



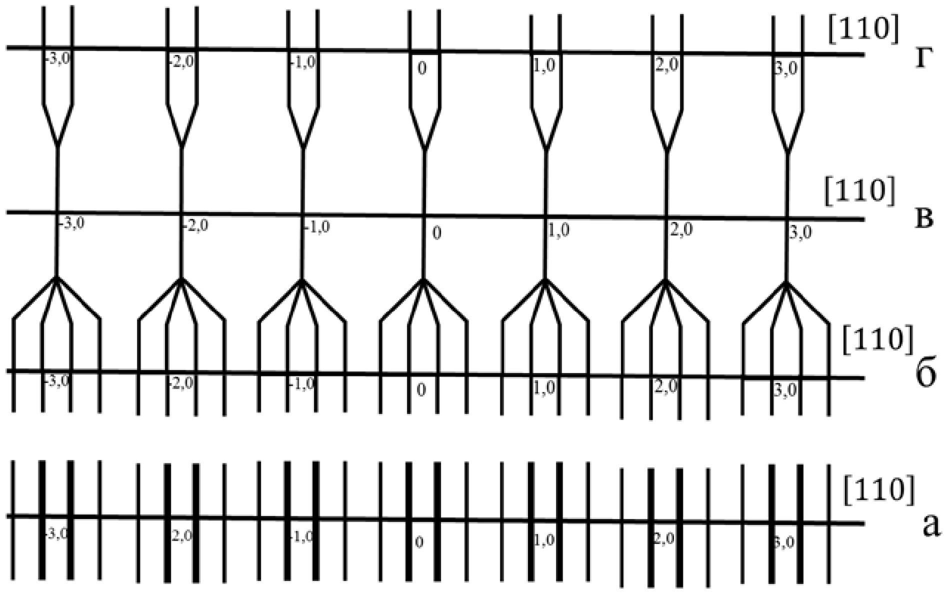
1-сүрөт. KCl-Ag кристаллынын ЭПР спектрлери (0,5 моль%); Рентгенизациялоодон кийин кристалл 350 К чейин ысытылып, андан кийин 125 К чейин кескин муздатылды

Ар бир группадагы спектралдык сызыктардын ажыроо турактуулугун өтө жука түзүлүш 138Гц ке барабар жана $(ClBr)_{aa}^-$ ядросу пайда кылган (а). Бул ЭПР спектри эки сызыкка ажырап (турактуулугу 9,5Гц Ag_c^+ пайда болот) (г), Н <110> чекитиндеги ЭПР спектрдик сызыктарынын жети сызыктын өтө жука түзүлүш (ӨЖТ) турактуулугу барабар болгон Ag_c^+ (г) ядро менен 2 багытка жана ӨЖТ турактуулугу 9,5Гс барабар болгон Ag_c^+ (г) ядро менен төрт сапка, ал эми ӨЖТ турактуулугу 9,5Гс барабар болгон K_c^+ (б) төрт сапка бөлүнөт. Мындан тышкары, $\left[Ag_c^+(BrCl)_{aa}^-V_c^-\right]$ дефекти үчүн 14 бөлүнгөн 14 сызык $\left[K_c^+(BrCl)_{aa}^-V_c^-\right]$ дефекти үчүн бөлүнгөн 14 сызык менен дал келет (2-сүрөттөгү б жана г салыштыр).

Ошондуктан эксперименталдык изилдөөдө 28 гана сызык байкалат. Кристалл ысыганда, эгерде V_c^- “калийлик” учтары (а) бар $\left[(Br_a^-Ag_c^{++}Cl_a^-K_c^+)\right]$ типтеги дефектке жакындап калса, K_c^+ иондор бош жерге өтүп, анда $\left[Br_a^-Ag_c^{++}Cl_a^-V_c^+\right]$ типтеги парамагниттик ортомчу дефекттер пайда болот. Cl_a^- ионуна салыштырмалуу Br_a^- ионунда электрондор азыраак болгондуктан, термикалык релаксациясы учурунда Br_a^- ионундагы электрондор Ag_c^{++} ионунда кармалып калат. Бул учурда $\left[Ag_c^+(BrCl)_{aa}^-V_c^-\right]$ (в) тибиндеги кыска

убакытта жашаган ортомчу дефект (промежуточный дефект) пайда болот. Бул дефекттер кыймылдуу V_F(Br) борборлорунан түзүлүп жылуулукка туруксуз жана тез ажырайт. Бул процесстердин реакциясын төмөнкүчө жазса болот:

$$\left[Ag_c^{++}Br_a^{-}Cl_a^{-}K_c^{+}\right]+V_c^{-}\rightarrow\left[Ag_c^{++}Br_a^{-}Cl_a^{-}V_c^{-}\right]\rightarrow\left[Ag_c^{+}(BrCl)_{aa}^{-}V_c^{-}\right]\rightarrow Ag_c^{+}+(BrCl)_{aa}^{-}V_c^{-}, \quad (1)$$



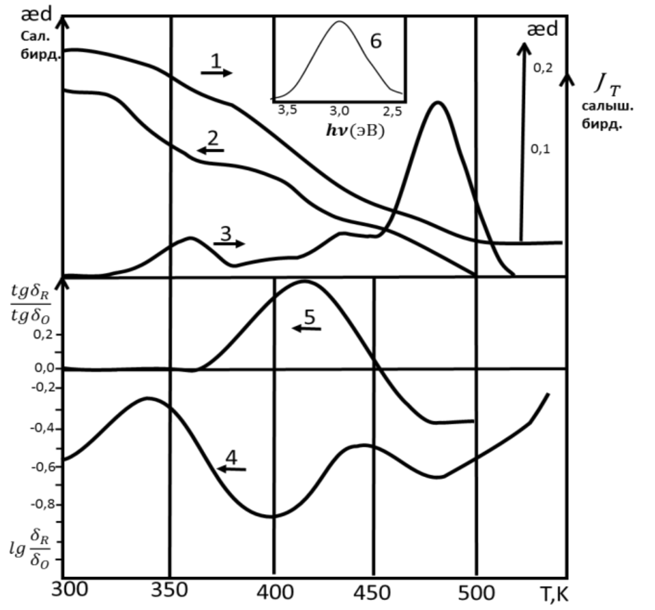
2-сүрөт. Төмөнкү типтеги дефекттер үчүн ЭПР спектрлери теориялык жактан эсептелген: а) $Ag_c^{+}+(BrCl)_{aa}^{-}V_c^{-}$ жана $K_c^{+}+(BrCl)_{aa}^{-}V_c^{-}$ б) $K_c^{+}(BrCl)_{aa}^{-}$ в) $(BrCl)_{aa}^{-}$; г) $Ag_c^{+}(BrCl)_{aa}^{-}$;

Эгерде вакансия, “калий” жана “күмүш” учтары менен болгон $\left[Br_a^{-}K_c^{+}Cl_a^{-}Ag_c^{+}\right]$ типтеги дефекттерге жакындаса, анда $\left[K_c^{+}Br_a^{-}Cl_a^{-}V_c^{-}\right]$ типтеги дефекттери, андан кийин $\left[Ag_c^{+}Br_a^{-}Cl_a^{-}V_c^{-}\right]$ дефекттери пайда болот. Бул ортомчу дефекттер дагы термикалык жактан туруксуз. Кристалл ысыганда, алар ыдырашып, $V_c^{-}(ClBr)_{aa}^{-}$ типтеги кыймылдуу дефекттерди пайда кылышат. Жалпысынан алганда, бул эки процесстин агым ыктымалдуулугу бирдей. Ошондуктан, кристалл ысыганда, $\left[Ag_c^{+}(BrCl)_{aa}^{-}V_c^{-}\right]$ жана $\left[K_c^{+}(BrCl)_{aa}^{-}V_c^{-}\right]$ аталган ортомчу дефекттери бир учурда пайда болот.

ЭПР спектрлеринин теориялык эсептөөлөрү көрсөткөндөй, мындай спектрлер бир эле учурда эки күмүш ионун камтыган $\left[V_c^{+}Cl_a^{-}Ag_c^{++}Br_a^{-}Ag_c^{+}\right]$ типтеги борборлорду берет. Бул комплекс Br_a^{-} ионунан тазаланбаган KCl-Ag кристаллындагы Ag_c^{0}-түстөнүү борборуна окшош. Чындыгында, мындай дефекттер үчүн ЭПР спектри эки топко бириккен алты сызыктан турат. Эки

топтогу сызыктардын аралыгы (0.52µ) ар бир топтогу ЭПР сызыктарынын ортосундагы аралыктан эки эсе көп (0.26µ).

Алынган жыйынтыктардын негизинде, 290-350К температура аралыгындагы термикалык релаксация учурунда, Br_a^- тазаланбаган KCl-Ag (0,50 моль%) кристаллынан $Ag_a^-.....V_c^-$ бөлүнүп, аларды туруксуз ортомчу дефекттерге айландырып, радиациялык $Ag_c^{++}(Br)$, $V_2(Br)$ жана $V_{2A}(Br)$-борборлору менен кыймылдуу V_c^- боштуктар өз ара аракеттенишет. Алардан электрондук F, F_A, Ag_c^0, Ag_a^- борборго ажыроого алып келүүчү, $V_F(Br)$ кыймылдуу көзөнөктүк борборлору бөлүнүп чыгат.



3-сүрөт. NaCl (ХЖТ) кристаллындагы изотермикалык эмес релаксациялык процесстер: V_2 (I), F (2), кристаллдын ТСЛ (3), 1,0 кГц жыштыкта өлчөнгөн салыштырмалуу иондук өткөрүмдүүлүктүн (ИП), диэлектрдик жоготуунун (ДП) (4) температурага көз карандылыгы, жана максималдуу J_T ТСЛ спектри.

3-сүрөттө NaCl кристаллы үчүн F, V_2 - борборлорунун термикалык түссүздөндүрүү (ТС) (1-, 2-ийри), ТСЛ (3-ийри), V_c^- салыштырмалуу концентрациясы (4-ийри) жана кристаллдардагы нейтралдуу комплекстердин салыштырмалуу концентрациялары (5-ийри) берилген. Бул процесстер үч температуралык баскычта жүрөт: “химиялык жактан таза” NaCl I- 550 - 590 K, II - 390 - 460 K, III - 460 - 550 K.

Химиялык жактан таза (ХЖТ) NaCl кристаллдарында алгач 330 K чейинки температурада V_c^- концентрациясы жогорулаганы, андан кийин 330-390К температуралык аралыгында V_c^- төмөндөгөнү, ал эми экинчи интервалда V_c^- концентрациясы жогорулап жана төмөндөгөнү байкалат.

Үчүнчү температуралык интервалда, V_c^- концентрациясы күчөйт. ХЖТ NaCl кристаллында ушул эле температуралык аралыкта F жана V_2 түстөнүү борборлоруна термикалык ажыроосу болуп жана спектралдык курамы V_F түстөнүү борборунун секириктик диффузиясынын (3,0 эВ) температуралык областындагы ТСЛдин спектри менен дал келген кристаллдын ТСЛ пайда болот (1-сүрөттөгү 6-ийрини караныз). Бул жыйынтык, ХЖТ NaCl кристаллдарында контролдоого мүмкүн болбогон Ag жана Ca түрүндөгү бир жана эки валенттүү кошулмалар бар экендигин көрсөтөт. ХЖТ NaCl кристаллдарындагы алынган жыйынтыктар, ар кандай катиондук аралашмалуу кристаллдардагы процесстерге окшош.
Ушундай эле изилдөөлөр KCl кристаллдары үчүн да жүргүзүлгөн.

Кошулмасыз жегич-галоиддик кристаллдардагы (ЖГК) нано түзүмдүү электрондук түстөнүү борборлорунан жөнөкөй F -, M -, R- борборлору үчүн гана жетишерлик деңгээлде электрондук состав аныкталган.

Татаалыраак нано түзүмдүү түстөнүү борборлордун жана жаркыроо борборунун курамын түздөн-түз эксперименттик жол менен аныктоо - бул өтө татаал маселе.

Ошондуктан түстөнүү борборлордун түзүлүшүн жана курамын изилдегенде, ар кандай кыйыр ыкмалар колдонула баштаган. Квазибөлүкчөлөр методунун идеяларын каралган, ага ылайык электрондук түстөнүү борборлорду электрондук-иондук квазибөлүкчөлөрү деп эсептөөгө болот.

Биздин илимий изилдөөбүздө NaCl кристаллдарындагы өздүк комплекстүү нано түзүмдүү электрондук-иондук квазибөлүкчөлөрдүн курамын изилдөөгө топтук ыкманы колдонууга аракет жасалды. Түстөнүү борборлордун жана жаркыроо борборлорунун мүнөздөмөсү катары $E_m^{æ}$ тиешелүү борборлордун оптикалык максималдык жутуу тилкесинин спектрдик абалы тандалган. Бул тандоо изилденип жаткан тутумдардын энергиясы алардын нано- жана микро түзүмүнө жана симметриясына түздөн-түз байланыштуу экендигине негизделген, мындан тышкары энергиясы төмөн абалда жөнөкөй түзүлүшкө жана симметрияга ээ. 1-таблицада рентген нурлары менен дүүлүктүрүлгөн NaCl кристаллынын жаркыроосу жана айрым түстөнүү борборлору үчүн $\Delta E_m^{æ}$ маанисин көрсөтүлгөн.
Люминесценцияга байланыштуу көптөгөн кубулуштарда чекиттик дефекттердин жана түстөнүү борборлордун кристаллдык торчолор боюнча жылышы жана кайра жайгашуусу байкалат. Бирок, борборлорду бири-бирине өткөрүү маселеси ачык бойдон калууда. NaCl-Ag кристаллындагы кошулмалуу дефекттердин электрондук түстөнүү борборлорунун жана жаркыроонун өзүнчө мультиплеттерде бири-бирине айланышы изилденген.

2-таблицада Рентген нурлары менен нурдантылбаган NaCl-Ag кристаллындагы айрым түстөнүү борборлору жана жаркыроо үчүн $E_m^{æ}$

маанилери берилген. Бул жерде бир түрдөн экинчи түргө өтүүдө $E_m^{æ}$ өзгөрүүлөрүнө туура келген кээ бир $\Delta E_m^{æ}$ маанилери да келтирилген.

1-таблица. Рентген нурлары менен нурдантылган NaCl кристаллынын жаркыроосунун айрым түстөнүү борборлору үчүн $\Delta E_m^{æ}$ маанилери

Дүүлүккөн борборлордун маанилери	$\lambda_m^{æ}$, (нм)	$E_m^{æ}$ (эВ)	$\Delta E_m^{æ}$ (эВ)		
Ag^+-	210	5,90	0,90		
А -	245	5,00			0,55
В -	275	4,45			
C_4 -	315	390	0,90		
$Д_1$ -	345	3,55		0,35	
Е -	365	3,55			0,55
К –	410	3,00		0,35	

2-таблица. Рентген нурлары менен нурдантылбаган NaCI кристаллынын жаркыроосунун айрым түстөнүү борборлору үчүн $\Delta E_m^{æ}$ маанилери

Дүүлүкпөгөн борборлордун маанилери	$\lambda_m^{æ}$, (нм)	$E_m^{æ}$ (эВ)	$\Delta E_m^{æ}$ (эВ)			
F-	465	2,65	0,35			
R-	600	2,05		0,60		0,90
M-	725	1,70	0,35	0,60	0,90	
N-	850	1,45	0,35			0,90
O-	1150	1,10				
P-	1450	0,85				
Q-	2500	0,50				

Ош мамлекеттик университетинин илимий лабораториясында жүргүзүлгөн эксперименталдык изилдөөнүн натыйжасында жегич галоиддүү кристаллдардагы радиациялык нурдануунун натыйжасында пайда болгон радиациялык микродефекттердин (түстөнүү борборлорунун) термикалык ажыроо процесси көп баскычтуу мүнөзгө ээ экендиги аныкталган.

Бирок, бул дефекттердин көп баскычтуу ажыроосуна алып келген процесстердин кинетикасы жана мүнөзү теориялык жактан негизделген эмес.

Катуу заттардагы дефекттерди термикалык ажыроо процессинин көп баскычтуу мүнөзүнүнүн математикалык моделин түзүү керек. Ал үчүн жогоруда белгиленгендей, бул процесстин белгилүү бир этабында ал токтоо керек жана андан кийинки этаптарда мындай процессти пайда кылган өзгөчөлүктөрдүн моделин түзүү жана аныктоо зарыл.

Рекомбинациянын диффузиялык теориясын колдонуп, корреляцияланган бөлүкчөлөрдүн жуптары үчүн радиациялык дефекттердин жоголуусунун дифференциалдык теңдемелер алынган.

Бирок, жогоруда айтылган теориянын негизинде түстөнүү борборлору менен кыймылдуу дефекттери коррелияцияланбаган учур үчүн каралган эмес.

Иондук кристаллдардагы генетикалык байланышы жок болгон дефекттердин термикалык жоголушу жогоруда каралган диффузиялык теорияда аныкталган эмес.

Генетикалык жактан өз ара байланышпаган түстөнүү борборлор менен кыймылдуу дефекттердин рекомбинациясынын диффузиялык теориясында каралган термикалык өчүүнүн көп стадиялуу ийрисин алынган эмес. Бул көйгөйдү чечүү үчүн, төмөнкүдөй рекомбинациялык процесстин диффузиялык теориясы пайдаланылган. Кыймылда болгон дефект менен түстөнүү борборлорунун рекомбинациялык процессинин айрым бир бөлүктөрү өз ара бири-бири менен генетикалык байланышта болгон корреляциялык жуптук катарында кароого болот жана анда мындай жуптуктар үчүн рекомбнациялык диффузиялык теориясын пайдаланып, анын кинетикасынын тартибин аныктоого болот.

Эгерде N - бул берилген типтеги толук ажыраган дефекттеринин концентрациясы, ал эми $(N - \Delta N_0)$ болсо, түстөнүү борборлору менен өз ара байланышкан кыймылда болгон бузуучу дефекттердин концентрациясы. рекомбинациядан кийин калган борборлордун концентрациясы -ΔN_0. Эгерде, $\frac{\Delta N_{01}}{N_0}$ түстөнүү борборлорунун концентрациясы N_0 караганда азыраак болсо, анда аракет эткен кыймылда болгон дефекттердин саны аз болгондуктун натыйжасында, процесс акырына жетпестен, белгилүү бир учурда токтоп калат. Мындай көз караштын негизинде, рекомбинациялык диффузиялык теориясы боюнча, жарым-жартылай корреляцияланган жуптуктар үчүн рекомбинациялык процесстин ылдамдыгынын тендемеси сунуш кылынган. Ал сунуш кылынган рекомбинациясынын ылдамдыгынын теңдемеси төмөнкүдөй:

$$-\frac{dN(t)}{dt} = 4\pi r_1 D_1 (N - \Delta N_{01}), \qquad (2)$$

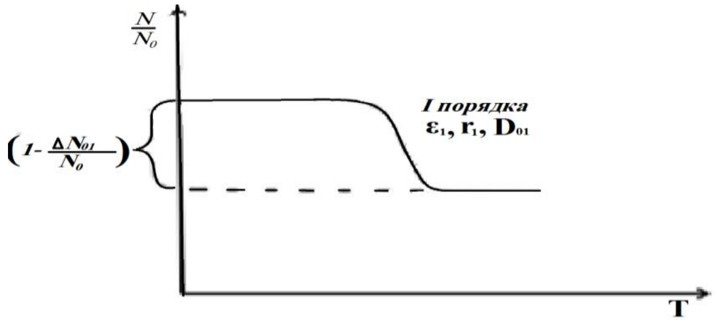
Изотермикалык шарттар үчүн $\beta = \frac{dT}{dt}$ жана $D = D_0 e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}$ экендигин эске алсак, бул теңдеме төмөнкүдөй болот:

$$-\frac{dN(T)}{dT}=\frac{4\pi r_0}{\beta}D_{01}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}(N-\Delta N_{01})\ , \qquad (3)$$

Бул дифференциалдык теңдеменин чечими төмөнкүдөй болот:

$$\frac{N}{N_0}=\left[\left(1-\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)exp\left(-\frac{-4\pi r_{01}}{\beta}D_{01}\int_{T_0}^{T}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}dT\right)\right]^{-1}+\left(\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right), \qquad (4)$$

Анда, бул туюнтма менен аныкталган процесс түстөнүү борборлорунун термикалык жоголуусунун биринчи стадиясына алып келет жана бул стадияда түстөнүү борборлорунун концентрациясынын төмөндөөсү $\left(\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)$ чейин болот. Себеби, температуранын жогорулашы менен биринчи кошулмадагы экинчи көбөйтүндү экспоненциалдык мүнөздө төмөндөйт жана нөлгө умтулат. Бул процесстин ийриси 4-сүрөттө көрсөтүлгөн.



4-сүрөт. Иондук кристаллдардагы түстөнүү борборлордун салыштырмалуу концентрациясынын температурадан көз карандылыгы

Термикалык жоголуунун биринчи этабынан кийин калган түстөнүү борборлордун андан ары ажыроосу үчүн кыймылда болгон иондук дефекттердин андан аркы аракеттери зарыл.

Борборлордун андан аркы ажыроосу ΔN_{01}-чондуктагы маанилерге ээ болгон факторлордон, б.а. дефекттердин термикалык жоголуусунун биринчи этабынан кийин калган борборлордун концентрациясынан көз каранды.

Айрым учурларды карап көрөлү:

1) Эгерде ΔN_{01}-түстөнүү борборлор менен өз ара байланышкан кыймылдуу дефекттердин жуптугу болсо, анда термикалык жоголуу процессинин кинетикасынын экинчи стадиясы биринчи тартиптеги реакция (мономолекулярдык кинетика) боюнча жүрөт. Бул учурда, мындай корреляцияланган жуптуктар үчүн төмөнкүдөй эки учур болушу мүмкүн.

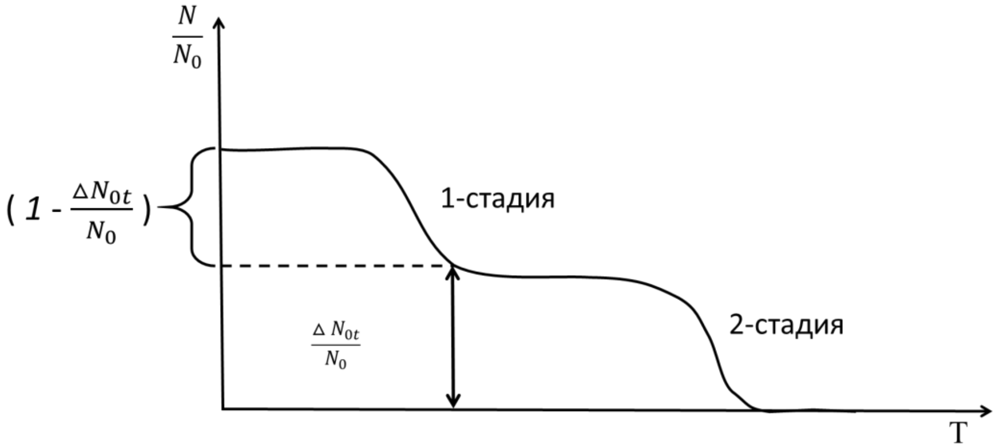
1а) Бул учурда, түстөнүү борборлорунун бөлүнүүсүнө алып келген процесстин экинчи стадиясы, түстөнүү борбору менен кыймылда болгон

дефекттин өз ара аракеттенүүсү мурдакы биринчи стадияда каралгандай болот. Бирок, бул учурда, экинчи стадиядагы түстөнүү борборлорунун жоголуусуна алып келген процесс, б.а. кыймылда болгон дефекттердин түстөнүү борборлору менен өз ара аракеттенүүсү биринчи стадиядагыдай эле болот. Ал кыймылда болгон дефекттер термикалык релаксация учурунда пайда болот. Бул учурда, түстөнүү борборлорунун калган концентрацияларына ΔN_{01} аракеттенген, ошол эле типтеги коррелияцияланган дефекттердей болот, бирок калган комплементардык микродефекттерден түзүлөт жана ал дефекттер коррелияцияны нөлгө чейин алып келинип, термикалык жоголуу процесси акырына чейин жүргүзүлөт. Бул учурда, термикалык жоголуу эки стадияда болот, бирок эки стадиясында тең процесс биринчи тартиптеги реакцияда болот.

Бул учурда кинетикалык теңдеменин чечими төмөндөгүдөй түргө келет:

$$\frac{N}{N_0}=\left[\left(1-\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)exp\left(-\frac{-4\pi r_{01}}{\beta}D_{01}\int_{T_0}^{T}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}dT\right)\right]\times\left[exp\left(-\frac{4\pi r_{02}}{\beta}D_{01}\int_{T_0}^{T}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}dT\right)\right], \quad (5)$$

Термикалык релаксация процессинде термикалык жоголуусунун экинчи баскычы ошол эле типтеги коррелияцияланбаган дефекттер менен биринчи тартиптеги реакция боюнча акырына чейин барат. (5-сүрөттүн 1а-учуру).



1a учур: 1-этап: I-буйрук; $\varepsilon_1, r_{01}, D_{01}$, 2-этап: I-буйрук; $\varepsilon_1, r_{02}, D_{01}$,

1b учур: 1-этап: I-буйрук; $\varepsilon_1, r_{01}, D_{01}$, 2-этап: I-буйрук; $\varepsilon_2, r_{02}, D_{02}$,

5-сүрөт. Түстөнүү борборлордун корреляцияланбаган ("a" абалы) жана корреляцияланган ("b" абалы) дефекттерине салыштырмалуу температуранын көз карандылыгы.

1б) Ушул типтеги борборлор менен өз алдынча байланышкан башка типтеги кыймылда болгон дефекттер, термикалык жоголуунун биринчи баскычында түстөнүү борборлордун ажыроосуна алып келет жана $\varepsilon_2, r_{02}, D_{02}$ мүнөздөмөлөрүнө ээ. Бул учурда экинчи стадия дагы биринчи тартиптеги кинетика боюнча жүрөт. Мында, $\frac{\Delta N_{01}}{N_0}$ түстөнүү борборлорунун калган концентрациясына башка типтеги коррелияцияланган кыймылда болгон бузуучу дефекттер аракет этет: $\varepsilon_2, r_{02}, D_{02}$. Анда, эки баскычтуу ийри болуп, анын эки баскычы тең биринчи тартиптеги кинетика (мономолекулярдык кинетика) боюнча жүрөт (5-сүрөттүн 1б. –учуру).

$$\frac{N}{N_0} = \left[\left(1 - \frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)\exp\left(-\frac{4\pi r_{01}}{\beta} D_{01}\int_{T_0}^{T} e^{-\frac{\varepsilon_1}{kT}} dT\right) + \left(\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)\right] \times \left[exp\left(-\frac{4\pi r_{02}}{\beta} D_{02}\int_{T_0}^{T} e^{-\frac{\varepsilon_2}{kT}} dT\right)\right], \qquad (6)$$

2) Эгерде ΔN_{01}- түстөнүү борборлор менен кыймылда болгон бузуучу дефекттердин өз ара байланышы болбогон жуптуктар болсо, анда түстөнүү борборлорунун термикалык өчүүсүнүн экинчи стадиясы экинчи тартиптеги реакция боюнча, б.а. бимолекулярдык кинетика боюнча өтөт. Мындай түстөнүү борбору менен кыймылда болгон дефекттердин байланышы жок болгон жуптуктар үчүн төмөнкүдөй үч учурдун болушу мүмкүн.

2а) Түстөнүү борбору менен кыймылда болгон дефекттер корреляцияланбаган учур - бул термикалык жоголууга алып келген дефекттер биринчи этаптагы процессти пайда кылган дефектке окшош болот. Бирок, алардын арасындагы аралык алыс жайланышкан.

Бул учурда, түстөнүү борборлорунун калган концентрациясына $\frac{\Delta N_{01}}{N_0}$ биринчи стадиядагыдай эле дефекттер болот, бирок алар корреляцияланган эмес. Себеби, кыймылда болгон дефект менен түстөнүү борборлорунун арасындагы аралык дээрлик чоң болот. Анда чечим төмөнкүдөй:

$$\frac{N}{N_0} = \left[\left(1 - \frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)\exp\left(-\frac{4\pi r_{01}}{\beta} D_{01}\int_{T_0}^{T} e^{-\frac{\varepsilon_1}{kT}} dT\right) + \left(\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)\right] \times \left[1 + \frac{4\pi r_{02}}{\beta} D_{01}\Delta N_1\int_{T_0}^{T} e^{-\frac{\varepsilon_1}{kT}} dT\right], \qquad (7)$$

Мындай процесстин кинетикасы 6-сүрөттө көрсөтүлгөн (2а-учур).

2б) Эгерде түстөнүү борбору менен кыймылда болгон дефекттер корреляцияланган эмес учурда болсо. Мында ал дефекттер түстөнүү борборун термикалык жоголуусунун биринчи стадиясын пайда кылуучу дефекттерге окшош. Бирок ал дефекттер түстөнүү борборлору менен корреляция болбогон жана концентрациясы жетишээрлик көп болгон микродефекттерден пайда болот. Анда, түстөнүү борборлорунун термикалык

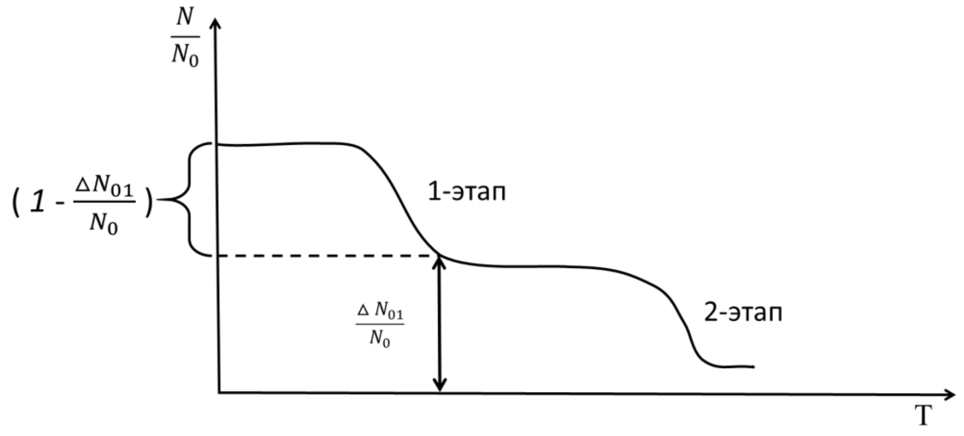
жоголуусунун экинчи стадиясы бимолекулярдык кинетика боюнча жүрөт. (6 -сүрөттүн 2б-учуру).

Бул учурдун теңдемеси төмөнкүдөй:

$$\frac{N}{N_0}=\left[\left(1-\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)\exp\left(-\frac{4\pi r_{01}}{\beta}D_{01}\int_{T_0}^{T}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}dT\right)+\left(\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)\right]\times\exp\left(-\frac{4\pi r_{02}}{\beta}D_{02}\int_{T_0}^{T}e^{-\frac{\varepsilon_2}{kT}}dT\right), \qquad (8)$$

2в) Бул учурда, кыймылда болгон дефекттер түстөнүү борборлору менен корреляцияланбаган башка типтеги дефекттер термикалык жоголуусунун биринчи баскычын пайда кылган дефекттерге окшош болушат, бирок алардын мүнөздөмөсү башка: $\varepsilon_2, r_{02}, D_{02}$. Анда бул процесстин теңдемеси төмөнкүдөй көрүнүштө:

$$\frac{N}{N_0}=\left[\left(1-\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)\exp\left(-\frac{4\pi r_{01}}{\beta}D_{01}\int_{T_0}^{T}e^{-\frac{\varepsilon_1}{kT}}dT\right)+\left(\frac{\Delta N_{01}}{N_0}\right)\right]\times\left(1+\frac{4\pi r_{02}}{\beta}\frac{D_{02}}{\Delta N_{01}}\int_{T_0}^{T}e^{-\frac{\varepsilon_2}{kT}}dT\right)^{-1}, \qquad (9)$$



2а учур: 1-этап: I-буйрук; $\varepsilon_1, r_{01}, D_{01}$, 2-этап: II-тартип; $\varepsilon_1, r_{02}, D_{01}$,

2б учур:1-этап: I-буйрук; $\varepsilon_1, r_{01}, D_{01}$, 2-этап: II-тартип; $\varepsilon_1, r_{01}, D_{01}$,

2в учур: 1-этап: I-буйрутма $\varepsilon_1, r_{01}, D_{01}$, 2-этап: II-тартип; $\varepsilon_2, r_{02}, D_{02}$,

6-сүрөт. Корреляцияланбаган ("a" абалы), корреляцияланган ("b" абалы) жана ар түрдүү мүнөздөмөлөргө ээ ("в" абалы) салыштырмалуу концентрациясынын температурадан көз карандылыгы

Бул учурда, түстөнүү борборлорунун термикалык жоголуусунун экинчи стадиясынын кинетикасы экинчи тартиптеги кинетика боюнча болот жана аны пайда кылган дефекттер биринчи стадияны пайда кылган дефекттерден айырмалуу болушат. (6-сүрөттөгү 2в-учуру).

КОРУТУНДУ

- Бир-бирине жакын аниондук боштуктарда электрондук борборлордун кээ бир түрлөрүнүн пайда болушун алдын ала аныктоого болотургандыгы көрсөтүлгөн.
- Түстөнүү борборлордун жана жаркыроо борборлордун группаларынын озгортуп тузуусунун структурасын изилдоо, иондук кристаллдардагы электрондук тустонуу борборлорунун өзгөчөлүгүнүн жана бири-бирине айлануусунун закон ченемдүүлүгү аныкталды.
- Матрица жана группа теориясын квазибөлүкчөлөргө карата колдонуп, электрондук түстөнүү борборлордун структуралары, алардын мүмкүн болгон өзгөртүп түзүүлөрү жана борборлордун бири-бирине айлануусу иондук-электрондук квазибөлүкчөлөрдүн түстөнүү борборуна жакындагандыгы же алыстагандыгы менен аныкталаары далилденди.
- Радиациялык дефектердин термикалык ажыроосунун кинетикасы иондук кристаллдардагы радиациялык түстөнүү борборлорунун баштапкы концентрациясы менен диффузиялык кыймылдуу дефектердин катышы аркылуу аныкталган кинетикалык теңдеме сунушталып жана изотермикалык абал үчүн ал теңдеменин чечими алынды.
- ЖГКдагы түстөнүү борборлордун нурдануусунун өчүүсүнүн кинетикасынын ар кандай өзгөчөлүктөрү түстөнүү борборлордун баштапкы концентрациялары менен кыймылдуу дефекттеринин концентрациясынын ортосундагы ар кандай катыштар ал процесстин кинетикасын аныктоосу көрсөтүлдү.
- Алынган эксперименталдык жана теориялык аныктамалар жегич-галоиддик кристаллдардагы нано- жана микроструктуралык дефекттердин түзүлүшүн жана өзгөрүү процессинин закон ченемдүүлүгүн аныктоого мүмкүнчүлүк береери жана иондук кристаллдардын прикладдык колдонуусунда чоң мааниге ээ экендиги көрсөтүлдү.

ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Каденова, Б.А. Упругие напряжения в щелочно-галоидных кристаллах [Текст] / Б.А. Каденова, А.А. Орозбаева // Сборник трудов XI Иссык-Кульская международная школа-конференция по радиационной физике твердого тела SCORPh-2015, –Бишкек: 2-8 августа 2015. –С.37-39.
2. Орозбаева, А.А. Кинетика процесса моно- и бимолекулярного тушения свечения центров в облученнных кристаллах [Текст] / А.А. Орозбаева, Аманбай к. Айсулуу, Т.Б. Арапов // Сборник трудов XI Иссык-Кульская международная школа-конференция по радиационной физике твердого тела SCORPh-2015, –Бишкек: 2-8 августа 2015. –С.43-45.
3. Орозбаева, А.А. Кинетика диффузионно-ионных процессов распада радиационных дефектов в ЩГК [Текст] / А.А. Орозбаева, Аманбай к. А., Т.Б. Арапов // 5-Международной научной конференции Физика и физическое образование: достижение и перспективы развития, –Бишкек: 21-22 сентября 2015. –С.25-28.
4. Арапов, Б. Методы измерения ионной электропроводности и диэлектрических потерь в ионных кристаллах и полупроводниках [Текст] / Б. Арапов, А.А. Орозбаева, А. О. Садыкбекова // 12-я Республиканская научно-практическая конференция Актуальные проблемы образовательного процесса в школе и ВУЗе, –Бишкек: 6 ноябрь 2015. –С.363-366.
5. Арапов, Б. Кинетика ионно-диффузионных процессов распада радиационных дефектов в ионных кристаллах [Текст] / Б. Арапов, А.А. Орозбаева, Т.Б. Арапов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, импакт – фактор РИНЦ (2016)-0,764, –Москва: 2016, – №8, часть 1,–С.30-32,
6. Арапов, Б. Люминесценция и распад радиационных дефектов в ЩГК [Текст] / Б. Арапов, А.А. Орозбаева, Г.Т. Кайназарова // Известия Кыргызского государственного технического университета имени И. Раззакова, –Бишкек: 2016, №3(39), часть 1, –С. 444-449.
7. Арапов, Т.Б. ЭПР первичных и промежуточных радиационных дефектов в кристаллах KCl-Ag [Текст] / Т.Б. Арапов, А.А. Орозбаева, С.З. Какиев // Известия Кыргызского государственного технического университета имени И.Раззакова, –Бишкек: 2016, –№3(39), часть 1, –С. 449-453.
8. Орозбаева, А.А. Механизмы термического распада радиационных дефектов в кристаллах KCl [Текст] / А.А. Орозбаева, Г.Т. Кайназарова // Вестник Ошского государственного университета, –Ош: 2017, Специальный выпуск (4), –С 258-262.
9. Кайназарова, Г.Т. Механизмы термического распада радиационно-наведенных центров окраски в кристаллах NaCl [Текст] / Г.Т. Кайназарова,

А.А. Орозбаева, С.З. Какиев // Вестник Ошского государственного университета, –Ош: 2017, Специальный выпуск (4), –С 253-256.
10. Термический распад и тушения свечения центров в пластических деформированных ионных кристаллах [Текст] / [Б. Арапов, Т. Б. Арапов, А.А. Орозбаева, О. Бектеева] // Известия Ошского технологического университета 1/2018, часть 1, –Ош: 2018, –С.168-172
11. Арапов, Т.Б. Роль дислокаций в тушение свечения центров в ЩГК [Текст] / Т.Б. Арапов, А.А. Орозбаева, У.Б. Абдукадырова // Известия Ошского технологического университета 1/2018, часть 2, –Ош: 2018, –С.129-132
12. Арапов, Б. Определение состава и структуры собственных наноструктурных дефектов в ионных кристаллах методом квазичастиц (ч. I) [Текст] / Б. Арапов, Т.Б. Арапов, А.А. Орозбаева // Материалы IV Международная конференция по Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах, –Фергана: 25-26 мая 2018, –С.35-38
13. Арапов, Б. Определение состава и структуры примесных наноструктурных дефектов в ионных кристаллах методом квазичастиц (ч. II) [Текст] / Б. Арапов, Т.Б. Арапов, А.А. Орозбаева // Материалы IV Международная конференция по Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах, –Фергана: 25-26 мая 2018, –С.38-41
14. Арапов, Б. Математическое моделирование отжига радиационных дефектов в ЩГК [Текст] / Б. Арапов, А.А. Орозбаева, Акылбек к. Э., А. Тагаева // Известия Ошского технологического университета, –Ош: 2019, №3,–С 65-69
15. Арапов, Б. Моделирование кинетики распада радиационно-наведенных дефектов в ионных кристаллах [Текст] / Б. Арапов, Т.Б. Арапов, А.А. Орозбаева // импакт – фактор РИНЦ (2016)-0,570, –Москва: Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 2. – С. 115-119
16. Квазиосциллирующие свойства нейтральных комплексных дефектов при термическом отжиге неметаллических кристаллов [Текст] / [А.О. Садыкбекова, А.А. Орозбаева, Т.Б. Арапов, Б. Арапов] // V Межконференция ОФЭЯПМНС, –Фергана, 14.11.2020, – С. 29-33
17. Some models of the kinetics of defect decay in ionic crystals [Текст] / [B. Arapov, A.A. Orozbaeva, Erkinbek kyzy M., K. Koshunbaeva] // ОшТУ Вестник, 2020, –№2, –С.123-129
18. Орозбаева, А.А. Кинетики термического распада радиационных дефектов в щелочно-галоидных кристаллах [Текст] / А.А. Орозбаева, А.К.

Курстанбекова, А. Джумабаева // Вестник Кыргызского государственного университета имени И. Арабаева, 2021, 2-часть, –С.190-195

АВТОРДУК КҮБӨЛҮКТӨР

1. Авторский свидетельство. №3645, Кыргызская Республика. Состав и структура примесных наноструктурных дефектов в ионных кристаллов / Б. Арапов, Т.Б. Арапов, А.А. Орозбаева: Бишкек. 24.06.2019
2. Авторский свидетельство. №3618, Кыргызская Республика. Состав и структура собственных наноструктурных дефектов в ионных кристаллов / Б. Арапов, Т.Б. Арапов, А.А. Орозбаева: Бишкек. 15.05.2019

А.А. Орозбаеванын “Жегич-галоиддик кристаллдардагы радиациялык нано түзүлүштөгү дефекттердин ажыроосунун иондук-диффузиялык кинетикасын изилдөө” деген темада 01.04.07– “конденсацияланган абалдын физикасы” адистиги боюнча физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын

Р Е З Ю М Е С И

Негизги сөздөр: Жегич- галоиддик кристаллдар, радиациялык дефекттер, микро- жана нанотүзүлүштөгү дефекттер, иондук диффузиялык кинетика, түстөнүү борбору, термостимуляциялык люминесценция, иондук-электрондук квазибөлүкчө, мультиплет, концентрациялык деформациялык-жылуулук туруксуздук.

Изилдөө обьектилери: *NaCl, KCl, NaCl-Ag* жана *KCl-Ag* жегич-галоиддик кристаллдарындагы радиациялык жол менен киргизилген электрондук түстөнүү борборлору.

Изилдөөнүн максаты: ЖГКдагы радиациялык нанотүзүлүштөгү дефекттердин пайда болуу, бири-бирине айлануу, өз ара ажыроосунун иондук-диффузиялык кинетикасын изилдөө менен бирге нано түзүлүштөгү дефекттердин курамын жана түзүлүштөрүн аныктоо

Изилдөөнүн методдору: Жегич-галоиддик кристаллдардагы түстөнүү борборлорунун термикалык жок болуу процессин аныктоо методу, иондук кристаллдардагы заряддалган жана нейтралдык нано- жана микродефекттерди изилдөө методу, жегич-галоиддик кристаллдардагы радиациялык түстөнүү борборлорунун нурдануусунун өчүүсүн изилдөө методу

Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы: Иондук кристаллдардагы нанотүзүлүштөгү кошулмалуу жана өздүк дефекттердин курамы жана түзүлүш структурасы изилденип, аныкталды. Электрондук эсептөөчү машиналардын эсин түзүү үчүн колдонууга мүмкүн болгон, анык бир физикалык мүнөздүү жаңы материалдарды иштеп чыгуу жана изилдөө үчүн катуу телолордогу энергиянын жутулуу трансформацияларынын жана радиациялык нурдануунун дозиметрлеринин критерийлери сунушталды.

Колдонуу даражасы же колдонуу боюнча сунуштар: Жумуш фундаменталдык мааниде болгону менен, алынган илимий жыйынтыктар техникада, өндүрүштөрдө колдонулушу мүмкүн.

Колдонуу жааты: Мындай маселелер илимдин кенири тармактарында, өзгөчө техникада кездешет.

РЕЗЮМЕ

Диссертации А.А. Орозбаевой на тему "Исследование ионно-диффузионной кинетики распада радиационных наноструктурных дефектов в ЩГК" на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07-"Физика конденсированного состояния"

Ключевые слова: Щелочно - галоидные кристаллы, радиационные дефекты, микро-и наноструктурных дефектов, ионно-диффузионная кинетика, центр окраски, термостимулирующая люминесценция, ионно - электронная квазичастица, мультиплет, концентрационная деформационная-термостабильность.

Объекты исследования: Радиационно наведенных центры окраски в щелочно-галоидных кристаллах NaCl, KCl, NaCl-Ag и KCl -Ag.

Цель исследования: Определение состава и структуры дефектов наноструктур наряду с изучением ионно диффузионной кинетики образования, взаимопревращения, распада дефектов радиационных наноструктурных дефектов в щелочно-галоидных кристаллах.

Методы исследования: Метод определения процесса термического разрушения центров окраски в щелочно-галоидных кристаллах, Метод исследования заряженных и нейтральных нано - и микродефектов в ионных кристаллах, Метод исследования затухания излучения центров радиационной центров окраски в щелочно-галоидных кристаллах

Полученные результаты и их новизна: Изучены состав и структура наноразмерных примесных и собственных дефектов в ионных кристаллах. Предложены критерии дозиметров поглощения энергии и радиационного излучения в твердых телах для разработки и исследования новых материалов с определенными физическими характеристиками, которые могут быть использованы для формирования памяти электронных вычислительных машин.

Степень применения или рекомендации по применению: Хотя работа имеет фундаментальное содержание, полученные научные результаты могут быть применены в технике, производстве.

Область применения: Такие проблемы встречаются во многих областях науки, особенно в технике.

SUMMARY

Dissertations of A. A. Orozbaeva on the topic “Research of ion-diffusion kinetics of the decay of radiation nanostructured defects in alkali-halide crystals ” for the degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences in the specialty 01.04.07 - " Condensed matter Physics”

Keywords: Alkali-halide crystals, radiation defects, micro-and nanoscale defects, ion-diffusion kinetics, color center, thermostimulating luminescence, ion-electron quasiparticle, multiplet, concentration deformation-thermal stability, generating deformation-thermal stability.

Objects of research: Radiation-guided color centers in alkali-halide crystals of NaCl, KCl, NaCl-Ag and KCl-Ag.

Purpose of work: Determination of the composition and structure of nanostructure defects along with the study of the ion-diffusion kinetics of formation, mutual transformation, and mutual decay of radiation nanostructure defects in alkali-halide crystals

Methods and apparatus of the study: A method for determining the process of thermal destruction of color centers in alkaline-halide crystals, a method for studying charged and neutral nano - and microdefects in ionic crystals, a method for studying the attenuation of radiation centers of radiation color centers in alkaline-halide crystals

The results obtained and their novelty: The composition and structure of nanoscale impurity and intrinsic defects in ionic crystals are studied. The criteria of dosimeters of energy absorption and radiation radiation in solids are proposed for the development and research of new materials with certain physical characteristics that can be used to form the memory of electronic computers.

Degree of application or recommendations for use: Although the work has a theoretical content, the obtained scientific results can be applied in engineering, production.

Scope of application: Such problems are found in many fields of science, especially in te

Басуугa берилди:

Көлөмү : 1,75 б.т. Буюртма № 16
Форматы 60х90 1/16. Нуска 100 даана

ОшМУнун “Билим” редакциялык-басма бөлүмү
Ош ш., Ленин к. 331.