

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ**

На правах рукописи

УДК 535.34:539.3/5

548.0(575.02(04))

БАЛБАКОВ ДЖОЛОМАН

**РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ
ПРОЦЕССЫ В ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ
КРИСТАЛЛАХ, ЛЕГИРОВАННЫХ
ТРЕХЗАРЯДНЫМИ ИОНАМИ**

Специальность 01.04.07 — физика конденсированного
состояния

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

БИШКЕК 2002

Работа выполнена в Кыргызском Техническом Университете
им. И. Раззакова

Научные руководители: ЛОБАНОВ Е. М. д.ф.-м.н.,
профессор, член-корр. АН БССР.
КИДИБАЕВ М. М. д.ф.-м.н.,
профессор

Официальные оппоненты: АРАПОВ Б. А. д.ф.-м.н.,
профессор;
ЧОРМОНОВ А.Б. к.ф.-м.н.,
доцент

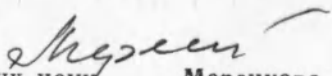
Ведущая организация: Уральский государственный
технический университет



Защита состоится «17 мая» 2002 г. в «15-30» часов
на заседании Диссертационного Совета Д 01.01.160 при
Институте физики НАН Кыргызской Республики по адресу:
720071, г. Бишкек, пр. Чуй 265-а.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной науч-
ной библиотеке НАН Кыргызской Республики.

Автореферат разослан «5» 04 2002 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета, 
кандидат физико-математических наук **Меренкова Л.К.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современный уровень научно-технического прогресса предъявляет все новые и более высокие требования к техническим материалам. Среди таких материалов важное место занимают кристаллические вещества, легированные различными микро примесями. Технический прогресс невозможен без создания новых материалов, обладающих уникальными электрическими, оптическими, тепловыми и другими эксплуатационными свойствами. Среди разнообразия кристаллических веществ особое место занимают ионные кристаллы, которые используются в оптических квантовых генераторах и усилителях, в голографии и нелинейной оптике, для изготовления призм инфракрасной спектроскопии, сцинтилляционных счётчиков и дозиметров ионизирующих излучений, ячеек памяти в быстродействующих вычислительных машинах и т.д. В связи с этим поиск новых эффективных оптических материалов многоцелевого назначения, то есть создание кристаллов с заранее заданными физическими свойствами в частности, щелочно-галодных кристаллов (ЩГК) с примесями, особенно трехзарядных (Me^{3+}) переходных и редкоземельных элементов, занимающих особое место среди активаторных примесей, представляет самостоятельный интерес для физики твердого тела в целом, но диэлектрические свойства ЩГК с примесью Me^{3+} пока что не изучены. Для восполнения этого пробела были исследованы кристаллы ЩГК, легированные трехзарядными примесями Me^{3+} , которые весьма актуальны в познавательном и в прикладном аспектах.

Актуальными остаются также вопросы взаимодействия радиации на материалы, природа стимулированных радиацией новых эффектов в конденсированных средах. Изучение радиационно-индуцированной дефектности с изменением физико-химических свойств материалов является фундаментальной задачей радиационной физики твердого тела. С другой стороны, возможность управлять дефектной структурой материалов создает благоприятные перспективы целенаправленного изменения свойств твердых тел в нужном направлении. Следовательно, исследование примесных и радиационно - стимулированных дефектов имеет важное значение для решения чисто технических прикладных задач.

Целью и задачей данной работы является проведение комплексных исследований, направленных на установление влияния трехзарядных ионов (Me^{3+}) переходных и редкоземельных элементов на электро - оптические свойства ЩГК и исследование радиационно - стимулированных процессов в них.

На основе анализа литературных данных и в соответствии с целью работы сформулированы следующие конкретные задачи исследования:

1. Вырастить монокристаллы ЩГК с примесями Me^{3+} в различных режимах: в вакууме-I тип, в атмосфере азота -II тип, в воздухе - III тип и установить возможность вхождения примеси Me^{3+} в решётку монокристалла.

2. Применить методы инструментального варианта нейтронно - активационного анализа для определения содержания каждого конкретного

примеса Me^{3+} (Al, Cr, Eu, Co, Sm, Sc, Y, Yb, La) в выращенном монокристалле ЦГК при использовании потока нейтронов ядерного реактора.

3. Используя экспериментальные данные по измерению температурных и частотно-концентрационных зависимостей электропроводности (σ), диэлектрических потерь ($tg\delta$), токов термостимулированной деполяризации (ТСД), оптического поглощения (K, cm^{-1}), определить параметры исследуемых комплексов.

4. Исследовать радиационно-стимулированные процессы в выращенных монокристаллах путём сравнительного анализа спектров поглощения, термостимулированной деполяризации в "чистых" и легированных примесями Me^{1+} , Me^{2+} , Me^{3+} монокристаллах ЦГК.

5. Используя результаты комплексных методов анализа предложить возможные модели образующихся центров в решетках ЦГК, легированных ионами Me^{3+} .

Таким образом, методами решения поставленной задачи являются комплексные исследования таких структурно-чувствительных характеристик исследуемой системы, как ионная проводимость (σ), диэлектрические потери ($tg\delta$), токи термостимулированной деполяризации (ТСД), оптическое поглощение (K, cm^{-1}).

Гипотеза. По теоретическим соображениям и по литературным данным Me^{3+} в поле кристаллической решетки ЦГК могут находиться в различных энергетических состояниях, определяемых структурой окружения Me^{3+} в регулярном узле, например, Me^{3+} в междоузельном положении, Me^{3+} в комплексе с катионной вакансией. Me^{3+} вблизи дислокаций и Me^{3+} в комплексе с анионными примесями. Это окружение может влиять на его спектроскопические свойства: на спектры поглощения и люминесценции, кинетику релаксации возбуждения примесных ионов, процессы миграции энергии в возбужденном кристалле, а следовательно, на основные рабочие характеристики материалов современной техники. В свою очередь, спектроскопические свойства активированных кристаллов тесно связаны с их структурой, характером распределения примесных ионов по энергетическим состояниям в кристаллической решетке, составом ближайшего окружения примесного иона, типом связи и различного рода атомными дефектами структуры.

Проведение систематических исследований по изучению структуры примесных центров ЦГК, в состав которых входят ионы Me^{3+} представляет и самостоятельный интерес для понимания общих закономерностей взаимодействия примесного иона с кристаллической решеткой, желательны по следующим причинам:

а) ион Me^{3+} в ЦГК находится в особых условиях по сравнению с другими изученными основами. Эта особенность заключается в том, что условия электронейтральности требуют, чтобы один внедренный в решетку ЦГК ион Me^{3+} приводил к образованию двух катионных вакансий;

б) результирующий заряд трехвалентного катиона (+2e) должен оказывать влияние на растворимость, миграцию и энергию ассоциации примеси. С этой

точки зрения интересны трехзарядные ионы редких земель и переходных металлов с достраивающимися электронными оболочками.

Поскольку в данной работе ставилась задача поиска примесных центров в исследуемых кристаллах и изучения их электро-оптических свойств, то анализ температурных зависимостей диэлектрических параметров дает информацию о структуре дефектов и их распределении по энергетическим состояниям. Среди легирующих примесей, существенно меняющих свойства ЦГК, важное место принадлежит трехзарядным редкоземельным ионам (Me^{3+}), встраивающимся в катионную подрешетку кристалла. Примеси Me^{3+} в ЦГК образуют электрические диполи "катионная примесь - катионная вакансия", перераспределение которых в переменном электрическом поле обуславливает диэлектрические потери $tg\delta$ в звуковом диапазоне частот. Измерения величины $tg\delta$ в зависимости от температуры и частоты очень важны для инженеров при создании электроаппаратуры. Физиков же больше интересуют микроскопические процессы, ответственные за диэлектрическую релаксацию, и такие параметры, как энергия активации, время релаксации. Таким образом для успешного применения неорганических диэлектриков в устройствах радио- и оптического диапазонов необходимо располагать их диэлектрическим спектром. Предполагается, что наличие иона Me^{3+} в ЦГК стимулирует возникновение

двух видов комплексов с катионной вакансией (V_c^-) в основном состоянии: $Me^{3+} - V_c^-$, $Me^{3+} - V_c^- V_c^-$. В частности активатор Me^{3+} введенный в LiF и KCl, должен увеличить скорость генерации F-центров в кристаллах $LiF + Al^{3+}$, $KCl + Cr^{3+}$ согласно предположению о возможности генерации анионных вакансий путем смещения галоидов в катионные вакансии (V_c^-) диполей $Me^{3+} - V_c^-$ и $Me^{3+} - V_c^- V_c^-$.

Научная новизна

1. Заключается в применении впервые комплексной методики, основанной на изучении σ , $tg\delta$, ТСД, K, cm^{-1} и радиационно-стимулированных процессов в кристаллах типа ЦГК: Me^{3+} .

2. Определены значения параметров измеренных σ , $tg\delta$, ТСД и влияние радиации на образующиеся комплексы $Me^{3+} - V_c^-$, $Me^{3+} - V_c^- V_c^-$.

3. Обнаружены новые термо- и радиационно-стойкие специфические примесные центры окраски с максимумами 4,50 и 3,30 эВ в спектрах оптического поглощения облученных кристаллов хлористого калия, активированных хромом Cr^{3+} .

4. Предложены модели образующихся специфических примесных центров исследуемой системы ЦГК с примесью Me^{3+} .

5. Показано, что при малых концентрациях ионов Me^{3+} в кристаллах ЦГК наблюдается значительное усиление линейной стадии накопления F-центров, что свидетельствует о каталитической роли примесных дефектов « $Me^{3+} - V_c^- V_c^-$ » в создании радиационных дефектов.

6. По данным измерения ионной проводимости (σ) установлено, что при образовании твердого раствора вычитания ЩГК с примесью Me^{3+} компенсация избыточного положительного заряда иона Me^{3+} осуществляется в основном катионными вакансиями (V_c^-).

7. Впервые применен метод с использованием инструментального варианта нейтронно-активационного анализа для определения содержания конкретных легированных примесей Me^{3+} (Al, Sm, Eu, Yb, Y, Sc, Cr, La, Tb) в LiF, KCl, NaCl).

Научно-практическая значимость.

Исследование электро-оптических свойств ЩГК, содержащих ионы Me^{3+} с достраивающейся электронной d-и f-оболочками имеют большой научный и практический интерес, не только для квантовой электроники, а и для ФТТ в целом. По теоретическим соображениям ион Me^{3+} в ЩГК находится в особых условиях по сравнению с другими изученными основами. Эта особенность заключается в том, что условия электронейтральности требуют, чтобы один внедренный в решетку ЩГК ион Me^{3+} вводил две катионные вакансии; результирующий заряд трехвалентного катиона (+2e) должен оказывать влияние на растворимость, миграцию и энергии ассоциации примесей. С этой точки зрения интересны трехвалентные ионы редких земель и переходных элементов с достраивающимися электронными оболочками, что является неизученными задачами.

Следует отметить, что помимо большого научного интереса для ФТТ, щелочно-галогидные кристаллы находят широкое применение в ряде прикладных задач. Сцинтилляторы и дозиметры ионизирующего излучения - известные примеры такого применения ЩГК. За последние годы к ЩГК и другим ионным соединениям сильно возрос интерес со стороны информационной и вычислительной техники. Проблема, связанная с поиском и исследованием быстро релаксирующих оптических систем, которые могут послужить основой создания многоканальных оптических вычислительных машин, является одной актуальных задач в физике.

Одним из наиболее важных применений легированных диэлектрических кристаллов является использование их в качестве активных сред для лазерной техники. Опыты последних лет свидетельствуют, что широта использования лазерной техники (сварка и обработка материалов, медицина и фотохимия, дозиметрия и фотобиология, хранение информации и оптической записи, в разделении изотопов и спектроскопии высокого разрешения и т.д.) предъявили к материалам этой техники настолько разнообразные требования, что удовлетворить их может лишь столь же разнообразный набор рабочих веществ. Эта задача может решаться путем поиска новых систем «кристалл-примесь» с примесными центрами окраски.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Разработанная методика по определению конкретных микропримесей Me^{3+} (Al, Sm, Eu, Yb, Y, Sc, Cr, La, Tb) в монокристаллах ЩГК, на основе применения нейтронно-активационного метода анализа, который является незаменимым для обнаружения и количественного определения очень малых концентраций

примесей элементов (обладает экспрессностью, высокой чувствительностью и точностью).

2. Результаты комплексного экспериментального исследования ионной проводимости (σ), диэлектрических потерь ($tg\delta$), тока термостимулированной деполяризации (ТСД), оптического поглощения (K, cm^{-1}) и радиационно-стимулированных процессов активированных кристаллов ЩГК с примесью Me^{3+} .

3. Интерпретация новых полос с максимумами 4,50 и 3,35 эВ в спектрах оптического поглощения примесных кристаллов KCl+Cr³⁺ и закономерности их изменения в зависимости от дозы облучения.

4. Влияние примеси Me^{3+} на эффективность радиационного накопления F-центров и обнаружение аномального изменения электропроводности (σ) облученных кристаллов.

5. Предложенные модели образующихся в ЩГК, легированных Me^{3+} специфических примесных центров.

Апробация результатов исследования. Результаты научно-исследовательской работы доложены и обсуждены на 16-й научно-производственной конференции ФПИ, посвященной 100-летию со дня рождения В.И.Ленина (г.Фрунзе, 1970 г.), на научных семинарах Института физики твердого тела и полупроводников АН БССР (г.Минск, 1971г), на лабораторных семинарах Института физики и математики АН Кирг. ССР (г.Фрунзе, 1972г), Института ядерной физики АН Уз ССР (г. Ташкент, 1972г.), Томского политехнического института (г.Томск, 1975г), на 1-й Республиканской конференции по ФТТ (г.Ош, 1986г), на 6-й Всесоюзной конференции по физике диэлектриков (г.Томск, 1986 г) и на научных семинарах кафедры общей физики КТУ (г. Бишкек, 2001, 2002 г.г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 21 печатных работ

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, постановки задачи, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы.

Работа содержит 157 страниц машинописного текста, 57 рисунков на 26 страницах, 22 таблицы и библиографию из 199 наименований на 8 страницах.

Первая глава содержит обзор литературы о примесных дефектах ЩГК, активированных поливалентными редкими землями. В виду весьма ограниченного количества работ по исследованию твердых растворов ЩГК, легированных ионами Me^{3+} в обзоре рассмотрены также результаты исследований кристаллов неодимовых стекол, рубина и CaF_2 активированных ионами Me^{3+} . Часть обзора посвящена дефектам в ЩГК и их радиационному изменению под действием облучения заряженными частицами. Анализируется современное состояние исследований центров окраски в легированных кристаллах.

Во второй главе рассматривается методика проведения экспериментальных исследований: методика выращивания монокристаллов с примесью Me^{3+} , технология приготовления образцов, применение метода инструментального варианта нейтронно-активационного анализа для определения содержания каждого конкретного примесей Me^{3+} (Cr, Co, Y, Yb, Al, Sm, Eu, Sc, La) в

монокристаллах (LiF, NaCl, KCl), а также методика измерения σ , $\text{tg}\delta$ ТСД, спектров оптического поглощения и описан применяемый в данной работе метод математической обработки экспериментальных результатов.

В третьей главе изложен непосредственно экспериментальный материал, выполненный автором приведены результаты исследования влияния примесей Me^{3+} и облучения на σ , $\text{tg}\delta$ ТСД, а также спектры оптического поглощения в кристаллах LiF, NaCl, KCl и обсуждены полученные результаты. Приведена модельная структура примесных центров монокристаллов ЩГК, легированных ионами Me^{3+} .

В четвертой главе приведены результаты исследования влияния ионизирующей радиации на примесные центры окраски в исследуемых системах типа ЩГК, легированных ионами Me^{3+} , в заключении приведены выводы по проделанной работе.

Краткое содержание работ

I. Во введении обоснована актуальность темы и выбор объектов исследования, сформулирована цель диссертационной работы. Приведены основные положения, выносимые автором на защиту, отмечены научная новизна и практическая значимость полученных результатов. По литературным данным, исследовались в полной мере кристаллы с примесью двухвалентных катионов (Me^{2+}), с другой стороны, проводилась очень мало экспериментов о влиянии трёхвалентных катионов (Me^{3+}) на галоиды щелочных металлов, и даже эти эксперименты не были направлены на изучение свойств примесных центров окраски в кристаллах.

II. Рассматривается проведение экспериментальных исследований: методика выращивания монокристаллов, технология приготовления образцов, применение метода инструментального варианта нейтронно - активационного анализа для определения содержания каждого конкретного примеся Me^{3+} в выращенном монокристалле, а также приборы и техника эксперимента для комплексного исследования σ , $\text{tg}\delta$, ТСД, и (K , см^{-1}).

Исследуемые кристаллы выращивались из реактива марки «ОС.Ч.» методом Киропулоса в платиновых тиглях. Выращивание производилось в печи с донным нагревом. Температура в нижней части стакана на $30-35^{\circ}\text{C}$ выше температуры кристаллизации. Монокристаллы KCl, NaCl, активированные La^{3+} , Se^{3+} и Y^{3+} были бесцветны, монокристаллы, KCl + Eu^{3+} , KCl + Sm^{3+} окрашены в бледно - розовый цвет.

Образцы для исследования выкалывались из исследуемых монокристаллов ЩГК с примесью Me^{3+} перпендикулярно направлению роста с размерами порядка $15 \times 15 \times 0,5$ мм. До момента измерения образцы отжигались и хранились в эксикаторе, толщина их измерялась микрометром. Из литературных данных известно, что при высоких температурах в зависимости от атомного радиуса некоторые металлы легко диффундируют в ЩГК. С этой точки зрения наиболее подходящим материалом для пленочного электрода считается платина. Исследуемые образцы платинировались методом катодного распыления. Выбор толщины образцов обусловлен следующим:

а) начальная емкость образца должна быть не менее 78 пф;

б) градиент теплового поля по кристаллу должен быть минимальным;

в) кристалл должен быть окрашен равномерно при облучении ионизирующими излучениями.

Для количественного определения содержания легирующих элементов Me^{3+} (Al, Cr, Co, Em, Eu, Se Y, Yb, Tв и La) в монокристаллах LiF, KCl и NaCl применен инструментальный вариант нейтронно - активационного анализа. По химическому составу кристаллы сложные. Кроме LiF, K, Na и Cl, составляющих их основу, в них присутствуют в качестве естественные примесей Ca, Mg, Fe и другие тяжелые металлы. Это усложняет и в некоторых случаях даже делает невозможным применение быстрого инструментального варианта активационного анализа и требует разработки для определения каждого элемента своей конкретной методики.

Методы анализа микропримесей делятся на химическую, физико - химические и физические, применяемые в настоящее время при решении многих прикладных и научных задач. Сейчас классические методы химического анализа уже часто не могут удовлетворять новым требованиям надежного определения содержания микропримесей, особенно микро примесей редкоземельных элементов. Важным критерием при выборе подходящего метода анализа для обнаружения малых количеств посторонних элементов в чистых материалах является чувствительность. Более высокой чувствительностью обладает радиоактивационный анализ, основанный на реакциях ядерных частиц с ядрами элементов анализируемой пробы.

В качестве иллюстрации возможностей активационного анализа в табл. 1 приведена чувствительность различных методов анализа.

Таблица 1

Метод	Максимальная чувствительность, г
Масс - спектрометрический	10^{-6}
Эмиссионный спектральный с обогащением	10^{-7}
Колориметрический	10^{-8}
Флуориметрический	10^{-8}
Масс - спектрометрический с изотопным разбавлением	10^{-9}
Радиоактивационный	10^{-12}

Основными достоинствами нейтронно-активационного метода анализа являются высокая чувствительность, экспрессность, специфичность, экономичность. Метод инструментального нейтронно-активационного анализа в каждом конкретном случае требует разработки собственной методики. Применение сцинтилляционного гамма - спектрометра и полупроводниковых детекторов для регистрации ядерных излучений активированных образцов

позволяет повысить селективность анализа этим методом сложных смесей.

Гамма-спектры отдельных изотопов определяемого элемента Me^{3+} измерялись с помощью многоканального сцинтиляционного спектрометра. (рис.1).

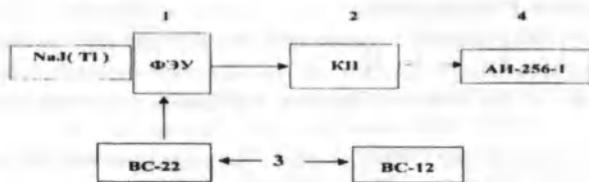


Рис.1. Блок-схема сцинтиляционного спектрометра:

1-Сцинтиляционный датчик; 2-катодный повторитель; 3-стабилизированный источник высокого напряжения; 4-многоканальный амплитудный анализатор.

Чувствительность анализа и выбранный режим для каждого из определяемых микроэлементов Me^{3+} характеризуются данными таблицы 2. Реальная чувствительность методик определялась по формуле.

$$m_{\min} = \frac{\sqrt{J_{\phi} \cdot m_{\text{обр}}}}{J_{\text{обр}} \cdot P_{\text{обр}}}, \text{ где } \sqrt{J_{\phi}} - \text{флуктуационный фон; } m_{\text{обр}} - \text{вес определяемого элемента}$$

в пробе; $J_{\text{обр}}$ - скорость счета в конкретном образце; $P_{\text{обр}}$ - вес образца.

Для примера приводится теоретическая кривая спада активности основных компонентов кристалла КС1 при облучении реакторными нейтронами в течение 1 минуты и аппаратный гамма - спектр Sm^{153} при определении содержания Sm в монокристалле $KCl + Sm^{3+}$ (рис.2.3.)

Примененный метод, нейтронно - активационного анализа (для каждого конкретного случая - примеса) показал, что в состав твердых растворов ЦГК, легированных ионами Me^{3+} , легирующие примеси содержатся в виде лишь микропримесей. Причина этого кроется, очевидно в зарядовом различии (на две единицы) примесных ионов Me^{3+} и ионов основного вещества (ЦГК). Тем самым осуществлен надежный контроль за содержанием - легирующих примесей в монокристаллах LiF, KCl и NaCl. В предшествующих работах [например, 74-76] под содержанием примесей принимали то количество, которое было введено в кристалл при его росте. Однако, расчетное количество и количество легирующих примесей, действительно вошедших в монокристалл, как показал нейтронно - активационный анализ различаются довольно существенно (в сотни раз).

Основным методом решения поставленной задачи является комплексное исследование (σ , $tg\delta$, ТСД) температурно - частотных зависимостей нескольких физических характеристик галогенидов щелочных металлов от дозы облучения, от рода и концентрации примесей. При решении, поставленной задачи наряду с измерениями σ , $tg\delta$, ТСД снимались спектры оптического поглощения и кинетики накопления центров окраски под действием рентгеновского излучения.

В лаборатории ЭДиП при Томском политехническом институте (где автор работал в то время там в качестве ст. инженера) силами сотрудников указанной лаборатории под руководством Ю.М.Анненкова была разработана установка (рис.4.), позволяющая на одном образце одновременно осуществлять измерение σ , $tg\delta$ и ϵ в диапазоне частот $50 \pm 2 \cdot 10^5$ Гц и в интервале температур от комнатной до 700 К, которая была применена для измерения. Схема включает в себя измерительную вакуумную ячейку с устройствами нагрева и контроле температуры, каналов измерения σ , $tg\delta$ и ϵ коммутация между которыми осуществляется переключателем специальной конструкции. Для изучения поляризационных процессов в твердых диэлектриках применен метод термостимулированной деполяризации (ТСД). Выбранный и разработанный метод измерения позволяет решать поставленные выше задачи.

III. Приведены результаты комплексного исследования ионной проводимости (σ), диэлектрических потерь ($tg\delta$), термостимулированной деполяризации (ТСД), оптического поглощения ($K, \text{см}^{-1}$) и природы примесных дефектов монокристаллов LiF, KCl и NaCl с катионными примесями Me^{3+} ,

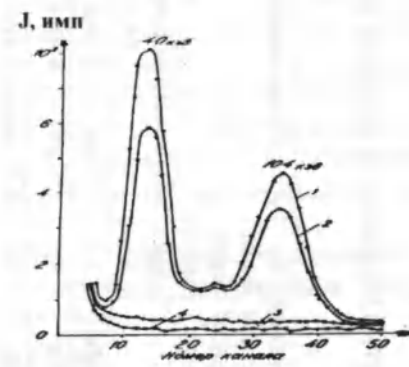
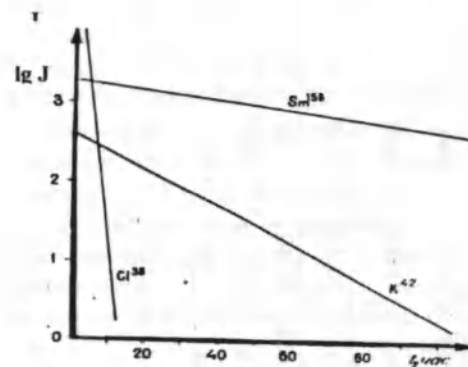


Рис. 2. Теоретическая кривая спада активности основных компонентов кристалла КС1 и примеси самария при облучении в течение 1 минуты.

Рис. 3. Аппаратурный гамма-спектр: 1- эталона, 2—образца, 3- основы КС1, 4 – упаковки.

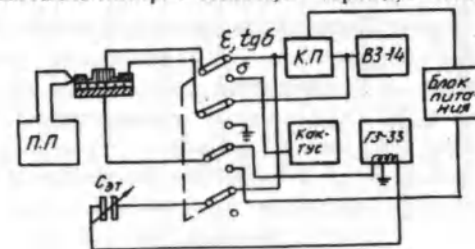


Рис. 4. Блок-схема комплексной установки для исследования электрических свойств кристаллов.

Таблица №2

Исследуемые кристаллы	Примеси введенные при выращивании кристаллов	Содержание примесей в шихте, %	Полученные примесью монокристаллы	Вес анализируемого образца	Время анализа			Содержание примесей, определенное в монокристалле нейтронно-активационным методом, %	Чувствительность метода, %	Относительная средняя драгичная ошибка анализа, %
					Облучения	Выдержки	Измерения			
LiF	Eu	0.1-0.01	LiF+Eu	3-5	1 мин	5 мин	1-3 м	$4,0 \cdot 10^{-7}$	0,007	10^{-8}
-	Na	"	"	3-5	15 мин	5 мин	5 м	$1,9 \cdot 10^{-7}$	0,016	10^{-7}
-	Mg	"	"	3-5	5-10 мин	3 мин	3 м	$5,1 \cdot 10^{-6}$	0,059	10^{-6}
-	Al	"	"	3-5	6 мин	2 мин	1-2	-	0,040	10^{-7}
KCl	Sm	"	KCl+Sm	10-20	1 мин	100 ч	5 мин	$1,4 \cdot 10^{-6}$	0,006	10^{-8}
-	Sc	"	"	10-40	1-2 час	18 с	-	-	10^{-4}	10^{-7}
-	Cr	"	"	10-40	2-4 час	-	-	-	10^{-3}	10^{-6}
NaCl	Cs	"	NaCl+Cs	10-40	1-2 час	-	-	-	10^{-4}	10^{-7}
-	Tb	"	"	50	1 час	-	-	-	10^{-4}	10^{-7}
-	La	"	"	50	4 час	-	-	-	10^{-4}	10^{-6}

характеризующими распределение легирующей примесей Me^{3+} по энергетическим состояниям в решетке ЩГК. Введение примесей Me^{3+} в решетку ЩГК должно давать твердые растворы замещения с вычитанием в катионной части решетки. В случае встраивания ионов Me^{3+} в решетку ЩГК на место иона Матрицы образуются две вакансии ($V_c^- V_c^-$) на каждый трехвалентный ион. Положение в этом случае более сложно по сравнению с присутствием двухвалентной примеси (Me^{2+}). Наличие иона Me^{3+} в решетке ЩГК, согласно ассоциативной теории, предполагает возможность возникновения во всяком случае двух видов комплексов с катионной вакансией (V_c^-) в основном состоянии - ($Me^{3+} - V_c^-$) и ($Me^{3+} - V_c^- V_c^-$). Большой интерес представляет степень ассоциации Me^{3+} с катионной вакансией в решетки ЩГК и их структуры. Этот вопрос может быть решен измерением диэлектрических потерь.

Измерения диэлектрических потерь ($tg\delta$), в звуковом диапазоне частот проведенные, на пример на кристаллах $LiF + Al^{3+}$, $KCl + Cr^{3+}$ показали (рис.5,6) наличие релаксационного максимума с характерным смещением его в сторону более высоких температур (290-700 К) при увеличении частоты ($50-5 \cdot 10^4$ Гц). Увеличение амплитуды максимума $tg\delta$, с ростом концентрации примесных ионов Me^{3+} позволяет сделать вывод, что диэлектрическая релаксация в исследуемых твердых растворах обусловлена комплексами в состав которых входят ионы Me^{3+} . Это показывает, что максимумы $tg\delta$, в $LiF + Al^{3+}$ и $KCl + Cr^{3+}$ имеют примесную природу и обусловлены комплексами типа «примесный ион - катионная вакансия» (V_c^-) «две вакансии ($V_c^- V_c^-$)». Максимум $tg\delta$ не наблюдается в нелегированных "чистых" кристаллах.

В работе [169] используя уравнение Клаузиуса - Мосотти для дипольно-ориентационной поляризации оценена концентрация релаксаторов (n_p) комплексов, содержащихся в единице объема кристалла:

$$n_p = \frac{18 k T_m \epsilon_b \cdot tg \delta_{max}}{(Zel)^2 \cdot (\epsilon_b + 2)^2}$$

где ϵ_b - диэлектрическая проницаемость при бесконечно большей частоте; T_m - абсолютная температура, соответствующая $tg\delta_{max}$; k - постоянная Больцмана; Zel - дипольный момент ориентирующихся комплексов (e - заряд электрона, l - плечо диполя, Ze - равно заряду электрона); $tg\delta_{max}$ - максимальные значения $tg\delta$ при T_m .

Очевидно, формулу (1) можно применить для расчёта концентрации комплексов в ЩГК, легированных ионами Me^{3+} если известна величина эффективного плеча диполя (l). Предполагается, что большинство вакансий находится в первой координационной сфере относительно примесных ионов. Такое предположение позволяет принять эффективное плечо комплекса (l) равным расстоянию между катионными узлами по кристаллическому направлению $[110]$, тогда эффективное плечо комплекса $l = a \cdot 2$, где a - постоянная решётки кристалла. Таким образом, применив формулу (1) были оценены числа релаксаторов в некоторых твердых растворах (приведены в табл.3)

Таблица 3. Некоторые параметры монокристаллов при T=600 K

Кристаллы типа I	$N_{\text{qun}}, \text{см}^{-3}$	$U_p, \text{эВ}$ требуемые для ориентации диполей	$\tau, \text{сек}$
KCl + Cr ³⁺ (7,4 10 ⁻³ -вес% Cr ³⁺)	1,8·10 ¹⁶	0,78 ± 0,02	2,5·10 ⁻³
LiF + Al ³⁺ (8,1 10 ⁻² -вес% Al ³⁺)	1,4·10 ¹⁶	0,72 ± 0,06	3,54·10 ⁻³

Одновременно с измерением, диэлектрических потерь дополнительно были проведены измерения тока термостимулированной деполяризации (ТСД) с целью подтвердить выводы, о существовании дипольных центров типа «(Me³⁺ - V_c⁻ V_c⁻)» в ЩГК, легированных ионами трехвалентных металлов (Me³⁺). Исследуемые образцы поляризовались в постоянном электрическом поле (E_p=10³ в/см) при температуре поляризации T=523 K.

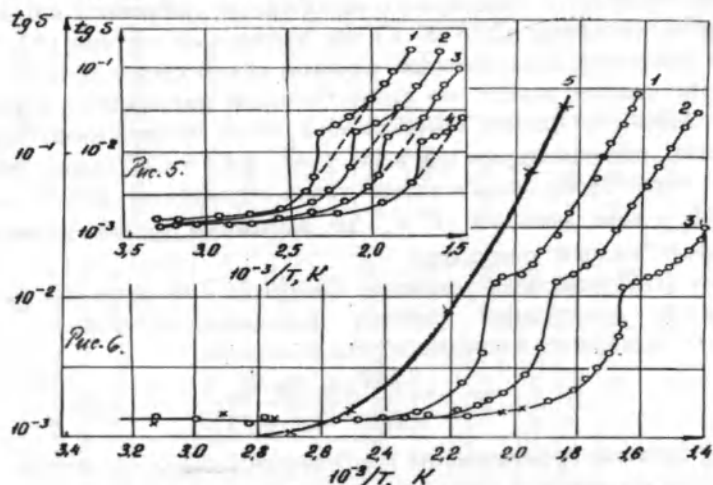


Рис. 5. Зависимости tgδ от температуры для LiF+Al³⁺ при частотах: 1-100 Гц; 3-1000 Гц; 2-500 Гц; 4-10000 Гц / c=2,1·10⁻² вес % Al³⁺;

Рис. 6. Зависимости угла диэлектрических потерь для KCl + 0,8·10⁻³ вес % Cr³⁺ при частотах: 1-100 Гц; 2-500 Гц; 3-1000 Гц; 4-10000 Гц; 5-50 Гц / "чистый" кристалл.

При линейном нагреве образца с постоянной скоростью $\beta=dT/dt=3\text{град./мин.}=\text{const}$ через образец протекал ток ТСД. Нужно отметить, что наличие деполяризационного тока, при отсутствии внешнего электрического поля, может быть вызвано реориентацией диполей предварительно поляризованного образца при повышении его температуры. Максимумы ТСД

могут быть обусловлены релаксацией комплекса "вакансия-примесный трехвалентный катион". В пользу этого довода говорят следующие факты: с увеличением концентрации примеси Me³⁺ растет площадь пика; энергия активации дефектов, ответственная за пик U_{ТСД}=(0,75 и 0,74 эВ) близка к энергии активации миграции свободных катионных вакансий. Интенсивность пика увеличивается с возрастанием T_п и E_п, а температурное положение его не зависит ни от T_п, ни от E_п, что характерно для дипольной поляризации.

IV. Приведены также результаты исследований влияния радиации на примесные центры окраски в ЩГК, легированных ионами Me³⁺. Например, на рисунке (рис.7) приведены спектры оптического поглощения "чистых" кристаллов KCl и кристалла KCl + Cr³⁺. Облучение образцов проводилось на рентгеновской установке УРС-55А (U=50 кВ, J=20 мА). Перед измерением образцы подвергались термическому отжигу при T=573 K в течение одного часа с целью нормализации структуры. При концентрации примеси 7,3·10⁻³ вес % Cr³⁺ в кристалле кроме F-полосы, появляются дополнительные полосы поглощения с пиками 290 и 360 нм. Эти спектры поглощения лишней раз свидетельствуют о вхождении примеси Me³⁺ в решётку кристалла, в "чистом" KCl максимум F-полосы поглощения около 550 нм, (рис.7.).

Как показывают приведенные спектры оптического поглощения кристалла KCl, легированного ионами хрома (Cr³⁺), легирование способствует созданию новых примесных центров с максимумами оптического поглощения при 4,50 и 3,35 эВ. Эти полосы поглощения не отжигаются при нагревании кристалла до T=873 K. Таким образом, рентгеновское облучение кристаллов KCl + Cr³⁺ вызывает помимо накопления F- и F- агрегатных центров, рост концентрации центров, дающих поглощение при 4,50 и 3,35 эВ. Рост примесных полос поглощения в зависимости от концентрации ионов Me³⁺ свидетельствует о том, что они носят активаторный характер.

Проведенный анализ результатов полученных различными методами (tgδ, σ, ТСД), ведет к следующим заключением, что экспериментальные данные по ТСД подтверждают вывода предыдущих измерений (tgδ, σ) о том, что введение в решетки ЩГК небольших добавок Me³⁺ приводит к возникновению в них примесных центров типа "примесный ион - две катионные вакансии", при этом величина максимума диэлектрического поглощения пропорциональна концентрации примесных центров.

В облученных электронами твердых растворах LiF+Al³⁺ KCl+Cr³⁺ KCl+La³⁺ NaCl+Tв³⁺ обнаружена следующая закономерность: максимум (tgδ) возникает для кристаллов, содержащих примеси Me³⁺ причем имеет тенденцию к возрастанию с увеличением содержания Me³⁺ уменьшение диэлектрических потерь коррелирует с уменьшением электропроводности облученных кристаллов:

Комплексное исследование легированных монокристаллов позволила рассмотреть количественную сторону вопроса о распределении примесных ионов по энергетическим состояниям и определить ряд релаксационных параметров (Табл.4). Основные выводы полученные при изучении ЩГК, легированных ионами Me³⁺, могут быть использованы и для других типов диэлектриков.

Энергия активации релаксации U, рассчитанная из экспериментальных данных по температурным зависимостям tgδ и ТСД

Таблица 4

Монокристаллы	T, К	Энергия активации (эВ), рассчит. по:			Время релаксации (τ, сек)	
		Ur (tgδ)	Ur (ТСД), T _{m1}	Ur (ТСД), T _{m2}		
I Тип кристалла: LiF+10 ⁻² вес % Al ³⁺ KCl+10 ⁻¹ вес % Cr ³⁺	453	0,72±0,06	0,75±0,02	0,98±0,07	2,5×10 ⁻³	
	453	0,78±0,02	0,74±0,04	1,05±0,02	3,54×10 ⁻³	
II Тип кристалла: NaCl+5,3*10 ⁻⁴ вес % Sc ³⁺ KCl+4,1*10 ⁻⁴ вес % La ³⁺ NaCl+6,8*10 ⁻³ вес % Tb ³⁺	493	0,95±0,05	0,90±0,03	1,10±0,02	-	-
	493		0,89±0,07	1,24±0,0э	-	-
	498	0,35±0,08				

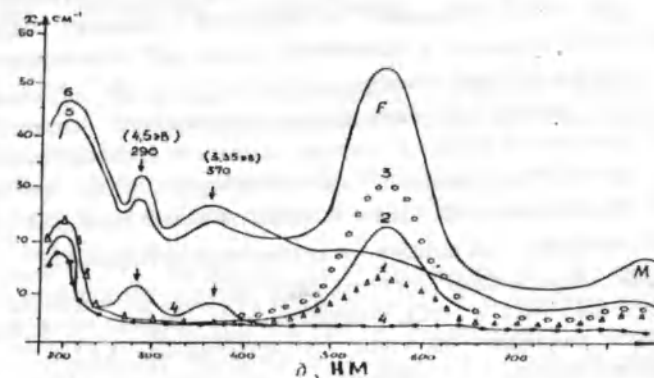


Рис. 7. Спектры оптического поглощения кристалла KCl и KCl+Cr³⁺: 1-3 – KCl "чистый" после возбуждения рентгеновскими лучами в течение 1, 2, 3, 0, и 6, 5 часов, соответственно; 4- необлученный образец KCl+Cr³⁺; 5- KCl+Cr³⁺ непосредственно после рентгенизации в течение 5, 5 часов; 6- после освещения в F-полосе в течение 1 часа возбужденного кристалла KCl+Cr³⁺

Основные результаты и выводы данной диссертационной работы могут быть сформулированы следующим образом.

На основании проведенного комплекса исследований таких структурно-чувствительных свойств, как ионная проводимость (σ), диэлектрической потери (tgδ) (до и после электронного облучения), токи термостимулированной деполяризации (ТСД), оптическое поглощение (K, см⁻¹), накопление F-центров окраски под действием рентгеновского облучения, и влияния электронного облучения на свойства исследованных твердых растворов ЩГК с примесью Me³⁺ в зависимости от дозы облучения, от рода и концентрации примесей можно констатировать:

1. По данным измерений температурной зависимости удельного электропроводности LiF+Al³⁺ и KCl+Cr³⁺ установлено, что при образовании твердого раствора вычитания наблюдавшееся при температуре 293-643 К повышение проводимости (σ) говорит о том, что примесь (Me³⁺) встраивается в решетку, внося одиночные катионные вакансии (V_c⁻). Компенсация избыточного заряда иона примеси (Me³⁺) осуществляется катионными вакансиями (V_c⁻). Температурный ход lgσ=f(1/T) монокристаллов обнаруживает два механизма проводимости (две ассоциированные области) с разными энергиями активации. Эти области могут быть приписаны двум видам комплексов [Me³⁺-V_c⁻ и [Me³⁺-V_c⁻V_c⁻]. Обнаружено anomalous изменение электропроводности (б), возникшее в результате облучения в кристаллах типа II.

2. Впервые исследованы диэлектрические процессы в ЩГК, легированных трехзарядными катионами Me³⁺ (Al, Cr, Eu, Co, Sm, Sc, Y, Yb, La) в

температурном интервале 293-673 К путем измерения частотно-температурных зависимостей $\text{tg}\delta$ и ТСД. Показано, что введение в решетку ЩГК небольших добавок ионов Me^{3+} приводит к появлению пиков $\text{tg}\delta$, возникновение которых обусловлено переориентацией комплексов $[\text{Me}^{3+}-V_c^-]$ и $[\text{Me}^{3+}-V_c^- V_c^-]$.

3. Энергия активации термодеполаризационного тока (Утсд.) для легированных кристаллов близка к энергии активации релаксации диполей ($U_{\text{дп}}$), найденных из результатов измерений диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ (табл.4). Этот факт лишний раз подтверждает существование диполей типа $[\text{Me}^{3+}-V_c^-]$, $[\text{Me}^{3+}-V_c^- V_c^-]$ в ЩГК легированных ионами трехвалентных металлов Me^{3+} .

4. Впервые исследованы спектры оптического поглощения выращенных монокристаллов LiF, KCl и NaCl, содержащих трехзарядные катионы (Me^{3+}), а также влияние радиации на них. В кристаллах $\text{KCl}+\text{Cr}^{3+}$ образуются дополнительные полосы поглощения с максимумами 4,50 и 3,35 эВ, обусловленные введением Cr^{3+} . Эти специфические центры окраски наиболее эффективно образуются под действием радиационного облучения и обладают стабильностью к световому и тепловому воздействию.

5. Показано, что введение примесей трехзарядных ионов Me^{3+} в решетку LiF, KCl сильно влияет на эффективность радиационного накопления F- центров, которое может быть объяснено эффективной стабилизацией междоузельного галонда (H-центр) комплексами типа $[\text{Me}^{3+}-V_c^-]$ и $[\text{Me}^{3+}-V_c^- V_c^-]$. При малых концентрациях примесных ионов Me^{3+} в решетке указанных кристаллов наблюдается значительное усиление линейной стадии накопления F-центров, что свидетельствует о каталитической роли вышеуказанных комплексов в создании радиационных дефектов.

6. Впервые применен инструментальный вариант нейтронно-активационного анализа для определения концентрации конкретных легирующих и других сопутствующих микропримесей переходных и PЗЭ³⁺ (Al, Cr, Eu, Co, Sm, Sc, Y, Yb, La). Проведено теоретическое и экспериментальное исследование физических способов снижения влияния мешающих радиоизотопов на точность и надежность разработанных методик определения микропримесей в легированных монокристаллах ЩГК (LiF, KCl и NaCl), в результате достигнута высокая чувствительность определения концентрации указанных выше элементов в составе исследуемых монокристаллов.

7. В результате исследования радиационных дефектов в ЩГК, легированных трехзарядными ионами Me^{3+} , сопоставляя оптические спектры поглощения, пики диэлектрических потерь и данные нейтронно-активационного анализа, можно сделать вывод, что примерно 45% примесей Me^{3+} в решетке кристалла находятся в виде изолированных ионов, 40% - в виде свободных примесно-вакансионных диполей, а остальная часть - в виде небольших агрегатов. Варьируя условия опыта; способы выращивания кристаллов, концентрацию примесей, интенсивность и дозу облучения, можно смещать равновесие в ту или иную сторону, следовательно, технологически можно влиять на оптико-физические свойства легированных кристаллов ЩГК, что имеет практическое значение.

Основные положения диссертации изложены в следующих публикациях:

1. Балбаков Дж., Халмурзаев С., Шалпыков А. К вопросу электропроводности ионных кристаллов //Сб. научных трудов АН Кирг. ССР, Института физики. - Фрунзе, 1970.-с.106-112.

2. Лобанов Е.М., Балбаков Дж., Шалпыков А. и др. Гамма-спектроскопический метод определения Sm в KCl с активацией реакторными нейтронами //Там же [1]-с.113-121.

3. Лобанов Е.М., Балбаков Дж., Шалпыков А. и др. Нейтронно-активационный метод определения примесей в LiF //Там же [1]-с.122-128.

4. Лобанов Е.М., Балбаков Дж. и др. Радиационно - стимулированные изменения электрических свойств монокристаллов LiF, легированных Na. //Изв.АН Кирг. ССР. 1970, №4,-с.27-29.

5. Балбаков Дж. Влияние примесей и радиации на проводимость фтористого лития. //Изв. АН Кирг. ССР. 1970, №5.-с.29-31.

6. Балбаков Дж., Чубаров Л. Б., Шалпыков А. Ш. Электропроводность кристаллов KCl, легированных натрием.- М.,1970,- 8 с. Деп. в ВИНТИ АН СССР.№ 1988-70.

7. Балбаков Дж., Шалпыков А. Определение содержания натрия в монокристаллах фтористого лития методом нейтронно - активационного анализа. -М., 1971,-Ю с. Деп. в ВИНТИ АН СССР. №3343-71.

8. Лобанов Е.М., Балбаков Дж., Шалпыков А.Ш. Экспрессное нейтронно - активационное определение содержания европия в монокристаллах фтористого лития.-М., 1971,-Ю с. Деп.ВИНИТИАН СССР, №3344-71.

9. Калмурзаев К.Е., Балбаков Дж., Шакиров Э.Ш., Янковский А.В. Нейтронно-активационное определение урана и самария. //Изв. АН Кирг.ССР, 1971, №6, -с.24-26

10. Анненков Ю.М., Балбаков Дж., Пичугин В.Ф. Влияние трехвалентных катионов на радиационное изменение $\text{tg}\delta$, в ЩГК.-М.,1976.-11 с. Деп. в ВИНТИ АН СССР. № 1066-76. Аннотация в //Изв.ВУЗ, физика. 1977, №4. -с. 160.

11. Анненков Ю.М., Балбаков Дж., Пичугин В.Ф. Влияние трехвалентных примесей Me^{3+} на релаксационные процессы в ЩГК. -М., 1976.-10 с. Деп. в ВИНТИ АН СССР № 1067-76. Аннотация в //Изв. ВУЗ, физика 1977, №4. -с.155.

12. Балбаков Дж., Пичугин В.Ф. Влияние режима активации на структуру примесных центров в ЩГК легированных ионами переходных и редкоземельных элементов.-М., 1983.-17 с. Деп.вВИНИТИ АН СССР, №6885-83.

13. Балбаков Дж., Пичугин В.Ф. О структуре примесных комплексов в ЩГК, содержащих ионы трехвалентных элементов и кислорода. М.,1985.-6 с. Деп. в ВИНТИ, №7914-B85.

14. Балбаков Дж. Влияние ионов Me^{3+} на образование центров окраски в ЩГК //I республиканской конференции по физике твердого тела: Тезис докл. - Ош., 1986.-с.77.

15. Балбаков Дж. /Спектры оптического поглощения в кристаллах ЩГК: Me^{3+}

легируемых ионами Me^{3+} //Изв ВУЗ физика.-1986, №9,-с. 107-109.

16. Балбаков Дж. Релаксационные процессы в ШГК легируемых ионами переходных и редкоземельных элементов //6-Всесоюзн. конференции по физике диэлектриков: Тез. докл. -Томск, 1988. -с.77.

17. Балбаков Дж., Асанбаева Дж.А., Джапаров Р.Дж. Процессы переноса в ШГК с примесью трехвалентных редкоземельных элементов //Гр. университета, КТУ им.Раззакова. 1997, вып. 1 .-с. 16-19.

18. Балбаков Дж. Релаксационная деполяризация в системах ШГК: Me^{3+} //Вестник КГНУ. 1997, вып.1, -с. 88-100.

19. Балбаков Дж., Асанбаева Дж.А., Джапаров Р.Дж. Электрические свойства монокристаллов ШГК, легируемых ионами Me^{3+} //Вестник Технического университета им. И.Раззакова, 1998, вып. 1/3/.-С.53-56.

20. Балбаков Дж., Асанбаева Дж.А., Джапаров Р.Дж. Центры окраски в ШГК с примесью Me^{3+} //Изв. НАН Кыргызской Республики. 1998. №4.-с.72-74.

21. Балбаков Дж., Асанбаева Дж. Диэлектрическая релаксация в ШГК легируемых ионами трехвалентных элементов. // Изв. НАН КР. 2000, №2.-с.88,89.

Аннотациясы

Үч валенттүү Me^{3+} (Eu, Sc, Co, Cr, Y), өтө аз сандагы кошундулар менен өстүрүлгөн кристаллдарга (LiF, KCl, NaCl) радиациянын таасири жана электр өткөргүчтүгү (σ), диэлектриктик ($tg\delta$), (ТСД), оптикалык (K, cm^{-1}) касиеттери изилденип, өстүрүлгөн монокристаллдардын решеткасына кирген өтө аз сандагы кошулмалардын саны ядро-физикалык метод менен аныкталган. Мындай комплекстүү түрдө жүргүзүлгөн электр-физикалык методдор. ШГК: Me^{3+} түрүндөгү монокристаллдардагы түзүлгөн "борбордун" түзүлүш өзгөчөлүктөрүнүн моделин аныктоого мүмкүндүк берет.

$LiF+Al^{3+}$ жана $KCl+Cr^{3+}$ монокристаллдарынын электр өткөрүүчүлүгүн өлчөгөндөгү, электр өткөрүүчүлүгүнүн (σ) көбөйүшү, ал кристаллдардын решеткасына кошундулардын (Me^{3+}) киргендигин, натыйжада катиондук вакансиялар пайда болуп, кошундулардын (Me^{3+}) оң заряддарын компенсациялагандыгын көрсөтөт.

ШГК: Me^{3+} түрүндөгү монокристаллдарда диэлектриктик процесстер ($tg\delta$), (ТСД) (293-673 К жылуулук аралыгында) биринчи жолу изилденген. Изилденген кристаллдардагы $tg\delta$ пиктеринин пайда болушу, $Me^{3+}-V_c$, $Me^{3+}-2V_c$ комплекстеринин ориентацияларынын натыйжасы экендиги көрсөтүлгөн.

Изилденген кристаллдардагы F-«борборунун» өсүшү, радиациянын таасири астында, жогорудагы көрсөтүлгөн комплекстердин натыйжасы экендигин көрсөтөт.

Annotation

A series the interconnected experiments such as the measurement of electric conductivity (σ) as well as of dielectric losses ($tg\delta$), thermo stimulated depolarization current (ТСД) optical absorption (K, cm^{-1}), radiation effect and a neutron activation analysis was carried out, directed to a study of the impurity centers of LiF, NaCl, and KCl crystals alloyed by Me^{3+} ions (Cr, Y, Co, Sc, Eu). A conducted complex of the electrophysical methods of research has made it possible to open the specific structure of the impurity centers in the Shch GK systems with the Me^{3+} admixture and to reveal their models because Me^{3+} in the different surroundings of the Shch GK lattice exercises an essential influence on the optical - luminescent properties of the impurity centers and as the result of this affects the instruments characteristics of up-to-date technique.

According to the data of the temperature dependence measurement of the ion electric conductivity (σ) of $LiF+Al^{3+}$ and $KCl+Cr^{3+}$ monocrystals it is established that at the formation of the solid subtraction solution of the Shch GK type with the impurity Me^{3+} ion in the lattice the compensation of the ion surplus charge of the Me^{3+} admixture

is carried out by the cation vacancy. A rise of the conductivity (σ) in the above mentioned crystals tells us, that the admixture is building-in into the lattice during the single cation vacancies.

For the first time, the dielectric processes in the Shch GK, alloyed by the tricharged Me^{3+} cations are researched by the way, of $tg\delta$ and TCD frequency-temperature dependence measurement in the 293-673 K temperature range. It is shown that the introduction of the small Me^{3+} ions admixtures into the Shch GK lattice leads to the appearance of the $tg\delta$ peaks, the origin of which is stipulated by the reorientation of the $[Me^{3+} - V_c^-] \cdot [Me^{3+} - V_c^- V_c^-]$ complexes. At this, a considerable amplification of the F-centers linear stage accumulation is observed, that certifies the catalytic role of the aforesaid complexes in creation of radiation defects.

Аннотация

Был проведен ряд связанным между собой экспериментов, таких как измерение электропроводности (σ), диэлектрических потерь ($tg\delta$) токов термостимулированной деполяризации (TCD), оптического поглощения (K, cm^{-1}) влияния радиации и нейтронно-активационный анализ, направленных на изучение примерных центров в кристаллах LiF , $NaCl$ и KCl , легированных ионами Me^{3+} (Cr, Y, Co, Sc, Eu). Проведенный комплекс электро-физических методов исследования позволил раскрыть специфику структуры примесных центров в системах ЩГК с примесью Me^{3+} , выявить их модели, ибо Me^{3+} , в разном окружении решетки ЩГК оказывают существенное влияние на оптико-люминесцентные свойства примесных центров, а в итоге - на характеристики приборов современной техники.

По данным измерений температурной зависимости ионной электропроводности (σ) монокристаллов $LiF+Al^{3+}$ и $KCl+Cr^{3+}$ установлено, что при образовании твердого раствора вычитания типа ЩГК с примесным ионом Me^{3+} в решетке компенсация избыточного заряда иона примеси Me^{3+} осуществляется катионной вакансией. Повышение проводимости (σ) в указанных выше кристаллах говорит о том, что примесь встраивается в решетку, внося одиночные катионные вакансии.

Впервые исследованы диэлектрические процессы в ЩГК, легированных трехзарядными катионами Me^{3+} , в температурном интервале 293—673 K путем измерения частотно-температурных зависимостей $tg\delta$ и TCD. Показано, что введение в решетку ЩГК небольших добавок ионов Me^{3+} приводит к появлению пиков $tg\delta$, возникновение которых обусловлено переориентацией комплексов $Me^{3+} - V_c^- \cdot Me^{3+} - V_c^- V_c^-$. При этом наблюдается значительное усиление линейной стадии накопления F-центров, что свидетельствует о каталитической роли вышеуказанных комплексов в создании радиационных дефектов.

Балбаков Джоломан

РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛАХ, ЛЕГИРОВАННЫХ ТРЕХЗАРЯДНЫМИ ИОНАМИ

Автореферат диссертации

Тех. редактор М. Назаркулова

Подписано к печати 28.03.2002 г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бум. офс. Печ. офс. Объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 119.
720044, г. Бишкек, ул. Сухомлинова 20, ИЦ «ТЕКНИК»,
т. 42-14-55.