

ОТЗЫВ

дополнительного члена совета, доктора физико-математических наук
Олешко Владимира Ивановича на диссертационную работу Гэ Гуанхуэя
**«Люминесценция и деградация кристаллов фторида лития с примесями
металлов»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного
состояния.

Диссертация Гэ Гуанхуэя посвящена всестороннему исследованию люминесцентных свойств кислородных центров свечения, которые образуются при легировании многовалентными металлами (W, Ti, Fe) в процессе выращивания кристаллов LiF в результате чего фторид лития становится достаточно эффективным сцинтиллятором.

Актуальность.

Количество синтезированных к настоящему времени сцинтилляторов огромно (см. ссылку [9] в диссертации). Тем не менее их номенклатура постоянно пополняется новыми системами. Особенность фторида лития в качестве сцинтиллятора заключается в возможности его применения в детекторах, регистрирующих слабовзаимодействующие с веществом частицы.

Актуальность настоящей работы определяется двумя основными причинами:

- применение фторида лития как сцинтиллятора в датчиках космических излучений требует знать поведение люминесценции (деградации) в различных условиях эксплуатации и определения их оптимальных условий.

- выявление закономерностей изменения структуры центров свечения при легировании кристаллов фторида лития примесями металлов различной валентности для определения оптимального состава фосфора.

Методология исследований основана на понятном концептуальном изложении целей, задач, содержания и выборе методов исследования. Работа носит чисто экспериментальный характер. Для решения поставленных задач выбраны современные методы оптических исследований с использованием оборудования известных фирм Agilent Technologies и Avantes, а также уникальный спектрометр с возбуждением кристаллов наносекундными электронными импульсами. Обработка результатов измерений производилась с помощью популярных программ, например, Origin.

Новизна. Все результаты приведенных в работе исследований безусловно являются новыми и выполнены либо впервые, либо получены в результате более точных измерений или обладают более точным анализом, основанным на самых современных представлениях о физических процессах, вызывающих люминесценцию. Наиболее значимые результаты приведены в защищаемых положениях.

Детально изучены спектрально-кинетические характеристики фото- и катодолюминесценции кристаллов LiF-WO_3 , $\text{LiF-Fe}_2\text{O}_3$, LiF-TiO_2 которые позволили установить структуру кислородных центров люминесценции.

В диапазоне температур 20...300 К изучено влияние примесей разных металлов на накопления центров окраски (ЦО) и люминесценцию кристаллов LiF при облучении в одинаковых условиях импульсами электронов и определены условия работы сцинтилляторов с наименьшей радиационной деградацией.

Определено два возможных вида передачи энергии электронных возбуждений центру свечения.

Значимость. Проведенные исследования развивают представления о характере изменения структуры центров люминесценции в изученных системах при введении примесей металлов разной валентности; углубляют знания о физических процессах вызывающих и сопровождающих люминесценцию кристаллов фторида лития с примесями металлов; расширяют сведения о стимулированных радиацией процессах в кристаллах LiF-WO_3 , LiF-TiO_2 и устанавливают оптимальный температурный диапазон работы сцинтилляционного датчика.

Апробация. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на 5 международных конференциях и опубликованы в 4 статьях, индексируемых в зарубежных базах данных (Scopus) и 2 сборниках трудов научных конференций. Все положения, выносимые на защиту, достаточно полно опубликованы. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и опубликованных работ.

Достоверность результатов исследований обоснована тем, что измерение спектров, кинетики люминесценции, дозовых зависимостей накопления центров окраски и других процессов производилось многократно и при постоянном сравнении результатов, полученных разными методами. Например, выделение полос люминесценции и полос возбуждения люминесценции в виде суперпозиции гауссовых составляющих производилось как из стационарных, так и из кинетических измерений свечения. Обоснованность выводов подтверждается также использованием надежных современных методов обработки результатов измерений, тщательным анализом результатов, сравнением полученных в данной работе с полученными другими авторами, а также использованием современных общепринятых моделей физических процессов.

Защищаемые положения. Все положения соответствуют требованиям, предъявляемым к таким положениям (наиболее важные результаты, обладающие существенной новизной) и достаточно хорошо сформулированы. Анализ говорит о высокой степени их обоснованности.

1. В кристаллах LiF примеси Fe, Ti, W создают два типа кислородных центров люминесценции в виде расположенных в соседних узлах пар ионов

$O^{2-}-V_a^+$ и $O^{2-}-Me$, которым соответствуют две полосы люминесценции 3,1 эВ и 2,6 эВ.

Эти полосы с одинаковыми параметрами выделены из всех видов измерений спектров фотолюминесценции (ФЛ) в разных типах кристаллов. Такие же полосы получены из измерений кинетики затухания ФЛ в кристаллах с разными типами примесей при разных температурах. Наличие таких полос и принадлежность их центрам $O^{2-}-V_a^+$ и $O^{2-}-Me$ не противоречит результатам других авторов (см., например, ссылку [2] диссертации).

2. В кристаллах LiF центры $O^{2-}-Me$ (Fe, Ti, W) создают в области 4,0...6,2 эВ полосы поглощения с близкими параметрами, количество которых определяется валентностью металла, то есть количеством компенсирующих заряд ионов металла O^{2-} .

Положение также доказывается многократными измерениями спектров возбуждения люминесценции (ВФЛ) при разных температурах, мониторингом в разных полосах ФЛ в кристаллах с разными примесями металлов, а также результатами разложения измеренных спектров на гауссовы составляющие.

3. При электронном возбуждении кристаллов LiF-Me (Ti, W) кинетика ИКЛ $O^{2-}-V_a^+$ и $O^{2-}-Me$ центров содержит две стадии затухания и две стадии разгорания, обусловленные двумя механизмами передачи энергии электронных возбуждений центрам люминесценции.

Достоверность этого положения не вызывает сомнений и подтверждается результатами, представленными на рисунках 73...78, на которых отчетливо видно наличие быстрой и медленной стадий разгорания и изменение их соотношения при понижении температуры образца при возбуждении. Стадия затухания также состоит из двух компонентов, которые проявляются при низких температурах (рис. 79, 80). Предложенные механизмы передачи энергии центрам свечения соответствуют современным представлениям о таких процессах в ионных кристаллах.

4. Быстрая стадия накопления всех типов электронных ЦО в изученных кристаллах LiF-Me при облучении электронами обусловлена увеличением вероятности выживания первичных пар френкелевских дефектов.

Положение обосновано результатами, показанными на рисунках 79, 80, из которых следует, что кинетики накопления всех типов ЦО в кристаллах с различными примесями металлов состоят из двух стадий. При этом медленная стадия насыщается при одной и той же дозе для всех типов ЦО, что может быть объяснено только одним обстоятельством - процессами генерации первичных дефектов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения (общая характеристика работы), пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы из 118 наименований. Работа содержит 138 страниц текста, 108 рисунков, 8 таблиц. Объем диссертации достаточен, структура и содержание построены логично.

Содержание диссертации.

Во введении представлено содержание общей характеристики работы. Сформулированы цели и задачи исследований, обоснована актуальность работы, показаны: степень разработанности темы, новизна исследований, научная, практическая значимость результатов исследований, сформулированы защищаемые положения и определена методология исследований.

В первой главе диссертации описаны общие представления о стимулированных радиацией процессах в кристаллофосфорах, механизмы возбуждения люминесценции, включая возбуждение ионизирующими излучениями. Даны сведения об основных сцинтилляторах и сцинтилляционных процессах. Описаны изученные в кристаллах LiF кислородные центры. Представлен краткий анализ процессов накопления радиационных дефектов в ионных кристаллах.

Во второй главе приведены использованные автором методики исследований, характеристики используемой аппаратуры для измерений оптических свойств кристаллов при температурах 20...300 К, сведения об исследуемых структурах. Выбор импульсного источника ионизирующих излучений радиации соответствует задачам изучения сцинтилляторов.

Третья глава представляет результаты исследований фото-стимулированной люминесценции кристаллов фторида лития с примесями металлов различной валентности. Сделан хороший анализ спектров фотолюминесценции (ФЛ), спектров возбуждения фотолюминесценции (ВФЛ), кинетики ФЛ, который позволил автору установить структуру центров свечения и обосновать в общем виде электронное строение кислородных центров и механизмы их возбуждения.

Четвертая глава содержит результаты и их анализ катодолюминесценции (КЛ) и импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) кристаллов LiF-WO₃, LiF-TiO₂ - спектры КЛ и ИКЛ, кинетики разгорания и затухания ИКЛ и предложены механизмы возбуждения кислородных центров в изученных кристаллах.

Из представленных в **пятой главе** результатов следует, что облучение электронами кристаллов LiF-WO₃ приводит к накоплению собственных дефектов решетки, а дозовые зависимости их накопления состоят из двух стадий. Показано, что быстрая стадия накопления определяется эффективностью выживания первичных дырочных центров окраски, а оптимальный температурный интервал эксплуатации сцинтилляторов приходится на область 175...225 К.

В заключении диссертации сформулированы основные выводы.

Замечания по диссертационной работе.

1. В работе отсутствуют подробные сведения о методиках разложения спектров люминесценции на гауссовы составляющие и методиках определения постоянных разгорания и затухания из кинетики ФЛ и ИКЛ.

2. Какие главные отличия предлагаемого строения примесного

кислородного центра от предложенных другими авторами?

3. Энергетическая диаграмма на рисунке содержит только общие представления о строении кислородных центров с участием примесей металлов. Какие сведения необходимы для полной расшифровки электронного строения и ядерной конфигурации кислородных центров?

4. На рисунке 82 речь идет о зависимостях параметров разгорания, а подпись на оси – «Время затухания».

5. В диссертации приводятся результаты, в которых указывается поглощенная доза в Гр, но нет сведений о том, как она определялась.

Соответствие диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Название и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния. Основные результаты диссертации опубликованы в российских и международных научных журналах, доложены на международных научных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

По содержанию, объему, новизне, научной и практической значимости полученных в работе результатов диссертация отвечает требованиям пункта 2.1 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Считаю, диссертация Гэ Гуанхуэя представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержатся значимые и важные результаты, а автор **заслуживает присуждения** искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку персональных данных

Дополнительный член диссертационного совета ДС.ТПУ.03

 / Олешко Владимир Иванович / 07.12.2023 г.

Подпись Олешко Владимира Ивановича заверяю:

Ученый секретарь ФГБОУ ВО ТПУ  Кулинич Е.А.

Олешко Владимир Иванович – доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07, профессор отделение материаловедения ТПУ.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Тел.: 8- 8

e-mail: oleshko@tpu.ru