

УТВЕРЖДАЮ:

профессор по науке и трансферу
технологий Томского политехнического
университета

Л.Г. Сухих

18 декабря 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Диссертация «Люминесценция и деградация кристаллов фторида лития с примесями металлов» выполнена в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, в отделении материаловедения инженерной школы новых производственных технологий.

В период подготовки диссертации соискатель Гэ Гуанхуэй обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», работал в должности младшего научного сотрудника НПЛ «Чистая вода»

В 2014 г. окончил Национальный исследовательский Томский политехнический университет, по направлению «Опtotехника».

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2018 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования Национальным исследовательским Томским политехническим университетом.

Научный руководитель – Корепанов Владимир Иванович, доктор физико-математических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский Томский политехнический университет, отделение материаловедения инженерной школы новых производственных технологий, профессор.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Гэ Гуанхуэй является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в рамках которой разработаны модели структуры центров люминесценции, определены параметры и характеристики активаторной люминесценции, установление закономерностей накопления центров окраски и радиационной деградации люминесценции кристаллов LiF с примесями оксидов металлов (LiF-WO₃, LiF-TiO₂, LiF-Fe₂O₃).

Основные результаты и их новизна:

1. Впервые детально методами импульсной и стационарной спектрометрии изучены параметры и характеристики активаторной люминесценции кристаллов фторида лития с примесями металлов (W, Ti, Fe).

2. Определена структура центров свечения и предложена схема электронного строения центров свечений в кристаллах фторида лития с примесями металлов (W, Ti, Fe).
3. Установлены закономерности влияния примесей металлов (W, Ti, Fe) на накопление центров окраски при облучении потоками электронов в температурном диапазоне 20...300 К.
4. Сделаны практические рекомендации по оптимизации параметров КЛ LiF-WO₃.

Научная значимость и ценность работы

1. Результаты исследований углубляют сведения о роли многовалентных металлов в создании активаторного свечения при выращивании кристаллов. Роль примесей вводимых металлов в виде WO₃, Fe₂O₃, TiO₂ сводится только к созданию и стабилизации в кристаллах LiF-WO₃, LiF-Fe₂O₃, LiF-TiO₂ кислородных центров не зависимо от валентности металла.
2. Установлена атомная конфигурация центров активаторного свечения в кристаллах LiF с примесями W, Ti или Fe. Доказано, что во всех кристаллах существует 2 типа центров люминесценции: (O²⁻-Va⁺) и (O²⁻-Me). Количество конфигураций центров O²⁻-Me зависит от валентности металла, замещающего ион F⁻ в решетке кристалла.
3. При всех температурах в кристаллах LiF-WO₃ кинетика накопления всех типов центров окраски состоит из быстрой и медленной стадий. Определены, быстрая стадия накопления центров связана с дорадиационной дефектностью, дает значительный вклад в поглощение центров окраски при малых дозах и заканчивается при дозах 10⁴ Гр для всех типов центров окраски и при всех температурах.
4. Определены связь между радиационной деградацией и накоплением F₂-центров окраски, нарастание интенсивности катодолуминесценции при малых дозах облучения до 10³ Гр обусловлено преобразованием дорадиационной дефектности в поле радиации. Уменьшение интенсивности катодолуминесценции в LiF-WO₃ с дальнейшим ростом дозы электронного облучения связано с накоплением F₂-центров.
5. По результатам исследований опубликовано 10 статей в журналах, индексируемых в базе данных РИНЦ ВАК Web of Science и Scopus.

Основные публикации:

1. **Ge Guanghui.** Luminescence of LiF Crystals Doped with Metal Oxide Impurities / V.I. Korepanov, P.V. Petikar, Guanghui Ge // Key Engineering Materials Submitted. – 2016. – V. 685. – P. 623-626.
2. **Ge Guanghui.** Pulsed Cathodoluminescence of LiF Crystals Doped with W and Ti / V.I. Korepanov, P.V. Petikar, Guanghui Ge, Yanyi Li // Key Engineering Materials Submitted. – 2016. – V. 712. – P. 372-375.
3. **Ge Guanghui.** Photoluminescence of LiF Crystals Doped with Oxygen-Containing Impurities / V.I. Korepanov, P.V. Petikar, Guanghui Ge, A.A. Lipovka // Key Engineering Materials Submitted. – 2018. – V. 769. – P. 141-145.
4. **Гэ Гуанхуэй.** Радиационная деградация сцинтилляторов LiF:W / Гэ Гуанхуэй, В.И. Корепанов, П. В. Петикарь // Письма в ЖТФ – 2019. – Т.45, Вып.14. – С.28-30.
5. **Ge Guanghui.** Radiation-Induced Degradation of LiF:W-Based Scintillators / Guanghui Ge, V.I. Korepanov, P.V. Petikar, // Technical Physics Letters. – 2019. – V.45(7). – P. 714-717.
6. **Гэ Гуанхуэй.** Люминесценция кислородных центров в кристаллах LiF / Гуанхуэй Гэ, П. В. Петикарь, А. А. Липовка; науч. рук. В. И. Корепанов // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2017): сборник научных трудов VI Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 27–

29 ноября 2017 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 138-139].

7. **Гэ Гуанхуэй.** Кинетика накопления центров окраски в кристаллах LiF с оксидами металлов / Гуанхуэй Гэ, П.В. Петикарь; науч. рук. В. И. Корепанов // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2017): сборник научных трудов VI Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 27–29 ноября 2017 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 138-139].
8. **Гэ Гуанхуэй.** Люминесценция кристаллов $CDWO_4$ при импульсном электронном и лазерном возбуждении / Гуанхуэй Гэ, А. А. Камрикова, П. В. Петикарь; науч. рук. В.И. Корепанов // Современные техника и технологии: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 14-18 апреля 2014 г.: в 3 т. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — Т. 2. — [С.23-24].
9. **Гэ Гуанхуэй.** Trade-off Lattice Site Occupancy Engineering Strategy for Near-Infrared Phosphors with Ultrabroad and Tunable Emission / Tianchung Lang, Mingsheng Cai, Shuangqiang Fang, Tao Han, Guanghui Ge // Advanced Optical Materials. – 2021. – 10.1002/adom.20101633/

Практическая значимость определяется тем, что изделия из фторида лития широко используются в поле радиации. Кристалл фторида лития – типичное ионное соединение с подпороговым механизмом генерации центров окраски и при облучении ионизирующими излучениями в нем эффективно создаются пары френкелевских дефектов, которые существенно изменяют свойства материала.

По этой причине знание стимулированных радиацией процессов в этих изделиях дает возможность определить оптимальные условия их эксплуатации, прогнозировать срок эксплуатации, определять пути совершенствования технологии производства, режимы и условия радиационной обработки для оптимизации требуемых параметров изделий.

На процессы деградации оказывают влияние различные типы дорадиационных дефектов, в частности, примеси. Установлено, что длительная эксплуатация сцинтилляторов на основе фторида лития приводит к существенному изменению параметров сцинтилляционных вспышек. Поэтому выяснение механизмов стимулированных радиацией процессов позволит определить пути повышения эффективности сцинтилляторов на основе фторида лития.

Выяснены основные закономерности радиационной деградации и оптимальные условия эксплуатации сцинтилляторов на основе LiF, установлены способы повышения их эффективности.

Определены оптимальные температурные условия эксплуатации (175...235 К) и режимы предварительной радиационной обработки кристаллов (облучение дозой 10^3 Гр) для оптимизации (увеличения) выхода люминесценции LiF-WO₃ при импульсном электронном облучении.

Достоверность результатов и обоснованность выводов обеспечивается систематическим характером исследований, применением самых современных приборов, хорошей воспроизводимостью полученных результатов, сравнением с результатами других авторов, использованием сертифицированного программного обеспечения.

Личный вклад автора

совместно с научным руководителем, профессором В.И. Корепановым, измерения, были выполнены лично или при непосредственном участии автора на базе лабораторий отделения материаловедения ИШНПТ ТПУ. Обработка, систематизация и анализ результатов экспериментальных исследований были выполнены лично автором.

Диссертация «Люминесценция и деградация кристаллов фторида лития с примесями металлов» Гэ Гуанхуэй **рекомендуется** к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния».

Заключение принято на заседании объединенного научного семинара отделения материаловедения инженерной школы новых производственных технологий.

Присутствовало на заседании 17 чел. Результаты голосования: «за» - 17 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол №73/1 от 12.09.2022.

Председатель объединенного
научного семинара, профессор,
д.ф.-м.н., руководитель
отделения материаловедения ИШНПТ ТПУ

В.А. Клименов

Секретарь научного семинара,
д.ф.-м.н., профессор
отделения материаловедения

Е.Ф. Полисадова