

ОТЗЫВ

официального оппонента к.ф.-м.н. Мясниковой Александры Сергеевны
на диссертационную работу Лазаревой Натальи Львовны
«Новые люминесцентные методы исследования образования и свойств
дефектов в диэлектрических кристаллах», представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа посвящена развитию новых, оригинальных, обоснованных соискателем люминесцентных методов, предназначенных для исследования линейного и нелинейного взаимодействия лазерного излучения с диэлектрическими кристаллическими средами. В последние годы возрастает роль исследований квантовых систем, внедренных в конденсированные среды. Далеко не всякий подход способен обеспечить достаточную чувствительность, которая могла бы позволить получить точные и воспроизводимые результаты при исследовании таких объектов. Люминесцентные методы в полной мере отвечает таким требованиям, что говорит об актуальности темы исследований, направленных на разработку и совершенствование таких методов. В диссертационной работе представлены исследования дефектов в кристаллах лейкосапфира (Al_2O_3), и фторида магния (MgF_2), а также пленок фторида лития (LiF). Основное внимание уделено изучению оптически одноосных анизотропных кристаллических сред (Al_2O_3 , MgF_2). В линейном режиме взаимодействия исследовались кристаллы, в которых изучаемые радиационные дефекты, взаимодействующие с лазерным излучением, были созданы заранее. В нелинейном режиме, т. е. при больших интенсивностях лазерного излучения дефекты возникали в кристаллах непосредственно при их взаимодействии с лазерным излучением. Такое разнообразие подходов позволило наиболее полно рассмотреть возможные физические эффекты, лежащие в основе предлагаемых методов..

Из сказанного ясно, что тема диссертации, избранная соискателем, безусловно, является **актуальной**. Более того, несмотря на прогресс в развитии и применении люминесцентных методов к исследованию точечных дефектов в диэлектриках, полного понимания механизмов линейного и нелинейного

взаимодействия лазерного излучения с диэлектрическими средами пока не достигнуто, поэтому **новизна** полученных в работе результатов также не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Результаты диссертационных исследований изложены на 109 страницах, диссертация включает 38 рисунков и в одну таблицу. Список литературы представлен 131 наименованием.

Во **введении** сформулирована и обоснована цель исследований.

Первая глава диссертации посвящена обоснованию нового метода, позволяющего однозначно определять полную ориентацию квантовых систем в одноосном кристалле лейкосапфира. Исследование проведено на примере центра окраски, характерного для нейтронно-облученных кристаллов $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, с полосами поглощения 360 и 680 нм и люминесценции 380 и 830 нм, подробное экспериментальное и теоретическое исследование которого, приведено в этой главе, получены новые данные о кинетике люминесценции и вероятностях излучательных и безызлучательных переходов в этих центрах. Предлагаемый метод определения ориентации центров люминесценции в одноосных кристаллах основан на эффекте пространственно-периодической модуляции интенсивности фотолюминесценции анизотропных кристаллических сред. В этом явлении исследуются пространственно-периодические распределения интенсивности люминесценции, возбуждаемой при взаимодействии оптического излучения с однородно-распределенными центрами окраски в кристалле.

Во **второй главе** автором актуализируется вопрос пропорциональности между концентрациями центров окраски в кристалле и интенсивностью их фотолюминесценции, и предлагается люминесцентный метод наблюдения за концентрациями центров окраски, создаваемых в анизотропных оптически одноосных кристаллах интенсивными фемтосекундными лазерными импульсами, обеспечивающий такую пропорциональность. Благодаря этому появляется возможность оценки относительной эффективности формирования центров окраски под действием на кристаллическую среду линейно и

циркулярно поляризованного фемтосекундного лазерного излучения. Экспериментально получено пространственно-модулированное распределение концентрации индуцированных центров окраски. В ходе экспериментов в соседних участках канала интенсивность возбуждающего излучения была постоянной. Вместе с тем, при одной и той же интенсивности лазерного излучения напряженность электрического поля для линейной поляризации была в $\sqrt{2}$ раз выше, чем при циркулярной поляризации. Это понижает барьер для межзонного туннелирования и увеличивает вероятность ионизации при линейной поляризации. Показано, что поляризованное фемтосекундное лазерное излучение, распространяясь в анизотропном кристалле в режиме самофокусировки и филаментации, создает в нем люминесцирующие ЦО, концентрация которых периодически изменяется с расстоянием. Причиной этого эффекта является реализация промежуточного механизма многофотонно-туннельной фотоионизации кристаллического вещества, благодаря которому возникает зависимость вероятности нелинейной фотоионизации от состояния поляризации действующего лазерного излучения.

В **третьей главе** диссертации речь идет о люминесцентном методе контроля качества пленок фторида лития, которые были изготовлены методом термовакуумного напыления на стеклянную подложку и отожжены. Методом сканирующей зондовой микроскопии было выявлено преобразование структуры пленок с ростом температуры отжига образца: размер зерна, образующего пленку, значительно увеличивается. Возможные причины таких изменений были изучены впервые реализованным радиационно-люминесцентным методом. Предложенная методика основана на использовании характерных для данного вещества центров окраски в исследуемых образцах в качестве люминесцентного зонда, позволяющего зарегистрировать преобразование исходного вещества. По результатам исследования было сделано заключение о преобразовании химического состава пленки, которое подтвердили результаты рентгенофазового анализа.

В **заключении** диссертации сделано обобщение результатов выполненных исследований, выделены и изложены основные выводы по

работе.

Защищаемые положения и основные результаты диссертационной работы, сформулированные в разделах научная новизна и теоретическая и практическая значимость, достаточно хорошо подтверждены проведенными в работе исследованиями. Все научные положения являются доказанными, обоснованными, они являются новыми и сформулированы впервые.

Достоверность полученных результатов работы и выводов обеспечивается использованием апробированных методов исследования, применением современного высокоточного экспериментального оборудования, обоснованностью использованных теоретических расчетов и допущений, корректностью поставленных задач и соответствием результатов теоретических и экспериментальных исследований. Дополнительно достоверность практических результатов диссертации подтверждена государственной патентной экспертизой при выдаче патента РФ на изобретение и свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, которые были использованы в диссертационной работе.

Апробация работы и публикации. Результаты работы Натальи Львовны были представлены и обсуждены более чем на двадцати международных и всероссийских конференциях. Материалы исследований, изложенные в диссертации, опубликованы в 7 международных и российских журналах, индексируемых международными базами Scopus, WOS, кроме того, как уже упоминалось, имеется патент РФ на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Все положения, выносимые на защиту, достаточно полно опубликованы.

Общая характеристика и основное содержание работы полно представлены в диссертации и адекватно отражены в автореферате диссертации. Представленная работа востребована как в теоретическом, так и в прикладном плане.

Говоря о недостатках работы, необходимо отметить следующее:

1. В Главе 1 дано подробное теоретическое описание метода определения ориентации центров окраски в анизотропных одноосных

кристаллических средах и приведены отдельные фотографии пространственно-модулированного распределения интенсивности люминесценции каналов, возбуждаемых лазерным излучением, подробно описаны технические средства, необходимые для реализации метода, однако фактически не приведены результаты полной экспериментальной апробации предложенного и описанного метода.

2. Также в Главе 1 (п.1.6) на приведено окончательное выражение для зависимости $J(t)$, на основании которого были проведены расчеты, представленные на рисунке 1.11.

3. В Главе 2, несмотря на большой литературный обзор и тщательное описание методики эксперимента, отсутствует обоснование выбора кристалла для исследований, описание его оптических характеристик, а также известных точечных дефектов.

В целом, текст диссертации и автореферата написан ясным языком, однако вызывает недоумение использование автором фамилий исследователей в литературном обзоре вместо ссылок на их работы. Удручает также использование фамилий без инициалов (например, на странице 22).

Изложенные выше замечания не снижают высокой оценки полученных соискателем результатов и значимости диссертационной работы в целом.

Соответствие научной специальности.

Диссертационная работа соответствует следующим направлениям исследований, отраженным в паспорте специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния:

1) теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления;


4) теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ;

б) разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами.

Диссертация соответствует отрасли физико-математических наук.

Считаю, что диссертация «Новые люминесцентные методы исследования образования и свойств дефектов в диэлектрических кристаллах», является законченной научно-исследовательской работой, удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сама Лазарева Наталья Львовна **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

08 декабря 2021 года.

 / Мясникова Александра Сергеевна /

Мясникова Александра Сергеевна – канд. физ.-мат. наук, Физика и астрономия, 01.04.07 – физика конденсированного состояния, старший научный сотрудник лаборатории физики монокристаллов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИГХ СО РАН).
Тел.: (964) 354-71-97,
e-mail: sasham@igc.irk.ru

Подпись А.С. Мясниковой заверяю:

Ученый секретарь ИГХ СО РАН



М.П.



И.Ю. Пархоменко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук.

Адрес: 664033, Иркутская область, город Иркутск, улица Фаворского, 1 А.

Тел. (3952) 42-66-00

E-mail: dir@igc.irk.ru