

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Строгановой Елены Валерьевны

«Исследование, синтез и выращивание оптических градиентно-активированных кристаллов на основе ниобата лития», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

по специальности 01.04.05 – оптика

Разработка новых устройств фотоники и оптоэлектроники и серьезная конкуренция на мировом рынке постоянно стимулируют фундаментальные исследования, направленные на модифицирование и создание новых нелинейно-оптических материалов. Одним из известных и технологичных нелинейных кристаллов, с высокой степенью изоморфности оптических и физических свойств, является ниобат лития, который относят к числу важнейших материалов акусто- и оптоэлектроники, интегральной, лазерной и нелинейной оптики. Роль пространственных дефектов и особенностей упорядочения решетки является определяющей в формировании оптических характеристик, структурной и оптической однородности кристалла ниобата лития. Кроме того фоторефрактивный эффект обуславливает сильные искажения лазерного пучка в кристалле и является мешающим фактором для голографической записи информации и преобразования излучения. Поэтому исследования, направленные на понимание природы структурных перестроек, на оптимизацию структуры и оптических свойств, на создание высокосовершенных кристаллов с низкой фоторефракцией являются своевременными. Актуальной научной и практической задачей является обнаружение изменений структуры, возникающих при вариациях отношения $R=Li/Nb$ и легировании, дефектов структурной и оптической однородности кристаллов ниобата лития, выращенных из расплава разного состава. Такие исследования важны для корректировки технологических режимов выращивания кристаллов заданного состава с заданными свойствами.

В связи с этим, диссертация Строгановой Е.В., обобщающая результаты полученные в ходе широкого класса экспериментальных и теоретических исследований новых оптических градиентно-активированных материалов на

основе ниобата лития, несомненно **является актуальной** и имеющей практические приложения.

Диссертация Строгановой Елены Валерьевны посвящена исследованию и анализу взаимосвязи оптических свойств и структурных особенностей активированных кристаллов ниобата лития, получаемых предложенным соискателем способом синтеза и выращивания монокристаллов с контролируемым неравномерным распределением примесных ионов.

Диссертация состоит из введения, 7 разделов, заключения и списка цитируемой литературы из 259 наименований, изложена на 279 страницах ясным языком, при этом структура работы отличается логикой изложения. Следует отметить, что содержание исследований во всех основных главах диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.05 – оптика.

Комплексные исследования, проведенные соискателем с применением современных экспериментальных и расчетных методов (фотолюминесцентная спектроскопия, спектроскопия поглощения в видимом и ИК диапазоне, комбинационное рассеяние, эмиссионный анализ и др.) позволили получить целый ряд важных и интересных результатов, среди которых можно отметить следующие:

- Впервые получены градиентно-активированные кристаллы ниобата лития с контролируемым неравномерным распределением примесных ионов относительно продольной координаты кристалла. Одновременно в оптических кристаллах реализованы концентрационные профили нескольких примесных ионов: $\text{LiNbO}_3:\text{Cr, Mg}$; $\text{LiNbO}_3:\text{Yb, Er}$. Разработан эффективный способ синтеза и выращивания монокристаллов с контролируемым неравномерным распределением примесных ионов на основе метода Чохральского.

- Установлены закономерности влияния концентрационного профиля примесных ионов (Cr^{3+} , Mg^{2+} , Yb^{3+} , Er^{3+}) на спектрально-кинетические, люминесцентные и генерационные свойства градиентно-активированных кристаллов на основе ниобата лития.

- Разработаны физико-математические модели, которые позволяют определять квантовую эффективность градиентно-активированных кристаллов ниобата лития с различным концентрационным профилем оптических центров $\text{LiNbO}_3:\text{Cr, Mg}$ и $\text{LiNbO}_3:\text{Yb, Er}$ и учитывают динамику населенности

энергетических состояний взаимодействующих ионов $Yb \leftrightarrow Er$, а также процессы релаксации оптических центров $Cr_{Li} \leftrightarrow Cr_{Nb}$.

- Особое место в работе отведено разработанным методам и методикам исследования оптических свойств полученных градиентно-активированных кристаллов, в частности предложен метод идентификации оптических центров и определения их параметров, основанный на предложенной математической модели описания процессов люминесценции в приближении невзаимодействующих центров.

Основные результаты работы, посвященные детальному анализу взаимосвязи оптических свойств и структурных особенностей активированных кристаллов ниобата лития с контролируемым неравномерным распределением примесных ионов, получены автором впервые, что говорит о **новизне результатов работы**.

Обоснованность выводов и заключений диссертанта основывается на корректной постановке задач и достаточной степени методической проработке порядка и последовательности проведенных исследований и экспериментов.

Достоверность результатов обеспечивается большим объемом экспериментальных данных, корректностью применения широкого комплекса современных высокоэффективных методов изучения оптических свойств, с применением статистической обработки данных, авторскими методическими разработками по повышению точности проведения исследований, сопоставлением полученных данных с известными экспериментальными результатами подобных исследований кристаллов ниобата лития с однородным легированием примесями оптических центров.

Достоверность и обоснованность результатов также подтверждается удовлетворительной корреляцией полученных экспериментальных результатов исследования спектрально-люминесцентных и генерационных параметров с теоретическими моделями, предложенными в работе.

Однако работа не лишена ряда недостатков, к которым можно отнести следующие:

1. Автор вполне обоснованно применяет метод исследования кинетики затухания (нарастания) люминесценции легированных кристаллов для исследования состава оптических центров в выращенных кристаллах, однако в работе не приводятся сами исходные спектры, а только отфильтрованные

«спектры кинетик люминесценции», что не позволяет быть уверенным в качестве исходных экспериментальных данных. Более того в работе отсутствует описание экспериментальной установки и методики исследования кинетики затухания спектральных полос люминесценции. Нет информации о том, проводилась ли коррекция спектров возбуждения и излучения на аппаратные функции спектральных установок.

2. В рассмотренных физико-математических моделях не проведено исследование неизбежного влияния температурного градиента в лазерном канале на генерационные характеристики и свойства излучения в исследуемых градиентно-активированных кристаллах.

3. В работе слабо представлены результаты сравнительного анализа экспериментальных исследований по эффективности лазерных сред на основе однородно легированных кристаллических матриц и градиентно-активированных кристаллов.

4. Следует также отметить, что текст диссертации не свободен от сомнительных методических и стилистических утверждений:

- Вызывает сомнение утверждение соискателя (стр. 71) о том, что погрешность поддержания температуры в реакторе не превышает ± 1 °С. Для используемой термопары ТПП с допуском $0,0025$ Т°С погрешность измерения температуры (а, следовательно, и состава расплава) составляет в этом диапазоне температур $\pm 2,5$ °С.

- На стр. 51-52 использование неудачной терминологии: «трасса температуры», «трасса изменения диаметра кристалла», на стр.73 – «трасса массы кристалла»;

- На стр. 139 не совсем удачной представляется фраза об «усилении промотирующего взаимодействия фазового пространства»

5. Есть ошибки в оформлении работы.

- На стр 17 «при использовании рентгеновского излучения с $\lambda = 193,73$ нм»;

- На стр. 18 «При комнатной температуре кристаллы LiNbO₃ состоят из слоев кислородных атомов, расположенных практически в гексагональной плотнейшей упаковке»;

- На рис.57 Энергия измеряется в см⁻²;

- В пояснениях к формуле (47) некорректно определена постоянная с.

6. Следует также отметить, что несмотря на то, что в автореферате детально обозначен личный вклад автора, в диссертационной работе этот вопрос опущен.

Тем не менее, сделанные выше замечания относятся либо к стилю изложения, либо носят характер пожеланий для дальнейшей работы, поэтому они не сказываются на общем впечатлении от диссертации. **Обоснованность** положений выносимых на защиту, не вызывает сомнений.

Результаты диссертации Строгановой Е.В. опубликованы в 15 статьях в научных изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования результатов докторских диссертаций, докладывались автором на большом количестве научных конференций и симпозиумов, как в России, так и за рубежом, и были получены в рамках выполнения целого ряда грантов и программ научных исследований.

Прикладной аспект использования результатов, полученных диссертантом, напрямую связан с созданием новых оптических компонент для информационных сетей и систем связи. Результаты диссертационной работы представляют интерес для использования в учреждениях РАН, на предприятиях, специализирующихся на создании приборов фотоники и оптоэлектроники.

По объему проведенных исследований, научной новизне, практической ценности и достоверности полученных результатов можно сделать вывод о том, что рассматриваемая диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлены научно-обоснованные теоретические и экспериментальные исследования, направленные на решение крупной научной проблемы по разработке и созданию нового класса эффективных оптических материалов в области фотоники и оптоэлектроники.

Разработанные теоретические и экспериментальные методы исследований оптических материалов расширяют арсенал инструментария спектрально-люминесцентного и кинетического анализа и средств прогнозирования свойств высокоэффективных фотонных и лазерных сред.

Личное участие автора является определяющим, участие соавторов отмечено. Основное содержание диссертации полностью отражено в публикациях и автореферате.

Считаю, что диссертация Строгановой Елены Валерьевны «Исследование, синтез и выращивание оптических градиентно-активированных кристаллов на основе ниобата лития» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утвержденных Правительством Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 (редакция от 28.08.2017) (пп. 9 – 14), а её автор, Строганова Елена Валерьевна, заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 01.04.05 –оптика.

Официальный оппонент
заведующий кафедрой физики
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»,
доктор физико-математических наук
(01.04.05 - оптика)

А.В. Хомченко

ХОМЧЕНКО Александр Васильевич
212000, Республика Беларусь,
г. Могилёв, пр. Мира, 43
Государственное учреждение высшего
профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
тел.: +375-222-253674
факс: +375-222-310626
avkh@mogilev.by
<http://bru.by>

Подпись д-ра физ.-мат. наук А.В. Хомченко
УДОСТОВЕРЯЮ

Первый проректор
Белорусско-Российского университета
доктор техн. наук
04.11.2017 г.



М.Е. Лустенков