

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Крука Александра Александровича
«Структурный беспорядок и оптические процессы в кристаллах ниобата
лития с низким эффектом фоторефракции»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.07 - Физика конденсированного состояния

Актуальность темы обоснована во введении диссертационной работы, с одной стороны, тем, что монокристаллы ниобата лития уникальны по своим оптическим характеристикам и широко применяются в оптоэлектронике, с другой - ниобат лития относится к фазам переменного состава, и его физические свойства определяются характером распределения пространственных дефектов и особенностей упорядочения структурных единиц катионной подрешетки. Конгруэнтный ниобат лития относится к классу фоторефрактивных кристаллов. Поскольку эффект фоторефракции и сопутствующее ему фотоиндуцированное рассеяние света (ФИРС) обуславливают сильную деструкцию лазерного луча в кристалле LiNbO_3 , то они являются мешающими факторами для голографической записи информации и преобразования излучения кристаллом. Поэтому исследования природы дефектов и связанных с ними перестроек структуры, имеющие своей целью оптимизацию фоторефрактивных свойств и поиск путей синтеза высокосовершенных кристаллов LiNbO_3 с предельно низким эффектом фоторефракции и ФИРС, необходимы и актуальны.

Данная цель работы сформулирована диссертантом во введении. Для ее достижения поставлено семь задач, для решения которых использовались чистые и легированные фото- и нефоторефрактивными примесями монокристаллы ниобата лития.

Далее во введении сформулированы научная новизна, практическая значимость работы и основные положения, выносимые на защиту.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, основных выводов, списка литературы из 215 наименований, списка сокращений. Общий объем работы составляет 170 страниц, включая 36 рисунков и 6 таблиц.

Литературный обзор (**глава 1**) разбит на семь разделов. В первых четырех разделах рассматривается структура сегнетоэлектрической фазы кристалла ниобата лития, модели протяженных и вакансионных дефектов, которые могут возникнуть в решетке конгруэнтного ниобата лития в процессе синтеза, и современное состояние проблемы влияния нефоторефрактивных примесей на содержание и тип дефектов катионной подрешетки ниобата лития. В следующих двух разделах выполнен обзор и анализ предложенных в литературе моделей объяснения существования фоторефрактивного эффекта и сопровождающего его фотоиндуцированного рассеяния света (ФИРС) в номинально чистых и легированных кристаллах ниобата лития. В последнем разделе рассматриваются особенности спектров комбинационного рассеяния света в кристаллах LiNbO_3 , обусловленные их степенью совершенства и влиянием эффекта фоторефракции.

Во **второй главе** описывается подготовка шихты и методы выращивания чистых и легированных монокристаллов ниобата лития; установка и методика исследований коноскопических картин кристаллов в широкоапертурных слабо расходящихся пучках света; методики регистрации ФИРС и спектров комбинационного рассеяния света (КРС); методики проведения поляризационных измерений спектров КРС и обработки контуров сложных спектральных линий.

Результаты эксперимента и их анализ представлены в главах 3 и 4.

В **третьей главе** излагаются и обсуждаются результаты исследования при различных мощностях возбуждающего излучения картин ФИРС монокристаллов, обладающих сравнительно низким эффектом фоторефракции и низким уровнем ФИРС. Приведены результаты исследований оптической однородности кристаллов методом лазерной

коноскопии. Проанализированы особенности проявления двойного лучепреломления в кристалле ниобата лития при ФИРС.

В **четвертой главе** представлены результаты исследований спектров КРС номинально чистых монокристаллов ниобата лития конгруэнтного и стехиометрического составов в сопоставлении с картинами ФИРС для данных кристаллов, проанализированы причины асимметрии спектров КРС кристалла ниобата лития, выбраны аналитические линии для исследований эффекта фоторефракции в кристаллах ниобата лития по спектрам КРС. Построены и проанализированы температурные зависимости линий спектра КРС.

В **основных выводах** отражены основные результаты работы.

Научная новизна работы. Впервые фоторефрактивные свойства серии номинально чистых и легированных монокристаллов LiNbO_3 с низким эффектом фоторефракции, выращенных по единой методике, исследованы с применением комплекса методов: лазерная коноскопия, спектроскопия КРС, ФИРС. Установлено, что асимметрия спекл-структуры индикатрисы ФИРС в кристаллах LiNbO_3 обусловлена двулучепреломлением возбуждающего лазерного излучения. Впервые исследованы температурные зависимости частоты, ширины и интенсивности линий, не соответствующих фундаментальным колебаниям решетки спектра КРС конгруэнтных и стехиометрических кристаллов LiNbO_3 . К элементам новизны следует отнести также методику оценки величины фоторефрактивного эффекта по интенсивности линий, запрещенных правилами отбора в спектре КРС кристалла LiNbO_3 с нулевым эффектом фоторефракции, но проявляющихся в спектре фоторефрактивных кристаллов.

Практическая значимость. Полученные в работе результаты дополняют имеющиеся в литературе данные об оптических процессах, происходящих при воздействии лазерного излучения на кристалл. Результаты исследований используются в ИХТРЭМС КНЦ РАН при разработке промышленных технологий выращивания высокосовершенных монокристаллов LiNbO_3 заданного состава, обладающих низким эффектом

фоторефракции. Показано, что метод лазерной коноскопии может быть успешно использован для оценки оптического качества и фоторефрактивных свойств монокристаллов LiNbO_3 разного состава. Методика рекомендована к использованию в ИХТРЭМС КНЦ РАН.

Надежность и достоверность результатов базируется на использовании комплекса методик исследования, результаты которых подтверждают и дополняют друг друга, а также на сопоставлении полученных данных с имеющимися в литературе аналогами.

Замечания по работе.

1. В разделе 1.1 при описании структуры кристалла LiNbO_3 указано, что он имеет простую ромбоэдрическую решетку с параметрами $a=5.15 \text{ \AA}$, $c=13.86 \text{ \AA}$ и $\alpha=55.53^\circ$ с двумя формульными единицами в элементарной ячейке. Текст с цифрами не согласуется.
2. Каков все-таки тип связи Nb-O в октаэдре NbO_6 ? В работе неоднократно упоминается, что ковалентный, и, тем не менее, постоянно говорится об ионах Nb^{5+} .
3. Концентрация Mg^{2+} (0.86 вес.%) находится далеко за пределами области максимального упорядочения структурных единиц катионной подрешетки кристаллов $\text{LiNbO}_3:\text{Mg}$ (0.2- 0.5 вес.% Mg^{2+}). Что здесь понимается под областью максимального упорядочения?
4. В разделе «Основные выводы» формулировки непосредственно выводов недостаточно четкие, поскольку здесь же изложены результаты, на которые они опираются. Часть выводов носит предположительный характер. В пункте 8 есть такие формулировки как «гораздо менее существенно», «существенно больший ангармонизм».

Указанные недостатки не снижают научной и практической ценности работы. В целом диссертация написана хорошим языком, содержит большое количество достаточно четко систематизированных экспериментальных данных.

По материалам диссертационной работы **опубликовано** 10 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 1 статья в сборнике докладов конференции и 6 тезисов докладов.

Апробация работы. Результаты работы обсуждались на научных семинарах лаборатории материалов электронной техники ИХТРЭМС КНЦ РАН, докладывались на шести научных конференциях, в том числе на двух международных.

Автореферат диссертации составлен в соответствии с правилами ВАК Российской Федерации и отражает структуру и содержание диссертации.

Диссертационная работа «Структурный беспорядок и оптические процессы в кристаллах ниобата лития с низким эффектом фоторефракции» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, согласно Постановлению №842 Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. раздел «Положение о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а диссертант, Крук Александр Александрович, заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

15.05.2015

Заслуженный деятель науки Карелии,
кандидат физико-математических наук,
доцент *Алешина* Алешина Л.А.

Подпись руки Л.А. Алешиной заверяю



Л.А. Алешина

ФИО официального оппонента: Алешина Людмила Александровна

Ученая степень: кандидат физико-математических наук

Специальность: 01.04.07. Физика конденсированного состояния

Почтовый адрес: пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Респ. Карелия, 185000

Телефон (8142)967154

Адрес электронной почты: aleshina@psu.karelia.ru

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ)

Ученое звание: доцент. Должность: доцент кафедры физики твердого тела