

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Титова Романа Алексеевича

«Технологические и структурные факторы формирования физических характеристик нелинейно-оптических монокристаллов ниобата лития, легированных цинком и бором», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ

Диссертационная работа Титова Р.А., направлена на исследование влияния способа легирования, типа и концентрации легирующей примеси на состояние дефектной структуры, определяющей особенности практически значимых физических характеристик монокристаллов ниобата лития разного состава и генезиса, создаваемых в ИХТРЭМС КНЦ РАН. Работа является актуальной и обладает большой практической значимостью для сопровождения и совершенствования как уже существующих, так и разрабатываемых новых технологий получения монокристаллов с кислородно-октаэдрической структурой, в том числе и высокосовершенных монокристаллов ниобата лития. С целью получения функциональных нелинейно-оптических материалов для лазерной и параметрической генерации на основе монокристаллов ниобата лития чрезвычайно важное значение с технологической точки зрения, имеет поиск оптимальных концентрационных диапазонов легирующих компонентов с учётом их химической природы и новых способов легирования.

В работе выполнен подробный анализ литературных источников и большой комплекс теоретических и экспериментальных исследований, что позволило диссертанту впервые получить новые научные и практически важные результаты:

1. В кристаллах $\text{LiNbO}_3\text{:Zn}$ обнаружены три слабовыраженных концентрационных порога при 1.39, 3.43 и 5.19^I мол. % ZnO в кристалле.

2. Показано, что вне зависимости от технологии введения катионов бора в шихту конгруэнтного состава (с использованием прямого твёрдофазного легирования или метода гомогенного легирования) неметаллический элемент бор входит в структуру кристалла только в следовых количествах ($\sim 4 \cdot 10^{-4}$ мол. %).

3. Установлено, что катионы бора B^{3+} встраиваются в тетраэдрические пустоты структуры кристаллов LiNbO_3 , локализуясь в составе группы $[\text{BO}_3]^{3-}$ в гранях тетраэдрических пустот, граничащих с вакантными или литиевыми кислородными октаэдрами O_6 , либо в кислородной плоскости O_3 , общей для смежных октаэдров.

4. Установлено, что монокристалл $\text{LiNbO}_3\text{:B}(1.24 \text{ мол. \% } \text{B}_2\text{O}_3 \text{ в шихте})$, полученный по технологии прямого твёрдофазного легирования борной кислотой, наиболее композиционно и структурно однороден и обладает более высоким оптическим качеством, по сравнению с кристаллами $\text{LiNbO}_3\text{:B}(0.55, 0.69 \text{ и } 0.83 \text{ мол. \% } \text{B}_2\text{O}_3 \text{ в шихте})$, полученными по технологии прямого твёрдофазного легирования оксидом бора.

5. Показано, что технология использования химически активного элемента бора для получения близких по составу к стехиометрическим композиционно однородных кристаллов $\text{LiNbO}_3\text{:B}$, среди других технологий, является наиболее оптимальной с точки зрения временных и материальных затрат для получения оптически совершенных композиционно однородных крупногабаритных монокристаллов ниобата лития для нелинейной, лазерной и интегральной оптики.

Особо следует отметить, что в работе выполнен подробный, с использованием взаимодополняющих методов исследования свойств и структуры вещества, анализ близких по составу к стехиометрическим борсодержащих кристаллов ниобата лития, полученных по новой технологии легирования, когда легирующий элемент неметаллический элемент бор в следовых количествах встраивается не в октаэдрические (что характерно для металлических элементов), а в тетраэдрические пустоты кристалла. Легирование кристаллов LiNbO_3 следовыми количествами катионов бора обеспечивает повышение стехиометрии ($R=\text{Li/Nb}$) и снижение ответственных за композиционную

однородность и эффект фоторефракции концентрации точечных структурных дефектов в кристаллах $\text{LiNbO}_3:\text{B}$, по сравнению с кристаллом $\text{LiNbO}_{3\text{конг}}$, а также повышение оптической стойкости к повреждению лазерным излучением кристаллов $\text{LiNbO}_3:\text{B}$, по сравнению с кристаллом $\text{LiNbO}_{3\text{стех}}$.

По тексту автореферата имеются замечания.

1. Восприятие содержания значительно улучшилось бы, если бы был введен дополнительно раздел «Предмет исследования».
2. На рисунках 2,а и 3 на экспериментальных кривых не указаны доверительные интервалы.

Несмотря на замечания, по актуальности и новизне исследований, практической значимости, диссертационная работа Титова Р.А. является завершённым научным исследованием. Автореферат написан хорошим языком и содержит новые научные результаты, имеющие практическую значимость. Результаты исследований опубликованы в отечественных и зарубежных журналах, рекомендованных ВАК, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Работа прошла апробацию на конференциях различного уровня и направлений. Получен патент на изобретение.

В целом, на сколько можно судить из автореферата, диссертация Титова Р.А. «Технологические и структурные факторы формирования физических характеристик нелинейно-оптических монокристаллов ниобата лития, легированных цинком и бором» выполнена на высоком уровне и соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (в редакции от 01.10.2018 №1168), а Титов Роман Алексеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 - «Технология неорганических веществ».

Даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник Проблемной
научно-исследовательской лаборатории электроники,
диэлектриков и полупроводников Исследовательской
школы физики высокоэнергетических процессов
«Национального исследовательского Томского
политехнического университета»

Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 30
тел: (+7 3822) 56-38-64 или 70-17-77 доп. 3495
моб.: +79095396741
<http://tpu.ru>, e-mail: ghyngazov@tpu.ru

 Гынгазов Сергей Анатольевич,

Подпись Гынгазова С.А. удостоверяю
Ученый секретарь Томского
политехнического университета

Печать

«20» января 2023 года



Кулинич Е.А.