

## Отзыв

на автореферат диссертации **Нерадовского Максима Михайловича**  
**«Создание и исследование оптических волноводов с регулярной доменной структурой в ниобате лития»**,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

Ниобат лития (LN) обладает большими значениями нелинейно-оптических и электрооптических коэффициентов и является материалом, широко используемым для оптических преобразований, в том числе в интегральной оптике. При создании элементов интегрально-оптических схем монокристаллы семейства LN в настоящее время рассматриваются в качестве основного материала. Волноводы с периодическими доменными структурами на подложке из LN значительно усиливают эффективность оптических преобразований, что стимулировало в последнее время увеличение исследований по изучению и развитию методов формирования доменных структур в сочетании с волноводными слоями.

В автореферате **Нерадовского Максима Михайловича** кратко представлены результаты научного исследования о влиянии приповерхностных волноводов, полученных различными вариантами протонного обмена на вид доменной структуры формирующейся при переключении поляризации в полярных Z срезах монокристаллов  $\text{LiNbO}_3$ . Переключение поляризации осуществлялось как традиционным способом приложения внешнего электрического поля, так и с помощью сфокусированного электронного луча. Приведены результаты исследования и анализ кинетики роста доменов при переключении поляризации в планарных и канальных волноводах, изготовленных различными вариантами протонного обмена.

Автореферат представлен на 23 страницах. В нем кратко изложено содержание шести глав диссертационной работы. Первая глава это литературный обзор, в котором описаны основные физические свойства ниобата лития, описан кинетический подход, используемый для описания кинетики доменов при переключении поляризации в сегнетоэлектриках, методы и особенности вариантов протонного обмена. Рассмотрены известные методы создания периодических доменных структур (ДС), методы их исследования, основы нелинейно-оптических процессов в LN, эффект фазового квазисинхронизма. Вторая глава содержит основные характеристики исследуемых образцов, описание приборов и установок, порядок проведения измерений и обработки результатов. В третьей главе приводятся результаты исследования влияния процесса протонного обмена на доменную структуру. В четвертой главе описаны исследования кинетики ДС при переключении поляризации в LN с поверхностными слоями, модифицированными различными вариантами протонного обмена. В пятой главе кратко сообщается об особенностях создания ДС не традиционным методом, а электронным лучом в образцах, модифицированных мягким протонным обменом. В процессе этого исследования было показано, что слой резиста, дополнительно нанесенный на поверхность волновода, необходим для создания периодических ДС хорошего качества в волноводах этого типа. Шестая глава описывает исследования генерации второй гармоники (ГВГ) в градиентных канальных волноводах с периодическими структурами, сформированными электронным лучом при облучении Z срезов LN, предварительно также покрытых слоем резиста.

Из автореферата ясно, что **Нерадовским Максимом Михайловичем** проделана большая экспериментальная работа, включающая широкий спектр методов и различных знаний. Кроме изготовления приповерхностных волноводов и их исследования, формирования доменной структуры и ее изучения с помощью

разнообразных методов, соискателем проведено исследование генерации второй гармоники (ГВГ), спектров ГВГ и особенностей распределения энергии в образцах с полученными с помощью электронного луча периодическими доменными структурами. Исследования проводились как непосредственно самим соискателем, так и при поддержке специалистов, владеющих соответствующими методиками.

Несомненно, что полученные результаты могут быть полезны для развития методов доменной инженерии в ниобате лития с модифицированными поверхностными слоями, которые используются при изготовлении интегрально-оптических устройств. Эти исследования имеют и важное фундаментальное значение, т.к. полученные результаты позволяют более детально понять роль дополнительных факторов: влияние структуры и особенностей планарных и канальных волноводов на кинетику доменной структуры в LN. Работа Нерадовского М.М. является, безусловно, актуальной, научно значимой, интересной и полезной.

К недостаткам автореферата можно отнести некоторую сумбурность изложения глав с описанием различных вариантов процессов протонного обмена, и описанием деталей и особенностей кинетики ДС в этих образцах (4 глава). В пятой главе много неточностей с указанием единиц измерения применяемых доз облучения электронным лучом (стр16,17). Из-за обрывочного изложения большого выполненного исследования отдельные моменты в 5 главе непонятны. Например, непонятно, что подразумевается под стабильностью и нестабильностью доменов, о которой сообщается на стр.18.

Тем не менее, из содержания автореферата следует, что представленная работа является основательным и добротным исследованием. Результаты данного многогранного исследования вполне достоверны и могут быть использованы в практических целях, в частности, они создают фундаментальные основы для развития новых методов и подходов в доменной инженерии для интегральной оптики.

Достаточное количество публикаций (5 статей), представление результатов исследования на большом количестве (около 30) научных конференциях-российских и международных, большой объем проведенных экспериментов, основные результаты, новизна полностью удовлетворяют требованиям, диссертация соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней. Автор **Нерадовский Максим Михайлович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физ.-мат.наук по специальности 01.04.07–Физика конденсированного состояния.

Старший научный сотрудник ИПТМ РАН  
Лаборатории локальной диагностики полупроводниковых материалов  
канд.физ.-мат.наук., Коханчик Людмила Сергеевна  
+7(496)524-40-06; mlk@iptm.ru

Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Науки  
Институт Проблем Технологии Микроэлектроники и Особо Чистых Материалов  
Российской Академии Наук ( ИПТМ РАН) ,  
142432, г. Черноголовка, Московская область, ул. Академика Осипьяна, д. 6;  
телефон:+7(496)524-40-60, факс:+7(496)524-42-25; general@iptm.ru

Ученый секретарь ИПТМ РАН  
Доктор физ.-мат. наук Редькин Аркадий Николаевич

30 мая 2016 г.