

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
ЩЕРБИНЫ Весты Вячеславовны

НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ НА ПЕРИОДИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ СТРУКТУРАХ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДАХ НА НИОБАТЕ ЛИТИЯ

представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.05 – **Оптика.**

Работа посвящена выявлению особенностей регулярных доменных структур, сформированных локальным облучением электронным лучом на неполярных срезах кристаллов ниобата лития и в оптических волноводах на их основе, а также нелинейно-оптических преобразований частоты излучения в планарных волноводах.

Преобразование частоты лазерного излучения в нелинейно-оптических кристаллах широко используются в научных исследованиях и современной технике. В связи с высокой интенсивностью электромагнитных полей при заданной мощности диэлектрические волноводы в оптических кристаллах позволяют значительно увеличить эффективность нелинейно-оптических преобразований. Изготовление прецизионных стабильных регулярных доменных структур методами доменной инженерии с воспроизводимостью периода на наноуровне позволяет создавать на основе монокристаллов ниобата лития эффективные преобразователи длины волны лазерного излучения. Использование эффекта фазового квазисинхронизма позволяет, в частности, реализовать генерацию второй гармоники с высокой эффективностью. Создание объемных и волноводных преобразователей частоты излучения в кристаллах с регулярной доменной структурой требует разработки новых методов формирования доменных структур и контроля их геометрических параметров. Кроме того значительный фундаментальный интерес представляет изучение формирования и эволюции доменной структуры в неоднородном электрическом поле, приложенной к поверхности пластин с неполярными срезами. Поэтому

ВХ. № 31016 / 603
ПОСТУПИЛ В ТГУ
*** 14 * 10 * 2014**

исследование регулярных доменных структур, сформированных локальным облучением электронным лучом на неполярных срезах кристаллов ниобата лития и в оптических волноводах на их основе, а также нелинейно-оптических преобразований частоты излучения в планарных волноводах несомненно **актуальна** с практической и фундаментальной точек зрения.

Диссертационная работа изложена на 153 страницах, и состоит из введения, пяти глав и списка литературы, содержащего 115 наименований.

Во введении обоснована тема диссертации, ее актуальность, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, а также представлена структура диссертации.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения, списка литературы и Приложения. Полный объем диссертации – 153 страницы, включая 42 рисунка и 6 таблиц. Список литературы содержит 115 наименований.

Первая глава содержит обзор нелинейно-оптических эффектов в волноводных и периодических доменных структурах, сформированных в кристаллах ниобата лития, а также исследований распространения света в планарных волноводах, формирования диффузионных оптических волноводов в ниобате лития и визуализации доменных структур. Представлены результаты исследований генерации второй гармоники (ГВГ) в ниобате лития с регулярной доменной структурой. Рассмотрены условия синхронизма и фазового квазисинхронизма для ГВГ. Сделан вывод о перспективности использования кристаллов с регулярной доменной структурой для реализации нелинейно-оптических и модулирующих устройств в объемных образцах и оптических волноводах ниобата лития. Особое внимание уделено визуализации доменов методом микроскопии ГВГ.

Во второй главе работы представлены результаты исследования оптических параметров и распределения концентрации T_i в планарном диффузионном оптическом волноводе в пластинах ниобата лития Y -среза, использованного для формирования РДС электронным пучком. Получены аналитические выражения для распределения полей мод $TE_1 - TE_4$ в градиентном волноводе. Представлен разработанный универсальный испытательный стенд для визуализации доменов методом микроскопии ГВГ и

результаты визуализации доменных структур, сформированных электронным пучком в LiNbO_3 и волноводах Ti:LiNbO_3 . Предложена модель профиля распределения нелинейного коэффициента $d_{33}(y)$ для РДС, сформированных электронным пучком в волноводе, с использованием которой разработана методика анализа эффективности квазисинхронной волноводной ГВГ на поверхностных РДС.

В третьей главе диссертации проведены исследования доменных структур, сформированных электронным лучом в планарных волноводах Zn:LiNbO_3 на неполярных срезах, представляющих практический интерес. Представлены результаты отработки технологии формирования волноводных структур Zn:LiNbO_3 методом высокотемпературной диффузии из пленок ZnO на подложках неполярных срезов синтезом из пленкообразующих растворов, защищенная патентом на изобретение. Описан процесс изготовления волноводных структур на подложках неполярных срезов, в которых методом локальных дискретных облучений поверхности электронным пучком были сформированы планарные ПДС с периодами от 4,7 до 7,25 мкм. Качество доменных структур оценено методом микроскопии ГВГ.

В четвёртой главе представлены полученные аналитические выражения, описывающие поперечное распределение электрического поля для четных TE -мод ТГц диапазона в симметричной щелевой волноводной структуре, состоящей из двух пластин Y -среза Ti:LiNbO_3 . Получено выражение для эффективности синхронного нелинейного преобразования в TE -волну разностной частоты ТГц диапазона при распространении оптических TE -волн накачки в волноводах Ti:LiNbO_3 щелевой симметричной структуры. Проведен численный анализ эффективности преобразования при взаимодействии TE_0 -мод в рассматриваемой структуре.

Среди наиболее интересных полученных результатов следует отметить :

1. Измерение эффективности волноводной ГВГ на РДС, созданных электронным пучком, в волноводе Ti:LiNbO_3 на подложке Y -среза.
2. Модель профиля распределения нелинейного коэффициента $d_{33}(y)$ для планарных ПДС, сформированных электронным пучком в волноводе Ti:LiNbO_3 ,

с использованием которой разработана методика анализа эффективности квазисинхронной волноводной ГВГ.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются хорошо обоснованными. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается сравнением с известными экспериментальными и теоретическими результатами, и не вызывает сомнений.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 14 печатных работах, в том числе 4 статьи в журналах, включенных в библиографическую базу Web of Science, 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК и один патент

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается, прежде всего, использованием апробированных методов проведения экспериментальных измерений, а также подтверждается их обсуждением на 14 международных и российских конференциях, семинарах и симпозиумах.

Автореферат достаточно информативен и в полной мере соответствует содержанию диссертации.

В то же время диссертационная работа содержит некоторые недостатки:

1. В литературном обзоре отсутствует анализ современных методов визуализации доменных структур, в частности методов микроскопии пьезоэлектрических сил и конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния. Хотя именно эти методы позволяют с высоким пространственным разрешением исследовать доменные структуры в ниобате лития.
2. Выбор метода генерации второй гармоники как единственного метода измерения качества регулярной доменной структуры представляется не обоснованным. Отсутствует количественное измерение воспроизводимости периода доменной структуры и ширины доменов.
3. Включение в оригинальную часть работы нескольких разделов, описывающих работы, выполненные без участия автора, (2.5 и 2.6) представляется нецелесообразным.
4. В тексте встречаются стилистические ошибки и неверные термины:

- В названии работы «периодически поляризованные структуры» следовало заменить на «периодические доменные структуры»
- В тексте диссертации используется термин «квазисинхронизм» и «квазифазовый синхронизм» вместо «фазовый квазисинхронизм».
- Вместо общепринятого в русскоязычной литературе термина «регулярная доменная структура» РДС в диссертации используется термин «периодическая доменная структура» ПДС.

Приведенные замечания не снижают общей ценности диссертации, которая является законченной научно-исследовательской работой.

В целом диссертационная работа Щербины В.В. соответствует требованиям ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор, Щербина Веста Вячеславовна, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Официальный оппонент,
главный научный сотрудник
отдела оптоэлектроники и полупроводниковой техники
Научно-исследовательского института физики и
прикладной математики Института естественных наук
Уральского федерального университета
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
доктор физико-математических наук, профессор
620000, Екатеринбург, пр. Ленина, 51
vladimir.shur@urfu.ru
8(343)2617436



В.Я. Шур
(Владимир Яковлевич Шур)

10.10.2014

Подпись В.Я. Шура заверяю:

