

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Савельева Евгения Дмитриевича **«Формирование регулярной доменной структуры и преобразование длины волны в ниобате лития, модифицированном методом протонного обмена»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертации

Актуальность диссертационной работы Савельева Е.Д. обусловлена необходимостью исследования особенностей кинетики доменных структур в монокристаллах ниобата лития модифицированных методом мягкого протонного обмена. Применение волноводов, созданных методом мягкого протонного обмена в интегральной, порождают необходимость их модификации путем создания регулярных доменных структур, для создания высокоэффективных преобразователей длины волны, путем выполнения условия квазифазового синхронизма. Создание регулярных доменных структур с субмикронным периодом представляет значительный интерес для реализации генерации обратной волны без резонатора.

Структура и основное содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Список литературы из 175 наименований достаточен для представления о состоянии исследований в области диссертационной работы и вкладе автора в развитие этих исследований. Общие выводы и перспективы дальнейшей разработки темы представлены в заключении.

В первой главе кратко описываются физические свойства кристаллов ниобата лития. Рассмотрены стадии эволюции доменной структуры в сегнетоэлектриках при переключении поляризации внешним электрическим полем. Описаны методы визуализации доменных структур в сегнетоэлектриках. Рассмотрены основные методы создания волноводов в монокристаллах ниобата лития.

Вторая глава является методической и содержит основные характеристики исследуемых

Замечания по диссертационной работе

1. В третьей главе, часть 3.5, проводится компьютерное моделирование процесса мягкого протонного обмена. Автор демонстрирует качественное соответствие результатов численного моделирования с реальным распределением протонов в кристаллах ниобата лития. Однако из представленных данных, не ясно получилось ли добиться точного соответствия результатов моделирования и эксперимента. Также не показано насколько точно можно предсказать при помощи таких расчетов последующие эксперименты.
2. В третьей главе, часть 3.4, автор рассматривает влияние градиента состава на пороговое поле при переключении поляризации. Вывод о линейной зависимости делается при опоре на четыре экспериментальные точки. Достаточно ли достоверны полученные результаты?
3. В главе четыре, часть 4.3, рассматривается создание регулярной доменной структуры при помощи проводящего зонда силового зондового микроскопа. Какова глубина полученной структуры? Достаточно ли она для реализации нелинейно-оптических эффектов в волноводе?
4. В работе используются кристаллографические обозначения X,Y,Z, которые являются жаргонными и появляются ранее общепринятых индексов Миллера.

Заключение

В целом диссертационная работа Савельева Е.Д. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой проведено экспериментальное исследование кинетики доменной структуры в монокристаллах ниобата лития модифицированных методом протонного обмена, а также разработаны методы создания регулярных доменных структур в подобных кристаллах методами сканирующей зондовой микроскопии.

Высказанные замечания не умаляют общей научной значимости и, не влияют на положительную оценку работы Савельева Е.Д. которая выполнена на высоком уровне, содержит оригинальные и достоверные научные результаты.

Содержание диссертации соответствует Паспорту специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, пункт 1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических

образцов, описание экспериментальных установок и методик.

В третьей главе представлены результаты исследования зародышеобразования и роста полосовых доменов в однородном электрическом поле в монокристаллах ниобата лития, модифицированных методом мягкого протонного обмена. Продемонстрирован ориентированный рост полосовых доменов в аномально низких полях. Показано, что эволюция доменной структуры при росте полосовых доменов может быть описана в рамках модифицированной модели Колмогорова-Аврами с учетом изменения модели роста. Разработана методика создания квазипериодических доменных структур. Изучена зависимость пороговых полей от распределения от градиента состава в приповерхностном слое. Показано, что увеличение длительности отжига при проведении протонного обмена приводит к росту градиента состава в приповерхностном слое и значительному уменьшению порогового поля. Установлено, что уменьшение порогового поля пропорционально градиенту состава.

В четвертая главе представлены результаты исследования роста изолированных доменов при переключении с помощью проводящего зонда сканирующего силового микроскопа в монокристаллах ниобата лития, модифицированных методом мягкого протонного обмена. Показано, что при малых временах зависимость радиуса изолированного домена от времени приложения импульса линейна при малых длительностях импульсов, а при больших длительностях импульсов она сверхлинейна. Качественное изменение зависимости было отнесено за счет изменения типа зародышеобразования.

Было продемонстрировано, что переключенные домены сохраняют стабильность в течение 90 минут. Была разработана и продемонстрирована методика создания регулярных доменных структур с периодом 500 нм при сканировании проводящим зондом силового зондового микроскопа при повышенной температуре.

В пятой главе представлены результаты изучения генерации второй гармоники в монокристаллах ниобата лития, легированного магнием, с периодической доменной структурой, созданной облучением сфокусированным электронным пучком. Была измерена зависимость эффективности генерации второй гармоник от длины волны. Зависимость эффективности от положения пучка накачки позволила оценить качество периодической доменной структуры в объеме кристалла.

Научная новизна результатов диссертационной работы Савельева Е.Д. состоит в следующем:

1. Изучен эффект формирования и анизотропного роста полосовых доменов на полярной поверхности одноосного сегнетоэлектрика с модифицированным поверхностным слоем в однородном электрическом поле.
2. Изучен эффект аномального уменьшения пороговых полей формирования и роста полосовых доменов на полярной поверхности одноосного сегнетоэлектрика с модифицированным поверхностным слоем, вызванный наличием градиента состава.
3. Продемонстрировано формирование квазипериодических полосовых доменных структур, растущих от плоской доменной стенки в модифицированных монокристаллах одноосного сегнетоэлектрика.

Достоверность результатов и обоснованность выводов

Научные положения автора, вынесенные на защиту, достаточно обоснованы, их достоверность подтверждается рядом публикаций в рецензируемых научных журналах, входящих в списки Web of Science и Scopus и определенных Перечнем ВАК РФ. Экспериментальные данные согласованы между собой и не противоречат общепризнанным физическим моделям. Полученные автором результаты являются новыми и имеют важное значение для физики конденсированного состояния и ее приложений. Выводы логичны и адекватны.

Практическая значимость полученных результатов

1. Исследованный анизотропный рост полосовых доменов открывает возможности для изготовления регулярных доменных структур в волноводах, созданных в монокристаллах ниобата лития методом мягкого протонного обмена.
2. Контролируемое значительное уменьшение пороговых полей при увеличении длительности протонного обмена представляет значительный интерес для развития методов доменной инженерии в интегральной оптике.
3. Получение излучения с длиной волны 374 нм методом генерации второй гармоники в монокристаллах ниобата лития с регулярной доменной структурой с периодом 2 мкм, созданной методом сканирования сфокусированным электронным пучком, представляет значительный интерес для генерации ультрафиолетового излучения.

соединений, диэлектриков и, в том числе, материалов световодов как в твердом (кристаллы, поликристаллы), так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления», а ее автор Савельев Евгений Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Технический директор Зеленоградского отделения
ООО Научно-Производственная Компания «Оптолинк»
доктор физ.-мат. наук, доцент

С.М. Кострицкий
21» 09 2023 г.

Почтовый адрес: 124489, Москва, Зеленоград, Сосновая аллея, дом 6А
Тел.: +7 (916) 514 53 68
E-mail: skostritskii@optolink.ru

Подпись Кострицкого С.М. заверяю:

Секретарь ООО «ОПТОЛИНК»



Строганова А.Н.

С отзывом ознакомлен

09.10.2023

Сведения об официальном оппоненте

ФИО: Кострицкий Сергей Михайлович

Ученая степень: Доктор физико-математических наук, специальность 1.3.8. – Физика конденсированного состояния

Полное наименование организации: ООО Научно-Производственная Компания «Оптолинк»

Веб-сайт организации: <http://www.optolink.ru/ru/>

Должность: Технический директор Зеленоградского отделения

Почтовый адрес: 124489, Москва, Зеленоград, Сосновая аллея, дом 6А

Телефон: +7 (916) 514 53 68

Электронная почта: skostritskii@optolink.ru

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация:

1. Danielyan A. Composition dependence of the electro-optic properties of iron-doped lithium niobate crystals mounted as bulk modulator / A. Danielyan, N. Kokanyan, S. Kostritskii, E. Kokanyan, M. Aillerie // Journal of the American Ceramic Society. – 2019. – Vol. 102. – P. 3535-3546. DOI: 10.1111/jace.16204.
2. Баснин П.П. Фототермическая запись микрооптических структур в модифицированном приповерхностном слое монокристаллов ниобата лития / И.М. Чиркова, Коканян Э.П., П.П. Баснин, С.М. Кострицкий, О.Г. Севостьянов, // Известия высших учебных заведений: Физика. – 2019. – Т. 62. – № 4. – С. 154-156. DOI: 10.17223/00213411/62/4/154
3. Kostritskii S. Non-linear light scattering in photorefractive LiNbO₃ crystals studied by Z-scan technique / S. Kostritskii, M. Aillerie, O.G. Sevostyanov // Applied Physics B. – 2019. – Vol. 125. – №9. – P. 160. DOI: 10.1007/s00340-019-7274-0.
4. Kostritskii S.M. Dependence of pyroelectric response on inter-electrode capacitance for integrated-optical circuits utilizing x-cut LiNbO₃ chips / S.M. Kostritskii, A.V. Yatsenko, Yu.N. Korkishko, V.A. Fedorov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 699. – P. 012021. DOI: 10.1088/1757-899X/699/1/012021.
5. Kostritskii S.M. Parameters of nonlinear scattering evaluated by open-aperture Z-scan technique in photorefractive LiNbO₃ crystals / S. Kostritskii, M. Aillerie, O.G. Sevostyanov // Opt. Quant. Electron. – 2020. – V. 52. – №2. – P. 92. DOI: 10.1007/s11082-020-2216-y.
6. Яценко А.В. Исследование влияния постоянного электрического поля на диэлектрические свойства LiNbO₃ / А.В. Яценко, С.М. Кострицкий // Журнал Технической Физики. – 2020. – Т. 90. – №. 4. – С. 647-651. DOI: 10.21883/JTF.2020.04.49090.29-19.
7. Kostritskii S. Phase composition of channel proton-exchanged waveguides in different near-congruent LiNbO₃ / S. M. Kostritskii, Y. N. Korkishko, V. A. Fedorov, O. G. Sevostyanov, I. M. Chirkova, E. Kokanyan, M. Aillerie // Ferroelectrics Letters Section. – 2020. – Vol. 47. – №1-3. – P. 9-15. DOI: 10.1080/07315171.2020.1799627.

8. Kostritskii S. Optical limiting and speckle of low power continuous wave laser beams using nonlinear scattering in photorefractive Zr:LiNbO₃ crystals / Sergey Kostritskii, O. G. Sevostyanov, Michel Aillerie, Edvard Kokanyan // Ferroelectrics. – 2021. – V. 574. – № 1. – P. 180-187. DOI: 10.1080/00150193.2021.1888063.

9. Kostritskii S. Pyroelectric drift of integrated-optical LiNbO₃ modulators / S.M. Kostritskii, Yu.N. Korkishko, V.A. Fedorov & A.V. Yatsenko// Ferroelectrics. – 2021. – Vol. 574. – №. 1. – P. 171-179. DOI: 10.1080/00150193.2021.1888062.

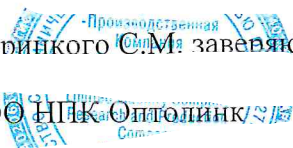
Официальный оппонент



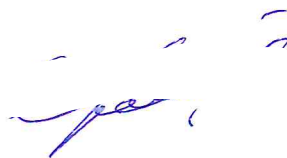
Кострицкий С.М.

«26» 09 2023 г.

Подпись Кострицкого С.М. завяло:



Секретарь ООО НПК Оптолинк



Строганова А.Н.