ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №

решение диссертационного совета от 17.06.2016 г. № 17

О присуждении Нерадовскому Максиму Михайловичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Создание и исследование оптических волноводов с регулярной доменной структурой в ниобате лития» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 14 апреля 2016 г., протокол № 9, диссертационным советом Д 212.285.02 на базе ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России; 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Нерадовский Максим Михайлович, 1988 года рождения.

В 2012 г. окончил ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению «Нанотехнологии»; обучается в очной аспирантуре ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния (предполагаемый срок окончания аспирантуры – 31.08.2016 г.) и в университете Ниццы София-Антиполис (Франция), предполагаемый срок окончания аспирантуры – 31.08.2016 г.; работает в должности младшего научного сотрудника лаборато-

рии наноразмерных сегнетоэлектрических материалов Института естественных наук ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре компьютерной физики и в лаборатории сегнетоэлектриков Отдела оптоэлектроники и полупроводниковой техники НИИ физики и прикладной математики Института естественных наук ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, и в лаборатории физики конденсированного состояния университета Ниццы София-Антиполис (Франция).

Научные руководители – доктор физико-математических наук, профессор, **Шур Владимир Яковлевич**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт естественных наук, НИИ физики и прикладной математики, Отдел оптоэлектроники и полупроводниковой техники, главный научный сотрудник; **Марк П. Де Мишели**, Университет Ниццы София-Антиполис, профессор.

Официальные оппоненты:

Кострицкий Сергей Михайлович – доктор физико-математических наук, доцент, Зеленоградское отделение ООО «Научно-производственная компания «Оптолинк», г. Зеленоград, технический директор;

Волынцев Анатолий Борисович – доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь, кафедра физики твердого тела, заведующий кафедрой,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), г. Челябинск – в своем положительном заключении, под-

писанном Кундиковой Натальей Дмитриевной, доктором физико-математических наук, профессором, заведующей кафедрой оптики и спектроскопии, и Микляевым Юрием Владимировичем, доктором физико-математических наук, доцентом кафедры оптики и спектроскопии, указала, что диссертационная работа Нерадовского Максима Михайловича является законченным научным исследованием, результаты которого вносят существенный вклад в решение актуальной научной задачи создания регулярной доменной структуры в волноводах, полученных методом протонного обмена в ниобате лития. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Нерадовский Максим Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 35 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 35 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5. Другие публикации представлены в виде 30 тезисов докладов, опубликованной в сборниках научных трудов международных (22) и всероссийских (8) научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 3,20 п.л., авторский вклад – 1,7 п.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

Статьи в рецензируемых научных изданиях:

1. Influence of adsorbed surface layer on domain growth in the field produced by conductive tip of scanning probe microscope in lithium niobate / V.Ya. Shur, A.V. Ievlev, E. V. Nikolaeva, E. I. Shishkin and **M.M. Neradovskiy** // J. Appl. Phys. – 2011. – Vol. 110. – № 5. – P. 52017.

2. Domain switching by electron beam irradiation of Z+-polar surface in Mg-doped lithium niobate / V.Ya. Shur, D.S. Chezganov, M.M. Smirnov, D.O. Alikin, **M.M. Neradovskiy** and D.K. Kuznetsov // Appl. Phys. Lett. – 2014. – Vol. 105. – № 5. – P. 052908.

3. Fabrication of SPE waveguides on PPLN: formation of nanodomains and their impact on the SHG efficiency / **M.M. Neradovskiy**, V.Ya. Shur, N.A. Naumova, D.O. Alikin, A.I. Lobov, H. Tronche, P. Baldi, M.P. De Micheli // Ferroelectrics. – 2015. – Vol. 476. – № 1. – P. 127.

4. Formation of broad domain boundary in congruent lithium niobate modified by proton exchange / V.Ya. Shur, **M.M. Neradovskiy**, M.A. Dolbilov, A.I. Lobov, P.S. Zelenovskiy, A.D. Ushakov, E.S. Ushakova, E. Quillier, P. Baldi, M.P. De Micheli // Ferroelectrics. – 2015. – Vol. 476. – № 1. – P. 146.

5. Investigation of Domain Kinetics in Congruent Lithium Niobate Modified by Proton Exchange / **M.M. Neradovskiy**, V.Ya. Shur, E.A. Mingaliev, P.S. Zelenovskiy, E.S. Ushakova, H. Tronche, P. Baldi, M.P. De Micheli // Ferroelectrics. – 2016. – Vol. 496. – № 1. – P. 113

На автореферат поступили положительные отзывы от:

1. Коханчик Людмилы Сергеевны, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории локальной диагностики полупроводниковых материалов ФГБУН Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук, г. Черноголовка, Московская область. В качестве недостатков отмечена некоторая 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 (стр. 16, 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.

2. Александровского Александра Сергеевича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории когерентной оптики ФГБУН Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Красноярск. Содержит замечания: к со-

жалению, если судить по автореферату, не сделана попытка экспериментального сравнения величин потерь, вносимых нанодоменами. Кроме того, рисунки 19абв выиграли бы в информативности, если бы в них присутствовали расчетные кривые синхронизма, полученные в предположении идеальной РДС. Любопытно также, удалась бы получить хорошее согласие с использованием литературных данных по коэффициентам преломления, либо необходима их коррекция.

3. Палатникова Михаила Николаевича, доктора технических наук, заведующего лабораторией материалов электронной техники, и Сидорова Николая Васильевича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего сектором колебательной спектроскопии и структурных исследований лаборатории материалов электронной техники ФГБУН Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Мурманская область. Без замечаний.

4. Шибкова Александра Анатольевича, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры теоретической и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», г. Тамбов. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями и высокой научной компетентностью в области создания и исследования оптических волноводов и регулярной доменной структуры в монокристаллах семейства ниобата.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **впервые выявлено** формирование приповерхностной нанодоменной структуры в результате создания градиентных волноводов. Предложен способ, не приводящий к формированию нанодоменов;

– **показано**, что изменение толщины слоя протонного обмена и величины превышения поля переключения над пороговым значением качественно изменяет кинетику доменной структуры;

– **впервые обнаружено** гигантское уменьшение порогового поля, вызванное наличием внутреннего поля смещения в приповерхностных слоях с градиентом спонтанной поляризации, созданным протонным обменом в ниобате лития;

– **впервые** при помощи сфокусированного электронного луча **создана** регулярная доменная структура в канальных волноводах, и продемонстрирована возможность создания доменов произвольной формы в планарных волноводах;

– в канальных градиентных волноводах с регулярной доменной структурой **получена** генерация второй гармоники излучения с длиной волны в полосе пропускания телекоммуникационных систем.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

– **иссследован** процесс формирования приповерхностной нанодоменной структуры при создании градиентных волноводов;

– **выявлены** стадии формирования доменной структуры при облучении сфокусированным электронным лучом ниобата лития, покрытого слоем резиста;

– **обнаружено** гигантское уменьшение порогового поля, вызванное наличием внутреннего поля смещения в приповерхностных слоях с градиентом спонтанной поляризации, созданным протонным обменом.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

полученные результаты будут использованы для создания оптических волноводов с регулярной доменной структурой в ниобате лития;

изученные особенности кинетики доменной структуры в ниобате лития с волноводами, созданными методами протонного обмена, при переклю-

чении поляризации приложением внешнего электрического поля позволят оптимизировать методы создания регулярной доменной структуры;

разработанный способ формирования регулярной доменной структуры при воздействии фокусированного электронного луча в ниобате лития с градиентными канальными волноводами будет **использован** для изготовления интегрально-оптических устройств.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

при проведении измерений использовалось поверенное и калиброванное оборудование. Надежность *результатов экспериментов* подтверждена высокой статистической достоверностью полученных данных, для обработки которых использованы современные методы, а также тем, что они согласуются с результатами других авторов, и не противоречат известным физическим моделям.

Личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментов по модификации монокристаллов ниобата лития методом протонного обмена, исследованию оптических свойств и визуализации ДС методом силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика, а также подготовке основных публикаций по теме диссертации. Создание канальных волноводов проводились совместно с Floran Doutre. Создание и визуализация ДС методом сканирующей электронной микроскопии проводились совместно с ст. науч. сотр. Д.К. Кузнецовым и ст. науч. сотр. Д.С. Чезгановым. Визуализация ДС методом конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния проводилась совместно с ст. науч. сотр. П.С. Зеленовским и ст. науч. сотр. Д.О. Аликиным. Измерения спектров ГВГ проводились совместно с Pascal Baldi, Herve Tronche и Е.А. Колчиной. Выбор направления исследований, обсуждение результатов и формулировка задач проводились с научными руководителями профессором В.Я. Шуром и M.P. De Micheli.

Диссертация Нерадовского Максима Михайловича соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней и является научно-квалификационной работой, которая содержит решение научных задач по

комплексному исследованию воздействия процесса протонного обмена на регулярную доменную структуру, а также на кинетику доменной структуры при переключении поляризации при приложении внешнего электрического поля и при облучении сфокусированным электронным лучом. Результаты исследования вносят существенный вклад в развитие физики конденсированного состояния.

На заседании 17 июня 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Нерадовскому М.М. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Зам. председателя
диссертационного совета Огородников Игорь Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета Ищенко Алексей Владимирович

17.06.2016 г.