

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.04
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 09.06.2021, № 209

О присуждении Мамбетовой Ксении Мустафиевне, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Генерация электронных пучков и агрегирование микро- и наночастиц в сильных электрических полях, формируемых на поверхности кристаллов LiNbO_3 и микроструктур $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ при термическом и лазерном воздействии» по специальности 01.04.04 - физическая электроника принята к защите 31.03.21, протокол № 206, диссертационным советом Д212.268.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР); адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40, приказ № 1030/нк от 30.12.2013.

Соискатель Мамбетова Ксения Мустафиевна 1989 года рождения, в 2012 году окончила ТУСУР. В сентябре 2017 г. окончила аспирантуру в ТУСУРе. В настоящее время работает в НОЦ "Нелинейная оптика, нанофотоника и лазерные технологии" (НОНЛТ) на кафедре электронных приборов в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре электронных приборов ТУСУРа.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, профессор Шандаров Станислав Михайлович, гл. н. сотр. НОЦ НОНЛТ, профессор кафедры электронных приборов.

Официальные оппоненты: Котова Светлана Павловна, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией когерентной оптики Самарского филиала федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института имени П. Н. Лебедева РАН, г. Самара;

Лисицын Виктор Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор-консультант Инженерной школы новых производственных технологий ФГАОУ ВО «Национального исследовательского Томского политехнического университета», г. Томск, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе» Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, в своём положительном заключении, подписанном Соколовым Игорем Александровичем, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории физики анизотропных материалов ФТИ им. А.Ф. Иоффе и утверждённом Брунковым Павлом Николаевичем, доктором физико-математических наук, заместителем директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе, указала, что рассмотренная диссер-

тационная работа «Генерация электронных пучков и агрегирование микро- и наночастиц в сильных электрических полях, формируемых на поверхности кристаллов LiNbO_3 и микроструктур $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ при термическом и лазерном воздействии» отвечает требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мамбетова Ксения Мустафиевна, заслуживает присуждения ей степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 - физическая электроника.

Соискатель имеет по теме диссертации 29 научных работ: 8 публикаций в журналах из перечня ВАК, из них 5 публикаций в журналах, индексируемых в базах Scopus и/или Web of Science; 2 статьи в сборниках международных конференций, индексируемых в базах Web of Science и/или Scopus; 19 публикаций в сборниках научных трудов и материалов научных и научно-практических конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Pulse source of electrons based on the pyroeffect / L.N. Orlikov, **К.М. Мамбетова**, S.I. Arestov, S.M. Shandarov, N.I. Burimov, B.I. Avdochenko, A.A. Elchaninov // PROCEEDINGS 2020 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE) Tomsk, Russia, September 14 – 26, 2020. - P. 408-412.

2. Генерация рентгеновского излучения при термическом воздействии на ниобат лития / Л.Н. Орликов, **К.М. Мамбетова**, А.О. Злобин, С.М. Шандаров // Известия высших учебных заведений. Физика. - 2018. - Т. 61, № 9/2. - С. 211-216.

3. Агрегирование диэлектрических наночастиц на X-срезе кристалла $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ электрическими полями фоторефрактивных голограмм / **К.М. Мамбетова**, С.М. Шандаров, А.И. Татьянников, С.В. Смирнов // Известия вузов. Физика. - 2019. - Т. 62, № 4. - С. 89-93;

4. Формирование динамических фоторефрактивных решеток в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ с поверхностным легированием / **К.М. Мамбетова**, С.М. Шандаров, Л.Н. Орликов, С.И. Арестов, С.В. Смирнов, Л.Я. Серебренников, В.А. Краковский // Оптика и спектроскопия. - 2019. - Т. 126, № 6. - С. 858-863;

5. Динамика формирования пропускающих голограмм в кристаллах ниобата лития, легированных медью методом высокотемпературной диффузии / **К.М. Мамбетова**, Н.Н. Смаль, С.М. Шандаров, Л.Н. Орликов, С.И. Арестов, С.В. Смирнов // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. - 2014. - Т. LVII, № 8-9. - С. 675-682.

На диссертацию и автореферат диссертации поступило 3 отзыва. Все отзывы положительные.

1. Отзыв из МГУ им. М.В. Ломоносова, подписанный доцентом кафедры физики колебаний физического факультета, кандидатом физико-математических наук Поликарповой Наталией Вячеславовной. Замечаний к тексту автореферата за исключением нескольких опечаток нет.

2. Отзыв из Института физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, подписанный зав. лабораторией фотоники молекулярных систем, доктором физико-математических наук Тимофеевым Иваном Владимировичем. Имеются замечания:

1. В защищаемом положении 2 латинская буква *m* используется трижды: в качестве верхнего индекса концентрации, нижнего индекса момента времени, а также кон-

траста. Следует уточнить обозначение m в каждом случае.

2. В основных задачах и личном вкладе автора указано проведение численного моделирования. Моделированию посвящены параграфы 4.1 и 4.4. В первом случае было бы полезно явно привести упомянутое аналитическое выражение для моделируемой пространственной гармонике поля. Во втором случае следует явно указать зависимость потенциала из уравнения (2) от координаты z , чтобы читатель мог проследить изменение знака второй производной при $z = 0$ на рис. 4.

3. Отзыв из ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», подписанный доцентом и профессором кафедры оптоэлектроники, доктором физико-математических наук Строгановой Еленой Валерьевной. Имеется замечание: из материалов автореферата не совсем понятно, чем соискатель руководствовался при выборе температурного интервала (25–80 °С) и временным интервалом, в течение которого происходило нагревание исследуемых образцов и их охлаждение.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Котова С.П. является признанным специалистом в области изучения и создания оптических пинцетов; Лисицын В.М. является высококвалифицированным специалистом в области радиационной физики твердого тела и импульсной спектроскопии. Оппоненты имеют публикации в соответствующей диссертации сфере исследования и способны объективно оценить данную работу. Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН», в качестве ведущей организации обоснован тем, что этот институт является одним из крупнейших научных центров России, в котором ведутся как фундаментальные, так и прикладные исследования в важнейших областях современной физики и технологии, а его квалифицированные сотрудники добились значительных результатов в исследованиях физики полупроводниковых приборов, явлений и приборов физической электроники, оптоэлектроники, наноэлектроники и волноводной фотоники; физики сегнетоэлектричества и т.д., и способны аргументировано определить практическую и научную ценность работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая экспериментальная методика регистрации импульсной генерации электронных пучков в циклах нагрева и охлаждения сегнетоэлектрического кристалла ниобата лития при атмосферном давлении, позволившая повысить точность измерения параметров импульсов разряда, с расширением границ ее применимости до наносекундного диапазона;

предложен оригинальный подход к реализации фотовольтаических пинцетов, заключающийся в использовании коммерчески доступных пластин X-среза конгруэнтного ниобата лития, в которых методом высокотемпературной диффузии создается микроструктурированный светочувствительный слой $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$;

доказана перспективность использования микроструктур $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$, полученных по практически реализованной методике диффузионного легирования, для развития методов фотогальванического манипулирования микро- и нанообъектами.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о возможности использования полученных аналитических выражений, описывающих динамику формирования на начальном участке фоторефрактивных решеток в образцах с неоднородным распределением фотовольтаической примеси, для определения констант Гласса из экспериментальных данных;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых методов исследования и экспериментальных методик, таких как теоретический анализ динамики формирования поля пространственного заряда фоторефрактивных решеток в рамках обоснованных приближений; численное моделирование; осциллография токов и напряжений в различных временных диапазонах, включая микросекундную и наносекундную области; подгонка аппроксимирующих расчетных зависимостей под экспериментальные данные с использованием метода наименьших квадратов;

изложены элементы теории, позволяющей провести моделирование распределений диэлектростатических сил, создаваемых полем пространственного заряда фоторефрактивной решетки над поверхностью пластины $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ X -среза;

раскрыты противоречия между теорией фотовольтаического захвата частиц, основанной на диэлектростатической модели, и экспериментальными картинками их агрегирования на пластинах $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ X -среза;

изучены факторы, которые необходимо учитывать при реализации методики регистрации в наносекундном диапазоне пироэлектрической генерации импульсных электронных пучков в циклах нагрева и охлаждения кристаллов ниобата лития цилиндрической формы;

проведена модернизация существующих математических моделей динамики формирования поля пространственного заряда в пластинах ниобата лития неполярных срезов, принимающая во внимание неоднородность распределения фотовольтаической примеси по глубине образца.

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

разработаны и внедрены: в учебный процесс подготовки студентов кафедры ЭП ТУСУРа – результаты всех проведенных научных исследований; в выполнение работ в ООО «Кристалл Т» – результаты исследований по созданию микроструктур $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ методом высокотемпературной диффузии из металлических пленок;

определены перспективы практического использования результатов практической реализации технологии диффузионного легирования коммерчески доступных пластин ниобата лития ионами меди для создания экспериментальных образцов фотовольтаических пинцетов;

создана система практических рекомендаций по регистрации пироэлектрической генерации импульсных электронных пучков наносекундной длительности в циклах нагрева и охлаждения монокристаллических образцов LiNbO_3 полярного среза;

представлены предложения по использованию эллиптических гауссовых пучков для дальнейших исследований физической природы сил, приводящих к агрегированию

микро- и наночастиц на поверхности неполярных срезов кристаллов $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ и $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность полученных результатов базируется на использовании измерительных приборов и оптических элементов с известными характеристиками;

теория диэлектрорфоретических сил, действующих на микро- и наночастицы, развита с использованием обоснованных приближений и известных моделей фотоиндуцированного перераспределения зарядов в кристаллах с фотогальваническим механизмом фоторефрактивного отклика;

идея базируется на анализе материалов, опубликованных в периодических изданиях, патентах, трудах научно-технических конференций и научных монографиях;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее другими авторами, по исследованию и разработке фотовольтаических пинцетов и пироэлектрической генерации электронов и рентгеновского излучения;

установлено качественное совпадение полученных результатов с литературными данными, опубликованными в независимых источниках;

использованы апробированные методики, обеспечивающие получение достоверных результатов: численное моделирование; осциллография токов и напряжений в различных временных диапазонах, включая микросекундную и наносекундную области; подгонка аппроксимирующих расчетных зависимостей под экспериментальные данные с использованием метода наименьших квадратов

Личный вклад соискателя состоит: в участии в создании экспериментальных установок и разработке их основных узлов; в выборе методики и проведении экспериментов, теоретического анализа и численного моделирования; в обработке полученных результатов и их интерпретации; в подготовке основных публикаций по диссертационной работе.

На заседании 9 июня 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Мамбетовой Ксении Мустафиевне учёную степень кандидата технических наук. При проведении голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 18, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Зам. председателя диссертационного совета

Михайлов М.М.

Ученый секретарь диссертационного совета

Акулиничев Ю.П.



Подпись

УДОСТОВЕРЯЮЩИЙ

Ученый секретарь

Е.В. Прокопчук