

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.411.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 24.11.2023 г. № 20

О присуждении Гудкову Сергею Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Диэлектрический отклик и электропроводность гетероструктур на основе тонких плёнок ниобата лития и танталата лития, сформированных на кремниевых подложках» в виде рукописи по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 22.09.2023 г. (протокол № 12) диссертационным советом 24.2.411.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Адрес: 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33. Приказ № 423/нк от 12.08.2013 г.

Соискатель – Гудков Сергей Игоревич, 03 августа 1995 года рождения, в 2019 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» по направлению подготовки 03.04.02 Физика; в 2023 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия. В настоящее время работает ассистентом кафедры физики конденсированного состояния федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре физики конденсированного состояния федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент, Солнышкин Александр Валентинович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет», физико-технический факультет, профессор кафедры физики конденсированного состояния.

**Официальные оппоненты:**

Шерстюк Наталия Эдуардовна, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», Институт перспективных технологий и индустриального программирования, профессор кафедры наноэлектроники; Сенкевич Станислав Викторович, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, лаборатория физики сегнетоэлектричества и магнетизма, старший научный сотрудник, дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, в своем положительном заключении, утвержденном Костиным Дмитрием Владимировичем, доктором физико-математических наук, доцентом, проректором по науке, инновациям и цифровизации и составленном Дрождиным Сергеем Николаевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой экспериментальной физики физического факультета, указала, что диссертация выполнена на актуальную тему и в ней получен ряд важных научных результатов. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (отрасль науки – физико-математические) и требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в текущей редакции). Автор диссертации Сергей Игоревич Гудков заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

**Соискатель имеет** 9 печатных работ в рецензируемых изданиях, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, включая 6 статей, опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК:

1. Гудков, С.И. Электропроводность и интерфейсные явления в тонкопленочных гетероструктурах на основе ниобата лития и танталата лития / С.И. Гудков, А.В. Солнышкин, Р.Н. Жуков, Д.А. Киселев, Е.М. Семенова, А.Н. Белов // Физика твердого тела. – 2023. – Т. 65. – № 4. – С. 577–586.

2. Гудков, С.И. Электрический отклик тонких пленок ниобата лития и танталата лития на модулированное тепловое излучение / С.И. Гудков, А.В. Солнышкин, Р.Н. Жуков, Д.А. Киселев // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2022. – № 14. – С. 82–91.

3. Gudkov, S.I. Electrical conductivity of lithium tantalate thin film / S.I. Gudkov, A.V. Solnyshkin, D.A. Kiselev, A.N. Belov // Cerâmica. – 2020. – V. 66. – № 379. – P. 291–296.

4. Gudkov, S.I. Dielectric dispersion in thin  $\text{LiNbO}_3$  films / S.I. Gudkov, M.V. Kamenshchikov, A.V. Solnyshkin, I.L. Kislova, A.N. Belov, D.A. Kiselev, R.N. Zhukov, M.D. Malinkovich // Ferroelectrics. – 2019. – V. 544. – № 1. – P. 62–67.

5. Baklanova, K.D. Pyroelectric properties and local piezoelectric response of lithium niobate thin films / K.D. Baklanova, A.V. Solnyshkin, I.L. Kislova, S.I. Gudkov, A.N. Belov, V.I. Shevyakov, R.N. Zhukov, D.A. Kiselev, M.D. Malinkovich // Physica Status Solidi A. – 2018. – V. 215. – № 5. – 1700690.

6. Гудков, С.И. Электропроводность и барьерные свойства тонких пленок ниобата лития / С.И. Гудков, К.Д. Бакланова, М.В. Каменщиков, А.В. Солнышкин, А.Н. Белов // Физика твердого тела. – 2018. – Т. 60. – № 4. – С. 739–742.

Подготовка публикаций выполнена соискателем совместно с научным руководителем А.В. Солнышкиным и соавторами. Результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в опубликованных статьях.

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов, все отзывы положительные:

1. Сидорова Н.В., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории материалов электронной техники Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН». Содержит замечания об отсутствии в автореферате данных о стехиометрии и структурных особенностях тонких пленок, информации о связи электрофизических свойств гетероструктур с особенностями разупорядочения их структуры.

2. Мамина Р.Ф., д.ф.-м.н., зам. руководителя по науке, зав. лабораторией физики ферроиков и функциональных материалов Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского – обособленного структурного подразделения ФГБУН ФИЦ «Казанский научный центр РАН» и Шапошниковой Т.С., к.ф.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории физики ферроиков и функциональных материалов. Содержит замечания о слишком большом числе параметров, полученных в ходе моделирования из одной зависимости, отсутствии сведений о причине различия электропроводности исследуемых структур, наличии в автореферате малого количества формул.

3. Барышникова С.В., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры физического и математического образования ФГБОУ ВО «Благовещенский государственный педагогический университет». Содержит замечание об отсутствии в автореферате информации о значениях электрического напряжения, при котором исследовались частотные зависимости диэлектрических свойств.

4. Флёрова И.Н., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории кристаллофизики Института физики им. Л.В. Киренского – обособленного подразделения ФГБНУ ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН». Содержит вопрос о причине различия материала электродов и электропроводности структур; замечание по отсутствию информации о материале, которым металлизировалась кремниевая пластина.

5. Короткова Л.Н., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры твердотельной электроники ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». Содержит замечание по отсутствию в автореферате сведений о кристаллографической ориентации подложки и обоснования выбора типа проводимости подложки; неоднозначности использования термина «интерфейс».

6. Раевского И.П., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника НИИ физики, профессора кафедры общей физики ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет». Содержит замечание по отсутствию в автореферате обсуждения возможных причин различий экспериментальных и расчетных частотных зависимостей электрической емкости.

7. Шура В.Я., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника Института естественных наук и математики, директора Уральского ЦКП «Современные нанотехнологии» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Содержит замечание по отсутствию в автореферате сведений о причинах различия направлений вектора самополяризации в исследуемых структурах.

8. Жоги Л.В., д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры Математических и естественных научных дисциплин ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». Содержит замечание по отсутствию упоминания наличия фотовольтаического эффекта и анализу стационарной составляющей пиротока.

9. Быкова А.С., к.т.н., доцента кафедры Материаловедения полупроводников и диэлектриков ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС». Содержит замечание по отсутствию прямых структурных исследований переходного слоя и данных о корреляции характеристик слоя и степени униполярности пленки.

10. Аванесяна В.Т., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры физической электроники ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена». Содержит замечание по отсутствию в автореферате достаточной аргументации касательно технологии изготовления структур, рассмотрения корреляции между структурными свойствами пленок и экспериментальными результатами; малому количеству информации, затрагивающей сравнение полученных результатов с результатами для других материалов.

11. Стуковой Е.В., д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры физики, и.о. заведующего кафедрой физики ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет». Содержит замечание об отсутствии в автореферате обоснования выбора материала электродов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и работники ведущей организации являются известными специалистами по теме диссертации. В частности, в области физики сегнетоэлектриков, а также в сфере получения и исследования тонкопленочных структур на основе сегнетоэлектрических материалов.

**Диссертационный совет отмечает**, что выполненные соискателем исследования вносят вклад в изучение электропроводности, диэлектрических и пьезоэлектрических свойств гетероструктур на основе тонких пленок ниобата лития и танталата лития, а также взаимного влияния транспорта носителей заряда, естественной униполярности и явлений на интерфейсах в соответствующих структурах. Было **выявлено**, что диэлектрическая дисперсия и отличие величины диэлектрической проницаемости структур металл/сегнетоэлектрик/полупроводник на основе тонких пленок ниобата лития и танталата лития от соответствующих значений для объемных кристаллов связаны с наличием в обеих структурах интерфейсного слоя; **обосновано**, что антипараллельное направление вектора поляризации в исследуемых структурах приводит к уменьшению высоты потенциального барьера в структуре на основе тонкой пленки ниобата лития и к ее повышению в структуре на основе тонкой пленки танталата лития; **доказано**, что основной вклад в электропроводность вносит потенциальный барьер для носителей заряда на интерфейсе металл/сегнетоэлектрик.

**Теоретическая значимость** исследования состоит в том, что результаты диссертационной работы расширяют теоретические представления о взаимном влиянии диэлектрических параметров, электропроводности, пьезоэлектрических свойств гетероструктур, содержащих тонкие пленки ниобата лития или танталата лития; **применительно к проблематике диссертации результативно использовано** моделирование при определении параметров

«мертвого» слоя, существующего на интерфейсе сегнетоэлектрик/полупроводник.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что в структурах металл/сегнетоэлектрик/полупроводник на основе тонких пленок ниобата лития и танталата лития установлена связь направления вектора поляризации в сегнетоэлектрическом слое и высоты потенциального барьера, существующего в структурах, а также определено влияние «мертвого» слоя на границе раздела сегнетоэлектрик/полупроводник на диэлектрические характеристики исследуемых гетероструктур, что может быть использовано при анализе работы устройств, содержащих сегнетоэлектрические слои, в частности, тонкие пленки ниобата или танталата лития.

**Оценка достоверности** результатов исследования выявила: экспериментальные результаты получены с использованием современных методик на сертифицированном оборудовании; для теоретических расчетов использовались известные, апробированные теоретические модели и проверенные литературные данные; полученные автором диссертации экспериментальные результаты и результаты расчетов согласуются с известными данными, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад соискателя** состоит в проведении основного комплекса экспериментов, обработке массивов экспериментальных данных по исследованию пирозлектрической активности, электропроводности, вольт-фарадных характеристик и частотных зависимостей диэлектрических характеристик; в проведении теоретических расчетов и применении теоретических моделей; в установлении механизмов электрической проводимости, высоты потенциального барьера, в осуществлении моделирования параметров «мертвого» слоя; в анализе и обобщении полученных результатов; в непосредственном участии в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

**В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания** об использовании разных химически активных электродов для исследуемых гетероструктур.

Соискатель Гудков С.И. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: нанесенные производителем медные электроды вследствие их окисления при температурных исследованиях пришлось заменить на серебряные со схожей величиной работы выхода электронов. На вопрос о составе пленок Гудков С.И. ответил, что производителем пленок был проведен рентгенофазный анализ сегнетоэлектрического слоя гетероструктур, который показал соответствие

состава пленок основной заявленной в работе фазе и присутствие малого количества вторичной фазы, которая не оказывает значительного влияния на свойства структур.

Диссертация соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в текущей редакции. На заседании 24.11.2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Гудкову Сергею Игоревичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния за решение актуальной научной задачи, имеющей значение для производства гетероструктур на основе тонких пленок ниобата лития и танталата лития, а именно за вклад в изучение электрофизических свойств структур металл/сегнетоэлектрик/полупроводник на основе тонких пленок ниобата лития и танталата лития и в установление взаимного влияния этих свойств.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Пастушенков  
Юрий Григорьевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Барабанова  
Екатерина Владимировна

24.11.2023 г.