

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.286.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.02.2023 г. № 371

О присуждении Стеклёновой Любови Сергеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Диэлектрические свойства тетрахлорцинка рубидия в нанопористых матрицах оксида кремния и оксида алюминия» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 20.12.2022 года (протокол заседания № 369) диссертационным советом 24.2.286.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Стеклёнова Любовь Сергеевна, 8 февраля 1993 года рождения, в 2017 г. окончила Воронежский государственный технический университет по специальности 16.04.01 – «Прикладная физика твердого тела». В 2021 г. окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Работает в должности учебного мастера 2 категории в Воронежском

государственном техническом университете, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре физики твердого тела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Коротков Леонид Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», кафедра твердотельной электроники, профессор.

Официальные оппоненты:

1. **Сидоркин Александр Степанович**, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», профессор кафедры экспериментальной физики;

2. **Таланов Михаил Валерьевич**, доктор физико-математических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», ведущий научный сотрудник научно-исследовательского института физики, дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет», г. Тверь, в своем положительном отзыве, подписанном, Пастушенковым Юрием Григорьевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой физики конденсированного состояния, и утвержденном проректором по научной и инновационной деятельности, доктором биологических наук А. В. Зиновьевым, указала, что диссертация Стеклёновой Л.С. выполнена на актуальную тему, полученные в работе результаты представляются достоверными, а выводы и основные положения, выносимые на защиту – хорошо

обоснованными. Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в публикациях, автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация по актуальности избранной темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, их достоверности и новизне соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней (п.9 – п.14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а её автор, Л.С. Стекленева, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 22 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, общим объемом 4,5 п.л., из которых автору принадлежит 1,1 п.л.

В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично соискателю принадлежат следующие результаты: подготовка образцов к проведению экспериментальных исследований [1-22]; непосредственное получение экспериментальных данных о диэлектрических свойствах исследуемых объектов [1-22], обработка полученных данных [1- 22]; участие в обсуждении результатов экспериментов и их оформление в виде публикаций [1-22].

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Короткова, Т. Н. Диэлектрические свойства нанокомпозитов $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{SiO}_2$ / Т. Н. Короткова, **Л. С. Стекленева**, Е. Рысякиевич - Пасек, Л. Н. Коротков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2017. – № 5. – С. 127-132.

2. Коротков, Л. Н. Структура, диэлектрические и тепловые свойства тетрахлорцинка рублидия в пористых стеклах / Л. Н. Коротков, **Л. С. Стекленева**, И. Н. Флеров, Е. А. Михалева, Е. Рысякевич-Пасек, М. С. Молокеев, В. С. Бондарев, М. В. Горев, О. И. Сысоев // Известия РАН. Серия физическая. – 2019. – Т. 83. – № 9. – С. 1182-1186.

3. Korotkov, L. N. Dielectric response of Rb_2ZnCl_4 within porous aluminum oxide / L. N. Korotkov, **L. S. Stekleneva**, M. A. Pankova, E. M. Logoshina // *Ferroelectrics*. – 2020. – Vol. 567. – P. 74-81.

4. Стекленева, Л. С. Влияние размеров пор на фазовые переходы в наночастицах тетрахлорцинка рубидия в пористых стеклянных матрицах / **Л. С. Стекленева**, А. А. Брянская, М. А. Панкова, С. В. Попов, Л. Н. Коротков // *Конденсированные среды и межфазные границы*. – 2022. – Т. 24. – № 3. – С. 362-368.

5. Стекленева, Л. С. Диэлектрические свойства нанокомпозитов $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{Al}_2\text{O}_3$ / **Л. С. Стекленева**, М. А. Панкова, Л. Н. Коротков // *Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика*. – 2022. – № 3. – С. 19-28.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов, все отзывы положительные:

1. Магомадов Р. М., д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры «Общая физика» ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова», без замечаний.

2. Тополов В. Ю., д.ф.-м.н., профессор, профессор Физического факультета ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», со следующими замечаниями:

- В автореферате представлено множество экспериментальных кривых действительной части диэлектрической проницаемости ϵ' (см. рис. 3, 4, 7, 9, 11 в автореферате). Однако из текста автореферата неясно, какой компоненте тензора диэлектрических проницаемостей композита это соответствует – 33 или какой-то другой. Это замечание обусловлено, в частности, тем, что основной компонент рассматриваемых композитов – тетрахлорцинка рубидия – испытывает фазовые переходы, причем известны изменения его симметрии согласно таблице 1 автореферата. Отдельно на эффективные диэлектрические свойства композита могут влиять пористые матрицы с определенной микрогеометрией пор и с известной симметрией оксидного компонента.

- В тексте автореферата и в подписи к рис. 8 упоминается упругий модуль E . Следует пояснить, это эффективный модуль Юнга или какой-то иной модуль упругости композита.

- В автореферате на с.с. 3 – 4 обнаружена опечатка в названии научного учреждения. Вместо «ННИФ им. Киренского» следует писать «Институт физики им. Л.В. Киренского» (см. <http://kirensky.ru/ru>).

3. Садыков С. А., д.ф.-м.н., профессор, Заслуженный деятель науки Республики Дагестан, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, заведующий кафедрой инженерной физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дагестанский государственный университет», со следующими замечаниями:

- На стр. 10 соискатель пишет: «Можно предположить, что основными «релаксаторами» являются полярные микрообласти, возникающие при сегнетоэлектрическом фазовом переходе; сегнетоэлектрические домены, а также не скомпенсированные в пределах нанокристаллитов области несоразмерной фазы.»

К сожалению, вклады этих «релаксаторов» в диэлектрический отклик не разделены.

- В тексте автореферата встречаются грамматические и стилистические ошибки.

4. Флёров И. Н., д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории кристаллофизики Института физики им. Л.В. Киренского, Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», со следующими замечаниями:

- О каком взаимодействии идет речь в п. 5 (Научная новизна) на стр. 3 Автореферата?

- Чем можно объяснить значительное изменение размеров нанокристаллитов, d_{cryst} , при изменении размера пор, d_{pore} , матрицы SiO_2 и отсутствие этого эффекта при внедрении исследуемого сегнетоэлектрика в поры Al_2O_3 ? (см. стр. 6). Интересно, что при этом характер изменения соотношения $d_{\text{cryst}}/d_{\text{pore}}$ практически одинаков для двух типов нанокомпозитов: SiO_2 - 3.60; 1.08; 0.22 и Al_2O_3 - 2.17;

0.72; 0.22. В связи с этим, мне кажется, что рассмотрение результатов сравнительного анализа можно было дополнить, учитывая величины $d_{\text{cryst}}/d_{\text{pore}}$. Кстати, этот параметр более наглядно демонстрирует значительную роль механического взаимодействия компонентов, характеризующихся существенно разными коэффициентами теплового расширения. Но приведенные выше рассуждения, скорее, относятся к будущим исследованиям соискателя.

- На каком основании сделан вывод (стр. 15, п. 6) о наиболее сильном взаимодействии компонентов в композитах с матрицей Al_2O_3 ? Можно ли это соотнести с величинами $d_{\text{cryst}}/d_{\text{pore}}$?

- На стр. 2 автор диссертации обосновывает выбор двух типов матриц, SiO_2 и Al_2O_3 , в частности, «... различием геометрии их пор ...». Однако в Автореферате нет сведений о том - влияет ли это различие на свойства внедренного компонента? На мой взгляд, в Заключение вполне можно было бы добавить обобщающий пункт, соответствующий одной из задач (первый абзац, п.4 на стр.2), примерно такого содержания - «Таким образом, поведение диэлектрических свойств и реализация фазовых переходов в несоразмерном сегнетоэлектрике Rb_2ZnCl_4 , внедренном в нанопоры, в значительной мере определяются материалом и конфигурацией пор матрицы.»

5. Стукова Е. В., д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Амурский государственный университет», со следующим замечанием: в качестве матриц внедрения были выбраны SiO_2 с нерегулярной разветвленной структурой и Al_2O_3 с упорядоченной столбчатой структурой. При этом в автореферате диссертации не обсуждается вопрос о том, влияет ли упорядоченность пористой структуры на физические свойства внедренного сегнетоэлектрика.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой компетентностью в области сегнетоэлектриков и композитов на их основе, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, а также их согласием.

Выбор ведущей организации обоснован широкой известностью сотрудников своими достижениями в области сегнетоэлектриков, мультиферроиков, композитов на их основе и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также ее согласием. Направление научно-исследовательской деятельности базового структурного подразделения ведущей организации (кафедра физики конденсированного состояния) соответствует теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика получения матричных композитов $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{SiO}_2$ и $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{Al}_2\text{O}_3$;

предложены объяснения:

- повышения температуры сегнетоэлектрического фазового перехода Rb_2ZnCl_4 в пористых стеклянных матрицах со средним диаметром пор 320 и 46 нм в результате ограничения периода несоразмерной пространственной волны смещений атомов конечными размерами нанокристаллитов;
- наличие максимума на температурной зависимости диэлектрической проницаемости (160 К), возникающего вследствие перестройки доменной структуры в нанокристаллитах Rb_2ZnCl_4 в пористых стеклянных матрицах со средним диаметром пор 320 и 46 нм;

экспериментально **доказано** возрастание эффективного дипольного момента полярных областей и их концентрации с понижением температуры в нанокристаллитах Rb_2ZnCl_4 в пористых стеклянных матрицах со средним диаметром пор 46 нм.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что **доказано:**

- влияние материала пористой матрицы на диэлектрическую проницаемость внедренного в нее тетрахлорцинка рублидия;
- влияние значения стартовой температуры измерения (термической предыстории) на форму температурной зависимости диэлектрической проницаемости нанокомпозитов на основе тетрахлорцинка рублидия и оксида алюминия;

- существование сегнетоэлектрических доменов в нанокристаллитах тетрахлорцинка рубидия, внедренного в пористые матрицы SiO_2 со средним диаметром пор 320 и 46 нм и матрицы Al_2O_3 со средним диаметром пор 300 нм;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплексный подход, совмещающий методы рентгеновской дифракции, диэлектрической спектроскопии, низкочастотной акустической спектроскопии и калориметрии для аттестации и исследования нанокомпозитов на основе сегнетоэлектриков с несоразмерными фазами;

изложены доказательства

- влияния размеров пор и материала пористых диэлектрических матриц на сегнетоэлектрический фазовый переход во внедренных в них нанокристаллитах тетрахлорцинка рубидия;

- неэргодичности состояния, реализующегося в нанокомпозитах $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{SiO}_2$ и $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{Al}_2\text{O}_3$ в широком интервале температур;

- вклада сегнетоэлектрических доменов в диэлектрическую релаксацию в нанокомпозитах $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{SiO}_2$;

раскрыты закономерности замораживания подвижности доменной структуры в нанокомпозитах $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{SiO}_2$;

изучено влияние термической предыстории на диэлектрическую проницаемость композита $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{Al}_2\text{O}_3$ со средним диаметром пор матрицы 300 нм.

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

разработана и внедрена в практику научных исследований методика получения матричных наноструктурированных композитов $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{SiO}_2$ и $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{Al}_2\text{O}_3$;

определены размеры пор матриц SiO_2 (46 и 320 нм) и Al_2O_3 (300 нм) в которых во внедренных кристаллитах Rb_2ZnCl_4 реализуется сегнетоэлектрическая фаза;

представлена совокупность данных о диэлектрических свойствах наноструктурированных композитов $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{SiO}_2$ и $\text{Rb}_2\text{ZnCl}_4 - \text{Al}_2\text{O}_3$ для интервала температур 100 – 350 К.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ **результаты исследований** получены на современном сертифицированном и поверенном оборудовании с **использованием** стандартизированных методик проведения измерений; показана хорошая воспроизводимость результатов;

теории, используемые для объяснения результатов экспериментов адекватны исследуемым объектам;

идея базируется на анализе и обобщении данных о размерном эффекте и влиянии дефектов кристаллической решетки на физические свойства сегнетоэлектриков с несоразмерной фазой;

использовано сравнение результатов, экспериментально полученных автором, и данных, представленных в научной литературе по исследованной тематике;

установлено качественное соответствие авторских результатов с результатами, представленными в научных публикациях по данной тематике;

использованы современные методики измерений физических параметров, исследования морфологии поверхности, аттестации структуры и элементного состава нанокomпозиционных материалов, а также методы математической и статистической обработки полученных экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных источников по теме исследований, участии в синтезе образцов, в анализе, систематизации, обсуждении результатов экспериментальных исследований и подготовке статей к публикации. Экспериментальные данные по исследованию структуры, диэлектрических и акустических свойств наноструктурированных материалов, обсуждаемых в диссертации, получены автором.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. На вопросы, заданные членами диссертационного совета, соискатель представила исчерпывающие ответы.

На заседании 28 февраля 2023 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для дальнейшего развития физических представлений о размерных эффектах в ультрадисперсных

сегнетоэлектриках, присудить Стеклёной Любови Сергеевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Зам. председателя
диссертационного совета

Белоногов Евгений Константинович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Стогней Олег Владимирович

28 февраля 2023 года.