

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 24 мая 2019 г. № 12

О присуждении Турыгину Антону Павловичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Эволюция доменной структуры сегнетоэлектриков при локальном переключении поляризации и эффекты самоорганизации» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 18 марта 2019 г. (протокол заседания № 7) диссертационным советом Д 212.285.02, созданным на базе ФГАОУ ВО «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, Турыгин Антон Павлович, 1990 года рождения, в 2014 году окончил ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 011200 Физика; в 2018 году окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (Физика конденсированного состояния); работает в должности младшего научного сотрудника Отдела оптоэлектроники и полупроводниковой техники Научно-

исследовательского института физики и прикладной математики Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре физики конденсированного состояния и наноразмерных систем Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук, профессор, **Шур Владимир Яковлевич**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт естественных наук и математики, НИИ физики и прикладной математики, Отдел оптоэлектроники и полупроводниковой техники, главный научный сотрудник.

**Официальные оппоненты:**

**Мионов Виктор Леонидович**, доктор физико-математических наук, Институт физики микроструктур РАН – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»; г. Нижний Новгород, отдел магнитных наноструктур, ведущий научный сотрудник;

**Рыбянец Андрей Николаевич**, кандидат физико-математических наук, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, Научно-исследовательский институт физики, отделение сегнето-пьезоматериалов, главный научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж – в своем положительном отзыве, подписанном Дрождиным Сергеем Николаевичем, доктором физико-математических наук, заведующим кафедрой экспериментальной физики, Сидоркиным

Александром Степановичем, доктором физико-математических наук, профессором кафедры экспериментальной физики, и Нестеренко Лолитой Павловной, кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры экспериментальной физики, указала, что диссертационная работа Турыгина А.П. является законченной научно-квалификационной работой, содержание которой соответствует паспорту научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния и полностью отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Турыгин Антон Павлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 44 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 44 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

Другие публикации представлены в виде 35 тезисов, опубликованных в сборниках материалов всероссийских (3) и международных (32) научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 12,1 п.л., авторский вклад – 3,72 п.л.

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

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Turygin A.P. Self-assembled domain structures: From micro- to nanoscale / V.Ya. Shur, A.R. Akhmatkhanov, A.I. Lobov, A.P. Turygin // J. Adv. Dielectr. – 2015. – Vol. 5. – P. 1550015. – 1.3 п.л./ 0.3 п.л. (Web of Science, Scopus).

2. Turygin A.P. Tip-induced domain growth on the non-polar cuts of lithium niobate single-crystals / D.O. Alikin, A.V. Ievlev, A.P. Turygin, A.I. Lobov, S.V. Kalinin, V.Ya. Shur // Appl. Phys. Lett. – 2015. – Vol. 106. – № 18. – P. 182902. – 0.5 п.л./0.15 п.л. (Web of Science, Scopus).

3. Turygin A.P. Domain structures and local switching in lead-free piezoceramics  $Ba_{0.85}Ca_{0.15}Ti_{0.90}Zr_{0.10}O_3$  / A.P. Turygin, M. M. Neradovskiy, N. A.

Naumova, D. V. Zayats, I. Coondoo, A. L. Kholkin and V. Ya. Shur // J. Appl. Phys. – 2015 – Vol. 118. – №7 – P. 072002. – 0.8 п.л./0.4 п.л. (Web of Science, Scopus).

4. Turygin A.P. The effect of phase assemblages, grain boundaries and domain structure on the local switching behavior of rare-earth modified bismuth ferrite ceramics / D.O. Alikin, A.P. Turygin, J. Walker, A. Bencan, B. Malic, T. Rojac, V.Ya. Shur, A.L. Kholkin // Acta Materialia. – 2017. – Vol. 125. – P. 265-273. – 1,2 п.л./0.2 п.л. (Web of Science, Scopus).

5. Turygin A.P. Ferroelectric Domain Structure and Local Piezoelectric Properties of Lead-Free  $(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$  and  $\text{BiFeO}_3$ -Based Piezoelectric Ceramics / D. Alikin, A. Turygin, A. Kholkin, V. Shur // Materials. – 2017. – Vol. 10. – P. 47. – 1.9 п.л./0.4 п.л. (Web of Science, Scopus).

6. Turygin A.P. Dielectric relaxation and charged domain walls in  $(\text{K},\text{Na})\text{NbO}_3$ -based ferroelectric ceramics / A. A. Esin, D. O. Alikin, A. P. Turygin, A. S. Abramov, J. Hrescak, J. Walker, T. Rojac, A. Bencan, B. Malic, A. L. Kholkin, V. Ya. Shur // J. Appl. Phys. – 2017. – Vol. 121 – P. 074101. – 0.6 п.л./0.2 п.л. (Web of Science, Scopus).

7. Turygin A.P. Characterization of domain structure and domain wall kinetics in lead-free  $\text{Sr}^{2+}$  doped  $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3$  piezoelectric ceramics by piezoresponse force microscopy / A. P. Turygin, D. O. Alikin, A. S. Abramov, J. Hrescak, J. Walker, A. Bencan, T. Rojac, B. Malic, A. L. Kholkin, and V. Ya. Shur // Ferroelectrics – 2017. – Vol. 508 – № 1. – P. 77–86. – 0.6 п.л./0.2 п.л. (Web of Science, Scopus).

8. Turygin A.P. The Formation of Self-Organized Domain Structures at Non-Polar Cuts of Lithium Niobate as a Result of Local Switching by an SPM Tip / A.P. Turygin, D.O. Alikin, Yu.M. Alikin, V.Ya. Shur // Materials. – 2017. – Vol. 10. – № 10. – P. 1143. – 0.5 п.л./0.2 п.л. (Web of Science, Scopus).

9. Turygin A.P. Self-organized formation of quasi-regular ferroelectric domain structure on the non-polar cuts by grounded SPM tip / A. P. Turygin, D. O. Alikin, M. S. Kosobokov, A. V. Ievlev, V. Ya. Shur // ACS Appl. Mat. Int. – 2018.

На автореферат поступили положительные отзывы от:

1. Бахтизина Рауфа Загидовича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой физической электроники и нанофизики ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа. Без замечаний.
2. Кострицкого Сергея Михайловича, доктора физико-математических наук, доцента, технического директора Зеленоградского отделения ООО Научно-производственной компании «Оптолинк», г. Москва, Зеленоград. Без замечаний.
3. Кукушкина Сергея Арсеньевича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией структурных и фазовых превращений в конденсированных средах ФБГУН Институт проблем машиноведения Российской академии наук, г. Санкт-Петербург. Без замечаний.
4. Палатникова Михаила Николаевича, доктора технических наук, заведующего лабораторией материалов электронной техники Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Мурманская обл., г. Апатиты. Содержит замечания, касающиеся влияния заряженных доменных стенок на диэлектрическую проницаемость.
5. Сумца Максима Петровича, кандидата физико-математических наук, доцента, старшего научного сотрудника кафедры материаловедения и индустрии наносистем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж. Содержит замечания, относящиеся к оформлению и подписям к рисункам.

6. Шибкова Александра Анатольевича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры теоретической и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», г. Тамбов. Без замечаний.
7. Яценко Александра Викторовича, доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры теоретической физики и физики твердого тела Физико-технического института ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями и высокой научной компетентностью в области физики конденсированного состояния, близостью тематики проводимых ими исследований и темы диссертационной работы.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– **проведено** исследование роста доменов в полярном направлении (прямое прорастание) и предложена оригинальная модель для описания процесса за счет генерации ступеней на доменной стенке и движения взаимодействующих заряженных кинков;

– **обнаружено** формирование самоорганизованной доменной структуры на неполярных срезах CLN при сканировании зондом СЗМ с приложением напряжения и при сканировании заземленным зондом СЗМ без приложения напряжения вблизи ранее переключённого домена. **Выявлены** режимы кратного увеличения периода структуры - удвоения и учетверения;

– **показано**, что значительное увеличение диэлектрической проницаемости с ростом степени легирования в пьезокерамике KNN:Sr обусловлено увеличением концентрации проводящих заряженных доменных стенок, играющих роль проводящих включений в диэлектрической матрице;

– **показано**, что кинетика доменных стенок при локальном переключении поляризации в отдельных зернах исследованных пьезокерамик KNN:Sr, BFO:Sm, BCZT, подчиняется активационному закону с учетом поля смещения.

**Теоретическая значимость исследования обоснована** тем, что предложена оригинальная модель для объяснения роста домена в полярном направлении (прямого прорастания) - одной из стадий эволюции доменной структуры при переключении поляризации. Предложена и апробирована модель для объяснения эффекта переключения поляризации проводящим заземленным зондом без приложения напряжения, с учетом ранее поверхностного инжектированного заряда. Проведено моделирование формирования квазирегулярных рядов доменов на неполярном срезе с учетом взаимодействия изолированных доменов с заряженными доменными стенками, и выявлены режимы чередования длин доменов, аналогичные экспериментальным результатам.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается** тем, что закономерности роста и взаимодействия изолированных доменов представляют интерес для развития технологий создания регулярных доменных структур. Формирование квазирегулярных доменных структур при сканировании зондом на неполярном срезе может быть использовано для развития инженерии доменных стенок и создания субмикронных периодических доменных структур. Зависимость диэлектрической проницаемости от параметров доменной структуры позволит улучшать диэлектрические и пьезоэлектрические свойства керамик.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**  
достоверность обеспечивается применением поверенных и калиброванных средств измерений, аттестованных методик измерений, надежной статистикой экспериментов, применением современных и независимых методов обработки экспериментальных данных, согласием с результатами других авторов и непротиворечивостью известным физическим моделям. Достоверность

расчетов подтверждается обоснованностью допущений, а также согласованностью с экспериментальными результатами.

**Личный вклад соискателя** состоит в активном участии в получении всех экспериментальных и теоретических результатов работы, разработке экспериментальных методик, анализе и обработке экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе и апробации результатов на конференциях. Выбор направления исследований, обсуждение результатов и формулировка задач проводились совместно с научным руководителем.

Диссертация Турыгина А.П. соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи прогнозирования и управления свойствами оптических материалов, имеющей значение для развития радиационной физики твердого тела.

На заседании 24 мая 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Турыгину А.П. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали за – 15, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета



Огородников Игорь Николаевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Ищенко Алексей Владимирович

24 мая 2019 г.