

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по НИР федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»



Алексей Александрович Короновский

«06» июня 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации **Смирнова Андрея Владимировича** «Твердотельные сенсоры на основе пористых пленок с фракталоподобной поверхностью» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах», выполненной на кафедре материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена на заседании Ученого совета факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ 12 ноября 2015 г., протокол №3.

В 2011 г. **Смирнов Андрей Владимирович** окончил ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по специальности «Материаловедение и технология новых материалов» с присвоением квалификации «инженер». С 2011 по 2014 **Смирнов Андрей Владимирович** обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах». С 2014 года по настоящее время является ассистентом кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов № 184 выдано в 2014 г. ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Научный руководитель – Кисин Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», утвержденный на заседании Ученого совета факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ 12 ноября 2015 г., протокол №3, представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ и других образовательных учреждений высшего образования и научных учреждений. На заседании присутствовали:

1. Вениг Сергей Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения, технологии и управления качеством, декан факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
2. Кисин Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
3. Скрипаль Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики твёрдого тела факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
4. Симаков Вячеслав Владимирович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
5. Зайцев Борис Давыдович, доктор физико-математических наук, профессор, г.н.с., Саратовский филиал ФГБУН Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН;
6. Ушаков Николай Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, г.н.с., Саратовский филиал ФГБУН Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН;
7. Стецюра Светлана Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

8. Терин Денис Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
9. Маляр Иван Владиславович, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
10. Синёв Илья Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
11. Глуховской Евгений Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
12. Варезников Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, м.н.с. научно исследовательской лаборатории «Сенсоров и микросистем», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Слушали доклад Смирнова Андрея Владимировича, изложившего основное содержание и результаты диссертационной работы.

Рецензенты диссертации:

Вениг Сергей Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения, технологии и управления качеством, декан факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», представил положительный отзыв.

Скрипаль Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики твёрдого тела факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВПО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», представил положительный отзыв.

По итогам обсуждения диссертации **Смирнова Андрея Владимировича** «Твердотельные сенсоры на основе пористых пленок с фракталоподобной поверхностью» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах», выполненной на кафедре материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» принято следующее **заключение:**

Диссертационная работа Смирнова А.В. посвящена выяснению специфики формирования или модификации посредством плазменных и лучевых (пучковых) технологий пористых пленок с фракталоподобной поверхностью, а также поиск физических принципов создания на основе этих пленок изделий твердотельной электроники и микроэлектроники для обнаружения и распознавания изменений в составе окружающей среды.

Научная новизна работы.

Показано, что образование новых зародышей на поверхности растущих зародышей является эффективным механизмом формирования фракталоподобной поверхности сенсора. Осажденная пленка в этом случае пронизана системой открытых пор, ориентированных перпендикулярно плоскости подложки, а размерность ее поверхности равна 2,5. Предложена физическая модель образования на поверхности подложки зародышей с низким разбросом размеров в процессе распыления и одновременного осаждения материала.

Предложен принцип создания резистивных газочувствительных структур с частичным перекрытием области токопереноса и области экранирования поверхностного заряда, позволяющий учесть особенности формирования газочувствительных пленок с фракталоподобной поверхностью в процессе вакуумного осаждения с одновременным распылением.

Предложен принцип создания мультисенсорной системы на основе пьезорезонаторов, отделенных друг от друга металл - полимерным композитным покрытием. Для композита со связностью (0-3) получена зависимость акустического импеданса от концентрации наполнителя, а потеря – от дисперсного состава наполнителя композита. Экспериментально показана возможность отдельного управления величиной удельного акустического импеданса композита и коэффициентом затухания акустических волн в нем.

Выполнен расчет капиллярной конденсации влаги на полимерных покрытиях, обработанных в плазме высокочастотного разряда, для различных значений влажности и температуры окружающей атмосферы. Продемонстрировано существенное увеличение времени жизни бактерий на фракталоподобной поверхности по сравнению с временем их жизни на гладкой поверхности. Предложено объяснение этого явления, основанное на модели капиллярной конденсации влаги в системе вложенных друг в друга мезопор покрытия.

Научная и практическая значимость.

Разработаны технологии получения фракталоподобных пленок металлов, оксидов, нитридов и карбидов, а также пленок полимеров и металл - полимерных композитов, в основе которых лежит обработка формируемых слоев потоком частиц с энергией в диапазоне от 40 до 300 эВ.

Созданы газочувствительные структуры для аппаратно-программных комплексов предупреждения теплового разрушения полимерной изоляции и регистрации истории возгорания электрических проводов.

Разработан и защищен патентом РФ метод формирования металл – полимерного покрытия, основная идея которого состоит в капсулировании тяжелого металла в полимере путем диспергирования частиц металла в порошке полимера с последующим оплавлением полимера микроволновым излучением, что позволило добиться равномерного распределения тяжелых частиц по объему композитного покрытия.

Экспериментально продемонстрирована работоспособность метода изоляции пьезорезонаторов для мультисенсорной системы, сформированной на одном кристалле, состоящего в разделении отдельных резонаторов покрытием поверхности пластины слоем металл - полимерного композита.

Созданы образцы биосенсоров на основе электродинамического резонатора, содержащего диафрагму с покрытием для иммобилизации бактериофагов или микроорганизмов, показана долговременная (до полугода) выживаемость биообъектов на таком покрытии.

Положения, выносимые на защиту.

1. При обработке в ходе нанесения островковой пленки олова потоком распыляющих атомов и молекул с низким коэффициентом распыления, но с высокой плотностью потока (по сравнению с плотностью потока частиц осаждаемого вещества) наблюдается эффект уменьшения разброса размеров островков осаждаемого вещества.
2. Построенная математическая модель роста островков осаждаемого вещества, сформулированная в виде задачи о радиационно-стимулированной диффузии в среде с движущейся границей, осложненной появлением и исчезновением диффундирующих частиц (модифицированная задача Стефана), позволяет с помощью численного моделирования определять и экспериментально реализовывать комбинации параметров потоков осаждаемых и распыляющих частиц, при которых наблюдается уменьшение разброса размеров островков.
3. Управление величиной потока распыляющих частиц при одновременном поступлении на подложку осаждаемых частиц приводит к образованию новых зародышей на поверхности старых, при этом формируются пленки с фракталоподобной поверхностью.
4. Тонкопленочные резистивные сенсоры на основе плёнок диоксида олова с фракталоподобной поверхностью, а также с частичным пространственным разделением области токопереноса и области экранирования поверхностного заряда позволяют идентифицировать характеристики источника изменения состава окружающей среды на основе анализа эволюции сигнала сенсора.
5. Композитная среда, состоящая из полимерной матрицы полистирола с внедренными в нее тяжелыми частицами вольфрама, допускает отдельное управление величиной удельного акустического импеданса и коэффициентом затухания акустических волн. Использование такого покрытия эффективно для изоляции пьезорезонаторов в мультисенсорных системах.
6. Бомбардировка поверхности плёнки полистирола энергетическими частицами азота переводит ее из гидрофобного состояния в гидрофильное, что в сочетании с капиллярной конденсацией влаги в образующихся при

бомбардировке полимера энергетическими частицами порох увеличивает длительность функционирования чувствительного слоя биосенсора, покрытого таким слоем с иммобилизованными на нем бактериофагами или микроорганизмами.

Личный вклад автора.

Экспериментальные исследования, необходимые расчеты и компьютерное моделирование выполнены лично автором. Часть измерений были проведены совместно с научными сотрудниками Саратовского государственного университета, что отражено в соответствующих публикациях.

Достоверность научных выводов.

Достоверность выполненных исследований диссертации определяется использованием в ходе работы современных методов анализа экспериментальных результатов, применением автоматизированных аппаратно программных технологических и измерительных комплексов, согласованием теоретических и практических результатов с литературными данными других авторов, использованием статистических методов обработки полученных результатов.

Апробация работы.

Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях и симпозиумах:

- VI Всероссийская конференция молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 13-15 сентября 2011 г., г. Саратов.
- Пятая Международная научная конференция «Физико-химические основы формирования и модификации микро- и наноструктур», 12-14 октября 2011 г., г. Харьков.
- VII Всероссийская конференция молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 24-26 сентября 2012 г., г. Саратов.
- VIII Всероссийская конференция молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 3-5 сентября 2013 г., г. Саратов.
- XXVI Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (ММТТ-26), 27-30 мая 2013 г., г. Нижний Новгород.
- V Международный симпозиум «Наночастицы, наноструктурные покрытия и микроконтейнеры: технологии, свойства и применения», 9-12 мая 2014 г., г. Гент, Бельгия.
- XXVII Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (ММТТ-27), 27-28 ноября 2014 г., Иваново.
- Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» (Поликомтриб-2015), 23 - 26 июня 2015 г., г. Гомель: ИММС НАНБ, Республика Беларусь.

- VI Международный симпозиум «Наночастицы, наноструктурные покрытия и микроконтейнеры: технологии, свойства и применения», 21-24 мая 2015 г., г. Саратов.
- X Всероссийская конференция молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 8-10 сентября 2015 г., г. Саратов.
- IEEE International Ultrasonics Symposium, October 21-24, 2015, Taipei, Taiwan.
- XXIX Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях» 27-29 июня 2016 г., г. Саратов.
- XI Всероссийская конференции молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 6-8 сентября 2016 г., г. Саратов.
- XII Международная конференция «Методологические аспекты сканирующей зондовой микроскопии» (БелСЗМ - 2016), 18-21 октября 2016, Минск, Республика Беларусь.
- IV Республиканская научно-техническая конференция молодых учёных, 10-11 ноября 2016 г., Гомель, Республика Беларусь.
- Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» (Поликомтриб-2017), 27 - 30 июня 2017 г., г. Гомель: ИММС НАНБ, Республика Беларусь.
- The 12th Workshop on Biosensors & BioAnalytical Microtechniques in Environmental, Food & Clinical Analysis, 25 - 29 September, 2017, Rome, Italy.

Материалы диссертационной работы использовались при выполнении исследований по грантам:

Совета по грантам Президента Российской Федерации:

- Идентификатор: СП-677.2015.4. Тема «Разработка и исследование новых композиционных материалов для нужд медицинской техники» Руководитель: Смирнов А.В.

Министерства Образования и науки:

- Соглашение №8400 от 24.08.2012 (2012-2013). Тема "Разработка бесконтактных акустических методов для исследования физических свойств наноструктурированных материалов с управляемыми характеристиками". Шифр: "Магнетик". Руководитель: д.ф.-м.н. Кузнецова И.Е.
- Соглашение №8862 от 14.11.2012 (2012). Тема "Исследование электронных и акусто-электронных свойств новых многослойных наноструктур, содержащих полупроводниковые, пьезоэлектрические и нанокомпозитные слои". Шифр: "Визит". Руководитель: д.ф.-м.н. Каган М.С.

Российского фонда фундаментальных исследований:

- Проект № 13-08-00678(2013-2015) «Композиционные материалы и покрытия на основе смесей тяжёлых микро и наночастиц с полимером и их свойства при знакопеременных деформациях в поле ультразвуковой волны». Руководитель: д.т.н. Кисин В.В.

- Проект № 16-38-00633 мол_а (2016-2017) «Исследование закономерностей самоорганизации функциональных наноструктурированных покрытий в неравновесных условиях реактивной плазмы магнетронной распылительной системы». Руководитель: к.ф.-м.н. Синёв И.В.
- Проект № 16-07-00821-А (2016-2018) «Разработка новых принципов создания газовых анализаторов на основе матрицы пьезоэлектрических резонаторов с поперечным возбуждающим электрическим полем для информационных систем мониторинга окружающей среды». Руководитель: д.ф.-м.н. Зайцев Б.Д.
- Проект № 16-07-00984-А (2016-2017) «Разработка нового метода определения полного набора упругих, пьезоэлектрических и диэлектрических констант пьезокерамики по измеренным частотным зависимостям реальной и мнимой частей электрического импеданса пьезоэлектрического резонатора на ее основе». Руководитель: к.ф.-м.н. Теплых А.А.

Публикации.

По теме диссертационного исследования опубликовано 36 печатных работ, в том числе 12 статей в журналах, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Mahdi O.S., Malyar I.V., Galushka V.V., **Smirnov A.V.**, Sinev I.V., Venig S.B. Morphology and inner structure of ethanol sensitive thin films of tin oxide operating at near room temperature // Technical Physics Letters. – 2017. – V. 43. – No 6. – pp. 531-534.
2. Guliy O.I., Zaitsev B.D., **Smirnov A.V.**, Karavaeva O.A., Borodina I.A. Biosensor for the detection of bacteriophages based on a super-high-frequency resonator // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2017. – V. 53. – No 6. – pp. 725-732.
3. Mahdi O.S., Malyar I.V., Zakharevich A.M., **Smirnov A.V.**, Sinev I.V., Venig S.B. Phase composition of gas sensitive thin films of tin oxide operating at near room temperature // Technical Physics Letters. – 2017. – T. 43. – No 7. – pp. 681-683.
4. Симаков В.В., Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Осыко И.Д., Гребенников А.И., Сергеев С.А. Влияние освещения на газочувствительность тонких пленок диоксида олова к парам этанола при комнатной температуре // Нано и микросистемная техника. – 2017. – Т. 19. – №1. – С. 34-40.
5. **Смирнов А.В.**, Бородина И.А., Зайцев Б.Д., Кузнецова И.Е., Синёв И.В., Теплых А.А., Кисин В.В. Формирование поглощающего покрытия на основе металл-полимерного композита для пьезоэлектрических резонаторов // Радиотехника. – 2016. – № 11. – С. 359-362.

6. Simakov V.V., Sinev I.V., **Smirnov A.V.**, Grebennikov A.I. Effect of Temperature on the Growth Rate of Tin Dioxide Whiskers Formed by Physical Vapor Deposition // Technical Physics. – 2016. – V. 61. – No 4. – pp. 574-578.
7. Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Гребенников А.И., Сякина С.Д., Симаков В.В., Кисин В.В. Влияние предварительного нагрева на распознавательную способность мультисенсорной микросистемы // Нано и микросистемная техника. – 2014. – № 1. – С. 52-56.
8. **Смирнов А.В.**, Гребенников А.И., Грибов А.Н., Симаков В.В., Синёв И.В., Кисин В.В. Отклик газочувствительной микросистемы на запах перегретой изоляции электрического кабеля // Нано и микросистемная техника. – 2014. – № 2. – С. 53-56.
9. Сякина С.Д., Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Симаков В.В. Электрохимический импеданс газочувствительных микросистем на основе поликристаллических слоёв диоксида олова // Нано и микросистемная техника. – 2014. – № 2. – С. 53-56.
10. Симаков В.В., Ворошилов А.С., Галушка В.В., Гребенников А.И., Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Сякина С.Д., Кисин В.В. Распознавание запахов дыма на основе анализа динамики отклика мультисенсорной микросистемы // Нано и микросистемная техника. – 2012. – № 9. – С. 49-54.
11. **Смирнов А.В.**, Синёв И.В., Шихабудинов А.М. Акустические свойства композита 0-3 на основе вольфрама и полистирола // Журнал радиоэлектроники (электронный журнал). – 2012. – № 12. – С. 13.
12. Синёв И.В., Симаков В.В., **Смирнов А.В.**, Сякина С.Д., Гребенников А.И., Кисин В.В. Формирование пленок диоксида олова с вертикально ориентированными нанопорами // Нанотехника. – 2011. – № 3. – С. 45-46.

Патент на изобретение:

13. Зайцев Б.Д., Кисин В.В., **Смирнов А.В.** Способ получения композитного материала на подложке: пат. 2611540 Рос. Федерация. // – № 2014152409; заявл. 24.12.2014; опубл. 20.07.2016 Бюл. №23. – регистрация в реестре изобретений 28.02.2017 г.

Прочие публикации по теме диссертации:

14. **Смирнов А.В.**, Аткин В.С., Гребенников А.И., Ревзина Е.М., Кондратьева О.Ю., Синёв И.В. Получение сферических микрочастиц вольфрама в поле ультразвуковой волны, в присутствии активатора // Известия саратовского университета Новая серия: серия физика. – 2015. – Вып. 4. – С.13-17.
15. Вениг С.Б., Махди О.С., Маляр И.В., Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Кисин В.В. Морфология тонких пленок диоксида олова, обладающих газочувствительностью при температуре, близкой к комнатной // Известия Саратовского университета. Новая серия: серия физика. – 2015. – Вып. 4. – С. 17-22.
16. **Smirnov A.V.**, Atkin V.S., Gorbachev I.A., Grebennikov A.I., Sinev I.V., Simakov V.V. Surface Modification of Polystyrene Thin Films by RF Plasma

Treatment //BioNanoScience. – 2017. – V. 7. – №. 4. – pp. 680-685. DOI: 10.1007/s12668-017-0407-1.

17. Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Симаков В.В. Зародышеобразование и рост газочувствительных наноструктурированных плёнок диоксида олова // Тезисы докладов VI всероссийской конференции молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 13-15 сентября 2011 г., г. Саратов, - Саратов: Изд-во Саратовского университета. – 2011. – С. 56-57.

18. Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Сякина С.Д., Гребенников А.И., Симаков В.В., Кисин В.В. Формирование покрытия с открытыми вертикально-ориентированными пораами // Материалы пятой Международной научной конференции «Физико-химические основы формирования и модификации микро- и наноструктур», 12-14 октября 2011 г., г. Харьков: НФТЦ МОНМС и НАН Украины. – 2011. – Т. 2. – С. 436-439.

19. **Смирнов А.В.**, Галушка В.В., Синёв И.В., Шихабудинов А.М. Влияние состава металл - полимерного композита на его акустические характеристики // Тезисы докладов VII всероссийской конференции молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 24-26 сентября 2012 г., г. Саратов, - Саратов: Изд-во Саратовского университета. – 2012. – С. 140-141.

20. **Смирнов А.В.**, Сердечный Д.В. Использование метода главных компонент для обработки сигналов матрицы сенсоров газа // XXVI Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-26)», 27–30 мая 2013 г., г. Нижний Новгород. Саратов: Изд-во Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А. – Т.9. – С. 111.

21. Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Гребенников А.И., Симаков В.В., Кисин В.В. Влияние предварительного циклического изменения температуры на распознавание тонкопленочными полупроводниковыми сенсорами наличия примеси паров аммиака в воздухе // Тезисы докладов VIII всероссийской конференции молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 3-5 сентября 2013 г., г. Саратов. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2013. – С. 209-210.

22. **Смирнов А.В.**, Синёв И.В., Кисин В.В., Гребенников А.И., Симаков В.В. Влияние газовыделения изоляции электрических проводов на отклик мультисенсорной микросистемы на основе тонкой пленки диоксида олова // Тезисы докладов VIII всероссийской конференции молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 3-5 сентября 2013 г., г. Саратов, - Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2013. – С. 211-212.

23. **Смирнов А.В.**, Гребенников А.И., Синёв И.В., Симаков В.В. Влияние термоциклирования на воспроизводимость температурной зависимости проводимости наноструктурированных плёнок SnO₂ //Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2013. – Вып. 5. – С. 296-300.

24. Сякина С.Д., Синёв И.В., **Смирнов А.В.**, Симаков В.В. Моделирование формирования наноразмерных структур диоксида олова методом физического

осаждения. // Труды XXVII Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях», 27-28 ноября 2014 г., г. Иваново, - Саратов: Изд-во Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А. – Т.9. – С. 250-252.

25. **Смирнов А.В.**, Синёв И.В. Капсулирование микрочастиц вольфрама в полистирол // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Полимерные композиты и трибология» 23-26 июня 2015. Республика Беларусь, г. Гомель: ИММС НАНБ. – 2015. – С. 172.

26. **Smirnov A.V.**, Sinev I.V., Grebennikov A.I., Simakov V.V. Fabrication and characterization of Bi-doped nanostructured SnO₂ thin films // The nanoparticles and nanostructured coatings microcontainers: technology, properties and applications – Mater. 6th Int. Conf. 21-24 May 2015. Saratov State University, Russian Federation. – P.43.

27. **Смирнов А.В.**, Горбачёв И.А., Синёв И.В. Влияние содержания вольфрама на механические свойства и термостойкость композиционного материала на основе полистирола // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2015. – Вып. 7. – С. 471-478.

28. **Смирнов А.В.** Влияние среднего размера частиц и содержания наполнителя на акустические свойства металл - полимерного композита // Путь науки. – 2015. – №11(21). – С. 60-62.

29. **Смирнов А.В.**, Аткин В.С., Зайцев Б.Д., Бородина И.А., Синёв И.В. Получение сферических микрочастиц вольфрама методом самоорганизации в поле ультразвуковой волны в присутствии травителя // Тезисы докладов X Всероссийской конференции молодых учёных "Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика" (Саратов, 8-10 сентября 2015 г.). – 2015. – С. 156-157

30. Borodina I., Zaitsev B., Teplykh A., Shikhabudinov A., Kuznetsova I., Guliy O., **Smirnov A.** The Plate Acoustic Wave Sensor for Detection of Bacterial Cells in Liquid Phase, // Proceedings of 2015 IEEE International Ultrasonics Symposium, 2015, Taipei, Taiwan October 21-24, DOI:10.1109/ULTSYM.2015.0525.

31. **Смирнов А.В.**, Синев И.В., Симаков В.В. Идентификация материала электрической изоляции кабеля с помощью анализа отклика резистивного газового сенсора // Сборник трудов XXIX Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях» 27-29 июня, Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. – 2016. – Т.2. – С. 91-93.

32. Осыко И.Д., Симаков В.В., Синев И.В., **Смирнов А.В.** Влияние интенсивности внешнего излучения на проводимость тонких плёнок диоксида олова // Сборник трудов XXIX Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях» 27-29 июня, Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. – 2016. – Т. 4. – С. 125-127.

33. Синев И.В., **Смирнов А.В.**, Симаков В.В., Тимошенко В.А. Анализ газовых смесей с помощью полупроводниковых сенсоров газа // Тезисы

докладов XI всероссийской конференции молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 6-8 сентября 2016 г., г. Саратов, - Саратов: Изд-во «Техно-декор». – 2016. – С. 188-189.

34. **Смирнов А.В.**, Аткин В.С., Горбачёв И.А., Гребенников А.И., Синёв И.В., Симаков В.В. Модификация тонких пленок полистирола в плазме высокочастотного магнетронного разряда // Методологические аспекты сканирующей зондовой микроскопии (БелСЗМ - 2016): сб. докл. XII Междунар. конф. Беларус. наука, 2016. – С. 149-152.

35. **Смирнов А.В.**, Синёв И.В., Осыко И.Д. Модификация поверхности тонких плёнок полистирола в плазме ВЧ разряда азота // Межвузовский сборник научных трудов "Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов". – 2016. – Вып. 8. – С. 359-362.

36. **Смирнов А.В.**, Синёв И.В., Осыко И.Д. Пористое металл-полимерное покрытие // "Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования": материалы IV Республиканской научно-технической конференции молодых учёных, Гомель, 10-11 ноября 2016 г. - Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2016. – С. 41-43.

Диссертационная работа **Смирнова Андрея Владимировича** «Твердотельные сенсоры на основе пористых пленок с фракталоподобной поверхностью» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах», выполненной на кафедре материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» представляет собой целостное исследование актуальной научной проблемы и удовлетворяет требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание учёной степени кандидата наук.

Диссертация «Твердотельные сенсоры на основе пористых пленок с фракталоподобной поверхностью» **Смирнова Андрея Владимировича** рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».


Заключение принято на расширенном заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Присутствовало на заседании 12 человек, из них 6 докторов наук и 6 кандидатов наук по профилю диссертации. Результаты открытого голосования:

«за» - 12 чел.; «против» - нет; «воздержалось» - нет (протокол расширенного заседания кафедры материаловедения, технологии и управления качеством факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». № 9 от «22» мая 2018г.).

Председатель заседания:
профессор кафедры
материаловедения, технологии и
управления качеством факультета
нано- и биомедицинских
технологий ФГБОУ ВО «СГУ
имени Н.Г. Чернышевского»,
доктор технических наук, доцент

Симаков Вячеслав Владимирович


Факультет нано- и
биомедицинских технологий
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г.
Чернышевского», 410012, г.
Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел. +7 (8452) 26 - 22 - 22
E-mail: simakovvv@info.sgu.ru

