

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.081.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И
ОСОБОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПТМ РАН) ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 07.02.2017 г. № 1

О присуждении Захарову Павлу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Эффект обратимого переключения электрической проводимости в тонких плёнках нестехиометрического оксида кремния» по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах принята к защите 05.12.2016 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 002.081.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук (ИПТМ РАН), Федеральное агентство научных организаций (ФАНО), 142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 6, утвержден приказом Минобрнауки №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Захаров Павел Сергеевич, 1989 года рождения, в 2012 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», в 2016 году окончил очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (МФТИ), работает ведущим инженером в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники» (АО «НИИМЭ») (в составе отраслевого холдинга ОАО «РТИ» (АФК «Система»)).

Диссертация выполнена в отделе функционально электроники

Акционерного общества «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники» (АО «НИИМЭ») (в составе отраслевого холдинга ОАО «РТИ» (АФК «Система»)) и на кафедре микро- и наноэлектроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (МФТИ), Министерство образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Итальянцев Александр Георгиевич, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники» (АО «НИИМЭ»), начальник отдела функциональной электроники АО «НИИМЭ».

Официальные оппоненты:

Павлов Дмитрий Алексеевич, д-р физ.-мат. наук, проф., Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ), кафедра Физики полупроводников и оптоэлектроники Физического факультета ННГУ, заведующий кафедрой,

Божко Сергей Иванович, канд. физ.-мат. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела (ИФТТ РАН), лаборатория спектроскопии поверхности полупроводников, старший научный сотрудник, – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технологический институт Российской академии наук (ФТИАН), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном д. ф.-м. н., член-корр. РАН Лукичевым В.Ф., ВРИО директора ФТИАН РАН, указала, что «Тема работы полностью соответствует паспорту научной специальности, по которой проходит защита... работа выполнена на высоком уровне, отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатской диссертации на соискание ученых степеней согласно п.9 «Положения о присуждении ученых степеней»... Считаем, что Захаров Павел Сергеевич, безусловно, заслуживает присвоения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 –

твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что ведущая организация является передовым предприятием в области исследований фазовых превращений в тонких пленках, а официальные оппоненты – высокопрофессиональными специалистами в области исследования эффекта обратимого переключения электрической проводимости, что подтверждается авторитетными публикациями.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 17 работ, из них 3 (каждая работа объемом 4–7 страниц) опубликованы в рецензируемых ВАК научных изданиях и 1 патент.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации содержат ключевые результаты, основная часть которых получена лично соискателем:

1. Захаров П.С., Итальянцев А.Г. Модель эффекта переключения электрической проводимости в структурах резистивной памяти на основе нестехиометрического оксида кремния // Известия вузов. ЭЛЕКТРОНИКА. – 2016. – Т. 21. – № 4. – С. 309–315.

2. Захаров П.С. Разрушение канала проводимости в элементах резистивной памяти на основе тонких плёнок нестехиометрического оксида кремния // Инженерная физика. – 2016. – № 7. – С. 53–56.

3. Захаров П.С., Итальянцев А.Г. Эффект переключения электрической проводимости в структурах металл–диэлектрик–металл на основе нестехиометрического оксида кремния // ТРУДЫ МФТИ. – 2015. – Т. 7. – № 2. – С. 113–118.

На диссертацию и автореферат поступило 6 положительных отзывов. В отзыве д.ф.-м.н. Гриценко В.А., гл. науч. сотр. ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (г. Новосибирск), замечаний нет. Д.ф.-м.н. Форш П.А., вед. науч. сотр. физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), указывает на отсутствие оценок величины механических напряжений в окрестности канала проводимости на торцевой поверхности активного слоя.

В отзыве д.ф.-м.н., проф. Тетельбаума Д.И., вед. науч. сотр. Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород), представлены следующие замечания: 1) не ясно, как учитывается влияние близости соседних включений, автор пренебрегает дрейфовым членом в

уравнении диффузии, 2) протекает ли ток по тонкому слою, граничащему с боковой поверхностью тестового конденсатора? 3) вывод о том, что диаметр филамента не превышает диаметр электрода с наименьшей площадью, справедлив лишь при условии достаточно высокого удельного сопротивления филамента. Д.т.н. Стрельченко С.С., профессор кафедры «Материаловедение» КФ ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (г. Калуга), отмечает, что 1) в автореферате не обсуждаются способы оценки свободной энергии образования точечных дефектов, «не совсем ясно, почему стало возможным также пренебрежение зарядовыми состояниями точечных дефектов», 2) «...трудно понять, насколько воспроизводимыми являются наблюдаемые в работе эффекты...».

Д.ф.-м.н., проф. Герасименко Н.Н., начальник Лаборатории радиационных методов технологии и анализа Национального исследовательского университета «МИЭТ» (г. Москва), к недостаткам диссертационной работы относит отсутствие экспериментальных сведений о степени нарушения стехиометрии активного слоя, а также необоснованное положение о том, что концентрация компонентов раствора при переключении остается неизменной».

В отзыве д.ф.-м.н. Тыщенко И.Е., вед. науч. сотр. ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск), содержится замечание: филамент располагается вблизи поверхности оксида кремния, однако в уравнении теплопроводности используются параметры, характерные для объемного материала.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных исследований:

разработана оригинальная феноменологическая модель локальных фазовых перестроек в неизотермическом процессе в SiO_x , впервые позволяющая прогнозировать состояние электрической проводимости SiO_x в зависимости от набора характеристик воздействующих электрических импульсов;

предложено использовать диффузионно-лимитируемое приближение при описании взаимодействия многокомпонентного твёрдого раствора подвижных

точечных дефектов типа Si_i , Si_o и V_o в SiO_2 с кластерами кремния;

введено представление о структуре филамента в тонких пленках SiO_x как о системе Si-кластеров, взаимодействующих с пересыщенным твердым раствором собственных точечных дефектов в матрице SiO_2 .

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что фундаментальным отличием разработанной модели от моделей для оксидов переходных металлов является объемный характер процессов, протекающих при переключении проводимости SiO_x ;

применительно к проблематике диссертации результативно, т.е. с получением обладающих новизной результатов, **использован** комплекс модельных представлений о SiO_x как о многокомпонентном пересыщенном твердом растворе собственных точечных дефектов в матрице SiO_2 ;

изложены результаты экспериментов по резистивному переключению SiO_x , подтверждающие корректность разработанных модельных представлений;

изучена эволюция системы Si-нанокристаллитов, взаимодействующих с пересыщенным твердым раствором SiO_x , на фронтах и «полке» воздействующего теплового импульса.

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

разработана оригинальная конструкция элемента памяти ReRAM- SiO_x , защищенная патентом и позволяющая достигать резистивного переключения без использования герметичных корпусов;

создана количественная модель структурных перестроек в SiO_x , впервые позволяющая с единых позиций описать всю совокупность экспериментально наблюдаемых результатов при переключении проводимости элементов ReRAM на основе исходно стехиометрического SiO_2 ;

представлен новый комплекс характеристик филамента в тонких пленках PECVD- SiO_x , позволяющий прогнозировать минимальный топологический размер элемента памяти на их основе.

Оценка достоверности результатов выявила:

для **экспериментальных работ** результаты получены на современном

сертифицированном и поверенном оборудовании и обладают высокой воспроизводимостью и точностью;

теория исследования построена на общих физических представлениях о динамике фазовых превращений в гетерогенных системах и согласуется с опубликованными данными по теме диссертации;

использовано сопоставление прогнозов разработанной модели фазовых перестроек в SiO_x с результатами экспериментов по резистивному переключению SiO_x , поставленных как диссертантом лично, так и другими исследователями;

установлено качественное и количественное соответствие авторских результатов измерения ВАХ структур ReRAM- SiO_x с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном и определяющем участии во всех этапах исследования, включая постановку его цели и задач, методы их решения, выполнение модельных расчетов, постановку экспериментов, анализ и интерпретацию полученных результатов, а также подготовку публикаций по выполненной работе.

На заседании 07 февраля 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Захарову Павлу Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 14, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета
член-корр. РАН



Аристов Виталий Васильевич

Ученый секретарь диссертационного совета
канд. хим. наук



Панченко Людмила Алексеевна

07.02.2017г.

