

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета Д 212.141.17, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Министерства образования и науки Российской Федерации  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 20 декабря 2017 г. № 5

О присуждении Ерискину Александру Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Воздействие высокотемпературной импульсной плазмы на физико-механические свойства композиционных структур» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 17.10.2017 г. (протокол № 4) диссертационным советом Д 212.141.17, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации, 105005, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Ерискин Александр Александрович 1990 года рождения.

В 2012 году соискатель окончил с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт электроники и математики (технический университет)». С 2012 г. по 2016 г. обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником нейтронно-физического отдела лаборатории физики плотной плазмы Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Департаменте электронной инженерии Московского института электроники и математики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Правительства Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Бондаренко Геннадий Германович, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», профессор Департамента электронной инженерии Московского института электроники и математики.

Официальные оппоненты:

Волков Николай Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ), доцент кафедры физических проблем материаловедения,

Бармин Александр Александрович – кандидат технических наук, Государственный научный центр РФ – федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», ведущий научный сотрудник Центра по применению нанотехнологий в космической энергетике и электроснабжении космических систем дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (МФТИ), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Шешиним Евгением Павловичем, доктором физико-математических наук, профессором, заместителем заведующего кафедрой вакуумной электроники, и утвержденном Гаричевым Сергеем Николаевичем, доктором технических наук, старшим научный сотрудником, проректором по исследованиям и разработкам, указала, что диссертация Ерискина А.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе проведенных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, связанные с выявлением закономерностей изменения физико-механических свойств и структуры конструкционных материалов в результате воздействия высокотемпературных импульсных плазменных потоков, разработкой технологических методов создания композиционных структур из несмешивающихся материалов и получения прочных высокоадгезионных композиционных металлических покрытий на диэлектрических подложках с однородной структурой, имеющие существенное научное и практическое значение. Результаты работы могут быть использованы в организациях, занимающихся разработкой материалов для ядерных реакторов, а также осуществляющих подготовку специалистов данного профиля.

Соискатель имеет 40 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 26 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, получен 1 патент Российской Федерации на полезную модель. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 10,32 п.л., из

которых 2,86 п.л. принадлежат лично соискателю. Требования п.п. 11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемые к публикации основных научных результатов диссертации, выполняются. Требования, установленные п. 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней, соблюдаются. Сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Распределение дейтерия и водорода в вольфрамовых фольгах при облучении импульсной высокотемпературной плазмой / А.Ю. Дидык, Г.Г. Бондаренко, А.А. Ерискин [и др.] // Перспективные материалы. 2016. № 4. С. 28-35 (0,5 п.л. / 0,125 п. л.).
2. Изучение методом Резерфордского обратного рассеяния распределения элементов в пленках, напыленных на установке типа «Плазменный фокус» / В.Н. Колокольцев, В.С. Куликаускас, А.А. Ерискин [и др.] // Поверхность: рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2017. № 1. С. 41-46 (0,375 п. л. / 0,094 п. л.).
3. Приспособление для получения соединений нерастворимых друг в друге металлов: Патент 173070 РФ / В.Я. Никулин, Е.Н. Перегудова, С.Н. Полухин, П.В. Силин, А.А. Ерискин. Заявл. 20.02.2016; опубл. 08.08.2017. Бюлл. №22.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: **Павленко В.И.**, доктора технических наук, профессора, директора Химико-технологического института ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»; **Гынгазова С.А.**, доктора технических наук, ведущего научного сотрудника проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники, диэлектриков и полупроводников кафедры физических методов и приборов контроля качества Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»; **Масляева С.А.**, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории «Воздействие излучений на металлы» ФГБУН «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН»; **Есаулова Н.П.**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры метрологии и стандартизации ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (МИРЭА); **Хасаншина Р.Х.**, кандидата физико-математических наук, доцента, начальника лаборатории ОАО «Композит»; **Залужного А.Г.**, доктора физико-математических наук, профессора, советника директора по научной работе, ФГБУ «Институт Теоретической и Эксперимен-

тальной Физики имени А.И. Алиханова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Все отзывы положительные. В качестве замечаний отмечено, что в работе автор указывает, что исследования проводились методом рентгеноструктурного анализа с помощью дифрактометра ДРОН. Однако автор не указывает марку используемого прибора и экспериментальные условия рентгеноструктурного анализа, а также название программного обеспечения для расчета параметров элементарной ячейки (Павленко В.И.); в тексте автореферата не дана расшифровка аббревиатуры ПФ. Формулировки задач, направленных на достижение сформулированной цели, частично сделаны в виде описания достигнутых результатов, эти результаты было бы целесообразно изложить в других разделах автореферата. В тексте автореферата отсутствуют данные о температуре подложки до и во время нанесения тонкопленочного покрытия (Гынгазов С.А.); не вполне понятно, почему облучение проводилось именно 15-ю импульсами плазмы. Возможно, было бы целесообразно проследить, есть ли какая-либо связь характера перераспределения внедряемых при плазменной имплантации элементов с числом импульсов (Масляев С.А.); следовало бы разместить в автореферате детальное описание созданного устройства, на которое был получен патент (Есаулов Н.П.); в автореферате нет объяснения Рисунка 7. Как связаны данные на Рис. 7 (приведенные значения - счет, энергия, номер канала) с Таблицей 1, в которой указаны глубина проникновения  $N$  и  $D$  в  $Ti$  и их концентрация? (Хасаншин Р.Х.); как следует из текста автореферата на стр.11, углерод является неконтролируемой примесью, вводимой облучением. Это обстоятельство может приводить к невоспроизводимости результатов при создании покрытий и осложнять получение заданных свойств композиционных структур (Залужный А.Г.).

В отзывах сделан вывод о том, что диссертация Ерискина Александра Александровича отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов обоснован тем, что они являются компетентными учеными в области физики (Волков Н.В. – Физика конденсированного состояния; Бармин А.А. – Теплофизика и теоретическая теплотехника). Выбор ведущей организации обусловлен тем, что ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)» известен тем, что там проводятся исследования в области плазменных технологий и радиационного материаловедения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** оригинальная методика и оптимизированы режимы нанесения оптических металлических пленок на поверхность диэлектрических подложек (стекол) с использованием импульсной плазмы на установке типа «Плазменный фокус», не требующая применения дополнительной химико-термической обработки, которая обычно используется для улучшения адгезии пленок с подложкой после их получения другими распространенными способами, такими как термическое осаждение, магнетронное распыление, методы химического и электролитического осаждения;

**предложен** способ получения устойчивых к воздействию высокоэнергетических плазменных импульсов проводящих и непроводящих высокоадгезионных оптических покрытий на стеклянных подложках;

**доказана** возможность получения высокоадгезионных композиционных покрытий, содержащих в оптимальном соотношении медь, вольфрам и углерод, на внутренней поверхности цилиндрических трубок из различных материалов (стекло, медь, нержавеющая сталь) при их облучении высокотемпературной аргонной/дейтериевой плазмой на установке «Плазменный фокус»;

**введено** новое представление о механизме ионного перемешивания при плазменном облучении, а также распределении по глубине внедряемых при плазменной имплантации легирующих элементов, в частности меди, вольфрама и углерода, в отличие от традиционно используемых методов нанесения при низких скоростях осаждения атомов, в том числе и диффузионных.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** принципиальная возможность получения соединений из термодинамически несмешиваемых элементов при облучении высокотемпературной импульсной плазмой композиций систем, в частности, в системах Nb-Cu, W-Cu и W-Ag обнаружено создание твердого раствора ниобия с медью, меди с вольфрамом, серебра с вольфрамом;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс современных экспериментальных методов исследования физико-механических свойств и структуры вещества;

**изложены** доказательства того, что в зависимости от режима облучения получаемая на установке «Плазменный фокус» композиционная структура пленка-подложка (титан-стекло) может обладать как проводящими, так и изолирующими свойствами;

**обнаружен** эффект дальнего действия – сверхглубокое (на порядок величины), по сравнению с теоретически рассчитанным, проникновение дейтерия и водорода в конструкционные материалы (Ti, Zr, Nb, Ta, W) при воздействии высокоэнергетических ионов дейтериевой плазмы;

**изучены** спектры пропускания образцов, облученных в разных режимах, подтверждающие выявленный механизм смены характера электропроводности;

**проведено** уточнение представлений о физическом механизме обнаруженного явления сверхглубокого проникновения ионов водорода и дейтерия.

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

**разработаны и внедрены** приспособления, модернизирующие установку плазменный фокус ПФ-4 (г. Москва, ФИАН), в частности, для выполнения экспериментов по созданию соединений из термодинамически несмешиваемых элементов в системе пленка-подложка;

**определены** области применения соединений из термодинамически несмешиваемых элементов, таких как W-Cu, W-Ag;

**создано** устройство, позволяющее проводить нанесение покрытия на подложку в процессе плазменного воздействия, защищенное патентом на полезную модель;

**представлены** рекомендации по улучшению качества получаемых с помощью плазменного фокуса покрытий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ:** изучение физико-механических свойств облучаемых образцов проводилось на сертифицированном оборудовании, продемонстрирована воспроизводимость результатов в различных условиях на достаточном количестве образцов;

**теория** сверхглубокого проникновения изотопов водорода в конструкционные материалы под действием высокотемпературной импульсной плазмы построена на основе законов Фика и теории ударных волн;

**использовано** сравнение авторских данных и данных, полученных ранее, о возможности получения соединений (твердых растворов) таких элементов, как W-Cu, Nb-Cu;

**установлена** корреляция полученных экспериментальных результатов с известными литературными данными;

**использован** комплекс современных взаимодополняющих методов исследований (цифровая оптическая микроскопия, растровая электронная микроскопия, спектрофотометрия, рентгеноструктурный анализ, метод непрерывного инден-тирования (кинетической твердости), резерфордское обратное рассеяние,

анализ упруго рассеянных ядер отдачи), соответствующих целям и задачам исследования.

**Личный вклад соискателя состоит в:** нахождении оптимальных параметров и условий проведения эксперимента на установке типа «Плазменный фокус» (ПФ-4, ФИАН); в исследовании всех облученных образцов различными способами; в формулировке выводов, полученных вследствие анализа полученных результатов исследования морфологии поверхности и физико-механических свойств облученных образцов.

Автор работы непосредственно участвовал в проведении экспериментов на установке «Плазменный фокус» ПФ-4 в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН; принимал участие в разработке приспособлений к ПФ-4 для получения композиционных покрытий; разработал методику получения соединений из термодинамически несмешиваемых элементов и получил патент на полезную модель «Приспособление для получения соединений нерастворимых друг в друге металлов» № 173070; освоил методы Резерфордского обратного рассеяния и анализа упруго рассеянных ядер отдачи; рассчитал в программе SRIM проективные пробеги изотопов водорода в конструкционные материалы и провел сравнение с экспериментально полученными профилями распределения элементов в образцах, облученных на ПФ-4.

Диссертационная работа соответствует пунктам 2, 4, 6, 7 паспорта научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация Ерискина Александра Александровича «Воздействие высокотемпературной импульсной плазмы на физико-механические свойства композиционных структур» соответствует критериям, установленным п.п. 9 и 10 Положения о присуждении ученых степеней, учрежденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. Она является самостоятельной, завершенной научно-квалифицированной работой, в которой решена научная задача экспериментального выявления закономерностей изменения физико-механических свойств и структуры конструкционных материалов в результате воздействия высокотемпературных импульсных плазменных потоков, которая имеет существенное значение для физики конденсированного состояния, в частности, для создания композиционных материалов с определенными свойствами, а также для исследований по проникновению изотопов водорода в конструкционные материалы (Ti, Ni, Zr, Nb, Ta, W). Диссертация Ерискина А.А. обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

На заседании 20 декабря 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Ерискину А.А. ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета



Коржавый Алексей Пантелеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета



Лоскутов Сергей Александрович

Дата оформления заключения 20 декабря 2017 года