

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.04 НА БАЗЕ
ФГБОУ ВО «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» МИНОБРНАУКИ РФ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.12.2018 г. № 154

О присуждении Гренадёрову Александру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Формирование а-С:H:SiO_x плёнок методом плазмохимического осаждения» по специальности 01.04.04 – Физическая электроника принята к защите 11 октября 2018 года, протокол № 149, диссертационным советом Д 212.268.04, созданным на базе ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР) Минобрнауки РФ (634050, Томск, пр. Ленина 40, приказ о создании совета № 1030/нк от 30.12.2013 г.).

Соискатель Гренадёров Александр Сергеевич 1989 года рождения, в 2013 году с отличием окончил ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», кафедру водородной энергетики и плазменных технологий, в 2018 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в ФГБУН «Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук» (ИСЭ СО РАН) и в настоящее время работает в лаборатории прикладной электроники ИСЭ СО РАН в качестве инженера.

Диссертация выполнена в Лаборатории прикладной электроники ИСЭ СО РАН.

Научный руководитель – кандидат технических наук Соловьёв Андрей Александрович, заведующий лабораторией прикладной электроники ИСЭ СО РАН.

Официальные оппоненты:

Гриценко Борис Петрович, доктор технических наук, ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, старший научный сотрудник лаборатории материаловедения покрытий и нанотехнологий;

Поздняков Георгий Алексеевич, кандидат физико-математических наук, ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН,

старший научный сотрудник лаборатории физики быстропротекающих процессов, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва – в своем положительном отзыве, подписанном профессором Мирошниковой Ириной Николаевной, доктором технических наук, зав. кафедрой электроники и наноэлектроники, и утвержденном Драгуновым Виктором Карповичем, доктором технических наук, проректором по научной работе указала, что материалы диссертации Гренадёрва А.С.: изложены логично и аргументировано; содержание автореферата соответствует материалам, изложенным в диссертации; диссертация представляет собой законченное научное исследование, в результате которого получены новые теоретические и экспериментальные результаты, обладающие научной новизной; положения, выносимые на защиту, достаточно обоснованы; в целом диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника, а диссертант, Гренадёрв Александр Сергеевич, заслуживает присвоения ему искомой степени.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 8 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4 работы. Результаты исследований защищены 1 патентом на изобретение. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени кандидата наук работах, личный вклад автора не менее 80 %, общий объём публикаций 6 условных печатных листов. Наиболее значимые работы соискателя по теме диссертации из числа рецензируемых изданий:

1. Grenadyorov A.S., Solovyev A.A., Oskomov K.V., Sypchenko V.S. / Influence of deposition conditions on mechanical properties of a-C:H:SiO_x films prepared by plasma-assisted chemical vapor deposition method // Surface and Coatings Technology. – 2018. – V. 349. – P. 547-555.

2. Grenadyorov A.S., Oskomov K.V., Solovyev A.A. / Effect of deposition conditions on optical properties of a-C:H:SiO_x films prepared by plasma-assisted chemical vapor deposition method // *Optik* – 2018. – V. 172. – P. 107-116.

3. Гренадёрв А.С., Оскомов К.В., Соловьёв А.А., Работкин С.В. / Осаждение кремний-углеродных покрытий из плазмы несамостоятельного дугового разряда с накальным катодом // *ЖТФ*. – 2016. – Т. 86. – № 5. – С. 51–56.

4. Патент РФ № 2665315. Способ обработки электродов изолирующих промежутков высоковольтных электровакуумных приборов / А.С. Гренадёрв, К.В. Оскомов, С.А. Онищенко, А.А. Соловьёв Опубликовано 29.08.2018. Бюл. № 25.

На диссертацию и автореферат поступили 4 отзыва, все положительные.

1. Из ФГБУН «Институт электрофизики УО РАН», г. Екатеринбург, подписан кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником лаборатории пучков частиц Емлиным Даниилом Рафаиловичем. Имеются замечания:

– Является достаточно известным, что увеличение расхода прекурсора, как и тока разряда, обычно повышает скорость осаждения покрытий, однако, действительно интересно, и не объяснено, почему скорость роста покрытий опережает увеличение потока прекурсора: как следует из приведенных автором цифр, скорость увеличивается в 13 раз при увеличении потока только в 8 раз. И не определено, до какой величины потока полифенилметилсилоксана такая тенденция будет сохраняться.

– Автор отмечает, что впервые показано улучшение механических свойств нержавеющей стали 12Х18Н10Т и сплава ВТ1-0 в результате осаждения таких плёнок, но совершенно непонятно, были ли кем-то достигнуты аналогичные результаты для других материалов, и могут ли быть экстраполированы полученные данные на другие металлы и сплавы.

– В автореферате не объясняется, почему источник паров располагается за вольфрамовой нитью, и к каким последствиям приведет изменение его положения в области разряда; и какая часть прекурсора теряется непосредственно в области катода и полого анода. Непонятно, в какой области разряда происходит необходимое для получения покрытий разложение, возбуждение и ионизация молекул пре-

курсора. Не указывается ресурс разрядной системы. Хотелось бы в автореферате прочитать, почему аргон напускается в камеру обработки, а не в область генерации разряда.

– В автореферате не отмечено, будет ли происходить деградация свойств покрытий на электродах в результате пробоев и после какого числа пробоев электрическая прочность становится хуже, чем на электродах, не защищенных покрытием.

– Автор не отмечает, какой основной физический принцип, приводящий к тому, что интегральная прозрачность кремния после осаждения покрытий $a\text{-C:H:SiO}_x$ значительно возрастает, и известны ли альтернативные покрытия и способы осаждения, обеспечивающие такой же эффект.

– С точки зрения оформления работы, непонятно, по каким причинам автор использует внесистемные единицы, например, гаусс.

2. Из ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, подписан профессором отделения экспериментальной физики, доктором физико-математических наук Никитенковым Николаем Николаевичем. Имеются замечания:

– На мой взгляд, цель работы не отражает весь спектр проделанной работы. В цели работы указано, что $a\text{-C:H:SiO}_x$ пленки наносятся на титановый сплав ВТ1-0, при этом в третьей задаче указано, что пленки также наносятся и на нержавеющую сталь марки 12Х18Н10Т. Исследованию характеристик $a\text{-C:H:SiO}_x$ пленки на этих 2-х материалах посвящена 4 глава.

– В автореферате нет данные о пробоподготовке подложек.

– Не понятно, какой материал выступал в качестве подложки в 3-й главе.

– Рис. 13 стр. 16 не очень хорошее качество изображения/печати или различие в шероховатости более чем в 2 раза.

3. Из АО «Научно-производственная компания «Импульс-проект»; г. Новосибирск, подписан генеральным директором, кандидатом технических наук Головиным Александром Михайловичем. Есть вопросы и замечания:

– Из третьей главы не понятно, какие подложки использовались для исследований влияния условий осаждения на структуру и свойства $a\text{-C:H:SiO}_x$ пленок;

– На каком физическом принципе основано повышение интегральной прозрачности изделий из кремния в ИК-области длин волн и почему интересен диапазон длин волн 3-5 мкм?

– Вы говорите о том, что в зависимости от условий осаждения $a\text{-C:H:SiO}_x$ пленки имеют индекс пластичности в диапазоне от 0,09 до 0,12. А какая величина индекса пластичности нужна и к чему нужно стремиться?

4. Из Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Республика Казахстан, подписан профессором кафедры «Физика», кандидатом физико-математических наук Усеиновым Бейбутом Мейрамовичем. Имеются вопросы и замечания:

– По-моему мнению, цель работы не полностью отражает проведенные исследования, поскольку, в автореферате обсуждается повышение электрической прочности вакуумной изоляции и повышение механических и трибологических свойств не только титанового сплава ВТ1-0, но и стали марки 12Х18Н10Т.

– Рис. 13-б на стр. 16, на котором представлено изображение поверхности $a\text{-C:H:SiO}_x$ плёнки, нанесенной на титановый электрод, выглядит не информативным, поскольку качество рисунка или печати является не удовлетворительным.

– Каков механизм повышения прозрачности кремниевых пластин в ИК области длин волн? Если это основано на показателе преломления, то информация о его величине (для исследуемых пленок) в автореферате отсутствует.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью и осведомленностью оппонентов и сотрудников ведущей организации, их известностью и наличием значимых публикаций в данной сфере исследования, способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы, дать рекомендации по использованию ее результатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны физические основы технологии получения $a\text{-C:H:SiO}_x$ пленок из полифенилметилсилоксана методом плазмохимического осаждения с использованием импульсного биполярного напряжения смещения, подаваемого на подложку;

предложены модельные представления, объясняющие свойства получаемых а-С:Н:SiO_x пленок с заданными физико-механическими и оптическими характеристиками;

доказана перспективность использования импульсного биполярного смещения при нанесении а-С:Н:SiO_x пленок плазмохимическим методом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана управляемость физико-механическими и оптическими свойствами а-С:Н:SiO_x пленок, формируемых методом плазмохимического осаждения с использованием импульсного биполярного смещения;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных экспериментальных методов исследования свойств получаемых а-С:Н:SiO_x пленок;

изложены экспериментальные доказательства существования оптимальных условий осаждения а-С:Н:SiO_x пленок с заданными параметрами;

раскрыты технологические режимы и механизмы получения а-С:Н:SiO_x пленок из полифенилметилсилоксана при использовании импульсного биполярного смещения;

изучены факторы и причинно-следственные связи влияния условий осаждения на структуру и свойства а-С:Н:SiO_x пленок, формируемых плазмохимическим методом с использованием импульсного биполярного смещения;

проведена модернизация режимов нанесения а-С:Н:SiO_x пленок с использованием импульсного биполярного смещения, обеспечивающая получение пленок с заданными свойствами.

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

разработана и внедрена технология осаждения а-С:Н:SiO_x пленок на титановые элементы дисковых насосов для механической поддержки сердца, обеспечивающая снижение шероховатости и коэффициента трения деталей и, как следствие, уменьшение травмирования форменных элементов крови;

определены режимы работы установки плазмохимического осаждения а-С:Н:SiO_x пленок с использованием импульсного биполярного смещения;

создана система практических рекомендаций по оптимизации условий нанесения а-С:Н:SiO_x пленок методом плазмохимического осаждения с использованием импульсного биполярного смещения с целью получения плёнок с заданными физико-механическими, оптическими и трибологическими свойствами;

представлены методические рекомендации по внедрению а-С:Н:SiO_x пленок в медицину, в частности. для снижения травмирования форменных элементов крови (эритроцитов) в дисковом насосе для механической поддержки сердца.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показано, что результаты получены на современном сертифицированном оборудовании с применением общепринятых методик; показана воспроизводимость результатов измерений в различных условиях и их удовлетворительное совпадение с результатами других исследователей;

теория построена на воспроизводимых экспериментальных данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными в смежных отраслях;

идея базируется на обобщении передового опыта получения а-С:Н:SiO_x пленок плазмохимическим методом с использованием импульсного биполярного смещения;

использованы сравнения полученных автором свойств а-С:Н:SiO_x пленок с данными, полученными другими авторами, в том числе, и другими методами;

установлено не только качественное, но и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике в случаях, когда такое сравнение является обоснованным;

использованы современные методики сбора и обработки экспериментальных данных при проведении исследований.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработке и модернизации экспериментального оборудования; проведении физического эксперимента на всех этапах процесса; обработке, анализе и интерпретации полученных экспериментальных данных; подготовке основных публика-

ций по результатам диссертации; подготовке докладов и выступлений на семинарах, конференциях и конгрессах.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертационная работа Гренадёрва Александра Сергеевича на тему «Формирование а-C:H:SiO_x пленок методом плазмохимического осаждения» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой установлены зависимости структуры/свойств а-C:H:SiO_x пленок от основных технологических режимов процесса осаждения, оптимизированы условия осаждения а-C:H:SiO_x пленок, обеспечивающие повышение физико-механических, трибологических и оптических свойств материалов. Диссертационная работа соответствует п. 9, абз. 2 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 26 декабря 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Гренадёрову А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 16, «против» – 0, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета Д 212.268.04,

доктор физико-математических наук, профессор

С.М. Шандаров

Учёный секретарь диссертационного совета Д 212.268.04,

доктор технических наук, профессор

Ю.П. Акулиничев

26.12.2018 г.