



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИСЭ СО РАН
академик РАН

Н.А. Ратахин Н.А. Ратахин

«25» *сентября* 2018 г.

М.П.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЭ СО РАН)

Диссертация «Формирование а-C:H:SiO_x плёнок методом плазмохимического осаждения» выполнена Гренадёровым Александром Сергеевичем в лаборатории прикладной электроники федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Гренадёров Александр Сергеевич с 2014 г. по 2018 г., обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, а в настоящее время работает в лаборатории прикладной электроники ИСЭ СО РАН в качестве инженера.

В 2013 году Гренадёров А.С. с отличием окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», кафедру водородной энергетики и плазменных технологий.

В 2018 году Гренадёров А.С. получил диплом об окончании аспирантуры, свидетельствующий об освоении программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2018 году Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – кандидат технических наук, Соловьёв Андрей Александрович. Основное место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория прикладной электроники, заведующий лабораторией.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация А.С. Гренадёрова является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены результаты исследований по формированию а-C:H:SiO_x плёнок методом плазмохимического осаждения с использованием импульсного биполярного напряжения смещения. При выполнении работы было изучено влияние условий осаждения на структуру, физико-механические и оптические свойства а-C:H:SiO_x плёнок. Определены оптимальные условия осаждения, позволяющие формировать а-C:H:SiO_x плёнки с требуемыми свойствами. Кроме этого, решены некоторые прикладные задачи с использованием данных плёнок: повышение электрической прочности вакуумной изоляции, увеличение прозрачности кремниевых подложек в ИК области длин волн, а также повышение износостойкости стали 12X18H10T и титанового сплава BT1-0.

Соискатель является вполне сложившимся ученым, способным формулировать и решать научные задачи. Выполненные исследования имеют научную новизну и практическую значимость. Научные положения, выносимые на защиту, не вызывают возражений. Выводы по работе соответствуют ее содержанию и не противоречат имеющимся литературным данным.

Актуальность темы и направленность исследования

Актуальность темы исследования обусловлена демонстрацией возможности использования импульсного биполярного напряжения смещения, подаваемого на подложку при плазмохимическом осаждении, взамен традиционно используемому высокочастотному напряжению смещения. Преимуществами биполярного напряжения смещения по сравнению с высокочастотным являются отсутствие ограничений по мощности, по площади обрабатываемых изделий, отсутствие необходимости в устройстве согласования источника питания и нагрузки. Кроме этого, при использовании биполярного напряжения смещения появляется большее количество варьируемых параметров импульсного электропитания (частота, амплитуда, длительность), изменение которых может влиять на свойства наносимых а-C:H:SiO_x пленок.

Исследование преимуществ использования импульсного биполярного напряжения смещения при плазмохимическом осаждении а-C:H:SiO_x плёнок, выявление зависимости структуры и свойств получаемых плёнок от условий осаждения является актуальным.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

В диссертации использованы только те результаты, в которых автору принадлежит определяющая роль. Автором внесен определяющий вклад в модернизацию экспериментальной вакуумной установки, выбор методик проведения экспериментов, проведение исследований, анализ и обработку полученных результатов, применение данных результатов для решения прикладных задач. Соавторы, принимавшие участие в отдельных исследованиях, указаны в списке основных публикаций по теме диссертации. Результаты работы, выносимые на защиту и составляющие научную новизну диссертации, получены автором лично. Автор принимал непосредственное участие в формулировке выводов, научных положений, написании статей.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы подтверждается систематическим характером исследований, высокой воспроизводимостью результатов при многократном повторении эксперимента при одних и тех же условиях осаждения, сравнением полученных данных с результатами других исследователей, практической реализацией научных положений и выводов при решении конкретных прикладных задач. Полученные результаты были опубликованы в ведущих российских и зарубежных журналах, доложены и обсуждены на российских и международных конференциях. Полученные в диссертационной работе результаты не противоречат литературным данным, полученным другими исследователями.

Новизна результатов проведенных исследований

1. Обнаружено, что увеличение рабочего давления аргона в диапазоне 0,025 – 0,28 Па при плазмохимическом осаждении а-C:H:SiO_x пленок с подачей биполярного напряжения смещения на подложку приводит к улучшению механических характеристик формируемых пленок и изменению их оптических свойств за счет увеличения содержания sp³-гибридизированных атомов углерода и изменения содержания функциональных групп Si-O, Si-C, Si-H и C-H в пленке.

2. Показано, что импульсное биполярное напряжение смещения, подаваемое на подложку с частотой 100 кГц в процессе плазмохимического осаждения непроводящих а-C:H:SiO_x пленок, обладает сравнимой эффективностью с высокочастотным (1,76/13,56 МГц) напряжением смещения подложки, т.е. позволяет улучшать механические характеристики а-C:H:SiO_x пленок за счет активации поверхности растущей пленки ионной бомбардировкой.

3. Показано, что повышение расхода полифенилметилсилоксана (ПФМС) позволяет увеличить скорость осаждения а-C:H:SiO_x пленок на порядок величины без существенных изменений их механических характеристик.

4. Показано, что а-С:Н:SiO_x пленки позволяют повысить механические и трибологические характеристики стали 12X18H10T и титанового сплава BT1-0, а также обеспечить увеличение интегральной прозрачности Si пластин в ИК диапазоне длин волн 3-5 мкм с 50 до 87%.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

Научные положения и выводы диссертации, сделанные на основании результатов проведенных исследований, внесли существенный вклад в понимание особенностей нанесения а-С:Н:SiO_x пленок методом плазмохимического осаждения с использованием импульсного биполярного напряжения смещения, что позволило решить ряд прикладных задач. К ним относится повышение электрической прочности вакуумных промежутков между Ti электродами, увеличение прозрачности кремния в ИК области длин волн (3-8 мкм), повышение механических и трибологических свойств стали 12X18H10T и титанового сплава BT1-0.

Результаты работы были использованы на предприятии АО НПК «ИМПУЛЬС-проект» (г. Новосибирск) для осаждения а-С:Н:SiO_x пленок на титановые элементы дисковых кардионасосов для механической поддержки сердца, обеспечивающей снижение шероховатости поверхности и коэффициента трения деталей и, как следствие, травмирование форменных элементов крови – эритроцитов (2018 г.).

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

Основные материалы диссертационной работы опубликованы в 8 работах, в том числе 5 статьи в научных журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций, а также 3 публикации в трудах международных и всероссийских конференций и симпозиумов. Материалы диссертационных исследований полностью отражены в опубликованных работах.

Статьи в научных журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций:

1. A.S. Grenadyorov, K.V. Oskomov, A.A. Solovyev, S.V. Rabotkin, N.F. Kovsharov / The Deposition of Silicon-carbon Coatings in Plasma Based Nonself-sustained Arc Discharge with Heated Cathode / Key Engineering Materials. – 2016. – V. 685. – P. 643–647.

2. A.S. Grenadyorov, K.V. Oskomov, A.A. Solov'ev, S.V. Rabotkin / Deposition of Silicon-carbon Coatings from the Plasma of a Non-self-sustained Arc Discharge with a Heated Cathode // Technical Physics. – 2016. – V. 61. – № 5. – P. 690–695.

3. S. Onischenko, A. Grenadyorov, K. Oskomov, E. V. Nefedtsev, A. V. Batrakov / Short Pulse Dielectric Strength of Vacuum Gaps with Different Electrode Materials // Proceedings of the 27th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. – 2016. – P. 64–67.

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

5. A.S. Grenadyorov, K.V. Oskomov, A.A. Solovyev / Effect of deposition conditions on optical properties of а-С:Н:SiO_x films prepared by plasma-assisted chemical vapor deposition method // Optika. – 2018. – V. 172. – P. 107–116.

Новые технические решения, полученные в ходе выполнения работы, защищены патентом на изобретение:

1. Способ обработки электродов изолирующих промежутков высоковольтных электровакуумных приборов. Патент РФ № 2665315 от 29.08.2018. Авторы: Гренадеров А.С., Оскомов К.В., Онищенко С.А., Соловьев А.А.

В опубликованных работах достаточно полно отражены материалы диссертационных исследований.

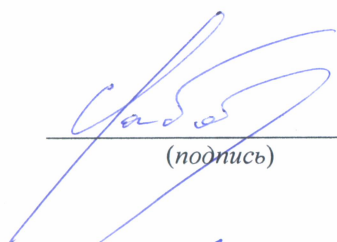
Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Диссертация Гренадёрва Александра Сергеевича на соискание ученой степени кандидата технических наук «Формирование а-С:H:SiO_x плёнок методом плазмохимического осаждения» соответствует пункту 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. N842, и является научно-квалификационной работой, в которой содержатся решения задач, имеющих значение для развития соответствующей отрасли знаний. Диссертация соответствует специальности 01.04.04 – «Физическая электроника».

Диссертация «Формирование а-С:H:SiO_x плёнок методом плазмохимического осаждения» Гренадёрва Александра Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 – «Физическая электроника».

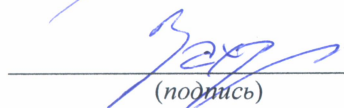
Заключение принято на расширенном заседании лаборатории прикладной электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук.

Присутствовало на заседании с правом голосования 17 чел. Результаты голосования: "за" — 17 чел., "против" — нет, "воздержалось" — нет, протокол №1 от 25 июня 2018 г.



(подпись)

Председатель научного семинара
Работкин Сергей Викторович,
научный сотрудник лаборатории прикладной
электроники ИСЭ СО РАН, кандидат технических наук



(подпись)

Секретарь научного семинара
Захаров Александр Николаевич,
научный сотрудник лаборатории прикладной
электроники ИСЭ СО РАН, кандидат технических наук