



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное
автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
университет «Московский институт
электронной техники»

Шокина пл., д.1, г.Зеленоград, Москва, 124498

Тел.: +7(499) 731 44 41 Факс: +7(499) 710 22 33

E-mail: netadm@miet.ru <http://www.miet.ru>

ОГРН 1027739615584

30.11.2020 № 96-3544/4-8

на №

«Утверждаю»

Проректор по научной работе
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский университет
«Московский институт электронной
техники», д.т.н., профессор
Гаврилов С.А.

« _____ » 2020 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Шведова Андрея Викторовича на тему: «Исследование и разработка процессов модификации поверхности полимерных материалов микро- и оптоэлектроники на основе низкочастотного газового разряда плазмы атмосферного давления», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность настоящей работы определяется необходимостью создания новых экономичных и низкотемпературных процессов, обеспечивающих увеличение жизненного цикла изделий политехники, в том числе на основе проводящих полимеров, а также полимерных изделия опто- и микроэлектроники в результате уменьшения воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, к которым относятся повышенная влажность, УФ-излучение, механические и микробиологические повреждения. Кроме того, разработанные низкоэнергетические процессы могут быть применены для модификации перспективных материалов компонентов радиоэлектроники, являющихся как конструкционными, так и функциональными элементами. При формировании углеродных и фторуглеродных тонких пленок возможно создание слоя с практически полностью компенсированными валентными связями, что позволяет создавать защитные покрытия с широким спектром дополнительных свойств.

В связи с этим, диссертационная работа Шведова А.В., направленная на исследование и разработку низкоэнергетического процесса осаждения из

газовой фазы тонких углеродных и фторуглеродных пленок, а также процессов обработки поверхности различных материалов, в том числе полимерных, для изделий опто- и микроэлектроники является, несомненно, актуальной, имеющей важное научное и практическое значение.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В рамках проделанной работы был впервые разработан и исследован процесс формирования углеродных и фторуглеродных пленок осаждением из газовой фазы при использовании нестационарного низкочастотного плазмотрона атмосферного давления в локальном, матричном и динамическом режимах нанесения. Исследованы оптические свойства и спектральный состав полученных структур и впервые получены и исследованы покрытия на основе фторуглеродных пленок с эффектом просветления относительно исходного материала полимерной подложки.

Определены физико-химические свойства углеродных и фторуглеродных плёнок, сформированных посредством разработанного процесса с использованием плазмотрона. В частности, исследовано влияние параметров процесса осаждения на химический состав полученных пленок; поверхностную энергию полученных структур; на морфологию поверхности углеродных и фторуглеродных пленок; на нанотвердость и модуль упругости Юнга; на гидрофильные свойства и качество пропитки электролитом с целью увеличения удельных емкостных характеристик экспериментального накопителя энергии.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Практическая и научная значимость диссертационной работы заключается в разработке физико-технологических основ модификации поверхности полимерных материалов, включающей обработку поверхности и формирование углеродных и фторуглеродных пленок при использовании нестационарного НЧ-плазмотрона атмосферного давления. Проведенные исследования являются развитием физико-технологических основ получения новых типов защитных тонкопленочных материалов для компонентов микроэлектроники. Проведенные исследования показали возможность увеличения длительности эффективной работы изделий политроники, таких как гибкие печатные платы нового поколения, светодиодные матрицы, солнечные элементы и др.

Результаты диссертационной работы были внедрены в учебно-образовательный процесс подготовки бакалавров и магистров по направлению 11.03.03 и 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств».

Степень обоснованности и достоверности результатов, научных положений, выводов, рекомендаций

Достоверность полученных в диссертации результатов основана на большом объеме экспериментальных работ с использованием современных аттестованных методик измерений и современных поверенных средств измерений. Результаты работы прошли апробацию в виде публикаций в журналах, рекомендованных ВАК, а также докладывались на отечественных и международных конференциях, где получили высокую оценку. Выводы и рекомендации обоснованы и не противоречат результатам и выводам других авторов, опубликованным в печати.

Оценка содержания

Структура диссертации является общепринятой, отдельные ее части логически связаны, диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК Министерства науки и высшего образования РФ. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения с основными результатами и выводами по работе и библиографического списка.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы работы и определена цель и задачи исследования.

В первой главе проведен детальный анализ современного состояния в области применения высокомолекулярных соединений и низкотемпературной плазмы. Показаны основные типы и установки генерации газовых разрядов при атмосферном давлении, а также обоснован выбор углеродных и фторуглеродных покрытий в качестве основных материалов для создания защитных покрытий изделий из полимерных материалов.

Во второй главе описана экспериментальная установка для проведения модификации поверхности различных материалов, обоснован выбор используемых газов, материалов и методов исследований полученных результатов.

Третья глава посвящена разработке и исследованию процесса осаждения из газовой фазы углеродных и фторуглеродных пленок на поверхность различных материалов. Описаны основные закономерности формирования

покрытий в различных режимах нанесения в зависимости от параметров работы экспериментальной установки.

В четвертой главе представлены результаты исследования углеродных и фторуглеродных покрытий. Подробно исследованы спектры поглощения в УФ-видимом диапазоне. При этом установлено влияние атмосферного воздуха на химический состав получаемых покрытий и рассчитана ширина запрещенной зоны по методу Тауца. Установлен химический состав покрытий методом РФЭС. Исследован контактный угол смачивания и определена удельная полная поверхностная энергия, а также ее полярная и дисперсионная составляющие. Рассмотрена топология углеродных и фторуглеродных покрытий, рассчитано среднеквадратичное отклонение шероховатости поверхности. Рассчитана нанотвердость и модуль упругости Юнга полученных структур.

В заключении представлены результаты проделанной работы, сделаны соответствующие научно обоснованные выводы и предложения по практическому применению.

Степень завершенности диссертации

Все поставленные в диссертации Шведова А.В. цели и задачи выполнены в полном объеме. Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, содержащую новые результаты, имеющие важное научное и практическое значение для совершенствования технологии плазменной модификации различных материалов и осаждения из газовой фазы низкотемпературной плазмой атмосферного давления, а также для тонкопленочной технологии получения новых материалов микроэлектроники.

Соответствие автореферата основным идеям и выводам диссертации

В автореферате правильно отражено содержание диссертации, кратко изложены все основные результаты диссертационной работы. Выводы, представленные в автореферате, без расхождения согласуются с выводами в диссертации.

Публикация основных результатов.

По материалам диссертации опубликовано 29 работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 4 статьи в ведущих журналах и изданиях, включенных в международные системы цитирования.

Значимость полученных результатов для развития отрасли науки

Полученные результаты могут быть применены для создания тонкопленочной компонентной элементной базы радиоэлектроники (резисторы и конденсаторы) на основе материалов, полученных при помощи осаждения из газовой фазы низкотемпературной плазмы атмосферного давления.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты и выводы диссертационной работы могут быть рекомендованы для конкретного использования в научно-технических исследованиях и разработках, связанных с модификацией поверхности полимерных материалов, элементов изоляции, дискретных компонентов и компонентов изделий политроники, опто- и микроэлектроники с целью создания защитных покрытий, сводящих к минимуму воздействие окружающей среды на полимерные материалы и изделия.

Спектральные характеристики углеродных и фторуглеродных покрытий, полученные при исследовании спектров поглощения, представляют интерес для изделий оптики и оптоэлектроники. Полученные структуры могут быть использованы в качестве тонкопленочных функциональных элементов на поверхности активных оптических компонентов, таких как фоторезисторы, светочувствительные матрицы и др.

Результаты исследования влияния обработки низкотемпературной плазмой могут быть применены для процесса производства композиционных материалов, с целью гидрофилизации отдельных компонентов перед их склеиванием и улучшения прочностных характеристик. Возможно применение НЧ-плазмотрона для модификации уже существующих материалов для изделий радиоэлектроники.

Замечания

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Рисунки, на которых приведены экспериментальные зависимости, указаны в виде кривых без экспериментальных точек. Зависимости без экспериментальных точек обычно используют для представления расчетных кривых.

2. Отсутствует унифицированный формат табличных данных. Например, в таблице 4.7 десятичные значения записаны с разным

количеством знаков после запятой, что вызывает вопрос о точности проведенных измерений.

3. Не затронут вопрос об условиях безопасной работы при использовании фторсодержащих газов.

4. Текст диссертации имеет редакционные погрешности и стилистические неточности при оформлении. К некоторым иллюстрациям отсутствуют пояснительные подписи.

Приведенные замечания в целом не меняют общего положительного впечатления о диссертационной работе, выполненной на актуальную тему, обладающей научной новизной и практической значимостью.

Заключение

1. Тема диссертации Шведова А.В. «Исследование и разработка процессов модификации поверхности полимерных материалов микро- и оптоэлектроники на основе низкочастотного газового разряда плазмы атмосферного давления» и ее содержание соответствуют **п. 1.** Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий; **п. 2.** Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах; **п. 3.** Разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций; **п. 4.** Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой; **п. 10.** Разработка покрытий различного назначения (упрочняющих, износостойких и других) и методов управления их качеством, паспорта специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)».

2. Диссертационная работа Шведова А.В. по актуальности, научной новизне, уровню и значимости полученных теоретических и практических результатов, их достоверности, обоснованности выводов является **завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки,**

имеющие важное значение для развития электронной отрасли, авиационной и космической техники.

3. Диссертационная работа Шведова А.В. полностью соответствует требованиям утвержденного Правительством РФ положения № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней», а автор диссертации Шведов Андрей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)».

Диссертация Шведова А. В. была представлена и обсуждена на заседании Ученого совета института Перспективных материалов и технологий Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники», протокол № 41 от 29 октября 2020 г.

Отзыв подготовил:

д.т.н., профессор института Перспективных материалов и технологий Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники»


_____ Алексей Анатольевич Шерченков

«30» октября 2020 г.