



Научно-техническое вакуумное общество
им. академика С.А. Векшинского

ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА, МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЯ

Тезисы XVIII международной научно-технической конференции
«Вакуумная техника, материалы и технология»
(Москва, ЦВК «Экспоцентр», 09-11 апреля 2024,)

Vacuum equipment,
materials and technology

Abstracts
of the XVIII international conference
(Moscow, TsVK «Ekspotsentr», 09 - 11 April 2024,)

При поддержке



ББК 31.77
В 14
УДК 621.52

В 14 Вакуумная техника, материалы и технология

Тезисы XVIII международной научно-технической конференции «Вакуумная техника, материалы и технология» под редакцией доктора технических наук, профессора С.Б. Нестерова М.: Электровакуумные технологии. 2024 – 106с.

ISBN 978-5-6048852-4-6

Сборник рассчитан на специалистов в области вакуумной техники, криогенной техники и нанотехнологии. Опубликованные материалы особенно полезны молодым ученым, аспирантам и студентам старших курсов, специализирующимся в указанных направлениях.

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

Ответственность за предоставление недостоверной информации, сохранение корпоративной и государственной тайны несут авторы публикаций

**Научно-техническое вакуумное общество
им. академика С.А. Векшинского**

**Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана**

АО «Вакууммаш»

Московский физико-технический институт

Институт физики твердого тела РАН

Российский союз научных и инженерных общественных объединений

Секция 1 - Вакуумные технологии и оборудование

Секция 2 - Новые технологии и формирование тонких пленок. Методики исследования.
Технологическое оборудование

Секция 3 - Нанотехнология и биотехнология

Секция 4 - Вакуумные технологии и аэрокосмический комплекс

**ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ
ПРЕДСЕДАТЕЛЬ**

С.Б. Нестеров Президент Российского научно-технического вакуумного общества имени академика С.А. Векшинского

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА

А.Н. Алексеев Генеральный директор ЗАО «НТО»
В.А. Аляев Заведующий кафедрой КНИТУ
А.М. Архаров Профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана
Е.В. Беляева Специалист по научно-технической информации РНТВО им академика С.А. Векшинского
А.Ф. Белянин Руководитель научных программ ОАО «ЦНИТИ «Техномаш»
А.С. Бугаев Академик
А.В. Бурмистров Директор Института химического и нефтяного машиностроения ФГБОУ ВО «КНИТУ»
А.В. Буторина Профессор РНИМУ им. Н.И. Пирогова
С.А. Бушин Главный научный сотрудник ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова»
Т.М. Васильева Профессор МФТИ
А.В. Горин Руководитель научно-технического семинара
Ю.В. Гуляев Академик, Президент Международного союза научных и инженерных общественных объединений
К.Е. Демихов Профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана
С.П. Друкаренко Первый вице-президент Международного союза научных и инженерных общественных объединений
В.М. Елинсон Профессор НИУ «МАИ»
Я.О. Желонкин Генеральный директор АО «ФЕРРИ ВАТТ»
Е.В. Жировов Председатель совета директоров АО «Криогенмонтаж»
А.Е. Зарвин в.н.с., ИТПМ СО РАН, заведующий отделом НГУ,
Г.Н. Иванова Ученый секретарь
В.Н. Ильин Главный технолог НПП «ГИКОМ»
В.И. Капустин Главный специалист отделения катодно-вакуумных систем АО «Плутон»
Е.Н. Капустин Генеральный директор АО «ВАКУУММАШ»
Л.Л. Колесник Генеральный директор ООО «Электровакуумные технологии»

XVIII международная научно-техническая конференция «Вакуумная техника, материалы и технология» Москва, ЦВК «Экспоцентр», 9-11 апреля 2024 года

<i>А.А. Левченко</i>	Директор института физики твердого тела РАН
<i>И.П. Ли</i>	Заместитель генерального директора по научно-технологическому развитию АО «Плутон»
<i>П.П. Мальцев</i>	Научный руководитель ИСВЧПЭ РАН
<i>В.П. Марин</i>	Академик
<i>В.В. Одинокоев</i>	Заместитель генерального директора АО «НИИ точного машиностроения»
<i>Ю.В. Панфилов</i>	Заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана
<i>А.К. Ребров</i>	Академик
<i>Л.Н. Розанов</i>	Профессор СПбГПУ
<i>В.В. Слепцов</i>	Заведующий кафедрой НИУ «МАИ»
<i>А.А. Филатов</i>	Технический директор ООО "НПО Гелиосфера"
<i>В.И. Шаповалов</i>	Профессор ЛЭТИ
<i>Е.П. Шешин</i>	Профессор Московского физико-технического института

ОРГАНИЗАЦИИ УЧАСТНИКИ

АО «Вакууммаш», г. Казань

АО «Криогенмонтаж», г. Москва

АО «НИИЭФА им. Ефремова»

АО «НПО Лавочкина», г. Химки Московской обл.

Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова,
г. Москва

Государственный университет просвещения, Московская обл.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша, г. Москва

Институт проблем технологии микроэлектроники РАН, г. Черноголовка Московской обл.

Институт радиотехники и электроники РАН им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва

Институт радиотехники и электроники РАН, г. Фрязино Московская обл.

Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, г. Москва

Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, г. Москва

Институт физики паранормальных явлений, г. Черноголовка Московской обл.

Институт физики Дагестанского федерального исследовательского центра РАН,
г. Махачкала

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

МИРЭА – РТУ, Инновационно-инжиниринговый центр, г. Москва

Математический институт имени В.А. Стеклова, г. Москва

МИФИ, г. Москва

Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московской обл.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

НИИТМ, г. Зеленоград, г. Москва

НИТУ «МИСиС», г. Москва

НПО АСТ

НТУ СИРИУС

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Долгопрудный, Московской обл.

Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна Московской обл.

ООО «НПО Гелиосфера», г. Санкт-Петербург

ООО «Прикладная электроника»

ООО «ФЕРРИ ВАТТ», г. Казань

ООО «Наноматериалы и Устройства»

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола республики
Марий Эл

Российский университет дружбы народов, г. Москва

Российское научно-техническое вакуумное общество им. академика С.А. Векшинского,
г. Москва

РУТ МИИТ, г. Москва

ФГБОУ ВО «Московский Авиационный Институт» (МАИ), г. Москва

ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань

ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, г. Москва

СОДЕРЖАНИЕ

ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ	12
Российское научно-техническое вакуумное общество им. академика С.А.Векшинского и инновационное развитие России	
С.Б.Нестеров	13
Лучшие инновационные продукты выставки «VacuumTechExpo 2023»	
С.Б. Нестеров	15
Нужно ли России своё вакуумное машиностроение?	
Е.Н. Капустин, А.Е. Капустин.....	16
Влияние неравномерности параметров газа в отсеченном объеме на расчет характеристик двухроторных вакуумных насосов внешнего сжатия	
А. А. Райков, А. В. Бурмистров, С. И. Саликеев	17
Автоэмиссионные характеристики и структура углеродсодержащих катодных материалов	
Д.М. Фунг, Е.П. Шешин	18
Разработка универсального автоматизированного транспортируемого рабочего эталона модульного типа для области вакуумных измерений	
А.А. Чернышенко	20
Газовый микронасос на основе поверхностных акустических волн	
В.В. Косьянчук.....	21
Событийное молекулярно-динамическое моделирование течения смеси газов В турбомолекулярном насосе	
А.Н. Якунчиков.....	22
Влияние проточной части молекулярного насоса на откачную характеристику комбинированного турбомолекулярного вакуумного насоса	
Н.К. Никулин, Ю.А. Шостак, Е.В. Свичкарь.....	23
Обеспечение ювенильной поверхности подложки при криогенных температурах в вакууме	
Л.Л. Колесник, Ю.В. Панфилов, Г.М. Сокол, А. Тымина., И.А. Родионов, А.С. Бабурин.....	25
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК. МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	27
Стойкость к коррозии оболочек ТВЭЛов в пароводяной смеси высоких параметров	
В.К. Егоров, Е.В. Егоров, Т.В. Сеткова	28
Концентрация и температура электронов в процессе магнетронного распыления короткими импульсами высокой мощности	
В.О. Оскирко, А.Н. Захаров, А.П. Павлов, М.В. Шандриков, М.И. Ажгихин, А.А. Соловьев	30

Скорость напыления и плотность ионного тока на подложку в процессе магнетронного распыления короткими импульсами высокой мощности	
В.О. Оскирко, А.Н. Захаров, С.В. Работкин, В.А. Семенов, А.С. Гренадеров, А.П. Павлов.....	32
Изучение влияния мощности магнетронного разряда на температуру охлаждаемой и неохлаждаемой титановой мишени	
Г.В. Качалин, К.С. Медведев, В.А. Касьяненко, А.Ф. Медников.....	34
Шероховатость тонких пленок алюминия, сформированных методом магнетронного распыления	
Г.А. Пименов, Д.Е. Шашин	36
Особенности формирования многослойных структур методом магнетронного распыления	
А.Л. Романов, Д.Е. Шашин, А.Д. Дьячков, К.А. Волков	37
Установка магнетронного распыления и ионного травления УРМ 3.279.036	
В.А. Парсаев, Н.И. Сушенцов, Д.Е. Шашин	39
Получение графитовых тонких пленок методом высокоомощного импульсного магнетронного распыления	
Л.Л. Колесник, Лю Хаоцэ, Ли Чунцун, Мью Ти Ха.....	40
Анализ молекулярных загрязнений при высоковакуумной откачке оборудования, работающих при низких температурах	
Аунг Лин Хтай, Мью Чжо Хлаинг, Вей Мо Линн, Л.Л. Колесник.....	42
Исследование влияния расхода реактивного газа на физические свойства пленок оксидов металлов при реализации технологии магнетронного распыления	
А.Н. Смирнов, Д.Е. Шашин.....	43
Влияние отжига на фотокаталитическую активность тонких плёнок диоксида титана	
А.Д. Дьячков, Д.Е. Шашин, А.Л. Романов	44
Разработка магнетронной распылительной системы с цилиндрической мишенью	
А. И. Беликов, Н. М. Синявин, Г. В. Кипов	45
Влияние технологических режимов на характеристики изделий на основе LTCC	
С.А. Хохлун, А.И. Сидоров, С.В. Сидорова	46
Исследование влияния плазменной обработки на структуру поверхности оксидов металлов и полупроводников	
В. С. Мальцев, А. Д. Купцов, С. В. Сидорова.....	47
Модернизация лабораторного стенда нанесения фоторезиста центрифугированием	
Г.А. Дьячков, С.В. Сидорова	49
Поверхностное сопротивление при механических нагрузках пленок оксида In-Sn, сформированных магнетронным распылением	
П.В. Пашенко, А.Ф. Белянин, Е.Р. Павлюкова, Н.И. Сушенцов	51

Стенд поляризации ПВДФ пленки в плазме тлеющего разряда	
Б. А. Басов, К. Т. Макарова, К. М. Моисеев, А. С. Осипков	53
Исследование газовой выделенности катодных мишеней для магнетронного распыления дисульфида молибдена	
А.И. Беликов, Синьсинь Ван, Н.А. Хлобыстин, А.И. Илларионов	55
Модернизация магнетронного узла установки ВУП-11М для получения кристаллических плёнок	
С.Ю. Хыдырова, Б.Р. Гусейнов, Л.Е. Лысов, К.М. Моисеев.....	56
Компактные мобильные и лабораторные установки по синтезу тонких эпитаксиальных структур.	
А. Ю. Гойхман	57
Моделирование процесса осаждения покрытия на различные детали проекта ИТЭР	
А.И. Беликов, О.Э. Алиханов, Р.И. Зайнуллин, А.Р. Мишкинис.....	59
НАНОТЕХНОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ.....	61
Разработка электродного материала гибридного конденсатора по тонкопленочной технологии	
В.В. Слепцов, А.О. Дителева, Д.Ю. Кукушкин, Р.А. Цырков	62
Экспериментальная установка для исследования конверсии углеводородов в гетерофазной электронно-пучковой плазме	
Ч.В. Дык, М.Н. Васильев, Т.М. Васильева, М.К. Никитин	64
Изменение физико-химических свойств и биосовместимости поверхности полиэтилентерефталата путем обработки в гибридной плазме форвакуумного давления	
Т.М. Васильева, Е.Д. Никольская, М.Н. Васильев, М.Р. Моллаева, М.В. Чиркина, М.Б. Сокол, Н.Г. Яббаров, Т.Г. Шикова	65
Электродные материалы на основе углеродных и металлорганические каркасных структур с встроенными химически активными и функциональными элементами	
В.В. Слепцов, А.О. Дителева, Д.Ю. Кукушкин, Р.А. Цырков, Д.Г. Муратов, Л.В. Кожитов, Зорин А.В.	67
Функционализация поверхности трековых мембран в низкотемпературной плазме	
Л.И. Кравец, А.Б. Гильман, В.М. Елинсон.....	70
Антибактериальные наноразмерные алмазоподобные пленки, легированные медью	
Ф.Г.Нешов, О.В.Рябухин	71
Формирование пленок металлов и их соединений вакуумными способами	
Д.Е. Шашин, Н.И. Сушенцов	72
Функциональные слои для гибкой прозрачной электроники	
А.Х. Абдуев, В.В. Беляев, Д.В. Генералов, Д.В. Николаева, В.В. Саенко, Е.А Сметанин, Хань Ци.....	73

Влияние ионно-плазменной обработки на характеристики эластичного сегнетоэлектрического датчика температуры	
А.А. Фельде, В.С. Мальцев, С.В. Сидорова.....	75
Интегрирование островковых тонких пленок в датчики полей и сред	
С.В. Кирьянов, Е.С. Щербак, А.М. Наумова, С.В. Сидорова.....	77
Воздействие тлеющего разряда постоянного тока на химическую структуру и свойства поверхности пленок полифениленоксида	
А.В. Зиновьев, М.С. Пискарев, А.Б. Гильман, Д. А. Сырцова, Е.А. Скрылева, Б.Р. Сенатулин, А.К. Гатин, А. Ю. Алентьев, А.А. Кузнецов	79
Ионно-плазменные технологии в производстве элементов связи и передачи информации	
А.М. Руденко, С.В. Сидорова	81
Методика Измерения пьезомодуля ПВДФ пленок методом «трансформатора»	
Д.П. Еманов, Э.Р. Исхакова, К.М. Моисеев, А.С. Осипков.....	83
Измерение пьезомодуля D33 ПВДФ пленок методом «падающего шарика»	
Д. П. Еманов, К. М. Моисеев, А.С. Осипков	85
Поляризация полимерных сегнетоэлектрических ПВДФ пленок на стенде плазменной поляризации МРС	
Б.А. Басов, К.Т. Макарова, К.М. Моисеев, А.С. Осипков	87
Способ формирования островковых плёнок для конденсаторов повышенной ёмкости	
И.Е. Пименов, С.В. Сидорова.....	88
Оценка неравномерности толщины тонкопленочных покрытий, сформированных методом магнетронного распыления	
А.Д. Купцов, С.В. Сидорова	90
Изменение контактных и адгезионных свойств пленок алифатического поликетона, модифицированных в плазме, при хранении в различных условиях	
М.С. Пискарев, А.В. Зиновьев А.Б. Гильман, А.С. Кечекьян, А.А. Кузнецов	91
Введение магнетронным распылением титана в нанопустоты опаловых матриц	
В.В. Борисов, А.Ф. Белянин, П.В. Пашенко, Н.И. Сушенцов, М.А. Тимофеев	93
Исследование антибактериальных свойств фторуглеродных покрытий, созданных на полимерных материалах методами ионно-плазменной технологии при атмосферном давлении	
П.А. Щур, А.В Шведов, Т.В. Ходырев, М.Р. Войтухов, Д.В. Гринько	94
ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС	96
Существующие и перспективные стенды для термовакуумных испытаний российской космической отрасли	
С.Б. Нестеров, А.А. Филатов, А.А. Моисеев, П.Г. Смирнов.....	97
Перспективы создания и использования цифрового двойника стенда термовакуумных испытаний ВК600/300	

А.А. Филатов, П.Г. Смирнов, А.А. Моисеев, В.В. Бояркин, Е.В. Ретякова	98
Лампа ДКСРМ-55000: моделирование работы и перспективы использования	
А.А. Филатов, P.G. Smirnov, A.A. Moiseev, B.B. Bояркин, E.B. Ретякова, P.B. Ермоленко, В.И. Холодилов	99
Повышение эксплуатационных и метрологических характеристик термовакuumной камеры вк-48 путём создания её цифрового двойника.	
А.Ю. Кочетков	100
Некоторые результаты работы первого в мире сканирующего зондового микроскопа - спутника Земли в вакууме на высотах около 500 км.	
Б.А. Логинов, Ю.В. Хрипунов, М.А. Щербина, А.А. Смирнов, Н.С. Нехаенко, П.А. Гранаткин, Н.У.Н. Nedeya, Н. Калназарова, Е.О. Петряев, С.К. Tanasa, X. Ахророва, А.К. Маккой, Д.Р. Айнулова, М.Н. Плужник, А.А. Мизгайло, В.А Бобарыкина., М.В. Мамикоян, А.Р. Измайлова.....	101
Контроль молекулярного (органического) загрязнения внутренней поверхности и внутреннего оборудования вакуумных систем	
Е.В. Жировов, Д.Н. Михайлов, В. А. Богачев, С. Б. Нестеров.....	104

ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ВАКУУМНОЕ ОБЩЕСТВО ИМ. АКАДЕМИКА С.А.ВЕКШИНСКОГО И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ

С.Б.Нестеров

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

РОССИЙСКОЕ ВАКУУМНОЕ ОБЩЕСТВО, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ,
ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА, КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА, НАНОТЕХНОЛОГИЯ, ИННОВАЦИИ,
ПОДГОТОВКА КАДРОВ

THE RUSSIAN VEKSHINSKI SCIENTIFIC AND TECHNICAL VACUUM SOCIETY AND INNOVATIVE DEVELOPMENT OF RUSSIA

S.B. Nesterov

KEYWORDS

RUSSIAN VACUUM SOCIETY, TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY, VACUUM EQUIPMENT,
CRYOGENIC EQUIPMENT, NANOTECHNOLOGY, INNOVATION, PERSONNEL TRAINING

Российское научно-техническое вакуумное общество им. академика С.А.Векшинского (РНТВО), созданное более 30 лет назад, на современном этапе ставит перед собой цель - достижение технологического суверенитета России. Выставка вакуумного и криогенного оборудования - это площадка, которая дает возможность обсуждать ключевые проблемы инженерного дела в России 21 века. Наиболее насущными, на наш взгляд, являются две проблемы. Это трансфер технологий в реальный сектор экономики и дефицит инженерных кадров.

В течение последнего года под эгидой РНТВО были организованы и проведены наши традиционные научно-технические конференции: "Вакуумная техника, материалы и технология" (Москва), "Вакуумная техника и технологии" (Санкт-Петербург), "Вакуумная наука и техника" (Махачкала). Кроме того, был организован ряд специализированных семинаров.

Мы понимаем, что будущее отечественной науки, техники и технологии - за молодежью. На регулярной основе проводятся молодежные конференции: "Вакуумная техника и технология" (КНИТУ, Казань), "Вакуумная компрессорная техника и пневмоагрегаты" (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва). Одним из мероприятий нашего форума является открытие кампуса в МГТУ им. Н.Э. Баумана. При работе с молодежью важными являются работа по популяризации инженерных профессий, начиная со школы, и вовлечение в научную деятельность студентов на младших курсах.

РНТВО активно взаимодействует с Российским союзом научных и инженерных общественных объединений (РосСНИО). В этом году в 24-й раз подведены итоги масштабного конкурса "Инженер года". На этапе отбора в конкурсе участвовали около 70 тысяч человек из 59 субъектов РФ, 416 из них стали победителями.

В 14-й раз на базе нашей выставки проходит конкурс "Лучший инновационный продукт в области вакуумной и криогенной техники". За эти годы отобрано более 100 продуктов.

.СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Нестеров Сергей Борисович – доктор технических наук, профессор (ORCID 0000-0002-7457-4213). Российское научно-техническое вакуумное общество им. академика С.А.Векшинского, г. Москва. e-mail: sbnesterov@vacuum.org.ru

ЛУЧШИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОДУКТЫ ВЫСТАВКИ «VACUUMTECHEXPO 2023»

С.Б. Нестеров

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

РОССИЙСКОЕ ВАКУУМНОЕ ОБЩЕСТВО, ВЫСТАВКА ВАКУУМНОГО И КРИОГЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОДУКТЫ

THE BEST INNOVATIVE PRODUCTS FROM «VACUUMTECHEXPO 2023»

S.B. Nesterov

KEYWORDS

RUSSIAN VEKSHINSKI VACUUM SOCIETY, EXHIBITION OF VACUUM AND CRYOGENIC EQUIPMENT, INNOVATIVE PRODUCTS

11 – 13 апреля 2023 года в Москве, в 57 павильоне ВДНХ проходила очередная XVII международная выставка вакуумного и криогенного оборудования «VacuumTechExpo 2023». Организатор выставки - Международная выставочная компания. Выставка проводилась при поддержке Российского научно-технического вакуумного общества им. академика С.А.Векшинского.

Участники продемонстрировали вакуумные насосы и камеры, вакуумметры, преобразователи давления, вакуумную арматуру и установки для нанесения функциональных покрытий, вакуумные печи и сушильные шкафы, а также крионасосы, криоловушки и кулеры. На выставке было представлено много новинок оборудования российского и зарубежного производства, которые вызвали интерес потенциальных покупателей – специалистов, заинтересованных в выборе оборудования для предприятий различных отраслей российской промышленности.

В очередной раз проводился конкурс «Лучший инновационный продукт в сфере высоких технологий».

Победителями конкурса стали 17 инновационных продуктов, которые были отмечены памятными призами. Эти 17 продуктов отражают современный уровень и тенденции развития мировой и отечественной вакуумной техники и технологии.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Нестеров Сергей Борисович - доктор технических наук, профессор (ORCID 0000-0002-7457-4213). Российское научно-техническое вакуумное общество им. академика С.А.Векшинского, г. Москва. e-mail: sbnesterov@vacuum.org.ru

НУЖНО ЛИ РОССИИ СВОЁ ВАКУУМНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ?

Е.Н. Капустин, А.Е. Капустин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ВАКУУММАШ, РОССИЙСКИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

DOES RUSSIA NEED ITS OWN VACUUM ENGINEERING?

E.N. Kapustin, A.E. Kapustin

KEYWORDS

VACUUMMASH, RUSSIAN MANUFACTURER

Сегодня особенно важно определить дальнейшие пути развития отечественной экономики, и в том числе, важнейшей её составляющей – вакуумного машиностроения. Долгие годы рынок России был заполнен импортным, в первую очередь европейским, американским, японским оборудованием, а АО «Вакууммаш» оставалось практически единственным отечественным производителем вакуумных насосов и арматуры.

Сегодня нам брошен новый вызов – санкционные ограничения. А на рынок хлынуло китайское оборудование.

И нам необходимо решить – хотим ли мы, чтобы на российских предприятиях приоритетно использовалась российская техника, в первую очередь на предприятиях Росатома, Роскосмоса, Ростеха? Или мы под видом импортозамещения будем развивать «китаезамещение» и поставлять китайское оборудование, которое порой не ремонтируется и не обслуживается?

Сегодня появляются новые российские производители, и необходимо объединить усилия, чтобы обеспечить действительный технологический суверенитет России и АО «Вакууммаш», как флагман российского вакуумного машиностроения, готов взять на себя эти функции и объединить российские компании, работающие в сфере вакуумной техники, для достижения общей цели.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Капустин Евгений Николаевич – кандидат технических наук. АО «Вакууммаш», 420059, г. Казань, ул. Тульская, д.58. e-mail: kapustinen@vacma.ru

Капустин Артур Евгеньевич. АО «Вакууммаш», 420059, г. Казань, ул. Тульская, д.58. e-mail: kapustinae@vacma.ru

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ГАЗА В ОТСЕЧЕННОМ ОБЪЕМЕ НА РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХРОТОРНЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ ВНЕШНЕГО СЖАТИЯ

А. А. Райков, А. В. Бурмистров, С. И. Саликеев

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ДВУХРОТОРНЫЙ ВАКУУМНЫЙ НАСОС, БЫСТРОТА ДЕЙСТВИЯ. МАКСИМАЛЬНОЕ ОТНОШЕНИЕ ДАВЛЕНИЙ, ПРОФИЛЬ РОТОРОВ, БЕЗМАСЛЯНЫЙ ВАКУУМ, ОТКАЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, КАМЕРНАЯ МОДЕЛЬ, CFD МОДЕЛИРОВАНИЕ

INFLUENCE OF GAS PARAMETERS IRREGULARITY IN A CUT-OFF VOLUME ON CHARACTERISTICS CALCULATION OF ROOTS PUMPS WITH EXTERNAL COMPRESSION

A. A. Raykov, A. V. Burmistrov, S. I. Salikeev

KEYWORDS

ROOTS PUMP, PUMPING SPEED, MAXIMAL PRESSURE RATIO, ROTOR PROFILE, OIL FREE VACUUM, PUMPING CHARACTERISTICS, CHAMBER MODEL, CFD MODELING

Создание новых высокоэффективных вакуумных насосов невозможно без предварительного математического моделирования их рабочих процессов. В настоящей статье рассмотрено влияние неравномерности давления и температуры на интегральные параметры насоса вакуумного двухроторного – быстроту действия и отношение давлений выхода и входа. Для этого сопоставлены результаты расчета камерной моделью с расчетом CFD моделью, а именно комплексом ANSYS-CFX с использованием метода построения динамических сеток в пакете TwinMesh.

Рассмотрено влияние пульсаций на выходе на точность расчета камерным методом, предполагающим равномерность давления в пределах каждой камеры, путем сравнения индикаторных диаграмм, полученных CFD и камерными методами. Показано, что расхождение не превышает 12,2 % и обусловлено возникновением пульсаций давления на выходе. Разница в интегральной характеристике насоса (быстроте действия), рассчитанной различными методами, незначительна.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Райков Алексей Александрович (ORCID: 0000-0001-5495-7834) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок». Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, e-mail: alraykov@kstu.ru.

Бурмистров Алексей Васильевич — доктор технических наук, профессор кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок». Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, e-mail: burm@kstu.ru.

Саликеев Сергей Иванович — кандидат технических наук, доцент кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок». Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, e-mail: salikeev_s@mail.ru.

АВТОЭМИССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СТРУКТУРА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д.М. Фунг, Е.П. Шешин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

АВТОЭМИССИЯ; УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ; СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ.

FIELD EMISSION CHARACTERISTICS AND STRUCTURE OF CARBON-CONTAINING CATHODE MATERIALS

D.M. Phung, E.P. Sheshin

KEYWORDS

FIELD EMISSION; CARBON-CONTAINING MATERIALS; SURFACE STRUCTURE.

В работе проведено сопоставление автоэмиссионных и структурных характеристик поверхностей ряда углеродсодержащих, в том числе и наноструктурированных материалов, перспективных для использования при создании автокатодов со стабильными эмиссионными характеристиками. Исследовались волокна из углеродных нанотрубок (УНТ), полиакрилонитрильные волокна (ПАН-волокно), образцы пиролитического графита и мелкозернистого плотного графита (МПП-6). Структура поверхности образцов исследовалась до и после их работы в качестве автокатада с использованием оптической микроскопии, растровой электронной микроскопии и спектроскопии комбинационно го рассеяния. Эти результаты сопоставлялись с вольтамперными характеристиками соответствующих катодов. Обсуждены перспективы улучшения автоэмиссионных характеристик углеродсодержащих катодов.

В данной работе были использованы волокна из углеродных нанотрубок (УНТ-нити), и ПАН-волокна, а также такие углеродные материалы как высокопрочный мелкозернистый плотный графит МПП-6, и пиролитический графит. Были исследованы структурные и вольтамперные характеристики катодов из УНТ и ПАН-волокон и динамика изменения эмиссионного тока во времени при различных ускоряющих напряжениях в двухэлектродной схеме.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для углеродсодержащих материалов при их использовании в качестве материалов автокатодов происходит и макроскопическая и микроскопическая перестройка структуры поверхности и самих катодов и их поверхностей в зависимости от режимов их эксплуатации. Получение данных об автоэмиссионных и структурных характеристиках поверхности углеродсодержащих материалов для автоэмиссионных катодов создаёт хорошие предпосылки для оптимизации работы автокатодов создаваемых на основе различных углеродсодержащих материалов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Фунг Дык Мань – аспирант (ORCID: 0009-0004-5772-5667). Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный Московская обл. e-mail: phungducmanh@phystech.edu

Шешин Евгений Павлович - доктор физико-математических наук, профессор (ORCID: 0000-0000-0000-0000). Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный Московская обл. e-mail: sheshin.ep@mipt.ru

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТРАНСПОРТИРУЕМОГО РАБОЧЕГО ЭТАЛОНА МОДУЛЬНОГО ТИПА ДЛЯ ОБЛАСТИ ВАКУУМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

А.А. Чернышенко

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ВАКУУМНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ, ЭТАЛОН

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL AUTOMATED TRANSPORTABLE WORKING STANDARD OF MODULAR TYPE FOR THE FIELD OF VACUUM MEASUREMENTS

A.A. Chernyshenko

KEYWORDS

METROLOGICAL SUPPORT, VACUUM MEASUREMENTS, STANDARD

В настоящий время одной из задач, направленной на совершенствование системы метрологического обеспечения в области вакуумных измерений, является задача обеспечения метрологических центров промышленности РФ автоматизированными транспортируемыми рабочими эталонами для области измерений вакуумметрического давления.

Актуальность поставленной задачи обусловлена такими факторами, как:

- отсутствие компактных транспортируемых эталонов отечественного производства для диапазона абсолютных давлений от 0,1 Па до атмосферного давления;
- пересечение диапазонов различных поверочных схем, которые регламентируют передачу единицы давлений от различных государственных эталонов давлений РФ, причем в диапазоне измерений вакуумметрического давления;
- необходимостью сокращать сроки поверки.

С целью реализации решаемой задачи в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» была предложена концепция «Эталон на столе», в рамках реализации, которой запланирована создание отечественного универсального автоматизированного транспортируемого рабочего эталона модульного типа для области вакуумных измерений.

В статье приведена информация о ходе работ по созданию новейшего рабочего эталона. Раскрывается принцип измерений, используемый в разрабатываемом эталоне. Приводится ряд полученных на сегодня результатов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чернышенко Александр Александрович – кандидат технических наук, (ORCID: 0009-0004-2882-1772). ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», 190005, РФ, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 19 e-mail: vacuum@vniim.ru

ГАЗОВЫЙ МИКРОНАСОС НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН

В.В. Косьянчук

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

РАЗРЕЖЕННЫЙ ГАЗ, ПОВЕРХНОСТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ, МИКРОКАНАЛ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

GAS MICROPUMP BASED ON SURFACE ACOUSTIC WAVES

V.V. Kosyanchuk

KEYWORDS

RAREFIED GAS, SURFACE ACOUSTIC WAVES, MICROCHANNEL, NUMERICAL SIMULATIONS

В настоящее время большинство опубликованных работ по микронасосам сфокусированы на использовании жидкости в качестве рабочей среды, при этом работы по газовым микронасосам сильно отстают. Основными трудностями являются маленькие силы достигаемые на микромасштабе, герметичность, а также сжимаемость газа. Однако, несмотря на все эти трудности, исследования продолжают, мотивированные потребностью в таких устройствах в различных отраслях МЭМС индустрии. Большинство исследований по газовым микронасосам фокусируется на системах с подвижными элементами, такими как роторные и перистальтические системы, часто используемые в макронасосах. Но миниатюризации данных методов на микромасштаб представляет собой существенный вызов для производства.

Исследования в области микрофлюидики предлагают другую идею насоса “без подвижных частей”. Жидкостные микронасосы, основанные на использовании поверхностных акустических волн (ПАВ), уже давно исследуются применительно к разным задачам. В теории, данный подход можно применить к созданию газовых микронасосов. Последние исследования автора показывают, что эффект производимый ПАВ’ами в микроканалах на протекающий газ, схож с влиянием на протекающую жидкость.

В данной работе исследуется допустимый диапазон параметров устройства, а также практическая ценность такого устройства. Численные исследования показали принципиальную возможность использования подобных устройств для создания газовых микро насосов. Был проведен анализ влияния таких ключевых параметров, как степень разреженности газа, и параметры бегущих волн. Показано, что при фиксированном внешнем давлении, в задачах компрессии предпочтительнее будут каналы меньшего размера, в то время как для задач прокачки газов, лучше выбирать большие каналы.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (грант № 23-71-10057).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Косьянчук Василий Викторович – кандидат физико-математических наук, (ORCID: 0000-0002-6990-0221). Научно-исследовательский институт механики МГУ, г. Москва.
e-mail: vasilij_ksnk@mail.ru

СОБЫТИЙНОЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ СМЕСИ ГАЗОВ В ТУРБОМОЛЕКУЛЯРНОМ НАСОСЕ

А.Н. Якунчиков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТУРБОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ НАСОС, РАЗРЕЖЕННЫЙ ГАЗ, ПОДВИЖНЫЕ ГРАНИЦЫ

EVENT-DRIVEN MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION OF THE GAS MIXTURE FLOW IN A TURBOMOLECULAR PUMP

A.N. Yakunchikov

KEYWORDS

TURBOMOLECULAR PUMP, RAREFIED GAS, MOVING BOUNDARIES

В работе развит подход событийного молекулярно-динамического моделирования (EDMD) применительно к одной из наиболее востребованных задач вакуумной техники – моделирования течения смеси газов в тракте турбомолекулярного насоса (ТМН). Эта задача представляет серьезный вызов существующим теоретическим методам динамики разреженного газа, а именно: (1) широкий диапазон числа Кнудсена в расчетной области, (2) необходимость учета вращательных степеней свободы в молекулах газа и (3) подвижные границы расчетной области (лопатки ротора). Известно, что эффективность ТМН сильно зависит от молекулярных масс откачиваемых газов. Поэтому моделировалось течение именно смеси газов, что позволило изучить эффект разделения смеси при откачке. Геометрия насоса (размер, период и наклон лопаток ротора и статора, количество ступеней) и скорости ротора варьировались, получены зависимости целевых характеристик от этих параметров.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова, вычислительных ресурсов МСЦ РАН и инфраструктуры Центра коллективного пользования «Высокопроизводительные вычисления и большие данные» (ЦКП «Информатика») ФИЦ ИУ РАН. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 23-71-10057.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Якунчиков Артём Николаевич – кандидат физико-математических наук, доцент (ORCID: 0000-0002-8478-7781). Механико-математический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва. e-mail: art-ya@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСОСА НА ОТКАЧНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ КОМБИНИРОВАННОГО ТУРБОМОЛЕКУЛЯРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА

Н.К. Никулин, Ю.А. Шостак, Е.В. Свичкарь

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТУРБОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ НАСОС, МОЛЕКУЛЯРНЫЙ НАСОС, ПЕРЕТЕКАНИЯ, ОТКАЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, КАНАЛ С ДВИЖУЩИМИСЯ СТЕНКАМИ

THE INFLUENCE OF MOLECULAR DRAG PUMP FLOW PART ON PUMPING PERFORMANCE OF COMBINED TURBOMOLECULAR VACUUM PUMP

N. K. Nikulin, J. A. Shostak, E. V. Svichkar

KEYWORDS

TURBOMOLECULAR PUMP, MOLECULAR PUMP, OVERFLOW, PUMPING PERFORMANCE, MOVING WALLS CHANNEL

Современные турбомолекулярные вакуумные насосы (ТМН) находят всё большее применение во всех технологических процессах, протекающих в условиях среднего, высокого и сверхвысокого вакуума. Постоянно ведутся работы по совершенствованию конструкций ТМН и улучшению их откачных характеристик. С этой целью в проточную часть ТМН добавляют ступени молекулярных насосов (МВН) типа Геде, Хольвека и Зигбана.

Теоретическое моделирование процесса откачки МВН в молекулярном режиме течения газа показало возможность получения очень больших отношений давлений на одной ступени, 10⁹-10¹¹ и больше даже при откачке газов с маленькими молекулярными массами (Н₂, Не). При работе в области переходного режима течения газа эффективность работы МВН значительно снижается. К сожалению, наличие зазоров между вращающимися рабочими элементами и неподвижными приводит к большим перетеканиям и реальное отношение давлений, создаваемое МВН резко снижается. Величину реального отношения давлений можно оценить приближённой зависимостью: отношение скорости действия ступени к проводимости зазоров, т.е. снижается до 5-100, в зависимости от конструкции МВН.

Результаты математического моделирования процесса откачки МВН с учётом перетеканий через зазоры позволяют улучшить откачную характеристику комбинированного ТМН при увеличении скорости действия проточной части МВН и при снижении перетеканий при изменении направления откачки газа.

Результаты моделирования показали преимущество применения дисковых МВН (схема Зигбана) в комбинированных ТМН по сравнению с другими схемами (Геде и Хольвека).

Расчёт проточной части ТМН МВН в режиме молекулярного течения газа проведён методом статистического моделирования. В переходном и вязкостном режимах течения газа на основании эмпирических зависимостей по известным экспериментальным данным.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Никулин Николай Константинович – кандидат технических наук, доцент. (ORCID: 0000-0000-0000-0000). МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва. e-mail: nikulinnk@gmail.com

Шостак Юлия Алексеевна – кандидат технических наук. (ORCID: 0000-0003-1234-8402). МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва. e-mail: shostak.uliya@yandex.ru

Свичкарь Елена Владимировна – кандидат технических наук. (ORCID: 0000-0000-0000-0000). МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва. e-mail: hostak.uliya@yandex.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЮВЕНИЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖКИ ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ В ВАКУУМЕ

Л.Л. Колесник, Ю.В. Панфилов, Г.М. Сокол, А. Тымина., И.А. Родионов, А.С. Бабурин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ОТКАЧКА, КРИОГЕННАЯ ТЕМПЕРАТУРА, ПОВЕРХНОСТЬ, СОБРИЦИЯ

PROVIDING A JUVENILE SUBSTRATE SURFACE AT CRYOGENIC TEMPERATURES IN A VACUUM

Kolesnik L.L., Panfilov Yu.V., Sokol G.M., Tymina A., Rodionov I.A., Baburin A.S.

KEYWORDS

PUMPING, CRYOGENIC TEMPERATURE, SURFACE, SOBORIZATION

При минимальных размерах элементов современных интегральных микросхем 7 – 18 нм критичными с точки зрения выхода годных приборов становятся не только мелкодисперсные частицы, а и, так называемые, молекулярные загрязнения [1], к которым относятся пары конструкционных и смазочных материалов, адсорбированные остаточные газы и т.п. Для работы сверхпроводниковых приборов необходим сверхвысокий вакуум и ювенильная чистота поверхности, т.к., во-первых, молекулы остаточных газов переносят большое количество тепла, что может привести к потере сверхпроводимости, а во-вторых, адсорбированные молекулы могут привести к нарушению работы приборов путем изменения сопротивления, емкости, магнитных или оптических характеристик прибора.

Противоречивые результаты расчетов режимов откачки вакуумных камер, охлаждаемых до криогенных температур, подтверждают необходимость проведения экспериментальных исследований для создания инженерной методики расчета газообмена в вакуумных камерах при низких температурах. Изотермы адсорбции в сверхвысоком вакууме при криогенных температурах исследовались в CERN при создании большого андронного коллайдера [2], в состав которого входят сверхпроводниковые магниты, стабильная работа которых нарушается при попадании на них молекул остаточного газа.

Принято решение о разработке стенда для исследования возможности обеспечения ювенильно чистой поверхности подложки при криогенных температурах в сверхвысоком вакууме. В структуру стенда необходимо включить сверхвысоковакуумную откачку на базе спирального и турбомолекулярного насосов и криогенную систему на базе криостата, обеспечивающего охлаждение исследуемых образцов и аналитическую систему для определения состава остаточных газов в объеме и на внутренних поверхностях стенда.

Компоновочные варианты стенда рассматривались с учетом результатов моделирования траекторий движения молекул газа, для чего была разработана программа, базирующаяся на методе статистических испытания Монте-Карло.

Для получения ювенильной поверхности подложки после достижения требуемых давления и температуры предусмотрена её очистка от адсорбированных молекул с помощью излучения УФ светодиодов. Уменьшение вероятности повторного попадания молекул остаточных газов на подложку в непосредственной близости от неё расположены нераспыляемые титановые газопоглотители.

В стенде предусмотрено размещение приборов контроля уровня заполнения поверхности подложки сорбированными молекулами остаточных газов до и после

проведения процессов откачки, охлаждения, воздействия УФ излучения, выполненных в виде тонкопленочного меандра и тонкопленочной гребенки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Севрюкова Е.А. Теория ростового процесса молекулярных загрязнений и научные основы контроля чистоты поверхностей изделий индустрии высоких технологий / Автореферат дисс. д.т.н., М., МИЭТ (ТУ), 2016. – 40 с.
2. E. Wallen. Adsorption isotherms of H₂, CH₄, CO, and CO₂ on copper plated stainless steel at 4.2 K / Journal of Vacuum Science & Technology A 14, 2916 (1996); doi: 10.1116/1.580245

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ю.В. Панфилов – доктор технических наук, профессор (ORCID: 0000-0001-6861-2028), заведующий кафедрой «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; e-mail: panfilov@bmstu.ru

Л.Л. Колесник – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; генеральный директор ООО «Электровакуумные технологии», г. Москва; e-mail: kolesnik@bmstu.ru; l.kolesnik@m-i.ru

Г.М. Сокол – студент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; техник НОЦ «Функциональные Микро / Наносистемы», г. Москва; e-mail: sgm20t312@student.bmstu.ru

А.А. Тымина – студент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; техник НОЦ «Функциональные Микро / Наносистемы», г. Москва; e-mail: ta20t458@student.bmstu.ru

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЕ
ТОНКИХ ПЛЕНОК. МЕТОДИКИ
ИССЛЕДОВАНИЯ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ.**

СТОЙКОСТЬ К КОРРОЗИИ ОБОЛОЧЕК ТВЭЛОВ В ПАРОВОДЯНОЙ СМЕСИ ВЫСОКИХ ПАРАМЕТРОВ

В.К. Егоров, Е.В. Егоров, Т.В. Сеткова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

КОРРОЗИЯ, ТВЭЛ, POP, РФА, ДИАГНОСТИКА

CORROSION RESISTANCE OF FUEL ELEMENT SHELLS IN A STEAM-WATER MIXTURE OF HIGH PARAMETERS

V.K. Egorov, E.V. Egorov, T.V. Setkova

KEYWORDS

CORROSION, FUEL ROD, RBS, TXRF, DIAGNOSTIC

Одной из важных задач повышения энерговооружённости России является удлинение периода функционирования базовых устройств современных водо-водяных ядерных энергетических установок (ВВЭР) – тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов). Эксплуатационный опыт этих установок показал, что критической частью ТВЭЛов является тонкостенная цилиндрическая оболочка, в которую помещается ядерное топливо. Стандартно эта оболочка изготавливается из Zr легированного Nb [1]. Выбор этого материала обусловлен, с одной стороны, малым сечением поглощения тепловых нейтронов, а с другой, - демонстрацией высокой механической, кристаллохимической и радиационной стойкости в условиях длительного стационарного воздействия высоких температур и давлений, а также потоков нейтронов и продуктов ядерных реакций. В обычных эксплуатационных условиях ВВЭР оболочка ТВЭЛа контактирует с водяным теплоносителем первого контура при давлении 100 атм и температуре 350°C. Средний период устойчивого функционирования оболочки составляет 17000 часов. Выполненные исследования показали, что этот период, может быть, увеличен за счёт модификации внешней поверхности оболочки тонкослойным хромовым покрытием [2].

В работе изучена коррозионная устойчивость исходной и модифицированной оболочек ТВЭЛов в условиях, частично моделирующих рабочие эксплуатационные параметры ВВЭР компенсируя снижение времени эксплуатационного сеанса до 600 часов за счёт повышения температуры эксперимента до 400°C при давлении 100 атм. Диагностика исходной и модифицированной оболочек до и после термо-барической обработки выполнена методом резерфордского обратного рассеяния (POP) ионов в вакуумной камере ионно-пучкового комплекса Сокол-3, а также методами рентгеновской дифрактометрии и рентгенофлуоресцентного анализа при полном внешнем отражении (РФА ПВО), используя цифровой гониометр HZG-4. Оказалось, что хромовая модификация поверхности оболочки существенно повысила её коррозионную стойкость. Толщина коррозионного слоя, состоящая из оксида циркония (ZrO_2) составила 40 мкм. В то время как для модифицированной оболочки она оказалась равной 5 мкм. Полученные данные позволили предположить, что в коррозионном слое модифицированной структуры присутствует оксидное соединение $ZrCr_2O_4$.

Работа была выполнена в рамках государственного задания № 075-00296-24-00.

ЛИТЕРАТУРА

3. Н.М. Бескоровайный, Б.А. Калинин, П.А. Платонов, И.И. Чернов. Конструкционные материалы ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1995, С. 704.
4. В.К. Егоров, Е.В. Егоров, Б.А. Калинин, Д.А. Сафонов // ПТЭ, 2021, № 1, стр. 172-180.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Егоров Владимир Константинович – кандидат физико-математических наук (ORCID: 0000-0001-6697-560X). Институт проблем технологии микроэлектроники РАН, г. Черноголовка Московской обл. e-mail: egorov@iptm.ru

Егоров Евгений Владимирович – (ORCID: 0000-0003-1552-2859). Институт проблем технологии микроэлектроники РАН, г. Черноголовка Московской обл. Институт радиотехники и электроники РАН, г. Фрязино Московская обл. e-mail: egorov@iptm.ru

Сеткова Татьяна Викторовна – кандидат химических наук (ORCID: 0000-0002-8344-2271). Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка Московской обл. e-mail: setkova@iem.ac.ru

КОНЦЕНТРАЦИЯ И ТЕМПЕРАТУРА ЭЛЕКТРОНОВ В ПРОЦЕССЕ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ КОРОТКИМИ ИМПУЛЬСАМИ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ

В.О. Оскирко, А.Н. Захаров, А.П. Павлов, М.В. Шандриков, М.И. Ажгихин, А.А. Соловьев

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

КОНЦЕНТРАЦИЯ И ТЕМПЕРАТУРА ЭЛЕКТРОНОВ, МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ

ELECTRON CONCENTRATION AND TEMPERATURE IN SHORT-PULSE HIPIMS

V.O. Oskirko, A.N. Zakharov, A.P. Pavlov, M.V. Shandrikov, M.I. Azhgikhin, A.A. Solovyev

KEYWORDS

ELRSTRON TEMPERATURE AND DENSITY, MAGNETRON SPUTTERING, HIPIMS

Настоящая работа посвящена зондовым измерениям параметров плазмы в процессе магнетронного распыления короткими импульсами высокой мощности (в заруб. лит. Short-pulse HiPIMS). Была установлена динамика изменения концентрации и температуры электронов в зоне расположения подложки при амплитуде импульсов разрядного тока 150 А (плотность тока на мишени ≈ 2 А/см²), длительности импульсов - 8, 15 и 100 мкс. Всплески температуры электронов в начале импульсов разрядного тока достигают нескольких десятков эВ, после чего наблюдается её падение в течение импульса и фазы послесвечения. На основе экспериментальных данных были рассчитаны средние интегральные параметры плазмы. Результаты расчетов показывают, что уменьшение длительности импульсов приводит к снижению средней температуры электронов в течение периода. При этом её значения ниже, чем в режимах магнетронного распыления на постоянном и среднечастотном токе.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИСЭ СО РАН (No. FWRM-2021-0006).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Оскирко Владимир Олегович – кандидат технических наук (ORCID: 0000-0001-5167-0133), научный сотрудник ИСЭ СО РАН, технический директор ООО «Прикладная электроника», г. Томск, email: oskirkovo@gmail.com

Захаров Александр Николаевич – кандидат технических наук (ORCID: 0000-0002-1068-6160), научный сотрудник ИСЭ СО РАН, г. Томск. e-mail: zare17@yandex.ru

Павлов Артем Павлович – директор ООО «Прикладная электроника», (ORCID: 0000-0002-4018-7098), инженер ИСЭ СО РАН г. Томск, e-mail: APELTom@yandex.ru

Шандриков Максим Валентинович – кандидат технических наук (ORCID: 0000-0002-0844-0356), ст. научный сотрудник ИСЭ СО РАН, г. Томск. e-mail: shandrikov@opee.hcei.tsc.ru

Ажгихин Максим Игоревич – инженер-конструктор ООО "Прикладная электроника" (ORCID: 0000-0002-1558-1026) e-mail: maxazhg@gmail.com

Соловьев Андрей Александрович - кандидат технических наук (ORCID: 0000-0001-7775-9769), ведущий научный сотрудник ИСЭ СО РАН, e-mail: andrewsol@mail.ru

СКОРОСТЬ НАПЫЛЕНИЯ И ПЛОТНОСТЬ ИОННОГО ТОКА НА ПОДЛОЖКУ В ПРОЦЕССЕ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ КОРОТКИМИ ИМПУЛЬСАМИ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ

В.О. Оскирко, А.Н. Захаров, С.В. Работкин, В.А. Семенов, А.С. Гренадеров, А.П. Павлов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

СКОРОСТЬ НАПЫЛЕНИЯ, ИОННЫЙ ТОК НА ПОДЛОЖКУ, МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ

DEPOSITION RATE AND ION CURRENT DENSITY ON SUBSTRATE IN SHORT-PULSE HIPIMS

V.O. Oskirko, A.N. Zakharov, S.V. Rabotkin, V.A. Semenov, A.S. Grenadyorov, A.P. Pavlov

KEYWORDS

MAGNETRON SPUTTERING, HIPIMS, DEPOSITION RATE, ION CURRENT ON SUBSTRATE

Работа посвящена исследованию влияния параметров импульсного электропитания разряда на скорость напыления покрытия и плотность ионного тока, протекающего на подложку в процессе магнетронного распыления короткими импульсами высокой мощности (Short-pulse HiPIMS). С помощью планарного магнетрона диаметром 100 мм осуществлялось распыление мишеней из Cu, Ti и C, при фиксированной средней мощности разряда 500 Вт. Амплитуда импульсов разрядного тока изменялась в диапазоне от 10 до 200 А. Длительность импульсов варьировалась от 8 до 100 мкс. Результаты экспериментов показывают, что изменение амплитуды и длительности импульсов позволяет добиться увеличения плотности ионного тока на подложку в 2÷3 раза. В совокупности с падением скорости напыления, рост плотности ионного тока приводит к многократному увеличению отношения количества ионов, поступающих на подложку, к количеству металлических частиц, образующих покрытие.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИСЭ СО РАН (№. FWRM-2021-0006).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Оскирко Владимир Олегович – кандидат технических наук (ORCID: 0000-0001-5167-0133), научный сотрудник ИСЭ СО РАН, технический директор ООО «Прикладная электроника», г. Томск, email: oskirkovo@gmail.com

Захаров Александр Николаевич – кандидат технических наук (ORCID: 0000-0002-1068-6160), научный сотрудник ИСЭ СО РАН, г. Томск. e-mail: zare17@yandex.ru

Работкин Сергей Викторович – кандидат технических наук (0000-0003-0983-5912), научный сотрудник ИСЭ СО РАН, г. Томск. e-mail: rabotkin@yandex.ru

Семенов Вячеслав Аркадьевич – инженер ЛПЭ ИСЭ СО РАН (ORCID: 000-0001-5089-7096) email: semenofvjacheslav@gmail.com

Гренадеров Александр Сергеевич – доктор технических наук (ORCID: 0000-0001-6013-0200), заместитель директора по научной работе ИСЭ СО РАН, г. Томск. e-mail: 1711sasha@mail.ru

Павлов Артем Павлович – директор ООО «Прикладная электроника», (ORCID: 0000-0002-4018-7098), инженер ИСЭ СО РАН г. Томск, e-mail: APELTom@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЩНОСТИ МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА НА ТЕМПЕРАТУРУ ОХЛАЖДАЕМОЙ И НЕОХЛАЖДАЕМОЙ ТИТАНОВОЙ МИШЕНИ

Г.В. Качалин, К.С. Медведев, В.А. Касьяненко, А.Ф. Медников

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МАГНЕТРОННЫЙ РАЗРЯД, ТИТАНОВАЯ МИШЕНЬ, ТЕМПЕРАТУРА

THE STUDY OF THE EFFECT OF MAGNETRON DISCHARGE POWER ON THE TEMPERATURE OF A COOLED AND UNCOOLED TITANIUM TARGET

G.V. Kachalin, K.S. Medvedev, V.A. Kasyanenko, A.F. Mednikov

KEYWORDS

MAGNETRON DISCHARGE, TITANIUM TARGET, TEMPERATURE

В последние годы появилось много публикаций, посвященных изучению работы магнетронных распылительных систем с так называемой «горячей» мишенью. По мнению авторов, это связано с двумя преимуществами таких устройств: первое - повышение в 2-3 раза скорости осаждения металлических покрытий за счет испарения материала мишени и второе - возможностью получать пленки окислов стехиометрического состава без снижения скорости за счет электропроводности оксидных пленок, образующихся на поверхности «горячей» мишени в реактивных процессах.

Настоящие исследования проводились на планарном магнетроне с размером мишени 710×80×8 мм, материал мишени – ВТ-1-0. При штатном креплении мишень прижимается к охладителю винтами по центру и по всему периметру. В случае неохлаждаемой мишени, ее размер был уменьшен - 710×65×6 мм, а крепление осуществлялось в отдельных локальных местах по периметру.

Для измерения температуры использовалась термопара хромель-алюмель, королек которой размещался с торца мишени в отверстии диаметром 4 мм, так что он находился в непосредственной близости области горения магнетронного разряда.

Исследования проводились в диапазоне мощностей магнетронного разряда 2.2÷9 кВт. При этом температура охлаждаемой мишени изменялась в диапазоне 70÷280 °С, а неохлаждаемой - 800÷1200 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания № FSWF-2023-0016 (Соглашение № 075-03-2023-383 от 18 января 2023г.) в сфере научной деятельности на 2023-2025 гг.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Качалин Геннадий Викторович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент (ORCID: 0000-0001-9506-862X). Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»), г. Москва, e-mail: KachalinGV@mpei.ru

Медведев Константин Сергеевич – ведущий инженер (ORCID: 0000-0003-1667-458X). Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»), г. Москва, e-mail: MedvedevKS@mpei.ru

Касьяненко Владислав Александрович – ведущий инженер (ORCID: 0009-0000-7510-2106). Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»), г. Москва, e-mail: KasyanenkoVA@mpei.ru

Медников Алексей Феликсович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент (ORCID: 0000-0003-4883-7873). Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»), г. Москва, e-mail: MednikovAIF@mpei.ru

ШЕРОХОВАТОСТЬ ТОНКИХ ПЛЕНОК АЛЮМИНИЯ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Г.А. Пименов, Д.Е. Шашин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, ТОНКИЕ ПЛЕНКИ АЛЮМИНИЯ, ШЕРОХОВАТОСТЬ

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RESIDUAL GAS PRESSURE ON THE ROUGHNESS OF THIN ALUMINUM FILMS FORMED BY MAGNETRON SPUTTERING

G.A. Pimenov, D.E. Shashin

KEYWORDS

MAGNETRON SPUTTERING, THIN ALUMINIUM FILMS, ROUGHNESS

В настоящее время металлические тонкие пленки широко применяются в различных областях электроники. Тонкие пленки используются в качестве функциональных покрытий и проводящих слоев в разных сферах, например, машиностроении, медицине, цифровой микроэлектронике. На данном этапе развития технологий получения металлических тонких пленок интенсивно развивается метод магнетронного распыления, обеспечивающий формирование тонких пленок с требуемыми функциональными характеристиками.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пименов Григорий Андреевич – студент магистратуры радиотехнического факультета Поволжского Государственного Технологического Университета,

Шашин Дмитрий Евгеньевич кандидат технических наук, доцент Поволжского Государственного Технологического Университета (ORCID: 0000-0002-8222-2824), г. Йошкар-Ола респ. Марий Эл e-mail: grishapimenov71@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

А.Л. Романов, Д.Е. Шашин, А.Д. Дьячков, К.А. Волков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, МНОГОСЛОЙНАЯ СТРУКТУРА, ТОНКОПЛЕНОЧНАЯ СТРУКТУРА

FEATURES OF THE FORMATION OF MULTILAYER STRUCTURES BY MAGNETRON SPUTTERING

A.L. Romanov, D.E. Shashin, A.D. Dyachkov, K.A. Volkov

KEYWORDS

MAGNETRON SPUTTERING, MULTILAYER STRUCTURE, THIN FILM STRUCTURE

Технология формирования многослойных структур позволяет создавать системы с новыми или заданными свойствами, благодаря которым возможно расширять или оптимизировать многие процессы и технологии. В данной работе рассмотрены особенности формирования многослойных структур методом магнетронного распыления.

Существует три основных способа формирования многослойных структур методом магнетронного распыления: попеременное включение и выключение магнетронов; закрытие и открытие магнетронов заслонками; вращение подложек.

Несмотря на имеющиеся разнообразие методов напыления, они все имеют существенные недостатки, поэтому существует комбинированный метод напыления: на вращающийся подложкодержатель с использованием заслонок.

Многослойные структуры применяются во многих областях науки и техники: микроэлектроника, материаловедение, криоэлектроника, машиностроение, оптика, энергетика, военная промышленность, космическая техника.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Романов Алексей Леонидович – студент-бакалавр 4-го курса направления «Электроника и наноэлектроника» (ORCID: 0009-0007-9981-511X). Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола р. Марий Эл. e-mail: romanov.tan2014@yandex.ru

Шашин Дмитрий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры (ORCID – 0000-0002-8222-2824), Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов - напыление тонких пленок, автор более 50 публикаций. e-mail: ShashinDE@volgatech.net

Дьячков Алексей Дмитриевич – аспирант 1-го курса направления «Электроника, фотоника, приборостроение и связь» (ORCID: 0009-0007-6286-8330). Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола Республика Марий Эл. e-mail: addyachkov@gmail.com

Волков Кирилл Александрович – аспирант 2-го курса направления «Электроника, фотоника, приборостроение и связь» (ORCID: 0009-0004-2707-4824). Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола р. Марий Эл. e-mail: kirill_volkov_101@bk.ru

УСТАНОВКА МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ И ИОННОГО ТРАВЛЕНИЯ УРМ 3.279.036

В.А. Парсаев, Н.И. Сушенцов, Д.Е. Шашин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, ПОКРЫТИЯ, ВАКУУМНАЯ УСТАНОВКА

INSTALLATION OF MAGNETRON SPUTTERING AND ION ETCHING URM 3.279.036

V.A. Parsaev, N.I. Sushentsov, D.E. Shashin

KEYWORDS

MAGNETRON SPUTTERING, COATINGS, VACUUM INSTALLATION

В данной статье описана модернизированная установка магнетронного распыления и ионного травления УРМ 3.279.036 предназначенная для реализации технологии формирования наноструктурированных пленок различных металлов и их соединений.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Парсаев Владислав Анатольевич – студент магистратуры радиотехнического факультета Поволжского Государственного Технологического Университета,

Сушенцов Николай Иванович - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры Поволжского Государственного Технологического Университета,

Шашин Дмитрий Евгеньевич кандидат технических наук, доцент Поволжского Государственного Технологического Университета (ORCID: 0000-0002-8222-2824), г. Йошкар-Ола респ. Марий Эл e-mail: vparsayev@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАФИТОВЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ВЫСОКОМОЩНОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Л.Л. Колесник, Лю Хаоцэ, Ли Чунцун, Мью Ти Ха

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ВЫСОКОМОЩНОЕ ИМПУЛЬСНОЕ МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ;
ГРАФИТОУГЛЕРОДНАЯ ПЛЕНКА; ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРЯДА; СКОРОСТЬ
ОСАЖДЕНИЯ ;

PREPARATION OF GRAPHITE THIN FILMS BY HIGH-POWER PULSED MAGNETRON SPUTTERING

L.L. Kolesnik, Haoze Liu, Chongcong Li, Myo Thi Ha

KEYWORDS

HIGH POWER PULSED MAGNETRON SPUTTERING; GRAPHITOCARBON FILM; DISCHARGE
CHARACTERISTICS; DEPOSITION RATE ;

По сравнению с обычным магнетронным распылением на постоянном токе (DCMS), HiPIMS обеспечивает высокую плотность плазмы и ионизацию, что приводит к улучшению адгезии, плотности и однородности пленки.

Поскольку скорость диссоциации атомов углерода в обычных тлеющих разрядах очень мала, получение большого количества ионов углерода в HiPIMS важно для осаждения тонких пленок и структурной модуляции. Однако, большая часть ионов углерода, генерируемых вблизи катода, возвращается к поверхности мишени и практически не осаждается на поверхности подложки. Этот недостаток устраняется или смягчается путем модуляции формы волны импульса.

В эксперименте использовалось магнетронное распыление с источником высокомоментных импульсов, в качестве субстрата применялась керамика из оксида алюминия, в качестве мишени для распыления - круглая графитовая мишень. Покрываются синтезируются путем распыления катода графита ионами Ar^+ . В процессе магнетронного распыления мощность была установлена на уровне 1000 вольт для обеспечения эффективного распыления мишени и достаточной энергии распыленных частиц. Частота и коэффициент заполнения являются одними из лучших условий для достижения высокого качества пленки и однородности структуры.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Л.Л. Колесник – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0009-0004-9011-1579). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва Московской обл. e-mail: kolesnik@bmstu.ru

Лю Хаоцэ – аспирант (ORCID: 0009-0004-9011-1579). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва Московской обл. e-mail: liuhoze@gmail.com

Ли Чунцун – аспирант (ORCID: 0009-0004-9011-1579). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва Московской обл. e-mail: 1018471096@qq.com

XVIII международная научно-техническая конференция «Вакуумная техника, материалы и технология» Москва, ЦВК «Экспоцентр», 9-11 апреля 2024 года

Мьо Ти Ха – кандидат физико-математических наук, докторант (ORCID: 0009-0004-9011-1579). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва Московской обл. e-mail: myothiha53@gmail.com

АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИ ВЫСОКОВАКУУМНОЙ ОТКАЧКЕ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Аунг Лин Хтай, Мьо Чжо Хлаинг, Вей Мо Линн, Л.Л. Колесник

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МОЛЕКУЛЯРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ВЫСОКОВАКУУМНАЯ ОТКАЧКА, ВОЗДУХ, ЧИСТОЕ ПОМЕЩЕНИЕ

ANALYSIS OF MOLECULAR CONTAMINANTS DURING HIGH- VACUUM PUMPING OF EQUIPMENT OPERATING AT LOW TEMPERATURES

Aung Lin Htay, Myo Kyaw Hlaing, Wai Moe Linn, L.L. Kolesnik

KEYWORDS

MOLECULAR POLLUTION, HIGH VACUUM PUMPING, AIR, CLEAN ROOM

В настоящее время большая часть примесей, оседающих на поверхности в чистых помещениях, образуется за счет газообразных веществ. Технологическое оборудование чистых помещений обычно создается с целью защиты персонала или производственного процесса от загрязняющих воздух частиц. Это явление получило название «молекулярное загрязнение воздуха», которое контролировать трудно. Для микроструктур с размерами порядка 1 мкм твердые или жидкие мелкодисперсные частицы являются основными причинами брака из-за привносимой дефектности. Молекулярные загрязнения проявляются в виде продуктов распада полимерных конструкционных материалов и органических соединений, продуктов заготовлений резиновых смесей. Для наноструктур молекулярные загрязнения становятся критичными. Молекулярное загрязнение воздуха играет важную роль не только в микроэлектронике, но и других отраслях, использующих чистые помещения.

В статье представлены результаты литературного обзора по материалам публикаций, посвященных анализу молекулярных загрязнений при высоковакуумной откачке оборудования. Рассмотрены анализы молекулярных загрязнений на уровне оборудования и готовой продукции.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

¹Аунг Лин Хтай – аспирант (ORCID: 0009-0007-1853-0850). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва Московской обл. e-mail: aunglinhtay1995@gmail.com

²Л.Л. Колесник – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0009-0007-1853-0850). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва Московской обл. e-mail: kolesnik@bmstu.ru

³Мьо Чжо Хлаинг – кандидат технических наук, докторант (ORCID: 0009-0007-1853-0850). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва Московской обл. e-mail: myokyawhlaing51@gmail.com

⁴Вей Мо Линн – магистрант (ORCID: 0009-0007-1853-0850). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва Московской обл. e-mail: wmlin.mec@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДА РЕАКТИВНОГО ГАЗА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

А.Н. Смирнов, Д.Е. Шашин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, ТОНКИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПЛЕНКИ ЦИНКА, РАСХОД РЕАКТИВНОГО ГАЗА, ОКСИДЫ

STUDY OF THE INFLUENCE OF REACTIVE GAS CONSUMPTION ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF METAL OXIDE FILMS WHEN IMPLEMENTING MAGNETRON SPRAYING TECHNOLOGY

A.N. Smirnov, D.E. Shashin

KEYWORDS

MAGNETRON SPRAYING, THIN NANOSTRUCTURED ZINC FILMS, REACTIVE GAS CONSUMPTION, OXIDES

В данной статье описано исследование влияния расхода реактивного газа на физические свойства пленок оксидов металлов при реализации технологии магнетронного распыления на модернизированной установке УРМ 3.279.014 предназначенной для реализации технологии формирования наноструктурированных пленок различных металлов и их соединений.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Смирнов Алексей Николаевич – студент магистратуры радиотехнического факультета Поволжского Государственного Технологического Университета,

Шашин Дмитрий Евгеньевич кандидат технических наук, доцент Поволжского Государственного Технологического Университета (ORCID: 0000-0002-8222-2824), г. Йошкар-Ола респ. Марий Эл e-mail: aleksmirnov2000@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТОНКИХ ПЛЁНОК ДИОКСИДА ТИТАНА

А.Д. Дьячков, Д.Е. Шашин, А.Л. Романов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТОНКАЯ ПЛЁНКА, ДИОКСИД ТИТАНА, МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, ФОТОКАТАЛИЗ

INFLUENCE OF ANNEALING ON THE PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF TITANIUM DIOXIDE THIN FILMS

A.D. Dyachkov, D.E. Shashin, A.L. Romanov

KEYWORDS

THIN FILM, TITANIUM DIOXIDE, MAGNETRON SPUTTERING, PHOTOCATALYSIS

В настоящее время в области приборостроения большое внимание уделяется технологиям формирования плёнок оксидов металлов с целью создания материалов для производства новых поколений элементов информационно-измерительных приборов (УФ-приёмники, датчики концентрации газов и др.). Большинство из этих применений базируется на фотовозбуждаемых процессах. В этой области из плёнок оксидов металлов наибольший интерес вызывают плёнки оксида титана. TiO_2 из-за его высоких фотокаталитических свойств применяют для разложения органически сложных соединений, наиболее оптимальным способом получения, которых является магнетронное распыление. На эффективность фотокатализа тонких плёнок влияет совершенство их кристаллической структуры, которое можно попытаться достичь методом отжига. Поэтому в качестве цели проведения исследований имеет смысл проверка влияния данного метода на оптические и фотокаталитические свойства.

Целью работы является повышение качества свойств плёнок TiO_2 путём проведения отжига образцов после их формирования с помощью реактивного магнетронного распыления. Для достижения этого были получены образцы пленки TiO_2 методом реактивного магнетронного распыления при различных условиях формирования, а так же проведено исследование фотокаталитических и оптических свойств плёнок.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дьячков Алексей Дмитриевич – аспирант 1-го курса направления «Электроника, фотоника, приборостроение и связь» (ORCID: 0009-0007-6286-8330). Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола Республика Марий Эл. e-mail: addyachkov@gmail.com

Шашин Дмитрий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0002-8222-2824). Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола Республика Марий Эл. e-mail: ShashinDE@volgatech.net

Романов Алексей Леонидович – студент-бакалавр 4-го курса направления «Электроника и наноэлектроника» (ORCID: 0009-0007-9981-511X). Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола р. Марий Эл e-mail: romanov.tan2014@yandex.ru

РАЗРАБОТКА МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ МИШЕНЬЮ

А. И. Беликов, Н. М. Синявин, Г. В. Кипов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МАГНЕТРОННЫЕ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ИОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ МАГНЕТРОН

DESIGNING OF A MAGNETRON SPUTTERING SYSTEM WITH A CYLINDRICAL TARGET

Belikov A. I., Sinyavin N. M., Kipov G. V.

KEYWORDS

MAGNETRON SPUTTERING SYSTEM, ION SPUTTERING, CYLINDRICAL MAGNETRON

Одной из важных задач, которая решается в процессе разработки магнетронных распылительных систем (МРС) является обеспечение высокого коэффициента использования материала мишени (КИМ). Для МРС с цилиндрической мишенью КИМ может достигать значений порядка 80%. Кроме того, для нанесения покрытий на изделия машиностроения, в ряде случаев, компоновка технологической системы на основе МРС с цилиндрической мишенью является более компактной и предпочтительной. С расширением областей использования тонкопленочных покрытий и номенклатуры изделий с ними, актуализируется необходимость разработки МРС такого типа.

В работе представлены результаты анализа и выбора вариантов конструкции МРС с цилиндрической мишенью. Проведено моделирование различных вариантов компоновки магнитной системы с целью обеспечения необходимой конфигурации магнитных полей и величины магнитной индукции у поверхности мишени не менее 0,1 Тл. В ходе моделирования также были выявлены зависимости между параметрами охлаждающей системы МРС и распределением температур на компонентах магнитной системы при коэффициентах теплоотдачи охлаждающей жидкости в диапазоне 500..3000 Вт/м²·К и поглощаемой катодом тепловой мощности в диапазоне 1000..3000 Вт/м². На основании выполненных проектных расчетов и моделирования определены параметры конструкции МРС с цилиндрической мишенью, а также требования к характеристикам охлаждающей системы.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Беликов Андрей Иванович – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0003-1036-9058). МГТУ им.Н.Э.Баумана, г.Москва, e-mail: belikov@bmstu.ru

Синявин Никита Михайлович – студент 4 курса бакалавриата (ORCID: 0009-0009-9837-2956). МГТУ им.Н.Э.Баумана, г.Москва, e-mail: nikitasinawin@ya.ru

Кипов Георгий Вячеславович – студент 1 курса магистратуры (ORCID: 0009-0001-1873-5318). МГТУ им.Н.Э.Баумана, г.Москва, e-mail: kipovgv@student.bmstu.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ LTCC

С.А. Хохлун, А.И. Сидоров, С.В. Сидорова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

LTCC, НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КЕРАМИКА, ИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ, ПЛАЗМЕННОЕ ТРАВЛЕНИЕ

TECHNOLOGICAL MODES ON THE LTCC-BASED PRODUCTS CHARACTERISTICS INFLUENCE

S.A. Khokhlun, A.I. Sidorov, S.V. Sidorova

KEYWORDS

LTCC, LOW-TEMPERATURE CERAMIC, ISOSTATIC LAMINATION, PLASMA ETCHING

В современной промышленности наблюдается возрастающий интерес к использованию низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC), обладающей высокими показателями электрических характеристик и стабильностью работы в СВЧ-диапазоне. Существенным параметром, отвечающим за качество изделия, является усадка керамики в результате комплекса технологических операций. Кроме этого, внимание уделяется улучшению качества поверхности керамики, что является важным для последующих этапов. Улучшение обозначенных характеристик возможно после выявления зависимостей геометрических и физических параметров от технологических режимов и внедрения их в технологию производства изделий.

Целью работы является исследование влияния технологических режимов на геометрические и физические характеристики LTCC.

Для отработки режимов комплекса операций (изостатического прессования и отжига) получена серия образцов из LTCC, и оценено измерение геометрических размеров до и после отжига.

Кроме того, полученные образцы были исследованы на гониометре для оценки гидрофильности поверхности LTCC после спекания. Для влияния на гидрофильность поверхности было предложено использовать плазменную обработку. Плазменная обработка проведена на установке TRION SIRUS T2, находящейся на кафедре МТ-11 МГТУ им.Н.Э. Баумана.

По результатам измерений усадки образцов и оценки угла смачивания были получены уравнения регрессии, описывающие зависимость обозначенных параметров от режимов изостатического прессования и плазменной обработки, соответственно.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Хохлун Святослав Андреевич – студент кафедры МТ-11, 4 курса. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: hohlun2002@mail.ru

Сидоров Александр Иванович – начальник отдела. ООО «АКМ», г. Москва, e-mail: alex_sidorov@bk.ru

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры (ORCID: 0000-0002-3002-1246). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ

В. С. Мальцев, А. Д. Купцов, С. В. Сидорова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ОКСИД АЛЮМИНИЯ, ДИОКСИД КРЕМНИЯ, ПЛАЗМА, АРГОН, КИСЛОРОД, ВАКУУМ

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PLASMA TREATMENT ON THE SURFACE STRUCTURE OF METAL OXIDES AND SEMICONDUCTORS

V. S. Maltsev, A. D. Kouptsov, S. V. Sidorova

KEYWORDS

ALUMINUM OXIDE, SILICIN DIOXIDE, PLASMA, ARGON, OXYGEN, VACUUM

Состояние поверхности подложки существенно влияет на структуру наносимых пленок и свойства пленочных элементов. При создании устройств микроэлектроники к функциональным слоям должны применяться повышенные требования к структуре поверхности для обеспечения требуемых параметров при нанесении функциональных слоёв. Высокая шероховатость поверхности подложки, наличие на ней микронеровностей уменьшают толщину пленок, вызывают локальное изменение электрофизических свойств пленок и тем самым снижают воспроизводимость параметров пленочных элементов и их надежность. В результате проведенных ранее исследований установлено: при обработке в аргоне поверхности оксида алюминия шероховатость увеличивается, а при добавлении кислорода – уменьшается.

Целью данной работы является изучение структуры поверхности оксида алюминия и диоксида кремния до и после плазменной обработки в смеси газов аргона и кислорода.

Получена серия образцов тонких пленок оксида алюминия на кремниевой подложке и оксида кремния на подложке из ситалла. Покрываются методом магнетронного распыления на вакуумном оборудовании МВТУ-11-1МС кафедры МТ11 МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Исследование поверхности оксида алюминия проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа. Была измерена шероховатость до и после плазменной обработки. Анализ показал уменьшение шероховатости поверхности оксидов.

Рентгеноструктурный анализ показал увеличение количества атомов кислорода в пленках оксида алюминия, что говорит об изменении структуры поверхностного слоя.

В дальнейшем планируется моделирование влияния состава параметров плазмы на структуру и геометрию оксидов металлов и полупроводников.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мальцев Владислав Сергеевич – студент 2 курса магистратуры (ORCID: 0009-0009-3294-8326). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: malzev.vladislav.99@gmail.com

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры (ORCID: 0000-0002-3002-1246). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru

Купцов Алексей Дмитриевич – аспирант 2 года (ORCID 0009-0002-3997-9722). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: alex-kouptsov@yandex.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НАНЕСЕНИЯ ФОТОРЕЗИСТА ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕМ

Г.А. Дьячков, С.В. Сидорова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ВАКУУМНЫЙ ПРИЖИМ, НАНЕСЕНИЕ ФОТОРЕЗИСТА, ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ

MODIFICATION OF THE LABORATORY UNIT FOR PHOTORESIST SPIN-COATING

G.A. Dyachkov, S.V. Sidorova

KEYWORDS

VACUUM CLAMP, PHOTORESIST COATING, SPIN COATING

Для проведения исследований процессов фотолитографии в лаборатории кафедры МТ11 МГТУ им. Н.Э. Баумана был разработан стенд нанесения фоторезиста центрифугированием «Инь-янь». Закрепление подложек на столике центрифуги происходило при помощи клея, что приводило к различным дефектам на пленке, оставались следы на образце, которые вносили погрешности в исследование. Поэтому необходима модернизация стенда, путем добавления другого способа закрепления образца.

В качестве вариантов рассматривалось механическое закрепление, минусом которого является наличие дефектов в местах закрепления, а также необходимость разработки дополнительной оснастки под конкретный размер образца. Еще одним вариантом крепления был вакуумный прижим, недостатком которого является сложность конструкции. Однако данный способ позволяет наносить фоторезист на подложки различных размеров и форм, что особенно актуально в лабораторных условиях.

Цель работы – разработка модели варианта крепления подложек к столику с помощью вакуумного прижима

Вакуумный прижим используется в металлообработке для прижима заготовок, в стекольной промышленности и подходит для прижима твердых подложек, на которые в основном и наносится фоторезист.

Были проанализированы и определены следующие требования: давление до 900 мбар, вакуум безмасляный, насос должен иметь стойкость к химическим растворителям. Для создания вакуума можно использовать мембранный насос с химически стойкой мембраной.

Разработанная модель вакуумного прижима учитывает требования компактности и доступности к изготовлению элементов.

В дальнейшем планируется приобретение вакуумного насоса, а также различных уплотнений. Комплектация и сборка доработанного макета лабораторной установки.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дьячков Георгий Антонович – студент 2-го курса магистратуры. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: georgdyach@yandex.ru

XVIII международная научно-техническая конференция «Вакуумная техника, материалы и технология» Москва, ЦВК «Экспоцентр», 9-11 апреля 2024 года

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры (ORCID: 0000-0002-3002-1246). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru

ПОВЕРХНОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ ПЛЕНОК ОКСИДА IN-SN, СФОРМИРОВАННЫХ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

П.В. Пащенко, А.Ф. Белянин, Е.Р. Павлюкова, Н.И. Сушенцов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПЛЕНКИ ОКСИДА ИНДИЯ-ОЛОВА, СЛОИСТЫЕ СТРУКТУРЫ, МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ

SURFACE RESISTANCE UNDER MECHANICAL LOADS OF In-Sn OXIDE FILMS FORMED BY MAGNETRON SPUTTERING

P.V. Paschenko, A.F. Belyanin, E.R. Pavlyukova, N.I. Sushentsov

KEYWORDS

INDIUM TIN OXIDE FILMS, LAYERED STRUCTURES, MAGNETRON SPUTTERING

Пленки оксида In–Sn (ITO) состава $In_{1.8}Sn_{0.2}O_3$ толщиной 100 нм наносили на подложки из листового полиэтилентерефталата (ПЭТ) толщиной 0,2 мм и слоистой структуры ПЭТ/Cu (толщина пленки Cu 30 нм) методом реактивного ВЧ-магнетронного распыления мишени из сплава 90 ат.% In и 10 ат.% Sn в газовой смеси Ar и O₂. На пленки ITO наносили контактные площадки из Cu толщиной 1 мкм. Пленки Cu на ПЭТ и ITO наносили магнетронным распылением мишеней из Cu в режиме постоянного тока.

Пленки ITO характеризовались различным соотношением концентраций кристаллических и аморфных нанокластеров. Поверхностное сопротивление пленок ITO зависело от их строения и составляло от 10 Ом/□ до 7,5 кОм/□. Изучено изменение сопротивления пленок ITO в слоистых структурах ПЭТ/ITO и ПЭТ/Cu/ITO (размер образцов 25×76 мм) при механической нагрузке на растяжение (до 6 кгс) и изгиб. При растяжении образцов ПЭТ/ITO сопротивление ITO не изменялось или незначительно уменьшалось на ~7% и плавно возвращалось к исходной величине при снятии нагрузки. Для образцов ПЭТ/Cu/ITO характерно уменьшение сопротивления на ~5% при нагрузке и увеличивалось на ~9,5% при снятии нагрузки. Изменение сопротивления при нагрузке на растяжение зависело от концентрации текстурированной поликристаллической фазы пленок ITO. При изгибе образцов на угол $\geq 30^\circ$ нарушалась сплошность пленки ITO и ее сопротивление увеличивалось более чем на порядок.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пащенко Павел Владимирович – к.т.н., ст. научный сотрудник, Инновационно-инжиниринговый центр микросенсорики МИРЭА – РТУ; НИИ ЯФ им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: pvpastchenko@gmail.com

Белянин Алексей Федорович – д.т.н., профессор, Инновационно-инжиниринговый центр микросенсорики МИРЭА – РТУ, Москва, e-mail: belyanin@mirea.ru; belianinaf@yandex.ru

Павлюкова Елена Раилевна – старший научный сотрудник, Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, e-mail: elena.pavlyukova@cplire.ru

XVIII международная научно-техническая конференция «Вакуумная техника, материалы и технология» Москва, ЦВК «Экспоцентр», 9-11 апреля 2024 года

Сушенцов Николай Иванович – к.т.н., доцент, зав. каф., Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, e-mail: sniyola@mail.ru

СТЕНД ПОЛЯРИЗАЦИИ ПВДФ ПЛЕНКИ В ПЛАЗМЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Б. А. Басов, К. Т. Макарова, К. М. Моисеев, А. С. Осипков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПОЛЯРИЗАЦИЯ, ПВДФ, ПОЛИМЕР, ПЛАЗМА ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА, ПЬЕЗОКОЭФИЦИЕНТ

GLOW DISCHARGE PLASMA SYSTEM FOR PVDF FILM POLLING

B. A. Basov, K. T. Makarova, K. M. Moiseev, A. S. Osipkov

KEYWORDS

PVDF, POLARIZATION, GLOW DISCHARGE, PIEZOELECTRIC EFFECT

Работа посвящена разработке стенда поляризации гибких сегнетоэлектрических полимерных пленок на основе поливинилиденфторида (ПВДФ) в плазме тлеющем разряде на базе малогабаритной установки плазменной обработки MPC.

Установка MPC оснащена высоковольтными вакуумными тоководами, что необходимо для создания высоковольтного тлеющего разряда, внутренней фторопластовой рамой, в которой устанавливаются электроды, позволяющей между вакуумными циклами изменять расстояние между электродами от 5 до 140 мм. Помимо диодной конфигурации системы электродов с катодом и анодом предусмотрена возможность применения триодной системы, состоящей из верхнего электрода, сетки, управляющей потенциалом накапливаемого заряда на поверхности пленки, и нижнего заземленного электрода. Также стенд оборудован термопарой и зондом Ленгмюра.

Проведены процессы поляризации образцов неполяризованной ПВДФ пленки производства Poly-K (США). С помощью d_{33} -метра Sinocera YE2730 (КНР) получены средние значения пьезокоэффициента d_{33} более 10 пКл/Н обработанных в плазме тлеющего разряда образцов с нанесенными на обе стороны магнетронным методом медными электродами толщиной 300 нм и диаметром 10 мм.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2022-0007).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Басов Богдан Алексеевич – студент магистратуры 1 курс (ORCID: 0009-0002-3051-1605). Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, e-mail: basovba@student.bmstu.ru

Макарова Камила Туреккановна – студент магистратуры 1 курс (ORCID: 0000-0003-2808-5600). Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, e-mail: makarovakt@student.bmstu.ru

Моисеев Константин Михайлович – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0002-8753-7737). Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, e-mail: k.moiseev@bmstu.ru

Осипков Алексей Сергеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник (ORCID: 0000-0003-3603-2621). Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: osipkov@bmstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ КАТОДНЫХ МИШЕНЕЙ ДЛЯ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА

А.И. Беликов, Синьсинь Ван, Н.А. Хлобыстин, А.И. Илларионов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ, МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, КАТОДНАЯ МИШЕНЬ, ДИСУЛЬФИД МОЛИБДЕНА

GAS EMISSION INVESTIGATION OF THE MOLYBDENUM DISULFIDE CATHODE TARGETS FOR MAGNETRON SPUTTERING PROCESSES

A.I. Belikov, X. Wang, N.A. Khlobystin, A.I. Illarionov

KEYWORDS

GAS EMISSION, MAGNETRON SPUTTERING, CATHODE TARGET, MOLYBDENUM DISULFIDE

Высокое качество проводимых в условиях вакуума технологических процессов обеспечивается регламентированным составом остаточной газовой среды. Наличие в газовой среде нежелательных компонентов, которые изменяют химический и фазовый состав осаждаемых в вакууме покрытий, неизбежно приводит к ухудшению функциональных характеристик последних. Широкое распространение получили покрытия, формируемые магнетронным распылением катодных мишеней дисульфида молибдена (MoS_2). Такие мишени изготавливают прессованием порошков MoS_2 , что определяет их относительно высокую остаточную пористость. Высокая сорбционная емкость таких мишеней и значительный поток газовой выделенной увеличивают время откачки технологической камеры и снижают качество покрытий.

В работе представлены методика, экспериментальная техника и результаты исследования газовой выделенной распыляемых мишеней, изготовленных путем холодного прессования из порошков дисульфида молибдена. Изучена динамика газовой выделенной из мишеней в процессе их обезгаживания при длительном нахождении в вакууме.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Беликов Андрей Иванович – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0003-1036-9058). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: belikov@bmstu.ru

Ван Синьсинь – аспирант 1 года обучения, (ORCID: 0009-0003-2884-6403). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: vans7@student.bmstu.ru

Хлобыстин Никита Андреевич – студент 4 курса (ORCID: 0009-0006-5547-423X). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: khna20t346@student.bmstu.ru

Илларионов Алексей Иванович – студент 4 курса (ORCID: 0009-0006-7248-259X). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: iai20t159@student.bmstu.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ МАГНЕТРОННОГО УЗЛА УСТАНОВКИ ВУП-11М ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНОК

С.Ю. Хыдырова, Б.Р. Гусейнов, Л.Е. Лысов, К.М. Моисеев

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, ТОНКИЕ ПЛЁНКИ, КРИСТАЛЛИЧНОСТЬ, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, РАЗБАЛАНСИРОВАННЫЙ МАГНЕТРОН

UPGRADING THE MAGNETRON UNIT OF THE VUP-11M SETUP FOR CRYSTALLINE SUPERCONDUCTING FILMS FABRICATION

Hydyrova S. Yu., Guseynov B. R., Lysov L.E., Moiseev K.M.

KEYWORDS

MAGNETRON SPUTTERING, THIN FILMS, CRYSTALLINITY, MAGNETIC FIELD, UNBALANCED MAGNETRON

Тонкие плёнки материалов Nb_3Ge , Nb_3Si , Nb_3Al обладают высокими сверхпроводящими свойствами в кристаллическом состоянии со структурой типа A15. Кристаллические плёнки при магнетронном распылении преимущественно формируют при нагреве подложки, однако для получения фазы A15 необходим нагрев до $\sim 900^\circ C$. Альтернативным способом повышения кристалличности структуры, неизученным для плёнок A15, является использование разбалансированных магнетронов, что предлагается реализовать для магнетронов NE-50 на установке ВУП-11М посредством изменения индукции магнитной системы.

В работе измерены ВАХ магнетрона при давлении от 0,2 до 0,8 Па с мишенями Nb, а также измерено магнитное поле магнетрона. Проведено моделирование магнитного поля в пространстве в зависимости от индукции и диаметра центрального магнита, а также расстояния до подложки, на основании которого определены требуемые параметры центрального магнита для разбалансировки магнетрона.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гусейнов Бегляр Рауфович - студент 3 курса бакалавриата кафедры МТ-11 (ORCID 0009-0003-2926-5336) МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва e-mail: beglyar04.guseynov@mail.ru

Лысов Леонид Евгеньевич - студент 3 курса бакалавриата кафедры МТ-11 (ORCID 0009-0003-8702-3271) МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва e-mail: yhlymbek@mail.ru

Хыдырова Селби Юсуповна – аспирант 3 года и ассистент кафедры МТ-11 (ORCID 0000-0002-5510-0899) МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва e-mail: hydyrova@bmstu.ru

Моисеев Константин Михайлович – к.т.н., доцент кафедры МТ-11 (ORCID 0000-0002-8753-7737) МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва e-mail: .moiseev@bmstu.ru

КОМПАКТНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ПО СИНТЕЗУ ТОНКИХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР.

А. Ю. Гойхман

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ, СИНХРОТРОННЫЕ И НЕЙТРОННЫЕ МЕТОДЫ, ИМПУЛЬСНО-ЛАЗЕРНОЕ ОСАЖДЕНИЕ, СИНХРОТРОН, ВАКУУМ

COMPACT MOBILE AND LABORATORY SETUPS FOR SYNTHESIS OF THIN EPITAXIAL STRUCTURES

A.Y. Goikhman

KEYWORDS

THIN-FILM STRUCTURES, SYNCHROTRON AND NEUTRON METHODS, PULSED LASER DEPOSITION, SYNCHROTRON, VACUUM

In-situ исследования тонких пленок играют важную роль в понимании процессов роста структур, особенно на начальных стадиях этапах. В то же время малое количество материала на этих этапах требует высокой точности и чувствительных методов исследования. Некоторые синхротронные и нейтронные методы являются наиболее релевантными для этой задачи. Однако, в большинстве случаев, эти методы исследования имеют строгие требования к образцу и его окружению. Например, образец должен быть размещен на гониометре, холодном пальце или в магнитном зазоре.

В данной работе мы представляем возможное решение этой проблемы - компактные инструменты для импульсного лазерного осаждения (ИЛО, PLD). Метод ИЛО имеет широкий спектр материалов для напыления и выдающуюся гибкость. Формирующий фактор синтеза - импульсный лазер - расположен вне вакуумной камеры. Это позволяет сделать камеру максимально компактной.



Рис 1. In-situ PLD установка на нейтронном рефлектometре MARIA @FRM-II

Первым примером реализации является in-line установка PLD (рис. 1), построенная при нашем участии для нейтронного рефлектometра MARIA (FZ Jülich, FRM-II), работающего в магнитном зазоре в присутствии сильного магнитного поля. Высота камеры составляет всего 80 мм. В то же время нагреватель образца позволяет достигать температуры до 600К в позиции напыления и до 10К в позиции исследования. Портативная камера с загрузочным затвором позволяет достигать уровня вакуума до 10-8 мбар.

Недавно мы разработали и испытали новую портативную кубическую камеру PLD на линии P23 синхротрона PETRA III (рис. 2), которая была использована для in-situ исследования особенностей роста тонких пленок BaTiO₃.

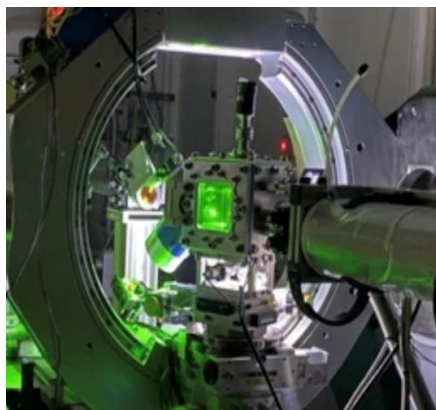


Рис. 2. In-situ PLD установка на синхротроне PETRAIII

Этот эксперимент был посвящён исследованию критической толщины эпитаксиальной пленки в зависимости от напряжения, вызванного различным материалом подложки. В качестве подложек были использованы MgO(100), LaAlO₃(100), SrTiO₃(100) для создания сжимающих и растягивающих напряжений. Результаты показывают возможные эффекты влияния толщины пленки, температуры роста и скорости охлаждения. Мы получили данные о поведении направлений поляризации в плоскости и вне плоскости при различных условиях роста.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Гойхман Александр Юрьевич – кандидат физико-математических наук, г. Калининград, Калининградская область, ООО «Наноматериалы и Устройства», 236001, г. Калининград, ул. Генерала Челнокова, 1, e-mail: aygoikhman@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ ДЕТАЛИ ПРОЕКТА ИТЭР

А.И. Беликов, О.Э. Алиханов, Р.И. Зайнуллин, А.Р. Мишкинис

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, МАГНЕТРОННОЕ НАНЕСЕНИЕ, ПОКРЫТИЕ

SIMULATION OF THE COATING DEPOSITION PROCESS ON A VARIOUS PARTS OF THE ITER PROJECT

A.I. Belikov, O.E. Alihanov, R.I. Zainullin, A.R. Mishkinis

KEYWORDS

COMPUTER SIMULATION, MAGNETRON SPUTTERING, COATING

Магнетронное нанесение покрытий широко применяется в различных областях промышленности, номенклатура изделий расширяется, зачастую возникают задачи, требующие создания технологических систем под новые объекты сложной формы. Кроме того, постоянно нарастающий темп внедрения новых решений побуждает к созданию и применению эффективных инструментов для ускоренной разработки внутрикамерных компоновок оборудования магнетронного нанесения. Очевидно, что использование предварительного компьютерного моделирования при разработке технологической системы позволяет ускорить процесс разработки оптимального компоновочного решения.

В работе представлена методика разработки системы «планарный магнетрон-изделие» с использованием программы моделирования процесса осаждения материала распыляемой мишени на поверхность 3D-объекта. Для определения основных параметров осаждения, расчета толщины и неравномерности покрытия использовалась авторская программа «TFDepositionR». Для таких разнотипных объектов конструкции проекта ИТЭР, как тело вращения с внешними поверхностями, включая резьбовую, и отверстие с внутренней резьбой и центральной вставкой в него, приведены разработанные трехмерные модели, на основании которых, с использованием варьируемых геометрических параметров, выполнялась проработка разных вариантов компоновок. Представлено полученное на основе моделирования распределение толщины покрытия на поверхностях изделий, а также выработанные на основе оптимизации по критериям «скорость осаждения – равномерность – технологическая производительность» компоновочные решения вакуумного оборудования для нанесения покрытий.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Беликов Андрей Иванович – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0003-1036-9058). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: belikov@bmstu.ru

Алиханов Орхан Эльдар Оглы – магистр (ORCID: 0000-0002-3218-4962). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: orhan.alihanov@gmail.com

Зайнуллин Рустам Ильшатovich – магистр (ORCID: 0009-0009-3022-1369). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: rustam.zainullin@bk.ru

Мишкинис Андрей Романович – бакалавр (ORCID: 0009-0005-1663-0482). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: andreimishkinis@yandex.ru

НАНОТЕХНОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ГИБРИДНОГО КОНДЕНСАТОРА ПО ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В.В. Слепцов, А.О. Дителева, Д.Ю. Кукушкин, Р.А. Цырков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ГИБРИДНЫЙ КОНДЕНСАТОР, НАНОЧАСТИЦЫ, НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ, УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО, ВЫСОКОПОРИСТАЯ МАТРИЦА

DEVELOPMENT OF THE ELECTRODE MATERIAL OF A HYBRID CAPACITOR USING THIN-FILM TECHNOLOGY

V.V. Sleptsov, A.O. Diteleva, D.Y. Kukushkin, R.A. Tsyrcov,

KEYWORDS

ELECTRODE MATERIALS, HYBRID CAPACITOR, NANOPARTICLES, ENERGY STORAGE, CARBON FIBER, HIGHLY POROUS MATRIX

В настоящее время для производства химических источников тока и ионисторов (суперконденсаторов) используют традиционную толстоплёночную технологию, которая практически исчерпала свой потенциал по росту удельной энергоёмкости и достигла показателей на уровне 260 Вт·час/кг для литиевых химических источников тока и 5-10 Вт·час/кг для суперконденсаторов (ионисторов). В связи с этим, разработка тонкоплёночной технологии, которая имеет большую перспективу роста энергоёмкости в отличии от традиционной толстоплёночной, а также разработка основ конструкции электродных материалов гибридных конденсаторов с удельной энергоёмкостью более 350 Вт·час/кг, является актуальной и своевременной задачей.

Задача данной работы состояла в разработке базовых основ перспективной конструкции и тонкоплёночной рулонной технологии изготовления электродных материалов для гибридных конденсаторов с удельной энергоёмкостью свыше 300 Вт·час/кг.

Была разработана модель конструкции электродного материала для гибридных конденсаторов с удельной энергоёмкостью выше 300 Вт·час/кг. Рост удельной энергоёмкости и безопасности эксплуатации обеспечивается за счёт электродных материалов на основе пластичной углеродной матрицы с высокой удельной поверхностью, в которой встроен химически активный наноструктурированный материал, а энергия накапливается за счёт протекания электрохимического процесса и в двойном электрическом слое (ДЭС). Дополнительный потенциал роста удельной энергии обеспечивает двойной электрический слой с высокой диэлектрической проницаемостью на уровне 10^4 и выше. Тонкоплёночные нанотехнологии имеют существенно более широкие возможности в сравнении с традиционными толстоплёночными технологиями при создании перспективных конструкций электрохимических систем. Отличительной особенностью тонкоплёночной технологии производства таких структур является умение работать с материалами с высокоразвитой поверхностью (удельная поверхность достигает $1\ 000\ \text{м}^2/\text{г}$ и более). Разработанная тонкоплёночная технология включает в себя магнетронное осаждение слоя титана и наноструктурирование пористого углеродного материала наночастицами металлов по электроимпульсной технологии.

Такая конструкция электродного материала гибридного конденсатора и тонкопленочная технология изготовления обеспечивают возможность создания новой элементной базы с высокой удельной энергоёмкостью как с использованием лития, так и на без литиевой основе, а кроме того возрастает безопасность эксплуатации ячеек за счёт применения более широкого спектра электролитов (включая электролиты на водной основе).

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2023-0008.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Слепцов Владимир Владимирович – доктор технических наук, профессор (ORCID: 0000-0002-1171-336X), заведующий кафедрой РТН, Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: 08fraktal@inbox.ru

Дителева Анна Олеговна – кандидат технических наук, (ORCID:0000-0002-0819-6517), Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: anna.diteleva@mail.ru

Кукушкин Дмитрий Юрьевич – кандидат технических наук, (ORCID: 0000-0002-6968-1495), Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: Skyline34@nxt.ru

Цырков Роман Александрович – Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: roma1992@yandex.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГЕТЕРОФАЗНОЙ ЭЛЕКТРОННО- ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЕ

Ч.В. Дык, М.Н. Васильев, Т.М. Васильева, М.К. Никитин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВАЯ ПЛАЗМА, ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ РЕАКТОР
ФОРВАКУУМНОГО ДАВЛЕНИЯ, ГАЗОЖИДКОСТНАЯ КОНВЕРСИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ,
ПАРОГАЗОВАЯ СМЕСЬ

EXPERIMENTAL SETUP FOR RESEARCH OF GASES CONVERSION IN HETEROPHASE ELECTRON-BEAM PLASMA

T.V. Duc, M.N. Vasiliev, T.M. Vasilieva, M.K. Nikitin

KEYWORDS

ELECTRON-BEAM PLASMA, FOREVACUUM PRESSURE PLASMA-CHEMICAL REACTOR,
CONVERSION OF GASES, GAS-VAPOR MIX

В результате проделанной работы была создана и в поэлементных испытаниях протестирована лабораторная установка – прототип плазмохимического реактора, предназначенного для исследования плазменно-стимулированной конверсии углеводородов. Были отработаны различные способы формирования гетерофазных газожидкостных плазмообразующих сред в неподвижной электронно-пучковой плазме и в плазменных потоках. Была исследована электростатическая зарядка элементов конструкции реакционной камеры и макроскопических тел, помещенных в газофазный реакционный объем применительно к задачам конструирования электронно-пучковых плазмохимических реакторов застойного и проточного типа. При этом получены зависимости, характеризующие влияние условий непрерывной и импульсно-периодической генерации электронно-пучковой плазмы на величину потенциала этих объектов в реакционных камерах различной геометрии.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чинь Ван Дык – студент Московского физико-технического института, г. Долгопрудный, Московская обл. / ducphuc0311@gmail.com

Михаил Николаевич Васильев – ведущий научный сотрудник Объединенного института высоких температур РАН, доктор технических наук, профессор, г. Москва / mvasiliev2006@rambler.ru (ORCID: 0000-0002-7586-5573)

Татьяна Михайловна Васильева – научный сотрудник Объединенного института высоких температур РАН, доктор технических наук, доцент, г. Москва / tmvasilieva@gmail.com (ORCID: 0000-0001-6103-6195)

Никитин Максим Константинович – студент Московского физико-технического института, г. Долгопрудный, Московской обл. / nikitin.mk@phystech.edu

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И БИОСОВМЕСТИМОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ПУТЕМ ОБРАБОТКИ В ГИБРИДНОЙ ПЛАЗМЕ ФОРВАКУУМНОГО ДАВЛЕНИЯ

Т.М. Васильева, Е.Д. Никольская, М.Н. Васильев, М.Р. Моллаева, М.В. Чиркина, М.Б. Сокол, Н.Г. Яббаров, Т.Г. Шикова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ, ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ, ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВАЯ ПЛАЗМА, ГИБРИДНАЯ ПЛАЗМА, СМАЧИВАЕМОСТЬ, БИОСОВМЕСТИМОСТЬ

CHANGES OF PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES AND BIOCOMPATIBILITY OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE SURFACES BY PROCESSING IN HYBRID PLASMA OF FOREVACUUM PRESSURE

T.M. Vasilieva, E.D. Nikolskaya, M.N. Vasiliev, M.R. Mollaeva, M.V. Chirkina, M.B. Sokol, N.G. Yabbarov, T.G. Shikova

KEYWORDS

POLYETHYLENE TEREPHTHALATE, PLASMA CHEMICAL POLYMERS MODIFICATION, ELECTRON-BEAM PLASMA, HYBRID PLASMA, WETTABILITY, BIOCOMPATIBILITY

Изучена возможность применения пучково-плазменных химических реакторов, генерирующих холодную гибридную плазму, для получения нецитотоксичных полимерных поверхностей, обладающих высокой гидрофильностью и хорошей биосовместимостью с культурой фибробластов человека и эритроцитами человека. Кислородная гибридная плазма возбуждалась совместным действием непрерывного сканирующего электронного пучка и емкостного ВЧ-газового разряда. Эксперименты показали, что обработка гибридной плазмой приводит к образованию полярных кислородсодержащих функциональных групп в поверхностном слое пленок полиэтилентерефталата. При этом в результате плазмохимической модификации не происходит термических или радиационных повреждений в образцах полимеров. Плазменно-модифицированные полимеры оказались нецитотоксичными и обладали хорошей биосовместимостью с фибробластами человека линии VJ-5ta, а также более низкой гемолитической активностью, чем необработанный полиэтилентерефталат. Эксперименты показали, что в гибридной плазме не возникают явления, вызванные электростатическим зарядом полимеров, поскольку компонент электронного пучка гибридной плазмы устраняет заряд материала при его обработке. Электронный пучок позволяет также эффективно управлять геометрией реакционного объема и потоками активных частиц плазмы, падающими на поверхность образца. Это открывает новые подходы к созданию резко структурированных паттернов или плавных градиентов функциональности на плоских и трехмерных полимерных изделиях сложной геометрии.

Работа была выполнена в рамках гранта РФФ № 21-79-30062.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Васильева Татьяна Михайловна – доктор технических наук, доцент (ORCID: 0000-0001-6103-6195). Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва. e-mail: tmvasilieva@gmail.com

Никольская Елена Дмитриевна – кандидат химических наук (ORCID: 0000-0002-1931-3117). Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва. e-mail: elenanikolskaja@gmail.com

Васильев Михаил Николаевич – доктор технических наук, профессор (ORCID: 0000-0002-7586-5573). Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва. e-mail: mvasiliev2006@rambler.ru

Моллаева Мария Романовна – младший научный сотрудник (ORCID: 0000-0002-9999-4652). Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва. e-mail: mollaevamariia@gmail.com

Чиркина Маргарита Викторовна – младший научный сотрудник (ORCID: 0000-0001-6061-4803). Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва. e-mail: chir.marg@mail.ru

Сокол Мария Борисовна – младший научный сотрудник (ORCID: 0000-0002-1976-1972). Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва. e-mail: mariyabsokol@gmail.com

Яббаров Никита Григорьевич – кандидат биологических наук. Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва. e-mail: yabbarovng@gmail.com

Шикова Татьяна Григорьевна – кандидат химических наук, доцент (ORCID: 0000-0002-3401-6524). Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново. e-mail: shikova@isuct.ru

ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ И МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ КАРКАСНЫХ СТРУКТУР С ВСТРОЕННЫМИ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В.В. Слепцов, А.О. Дителева, Д.Ю. Кукушкин, Р.А. Цырков, Д.Г. Муратов, Л.В. Кожитов, Зорин А.В.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ КАРКАСЫ, ZIF-67, ОРГАНИЧЕСКИЕ ЛИНКЕРЫ, ИОНЫ МЕТАЛЛОВ, ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ГИБРИДНЫХ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ, МЕТАЛЛОУГЛЕРОДНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ, ПИРОЛИЗ. ЭЛЕКТРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ, ГИБРИДНЫЙ КОНДЕНСАТОР, УГЛЕРОДНАЯ МАТРИЦА, ТОНКОПЛЕНОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, НАНОТЕХНОЛОГИИ.

ELECTRODE MATERIALS BASED ON CARBON AND ORGANOMETALLIC FRAME STRUCTURES WITH EMBEDDED CHEMICALLY ACTIVE AND FUNCTIONAL ELEMENTS

V.V. Sleptsov, A.O. Diteleva, D.Yu. Kukushkin, R.A. Tsyrcov, D.G. Muratov, L.V. Kozhitov, A.V. Zorin

KEYWORDS

ORGANOMETALLIC FRAMEWORKS, ZIF-67, ORGANIC LINKERS, METAL IONS, ELECTRODES FOR HYBRID SUPERCAPACITORS, METAL-CARBON NANOCOMPOSITES, PYROLYSIS. ELECTRODE MATERIAL, HYBRID CAPACITOR, CARBON MATRIX, THIN FILM TECHNOLOGY, NANOTECHNOLOGY.

В настоящее время максимальная удельная энергоёмкость достигнута у литиевых химических источников тока (ХИТ) и составляет 260 Вт·ч/кг, у конденсаторов – 5-10 Вт·ч/кг. Традиционная толстоплёночная технология производства ХИТ и конденсаторных структур уже в течение более 10 лет не обеспечивает необходимой динамики роста удельной энергоёмкости ХИТ и сверхъёмких конденсаторных структур, и также наблюдается тенденция существенного снижения удельной энергоёмкости с целью повышения уровня безопасности и долговременности функционирования [1-9]. При этом появляются сообщения о получении более высоких результатов по удельной энергоёмкости. Но, как правило, это связано с одновременным снижением количества циклов или безопасности эксплуатации.

Развитие аккумуляторов для достижения удельной энергоёмкости более 300 Вт·ч/кг сейчас необходимо вести в сторону развития поколения аккумуляторов с электродными материалами, представляющими из себя углеродную матрицу с высокой удельной поверхностью, в которой встраивается активный материал. В качестве электродных материалов доминирующее положение сейчас занимают углеродные материалы (графит, аморфный углерод).

Развитие аккумуляторов для достижения удельной энергоёмкости более 300 Вт·ч/кг сейчас необходимо вести в сторону развития поколения аккумуляторов с электродными материалами, которые представляют из себя углеродную матрицу с высокой удельной поверхностью, в которой встраивается активный материал. В качестве электродных

материалов доминирующее положение сейчас занимают углеродные материалы (графит, аморфный углерод, металлоорганические каркасы). Альтернативой аноду на основе графита выделяют более безопасные аноды на основе титаната лития, которые способны выдержать большое количество циклов заряда-разряда (до 7000 циклов). [10-14].

В работе представлен обзор различных видов углеродных матриц с высокой удельной поверхностью и технологии заполнения их химически активными и вспомогательными материалами. Основное внимание уделено перспективным матрицам на основе металлоорганических каркасов (МОК) и на основе серийно выпускаемых рулонных углеродных материалов типа «Бусофит». Рассмотрены их особенности структуры, представлена классификация. Рассмотрены основные методы и подходы к синтезу как самих МОК, так и композиционных материалов на их основе.

Структура МОК представляет собой регулярную трехмерную решетку, образованную органическими линкерами и металлическими кластерами. На примере анализа литературных данных по синтезу и изучению структуры показано, что характер взаимосвязей и типы металлов могут существенным образом влиять на пространственное построение и размер кристаллов МОК. МОК могут быть нано-, микро- и мезоразмерными, плотными и пористыми, объемными и слоистыми. Это все определяет их широкий спектр свойств и возможности применения.

Таким образом, в статье на примере обзора литературных источников и практическом эксперименте продемонстрировано, что разработка новых подходов к дизайну композитных материалов на основе МОК, а также исследование физико-химических закономерностей взаимодействия данных материалов с различного рода носителями является весьма актуальной задачей.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2023-0008.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Слепцов Владимир Владимирович – доктор технических наук, профессор (ORCID: 0000-0002-1171-336X), заведующий кафедрой РТН, Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: 08fraktal@inbox.ru

Дителева Анна Олеговна – кандидат технических наук, (ORCID:0000-0002-0819-6517), Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: anna.diteleva@mail.ru

Кукушкин Дмитрий Юрьевич – кандидат технических наук, (ORCID: 0000-0002-6968-1495), Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: Skyline34@nxt.ru

Цырков Роман Александрович – Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: roma1992@yandex.ru

Муратов Дмитрий Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0002-4865-288X), доцент кафедры технологии материалов электроники, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1, 119049, e-mail: muratov.ag@misis.ru

Кожитов Лев Васильевич – доктор технических наук, профессор (ORCID: 0000-0002-4973-1328) профессор кафедры технологии материалов электроники, Национальный

исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1, 119049, e-mail: kozitov@misis.ru

Зорин Артём Викторович – аспирант, кафедра технологий материалов электроники, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1, 119049, e-mail: m1602075@edu.misis.ru

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ

Л.И. Кравец, А.Б. Гильман, В.М. Елинсон

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТРЕКОВЫЕ МЕМБРАНЫ, ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ, НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПЛАЗМА

FUNCTIONALIZATION OF THE TRACK-ETCHED MEMBRANES SURFACE BY LOW-TEMPERATURE PLASMA

L.I. Kravets, A.B. Gilman, V.M. Elinson

KEYWORDS

TRACK-ETCHED MEMBRANES, SURFACE FUNCTIONALIZATION, LOW-TEMPERATURE PLASMA

Большинство коммерческих полимерных мембран обладает гидрофобной поверхностью, что ограничивает их применение из-за низкой смачиваемости. Для расширения сферы их использования проводятся работы по функционализации поверхности, под которой понимают придание мембранам новых свойств путем частичного или полного изменения состава химических групп поверхностного слоя. Широкое распространение для этой цели получил метод обработки в низкотемпературной плазме, с помощью которого благодаря изменению состава функциональных групп на поверхности мембран можно изменить целый ряд их свойств: адсорбционных, селективных, транспортных, что позволяет существенно расширить области использования полимерных мембран. В данной работе приведены результаты исследований воздействия низкотемпературной плазмы неполимеризующихся и полимеризующихся в условиях разряда газов на трековые мембраны из полиэтилентерефталата и полипропилена. Показано, что применение метода плазмохимического модифицирования позволяет тонко управлять смачиваемостью поверхности трековых мембран, что, в свою очередь, приводит к появлению у них новых функциональных свойств. Модифицированные таким образом мембраны можно использовать в микрофлюидике для управления потоком жидкости в микроканалах, в медицине, в процессах водоподготовки для получения питьевой воды.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кравец Любовь Ивановна – старший научный сотрудник, кандидат технических наук (ORCID: 0000-0001-8468-4259), Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, г. Дубна Московской обл. e-mail: kravets@jinr.ru

Гильман Алла Борисовна – старший научный сотрудник, кандидат химических наук, (ORCID: 0000-0001-8059-6956), Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, г. Москва. e-mail: plasma@ispm.ru

Елинсон Вера Матвеевна – доктор технических наук, профессор (ORCID: 0000-0002-4432-7991), Московский авиационный институт, г. Москва. e-mail: vm_e@mail.ru

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ НАНОРАЗМЕРНЫЕ АЛМАЗОПОДОБНЫЕ ПЛЕНКИ, ЛЕГИРОВАННЫЕ МЕДЬЮ

Ф.Г.Нешов, О.В.Рябухин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ АЛМАЗОПОДОБНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ИОНЫ МЕДИ, АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ

ANTIBACTERIAL NANO-SIZED DIAMOND-LIKE FILMS DOPED WITH COPPER

F.G.Neshov, O.V.Riabukhin

KEYWORDS

THIN FILM DIAMOND-LIKE COATINGS, COPPER IONS, ANTIBACTERIAL

Для обеспечения биологической чистоты общебытовых контактных поверхностей в последние годы появились и активно применяются антибактериальные пленки («Helix Pure Zone», «Purity Russia») активным веществом в которых являются ионы серебра. Кроме этого, используются аналогичные пленки, легированные медью (ЕРА 84542-91, США). Основным недостатком таких пленок является их низкая износостойкость.

В данной работе предложен способ создания износостойкой бактерицидной алмазоподобной углеродной поверхности с уникальными прочностными характеристиками, которыми обладают алмазоподобные углеродные пленки. Формирование покрытия проводилось на установке УВНИПА-1-001 путем распыления графитового катода с медными вставками, занимающими 7% поверхности. В качестве подложки использовались карбид-образующие металлы – алюминий и титан, обеспечившие высокую адгезию растущей пленки. Сформированные таким образом пленки подвергались отжигу в безмаслянной вакуумной печи для увеличения концентрации SP^3 алмазных связей до 80 %. Толщины получаемых пленок составляли 40-50 нм.

Бактерицидность пленок исследовалась с помощью биосенсора «Эколюм» (НВО «Иммунотех», Россия) на основе штамма кишечной палочки Esc.Coli, эффект подавления бактерий регистрировался по уменьшению световыхода биолюминесценции. Полученная алмазоподобная углеродная пленка, легированная ионами меди, позволила подавить бактерий кишечной палочки в суспензии «Эколюм» до 90%.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Нешов Федор Григорьевич – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник. Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: f.g.neshov@urfu.ru

Рябухин Олег Владимирович - кандидат физико-математических наук, доцент (ORCID: 000-0002-8487-8739). Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: o.v.ryabuhin@urfu.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЕНОК МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ ВАКУУМНЫМИ СПОСОБАМИ

Д.Е. Шашин, Н.И. Сушенцов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, ДУГОВОЕ ИСПАРЕНИЕ

FORMATION OF FILMS OF METALS AND THEIR COMPOUNDS BY VACUUM METHODS

D.E. Shashin, N.I. Syshentsov

KEYWORDS

MAGNETRON SPUTTERING, ARC EVAPORATION

Данная работа посвящена получению тонких пленок AlNi методом магнетронного распыления и особенностям, возникающим в ходе этого процесса. Описано оборудование, в том числе программное обеспечение для получения многослойных структур. Рассмотрены результаты проведенных экспериментов и разработанный технологический процесс.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Шашин Дмитрий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола).. Область научных интересов - напыление тонких пленок, автор более 30 публикаций. ORCID – 0000-0002-8222-2824. *E-mail: ShashinDE@volgatech.net*

Сушенцов Николай Иванович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры Поволжского государственного технологического университета (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – напыление тонких пленок, автор более 100 публикаций.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СЛОИ ДЛЯ ГИБКОЙ ПРОЗРАЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

А.Х. Абдуев, В.В. Беляев, Д.В. Генералов, Д.В. Николаева, В.В. Саенко, Е.А. Сметанин, Хань Ци

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПРОЗРАЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ, ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ, МАГНЕТРОННЫЙ СИНТЕЗ

FUNCTIONAL THIN FILMS FOR FLEXIBLE TRANSPARENT ELECTRONICS

A.Kh. Abduev, V.V. Belyaev, D.V. Generalov, D.V. Nikolaeva, V.V. Saenko, E.A. Smetanin, Qi Han

KEYWORDS

INTERACTIVE PROTOTYPES, QUINTESSENCE, MARKETING

Исследованы процессы низкотемпературного синтеза функциональных слоев для устройств прозрачной электроники. Изучены процессы зарождения, коалесценции и роста слоев в условиях, далеких от равновесных.

Рассмотрены механизмы формирования сложной структуры границ зерен в однородных легированных оксидных поликристаллических слоях, в многослойных оксидах и в структурах «оксид/металл». Рассмотрены процессы формирования квантовых ям на границах диэлектрических слоев ZnO/Al₂O₃ с ростом электропроводности структур на несколько порядков.

Особое внимание уделено изучению путей формирования функциональных слоев на основе многослойных структур для формирования каналов МДП транзисторов в активноматричных структурах и синтеза прозрачных электродов в системах отображения информации.

Проанализированы перспективы дальнейшего увеличения подвижностей носителей заряда в периодических структурах на основе вложенных пар слоев «оксид/полупроводник».

Создание функциональных слоев (структур) для прозрачной электроники нового поколения связано с исследованиями и построениями моделей формирования наноструктурированных, рентгеноаморфных и аморфных ультратонких компонентов на основе нестехиометричных оксидных слоев и структур со сложной архитектурой. Проанализированы модели формирования названных структур и механизмы транспорта носителей в них.

Работа была выполнена в рамках гранта РФФ 22-19-00157.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абдуев Аслан Хаджимуратович – кандидат физико-математических наук, (ORCID: 0000-0002-3948-1206). Государственный университет просвещения, Московская обл. e-mail: a_abduev@mail.ru.

Беляев Виктор Васильевич. - доктор технических наук, профессор, (ORCID: 0000-0003-0553-9358). Государственный университет просвещения, Московская обл.

Генералов Дмитрий Владимирович – аспирант (ORCID: 0009-0009-5481-3713). Российский университет дружбы народов, Москва. e-mail: 1042200024@rudn.ru.

Николаева Дарья Владимировна – аспирант (ORCID: 0009-0000-0481-1933). Российский университет дружбы народов, Москва. e-mail: darnik.dn2@gmail.com.

Саенко Владимир Владимирович – аспирант (ORCID: 0009-0009-1529-165X). Российский университет дружбы народов. г. Москва. e-mail: vvsaenko@mail.ru.

Сметанин Егор Александрович - аспирант (ORCID: 0009-0003-9237-8624). Российский университет дружбы народов, Москва. e-mail: tujh98@mail.ru.

Хань Ци – студент (ORCID: 0009-0001-8878-5943). Российский университет дружбы народов. г. Москва. e-mail: 1132224216@rudn.ru.

ВЛИЯНИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛАСТИЧНОГО СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

А.А. Фельде, В.С. Мальцев, С.В. Сидорова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

СЕГНЕТОЭЛЕКТРИК, ИОННАЯ ОБРАБОТКА, ПЛАЗМА, ЭЛАСТОМЕР, ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ, ТЕМПЕРАТУРА, ЕМКОСТЬ

THE ION PLASMA TREATMENT EFFECT ON ELASTIC FERROELECTRIC TEMPERATURE SENSOR CHARACTERISTICS

A.A. Felde, V.S. Maltsev, S.V. Sidorova

KEYWORDS

FERROELECTRIC, ION PROCESSING, PLASMA, ELASTOMER, TEMPERATURE SENSOR, TEMPERATURE, CAPACITY

Сегнетоэлектрики – это кристаллические диэлектрики, обладающие спонтанной электрической поляризацией, то есть электрическим дипольным моментом, в определенном диапазоне температур и в отсутствие внешних электрических полей. Спонтанная поляризация сегнетоэлектриков может существенным образом изменяться под влиянием внешних воздействий: электрических полей, давления, температуры и других внешних факторов.

На основе сегнетоэлектриков, благодаря их уникальным свойствам, производят различные датчики, в том числе датчики температуры. Интегрирование частиц сегнетоэлектрика в эластомер позволяет создать эластичный (гибкий) датчик, что увеличивает возможности его применения и обеспечивает плотное прилегание датчика к измеряемой поверхности.

Предложено проводить поляризацию титаната бария в составе эластомера в плазме. Это необходимо для проявления свойств сегнетоэлектрика в датчике температуры.

Целью работы является исследование влияния ионно-плазменной обработки в вакууме на характеристическую зависимость емкости от температуры чувствительного элемента.

В результате проведенных исследований следует отметить, что обработка ионным лучом не оказывает влияния на поляризацию чувствительного элемента, поэтому нецелесообразно использовать ее в этих целях. Плазменная обработка влияет на чувствительность датчика в зависимости от режима процесса. При большей мощности элемент лучше проявляет свои пирозлектрические свойства.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Фельде Анастасия Александровна – студент 1 курса магистратуры (ORCID: 0009-0008-4051-4774). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: nastja-bloom@mail.ru

Мальцев Владислав Сергеевич – студент 2 курса магистратуры (ORCID:https: 0009-0009-3294-8326). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: malzev.vladislav.99@gmail.com

XVIII международная научно-техническая конференция «Вакуумная техника, материалы и технология» Москва, ЦВК «Экспоцентр», 9-11 апреля 2024 года

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры (ORCID: 0000-0002-3002-1246). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru

ИНТЕГРИРОВАНИЕ ОСТРОВКОВЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК В ДАТЧИКИ ПОЛЕЙ И СРЕД

С.В. Кирьянов, Е.С. Щербак, А.М. Наумова, С.В. Сидорова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ДАТЧИКИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, МАГНИТОРЕЗИСТИВНОСТЬ, ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ, ОСТРОВКОВАЯ ТОНКАЯ ПЛЕНКА

ISLAND THIN FILMS INTEGRATION IN FIELD AND ENVIRONMENT SENSORS

S.V. Kiryanov, E.S. Scherbak, A.M. Naumova, S.V. Sidorova

KEYWORDS

MAGNETIC FIELD SENSORS, MAGNETORESISTANCE, GAS-SENSITIVE SENSORS, INSULAR THIN FILM

В рамках современных технологических требований, постоянно возрастающего развития электронной промышленности, существует неотложная потребность в усовершенствовании функциональных характеристик устройств при одновременном снижении их размеров. В этом контексте значительное внимание уделяется исследованию несплошных металлических покрытий, особенно на этапе формирования островковых наноструктур, так как они обладают уникальными свойствами проводимости. В качестве одних из перспективных материалов для создания таких функциональных тонких слоев выделяются Co, Ni и Al благодаря своим свойствам в области электропроводности, оптики и магнетизма.

Целью работы является отработка режимов вакуумного формирования островковых тонких пленок (ОТП) Ni, Co и Al для дальнейшего внедрения в структуру датчиков полей и сред.

Нанесение островковых тонких пленок металлов осуществлялось методом термического испарения с контролем туннельного тока на лабораторном стенде, организованном на базе установки для формирования покрытий в вакууме МВТУ-11-1МС (МГТУ им. Н.Э. Баумана).

После отработки режимов формирования OTP Ni, Co и Al планируется создание спин-туннельного магниторезистивного датчика на базе многослойной OTP из чередующихся островковых слоев Ni и Co и газочувствительного сенсора, где в качестве чувствительного элемента будет выступать OTP Al.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кирьянов Сергей Владимирович – студент 5 курса. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: makdrin@mail.ru

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры (ORCID: 0000-0002-3002-1246). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru

Щербак Екатерина Сергеевна – студент 3 курса. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: icloudkatya@icloud.com

XVIII международная научно-техническая конференция «Вакуумная техника, материалы и технология» Москва, ЦВК «Экспоцентр», 9-11 апреля 2024 года

Наумаова Анастасия Михайловна – студент 3 курса. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва.
e-mail: anastasiannaumova2003@mail.ru

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ХИМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК ПОЛИФЕНИЛЕНОКСИДА

А.В. Зиновьев, М.С. Пискарев, А.Б. Гильман, Д. А. Сырцова, Е.А. Скрылева, Б.Р. Сенатулин, А.К. Гатин, А. Ю. Алентьев, А.А. Кузнецов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПОЛИФЕНИЛЕНОКСИД, ПОВЕРХНОСТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ, НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПЛАЗМА, РЕНТГЕНОФОТОЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ, АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

THE INFLUENCE OF AC GLOW DISCHARGE ON THE CHEMICAL STRUCTURE AND PROPERTIES OF POLYPHENYLENEOXIDE FILMS

A. V. Zinoviev, M.S. Piskarev, Gilman A. B., Syrtsova D. A., E. A. Skryleva, B. R. Senatulin, A.K.Gatin, A. Yu. Alentiev A.A. Kuznetsov

KEYWORDS

POLYPHENYLENEOXIDE, SURFACE MODIFICATION, LOW TEMPERATURE PLASMA, X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY, ATOMIC FORCE MICROSCOPY

Исследован процесс поверхностного модифицирования пленок полифениленоксида под воздействием низкотемпературной плазмы, генерируемой разрядом постоянного тока пониженного давления с рабочим газом фильтрованным атмосферным воздухом. Методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии изучено изменение химической структуры модифицированной пленки. Показано, что обработка в плазме приводит к образованию на поверхности полимера новых кислородсодержащих функциональных групп. Методом атомно-силовой микроскопии исследовано изменение морфологии поверхности полимера и показано существенное увеличение шероховатости по сравнению с исходной пленкой.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и образования Российской Федерации, номер темы FFSM-2021-0006

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Зиновьев Александр Владимирович – аспирант (ORCID: 0000-0002-58367150). Институт синтетических полимерных материалов РАН, Москва, ул. Профсоюзная, 70, e-mail: zinovev.97@inbox.ru;

Пискарев Михаил Сергеевич – старший научный сотрудник (ORCID:0000-0002-8850-032X), кандидат химических наук, ИСПМ РАН, Москва, mikhailpiskarev@gmail.com;

Гильман Алла Борисовна - старший научный сотрудник (ORCID 0000-0001-8059-6956), кандидат химических наук, ИСПМ РАН, Москва, gilmanab@gmail.com;

Сырцова Дарья Александровна – к.х.н., доцент (ORCID: 0000-0003-0738-306X), ИНХС РАН, г. Москва, syrtsova@ips.ac.ru;

Скрылева Елена Александровна – ведущий инженер, (ORCID 0000-0002-9588-4456), «МИСиС», Москва,

Сенатулин Борис Романович - инженер, (ORCID 0000-0001-8293-6291), «МИСиС», Москва,

Гатин Андрей Константинович - с.н.с, к. ф-м., (ORCID 0000-0003-2421-8808), ИХФ им. Н.Н. Семенова РАН, Москва,

Алентьев Александр Юрьевич – д.х.н., проф. (ORCID 0000-0001-8034-9146), ИНХС РАН, г. Москва, Alentiev1963@mail.ru;

Кузнецов Александр Алексеевич - доктор химических наук, профессор, (ORCID: 0000-001-7527-2869), ИСПМ РАН, г. Москва, kuznets24@yandex.ru

ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕМЕНТОВ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

А.М. Руденко, С.В. Сидорова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ЭЛИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИОННОПЛАЗМЕННЫЕ МЕТОДЫ, МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ

ION-PLASMA TECHNOLOGIES IN COMMUNICATION AND INFORMATION TRANSMISSION ELEMENTS PRODUCTION

A.M. Rudenko, S.V. Sidorova

KEYWORDS

ION TECHNOLOGIES, ION PLASMA METHODS, MAGNETRON SPUTTERING

В настоящее время актуальными сферами развития являются средства связи и передачи информации. Объемы передаваемой и получаемой информации растут с геометрической прогрессией. Чтобы решить данную проблему, необходимо улучшать и развивать производство отрасли радиопередающих устройств.

Для решения такой потребности используется сверхвысокочастотная электроника, которая может работать в широкой полосе частот, при этом имея малые габариты и вес. Основными типовыми устройствами являются микрополосковые платы, которые могут создаваться с помощью элионных технологий.

Одним из главных компонентов такой микрополосковой платы является слой металлизации, который формирует топологию всего устройства. Для получения топологии возможно применение методов ионного травления и магнетронного распыления.

Целью работы является отработка режимов ионно-плазменных процессов при формировании топологии микрополосковых устройств связи и передачи информации.

Процесс формирования слоя металлизации был реализован на установке МВТУ11-1МС (МГТУ им. Н.Э. Баумана) методом магнетронного распыления в вакууме, что позволяет получить покрытия высокой чистоты с толщиной от 200 нм и повысить точность получения математической регрессии, которая в дальнейшем позволит быстро и подбирать требуемые режимы распыления металлов.

Первоначальная обработка (удаление поверхностных загрязнений) и травление слоя металлизации (получение необходимой толщины) проводились ионно-плазменными методами. Использование «сухого» ионного травления имеет ряд преимуществ: повышение адгезии металлизации и качества протравленного слоя.

Для возможности прогнозирования и упрощения производства микрополоскового устройства были получены математические регрессии, которые проверены на воспроизводимость и адекватность.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Руденко Андрей Михайлович – студент 4 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. e-mail: syg26mail.ru@gmail.com

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, (ORCID: 0000-0002-3002-1246). e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПЬЕЗОМОДУЛЯ ПВДФ ПЛЕНОК МЕТОДОМ «ТРАНСФОРМАТОРА»

Д.П. Еманов, Э.Р. Исхакова, К.М. Моисеев, А.С. Осипков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПВДФ, ИЗМЕРЕНИЕ ПЬЕЗОМОДУЛЯ, СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКИ, ПРЯМОЙ ПЬЕЗОЭФФЕКТ, ОБРАТНЫЙ ПЬЕЗОЭФФЕКТ

MEASUREMENT OF PVDF FILM PROPERTIES BY PIEZOELECTRIC TRANSFORMER METHOD

D.P. Emanov, E.R. Iskhakova, K.M. Moiseev, A.S. Osipkov

KEYWORDS

PVDF, PIEZOELECTRIC COEFFICIENT MEASUREMENT, FERROELECTRICS, DIRECT PIEZOELECTRIC EFFECT, INVERSE PIEZOELECTRIC EFFECT

Измерение пьезомодуля ПВДФ пленки – один из ключевых этапов в процессе изучения свойств материала. В работе рассмотрен метод «трансформатора», который позволяет с высокой точностью измерить пьезомодуль ПВДФ пленки.

Расчет пьезомодулей d_{31} и d_{32} проводится по двум методикам. При подаче напряжения U_1 на электрод возбуждения в образце возникают продольные колебания вследствие обратного пьезоэффекта. Из-за прямого пьезоэффекта на приемном электроде формируется напряжение U_2 той же частоты, максимум которого регистрируется на резонансной частоте колебаний образца. Его значение, а также значения емкости, геометрических параметров образцов, резонансной частоты и используется в дальнейших расчетах.

Измерения проводятся на предварительно поляризованных пленках Poly-K толщиной 50 мкм и размерами 40x10 мм с нанесенными медными электродами. На одной стороне электрод занимает всю площадь образца, на другой стороне – делится на две части, расстояние между которыми варьируется. В одном случае электроды занимают 50% и 15% всей площади, в другом - площади электродов равны.

По результатам измерений построены графики зависимости выходного напряжения от частоты для определения резонансной частоты колебаний и зависимости пьезомодуля от расстояния между электродами, выбран оптимальный способ расчета пьезокоэффициентов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2022-0007).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Еманов Данила Петрович – студент 4 курса (ORCID: 0009-0003-7798-9785). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: emanov2001@yandex.ru

Исхакова Эльвина Рустамовна – студентка 4 курса (ORCID: 0009-0000-7139-8667). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: elvina.cool2222@yandex.ru

Моисеев Константин Михайлович – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0002-8753-7737). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: k.moiseev@bmstu.ru

Осипков Алексей Сергеевич – кандидат технических наук (ORCID: 0000-0003-3603-2621). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: osipkov@bmstu.ru

ИЗМЕРЕНИЕ ПЬЕЗОМОДУЛЯ D33 ПВДФ ПЛЕНОК МЕТОДОМ «ПАДАЮЩЕГО ШАРИКА»

Д. П. Еманов, К. М. Моисеев, А.С. Осипков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПВДФ, ПЬЕЗОМОДУЛЬ, СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКИ, ПРЯМОЙ ПЬЕЗОЭФФЕКТ

MEASUREMENT OF THE PVDF FILM PIEZOELECTRIC MODULE D33 BY THE DYNAMIC BALL METHOD

D. P. Emanov, K. M. Moiseev, A. S. Osipkov

KEYWORDS

PVDF, PIEZOELECTRIC COEFFICIENT, FERROELECTRICS, DIRECT PIEZOELECTRIC EFFECT

ВВЕДЕНИЕ

Сегнетоэлектрические полимеры на основе поливинилиденфторида (ПВДФ) обладают высоким потенциалом для применения во многих областях науки и техники. Для создания устройств на их основе необходимо обеспечение высоких значений пьезокоэффициентов, точное измерение которых является важной задачей технологического процесса изготовления сегнетоэлектрических ПВДФ пленок.

В работе рассмотрен метод «падающего шарика», который позволяет измерить пьезомодуль d_{33} ПВДФ пленки с помощью импульсного воздействия падающего шарика.

Образец помещается в специальную измерительную ячейку. При импульсном воздействии падающего шарика возникают индуцированные заряды, пропорциональные силе удара шарика. Сила удара рассчитывается двумя способами: через второй закон Ньютона в импульсной форме и через упругое взаимодействие двух тел разной кривизны. Количество заряда определяется с помощью зарядового усилителя и осциллографа. Через полученную амплитуду сигнала вычисляется пьезомодуль d_{33} .

Для измерения используются образцы ПВДФ пленки (Poly-K, США) толщиной 50 мкм и размерами 15x15 мм с нанесенными с обеих сторон медными электродами толщиной 300 нм и диаметром 10 мм. Получены результаты измерений пьезомодуля, построен график зависимости силы удара от высоты падения шарика. Проведено сравнение двух способов расчёта силы удара.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2022-0007).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Еманов Данила Петрович – студент 4 курса (ORCID: 0009-0003-7798-9785). МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва, e-mail: emanov2001@yandex.ru

Моисеев Константин Михайлович – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0002-8753-7737). Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: k.moiseev@bmstu.ru

Осипков Алексей Сергеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник (ORCID: 0000-0003-3603-2621). Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, e-mail: osipkov@bmstu.ru

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПВДФ ПЛЕНОК НА СТЕНДЕ ПЛАЗМЕННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ МРС

Б.А. Басов, К.Т. Макарова, К.М. Моисеев, А.С. Осипков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПВДФ, ПОЛЯРИЗАЦИЯ, ТЛЕЮЩИЙ РАЗРЯД, ПЬЕЗОКОЭФФИЦИЕНТ

POLARIZATION OF POLYMER FERROELECTRIC PVDF FILMS AT THE MRS PLASMA POLARIZATION STAND

B.A. Basov, K.T. Makarova, K.M. Moiseev, A.S. Osipkov

KEYWORDS

PVDF, POLARIZATION, GLOW DISCHARGE, PIEZOELECTRIC EFFECT

Статья посвящена определению влияния наличия тонкопленочного электрода на поверхности пленки на значение пьезокоэффициента d_{33} при плазменной поляризации.

Процесс поляризации реализован на лабораторном стенде плазменной поляризации МРС. В качестве образцов используется коммерческая ориентированная неполяризованная ПВДФ пленка (Poly K, USA) толщиной 25 мкм и размерами 20×20 мм. На один образец предварительно наносится медный электрод диаметром 10 мм.

Полученные результаты демонстрируют увеличение пьезомодуля d_{33} в 2,5 раза у образца с электродом по сравнению с чистым образцом. Также замечено повышение равномерности распределения пьезомодуля d_{33} по поверхности пленки. Таким образом, наличие тонкопленочного электрода повышает качество поляризации за счет более плотного контакта образца с нижним электродом установки и компенсации микронеровностей поверхности ПВДФ пленки.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2022-0007).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Басов Богдан Алексеевич – студент магистратуры 1 курс (ORCID: 0009-0002-3051-1605). Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: basovba@student.bmstu.ru

Макарова Камила Туреккановка – студент магистратуры 1 курс (ORCID: 0000-0003-2808-5600). Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: makarovakt@student.bmstu.ru

Моисеев Константин Михайлович – кандидат технических наук (ORCID: 0000-0002-8753-7737). Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: k.moiseev@bmstu.ru

Осипков Алексей Сергеевич – кандидат технических наук (ORCID: 0000-0003-3603-2621). Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: osipkov@bmstu.ru

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ОСТРОВКОВЫХ ПЛЁНОК ДЛЯ КОНДЕНСАТОРОВ ПОВЫШЕННОЙ ЁМКОСТИ

И.Е. Пименов, С.В. Сидорова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИОННОЕ ТРАВЛЕНИЕ, ОСТРОВКОВЫЕ ПЛЕНКИ, КОНДЕНСАТОРЫ

ISLAND FILMS FORMING METHOD FOR HIGH-CAPACITY CAPACITORS

I.E. Pimenov, S.V. Sidorova

KEYWORDS

VACUUM TECHNOLOGIES, ISLAND FILMS, ION PLASMA TECHNOLOGIES, ION ETCHING, CAPACITORS

Повсеместная электрификация становится тенденцией современного технологического развития. Наиболее распространенным накопителем энергии является электрохимический аккумулятор. Однако, сами аккумуляторы имеют ограниченный срок службы, чувствительны к температуре окружающей среды и изготавливаются из редкоземельных металлов, добыча и утилизация которых наносит вред окружающей среде. Альтернативой аккумуляторам могут быть конденсаторы. Они менее чувствительны к температуре окружающей среды, имеют большой срок службы и минимально влияют на окружающую среду. Одним из перспективных вариантов конденсатора с высокой ёмкостью рассматривается конденсатор с островковыми структурами. Увеличение ёмкости реализуется посредством увлечения площади обкладок и уменьшения толщины диэлектрического слоя. Островковые структуры служат потенциальными ямами для зарядов, что позволяет увеличить КПД, уменьшив собственное потребление энергии.

Целью данной работы является анализ и выбор геометрии островкового слоя для обкладок конденсатора.

В ходе работы были предложены структуры формируемых конденсаторов с одним и двумя островковыми слоями. Был проведен анализ материалов слоев структуры и выбраны наиболее предпочтительные. Также были предложены методы формирования островковой структуры с использованием магнетронного распыления из комбинированной мишени.

На основе проведенного анализа были составлены математические модели и проведены расчеты ёмкостей конденсаторов с островками разного размера, а также с островковыми слоями на одной и обеих обкладках. Было проведено сравнение полученных данных и определена структура, позволяющая получить небольшую удельную ёмкость конденсатора.

В дальнейшей работе планируется получение образцов с заданной геометрией обкладок конденсатора и проверка их физических характеристик.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пименов Илья Евгеньевич – Аспирант 1-го года ФГУП НАМИ, г. Москва, e-mail: ilyarimenov2004@gmail.com

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры (ORCID: 0000-0002-3002-1246). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; ФГУП НАМИ, г. Москва, e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru

ОЦЕНКА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОЛЩИНЫ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

А.Д. Купцов, С.В. Сидорова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, РАСПЫЛЕНИЕ, ТОНКИЕ ПЛЕНКИ, ВАКУУМ

THIN-FILM COATINGS THICKNESS UNEVEN EVALUATION FORMED BY MAGNETRON SPUTTERING

A.D. Kouptsov, S.V. Sidorova

KEYWORDS

ION-PLASMA TECHNOLOGIES, SPUTTERING, THIN FILMS, VACUUM

Информационные мощности и методы передачи данных совершенствуются с каждым днем вместе с технологиями производства. Поэтому разрабатываются устройства, которые обеспечивают более высокие функциональные характеристики. К таким изделиям относят структуры, изготовленные по планарным технологиям с применением методов эллионных технологий. При этом топология является многослойной и выполнена из разных материалов для подложки, изоляции и проводников. Широкий спектр устройств различного назначения и функциональных характеристик возможно свести в послойную геометрию, структура слоев которой является разнотолщинной, но при этом относится к классу тонкопленочных изделий.

Целью работы является оценка распределения толщины тонкопленочных покрытий при разной геометрии системы мишень-подложка.

Нанесение тонкопленочных покрытий проводится на лабораторном оборудовании МВТУ-11-1МС (МГТУ им. Н.Э. Баумана), режимы работы которого обеспечивают малые быстрое время процессов нанесения, что позволяет проводить несколько экспериментов за рабочий день. При этом осаждение выполняют из технологических источников с малым размером мишени – 50...75 мм. Для различной компоновки геометрии системы распыления и подложки возможны случаи с формированием тонких пленок разной толщины относительно центра подложки и ее периферии.

В результате проведения экспериментальных исследований представлены расчет и моделирование процесса осаждения металлических и диэлектрических материалов методом магнетронного распыления с оценкой неравномерности покрытий по подложке диаметром до 76 мм.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Купцов Алексей Дмитриевич – аспирант 2 года (ORCID 0009-0002-3997-9722). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: alex-kouptsov@yandex.ru

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры (ORCID: 0000-0002-3002-1246). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ КОНТАКТНЫХ И АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК АЛИФАТИЧЕСКОГО ПОЛИКЕТОНА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ В ПЛАЗМЕ, ПРИ ХРАНЕНИИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

М.С. Пискарев, А.В. Зиновьев А.Б. Гильман, А.С. Кечекьян, А.А. Кузнецов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

АЛИФАТИЧЕСКИЙ ПОЛИКЕТОН, РАЗРЯД ПОСТОЯННОГО ТОКА, КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ, ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ, ПОЛЯРНЫЙ И ДИСПЕРСИОННЫЙ КОМПОНЕНТЫ, СОПРОТИВЛЕНИЕ ОТСЛАИВАНИЯ, ЛИПКАЯ ЛЕНТА SCOTCH®810, КАМЕРА ВЛАЖНОСТИ, ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОГРЕВ

CHANGES IN THE CONTACT AND ADHESION PROPERTIES OF ALIPHATIC POLYKETONE FILMS MODIFIED BY PLASMA DURING STORAGE UNDER DIFFERENT CONDITIONS

M.S. Piskarev, A.V. Zinoviev, A. B. Gilman, A.S. Kechek'yan, A.A. Kuznetsov

KEYWORDS

ALIPHATIC POLYKETONE, DC DISCHARGE, CONTACT ANGLE, SURFACE ENERGY, POLAR AND DISPERSIVE COMPONENTS, PEELING RESISTANCE, SCOTCH®810 ADHESIVE TAPE, HUMIDITY CHAMBER, ISOTHERMAL HEATING

Исследовано влияние хранения при различных условиях модифицированных в плазме пленок промышленного алифатического поликетона Roketon™ на их контактные и адгезионные характеристики. Пленки хранили при комнатной температуре и нормальном давлении, в камере влажности и после изотермического прогрева. Изучено изменение смачиваемости, поверхностной энергии, ее полярного и дисперсионного компонентов. Получены данные по сохранности указанных параметров при разных условиях хранения и проведена оценка изменения адгезионных свойств (сопротивления отслаивания) с помощью липкой ленты Scotch®810

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и образования Российской Федерации, номер темы FFSM-2021-0006. Измерения контактных свойств пленок проводили в Центре коллективного пользования "Центр исследований полимеров" ИСПМ РАН.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пискарев Михаил Сергеевич – старший научный сотрудник (ORCID:0000-0002-8850-032X), кандидат химических наук, Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН (ИСПМ РАН), Москва, mikhailpiskarev@gmail.com;

Зиновьев Александр Владимирович – аспирант (ORCID: 0000-0002-58367150), ИСПМ РАН, zinovev.97@inbox.ru;

Гильман Алла Борисовна - старший научный сотрудник (ORCID 0000-0001-8059-6956), кандидат химических наук, ИСПМ РАН, gilmanab@gmail.com;

Кечекьян Александр Степанович старший научный сотрудник (ORCID 0000-0001-9731-7351), ИСПМ РАН, кес-alexander@yandex.ru,

Кузнецов Александр Алексеевич - доктор химических наук, профессор, (ORCID: 0000-001-7527-2869), ИСПМ РАН, kuznets24@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ ТИТАНА В НАНОПУСТОТЫ ОПАЛОВЫХ МАТРИЦ

В.В. Борисов, А.Ф. Белянин, П.В. Пашенко, Н.И. Сушенцов, М.А. Тимофеев

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ОПАЛОВЫЕ МАТРИЦЫ, МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАНОКОМПОЗИТЫ

INTRODUCTION OF TITANIUM INTO NANOPORES OF OPAL MATRIX BY MAGNETRON SPUTTERING

V.V. Borisov, A.F. Belyanin, P.V. Paschenko, N.I. Sushentsov, M.A. Timofeev

KEYWORDS

OPAL MATRIXES, MAGNETRON SPUTTERING, METAL-DIELECTRIC NANOCOMPOSITES

Для формирования металлодиэлектрических нанокomпозитов использовали пластины толщиной 1,2 мм из опаловых матриц (ОМ) с диаметром шаровых частиц кремнезема ~250 нм. Титан (Ti) в пустоты ОМ вводили магнетронным распылением аргоном в режиме постоянного тока мишени из Ti при ионизации в плазме индуктивного ВЧ-разряда распыляемого материала. После нанесения Ti пластины ОМ отжигали в вакууме при 870 К.

Строение и элементный состав сформированных нанокomпозитов изучали с использованием просвечивающего и растрового электронных микроскопов, энергодисперсионного и ИК спектрометров. Титан оседал на поверхности пластин и проникал в пустоты ОМ. При толщине слоя Ti на поверхности пластины ОМ равной 0,8 мкм распределение Ti и углерода (С), частично заполнивших пустоты ОМ, по объему образца составляло 1,75–1,9 и 5,88–6,48 вес.%, соответственно. В пустоты ОМ титан проникал в виде летучих органических соединений Ti с отношением атомов С и Ti в пределах 12,53–14,79. Органические соединения Ti формировались в плазме при взаимодействии ионов Ti с парами вакуумного масла. Отжиг пластин ОМ приводил к разложению органических соединений Ti с осаждением в пустотах С и Ti.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Борисов Владимир Викторович – ведущий программист, НИИ ЯФ им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: borvv1947@mail.ru

Белянин Алексей Федорович – д.т.н., профессор, Инновационно-инжиниринговый центр микросенсорики МИРЭА – РТУ, Москва, e-mail: belyanin@mirea.ru; belianinaf@yandex.ru

Пашенко Павел Владимирович – к.т.н., ст. научный сотрудник, Инновационно-инжиниринговый центр микросенсорики МИРЭА – РТУ; НИИ ЯФ им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: pvpastchenko@gmail.com

Сушенцов Николай Иванович – к.т.н., доцент, зав. каф., Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, e-mail: sniyola@mail.ru

Тимофеев Михаил Аркадьевич – к.ф.-м.н., вед. научный сотрудник, НИИ ЯФ им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: mikel1948@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, СОЗДАННЫХ НА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ МЕТОДАМИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

П.А. Щур, А.В Шведов, Т.В. Ходырев, М.Р. Войтухов, Д.В. Гринько

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ФТОРУГЛЕРОДНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF FLUOROCARBON COATINGS CREATED ON POLYMER MATERIALS BY ION-PLASMA METHOD AT ATMOSPHERIC PRESSURE

Shchur P.A., Shvedov A.V., Khodyrev T.V., Voitukhov M.R., Grinko D.V.

KEYWORDS

ANTIBACTERIAL COATINGS, FLUOROCARBON COATINGS, ION-PLASMA TECHNOLOGIES, ATMOSPHERIC PRESSURE

По данным исследований ООН и WRAP, свыше 930 млн тонн продуктов питания, что составляет 17% от общего производства, выбрасывается каждый год, из них 60% связаны с неправильным потреблением. Нанесение антибактериальных покрытий на упаковку может сократить потери пищевых продуктов и открыть возможности для доставки скоропортящихся продуктов в удаленные районы. Это также снизит глобальный вклад в выпуск парниковых газов, так как 10% от всех выбросов связаны с неиспользованными остатками еды.

Часто возникающие требования к стерильности помещений и инструментов делают медицину ещё одним перспективным направлением применения антибактериальных покрытий. Возможно нанесение антибактериальных покрытий в больничных помещениях для улучшения процедур профилактики внутрибольничных инфекций. Также особенно интересен раздел медицинской имплантации, в котором строго инвазивный характер применяемых процедур делает необходимость применения антибактериальных покрытий крайне актуальной проблемой.

Космонавтика и космическая электроника также предъявляют высокие требования к антибактериальным покрытиям из-за уникальных условий космоса и опасности микробиологических агентов.

Целью работы является исследование антибактериальных свойств фторуглеродных покрытий, созданных на поверхности полимерных материалов методами ионно-плазменной технологии при атмосферном давлении. В качестве модельных полимеров были выбраны ПЭТФ и ПС так как эти полимеры являются одними из самых используемых в космонавтике, электронике, медицине, упаковочной промышленности, биотехнологиях и др.

В результате проведённой работы были получены следующие результаты:

1. При ионно-плазменном формировании фторуглеродных покрытий при атмосферном давлении на поверхности ПЭТФ и ПС наблюдаются антибактериальные свойства;

2. В одинаковых режимах обработки антибактериальные свойства фторуглеродных покрытий, сформированных на ПЭТФ и ПС, отличаются. Это указывает на необходимость подбора специального режима нанесения для соответствующего полимера;
3. Наиболее предпочтительный режим формирования фторуглеродных покрытий на поверхности ПЭТФ — режим с расстоянием между плазматроном и подложкой 18 мм и со скоростью нанесения 1 мм/с. А для ПС — с расстоянием 15 мм и со скоростью нанесения 2 мм/с. В данных режимах достигается максимальный антибактериальный эффект и оптимальное соотношение по времени обработки и термическому воздействию плазмы;
4. На антибактериальные свойства фторуглеродные свойства фторуглеродных покрытий влияет как расстояние между подложкой и плазматроном, так и скорость обработки.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Щур Павел Александрович – кандидат технических наук, (ORCID: 0000-0002-7862-2366). Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва. e-mail: shur-pavel@mail.ru

Шведов Андрей Викторович – кандидат технических наук, (ORCID: 0000-0002-4743-5701). Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва. e-mail: seriousash@yandex.ru

Ходырев Тимур Васильевич – (ORCID: 0000-0003-4061-259X). Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва. e-mail: xtimur7@gmail.com

Войтухов Макар Романович – (ORCID: 0009-0006-6103-9517). Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва. e-mail: Makarvoytuh@gmail.com

Гринько Дамир Владимирович – (ORCID: 0009-0000-0653-823X). Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва. e-mail: damir.grinko2003@yandex.ru

ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТЕНДЫ ДЛЯ ТЕРМОВАКУУМНЫХ ИСПЫТАНИЙ РОССИЙСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

С.Б. Нестеров, А.А. Филатов, А.А. Моисеев, П.Г. Смирнов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТЕПЛОВАКУУМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ, ИМИТАТОР СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

EXISTING AND PROSPECTIVE STANDS FOR THERMAL VACUUM TESTING IN THE RUSSIAN SPACE INDUSTRY

S.B. Nesterov, A.A. Filatov, A.A. Moiseev, P.G. Smirnov

KEYWORDS

THERMAL VACUUM TESTS, SOLAR RADIATION SIMULATOR

Перспективные проекты Российского космического агентства связаны с увеличением массогабаритных характеристик выводимых в космическое пространство аппаратов. Это приводит к необходимости использования все более габаритных стендов для проведения тепловакуумных испытаний и дегазации КА. В статье рассматривается возможность использования существующих стендов (как действующих, так и требующих реконструкции) для испытаний новейших КА. Рассматриваются подходы к созданию новых крупногабаритных стендов, особенно в части вопросов имитации солнечного излучения и имитации тепловых потоков.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Борисович Нестеров – доктор технических наук (ORCID 0000-0002-7457-4213), Российское вакуумное общество имени академика С.А. Векшинского, г. Москва, e-mail: sbn1108@yandex.ru

Антон Александрович Филатов – кандидат технических наук, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: filatov@geliosfera.com

Андрей Андреевич Моисеев, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: moiseev@geliosfera.com

Смирнов Петр Геннадьевич, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: smirnov@geliosfera.com

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СТЕНДА ТЕРМОВАКУУМНЫХ ИСПЫТАНИЙ ВК600/300

А.А. Филатов, П.Г. Смирнов, А.А. Моисеев, В.В. Бояркин, Е.В. Ретякова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТЕРМОВАКУУМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ, ИМИТАТОР СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ИМИТАТОР ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ, ВАКУУМНАЯ КАМЕРА, ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК.

PROSPECTS FOR CREATION AND USE OF A DIGITAL TWIN OF THE THERMAL VACUUM TESTING STAND VK600/300

A.A. Filatov, P.G. Smirnov, A.A. Moiseev, V.V. Boyarkin, E.V. Retyakova

KEYWORDS

THERMAL VACUUM TESTS, SOLAR RADIATION SIMULATOR, HEAT FLOW SIMULATOR, VACUUM CHAMBER, DIGITAL TWIN

Рассматривается возможность создания цифрового двойника (виртуальной лаборатории) стенда термовакuumных испытаний (ТВИ) ВК 600/300 с верхним оптическим отсеком и имитатором солнечного излучения на базе ранее созданных моделей имитатора солнечного излучения и системы имитации тепловых потоков. Представлены результаты экспериментальной верификации моделей имитатора Солнца и системы имитации тепловых потоков. Рассмотрена возможность создания модели теплообмена между космическим аппаратом и оборудованием стенда в условиях высокого вакуума и криогенных температур. Продемонстрирован положительный эффект использования предложенного цифрового двойника для планирования и уточнения программ испытаний космических аппаратов в условиях, максимально приближенных к штатным, с использованием стенда ВК 600/300, заключающийся в получении более полных сведений об объекте испытаний по сравнению с простыми испытаниями, а также в существенном сокращении времени на подготовку и проведение испытаний.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Антон Александрович Филатов – кандидат технических наук, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: filatov@geliosfera.com

Андрей Андреевич Моисеев, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: moiseev@geliosfera.com

Смирнов Петр Геннадьевич, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: smirnov@geliosfera.com

Василий Владимирович Бояркин, ФГУП НИЦ РКП, г. Пересвет, Московская область, Сергиево — Посадский городской округ, e-mail: vasiliy33@yandex.ru

Елена Владимировна Ретякова, ФГУП НИЦ РКП, г. Пересвет, Московская область, Сергиево — Посадский городской округ, e-mail: e.retyakova@nic-rkp.ru

ЛАМПА ДКСРМ-55000: МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.А. Филатов, P.G. Smirnov, A.A. Moiseev, В.В. Бояркин, Е.В. Ретякова, Р.В. Ермоленко, В.И. Холодилов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

КСЕНОНОВЫЕ КОРОТКОДУГОВЫЕ ЛАМПЫ, ИМИТАТОР СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ТЕРМОВАКУУМНАЯ КАМЕРА, ТЕПЛОВАКУУМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

LAMP DKSRM-55000: SIMULATION OF OPERATION AND PROSPECTS OF USE

A.A. Filatov, P.G. Smirnov, A.A. Moiseev, V.V. Boyarkin, E.V. Retyakova, R.V. Ermolenko, V.I. Kholodilov

KEYWORDS

XENON SHORT-ARC LAMPS, SOLAR RADIATION SIMULATOR, THERMAL VACUUM CHAMBER, THERMAL VACUUM TESTS

Представлены результаты моделирования работы лампы ДКСРМ- 55000 в составе имитатора солнечного излучения испытательного стенда КВИ-8500. Рассмотрены перспективы и возможности возобновления производства данной лампы в современных условиях для обеспечения термовакuumных испытаний космических аппаратов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Антон Александрович Филатов – кандидат технических наук, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: filatov@geliosfera.com

Андрей Андреевич Моисеев, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: moiseev@geliosfera.com

Смирнов Петр Геннадьевич, ООО НПО Гелиосфера, г. Санкт-Петербург. e-mail: smirnov@geliosfera.com

Василий Владимирович Бояркин, ФГУП НИЦ РКП, г. Пересвет, Московская область, Сергиево — Посадский городской округ, e-mail: vasiliy33@yandex.ru

Елена Владимировна Ретякова, ФГУП НИЦ РКП, г. Пересвет, Московская область, Сергиево — Посадский городской округ, e-mail: e.retyakova@nic-rkp.ru

Роман Викторович Ермоленко, ООО "ЗЭП", г. Москва, e-mail: Lemonchell@mail.ru

Виктор Иванович Холодилов, ООО "ЗЭП", г. Москва. e-mail:

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ ВК-48 ПУТЁМ СОЗДАНИЯ ЕЁ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА.

А.Ю. Кочетков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК, ТЕРМОВАКУУМНАЯ КАМЕРА, НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

IMPROVING THE OPERATIONAL AND METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE VK-48 THERMAL VACUUM CHAMBER BY CREATING ITS DIGITAL COUNTERPART.

A.IU. Kochetkov

KEYWORDS

DIGITAL TWIN, THERMAL VACUUM CHAMBER, EXPERIMENT

В последнее время направление по созданию цифровых двойников сложных технических объектов принимает всё большее значение, из-за необходимости прогнозирования их поведения в процессе эксплуатации. Создание цифровых двойников во всех отраслях промышленности позволяет прогнозировать поведение этих объектов и своевременно принимать необходимые меры предупреждая негативные последствия.

Создание цифрового двойника термовакuumной камеры (ТВК) позволяет решать две основные задачи: первая - постоянное поддержание ТВК в работоспособном состоянии, вторая - проведение виртуального тепловакuumного эксперимента перед проведением натурного эксперимента в ТВК.

Первая задача относится к эксплуатации. Поскольку ТВК является сложным техногенным объектом, включающем большое количество сложного и дорогостоящего оборудования, необходимо всегда держать её в исправном состоянии, предупреждая возможные неисправности и иметь в наличии необходимое количество запасных частей и принадлежностей, заменяя их в срок.

Вторая задача относится к проведению теловакuumного эксперимента. Поскольку полностью отказаться от натурного эксперимента невозможно в силу невозможности построения 100 % надёжной тепловой модели космического аппарата. В то же время объединение имеющейся математической модели космического аппарата с математической моделью ТВК позволит провести виртуальный эксперимент, приближённые результаты которого дадут возможность оценить состояние объекта испытаний до проведения эксперимента.

Создание цифрового двойника ТВК и объединение его с цифровым двойником испытуемого объекта позволит заранее определить наиболее критические режимы испытаний, и провести натурный эксперимент, получив наиболее достоверные экспериментальные данные при минимальных материальных затратах.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кочетков Алексей Юрьевич – кандидат технических наук. АО «НПО Лавочкина», г. Химки, Московской области. e-mail: KochetkovAIU@laspase.ru

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ПЕРВОГО В МИРЕ СКАНИРУЮЩЕГО ЗОНДОВОГО МИКРОСКОПА - СПУТНИКА ЗЕМЛИ В ВАКУУМЕ НА ВЫСОТАХ ОКОЛО 500 КМ.

Б.А. Логинов, Ю.В. Хрипунов, М.А. Щербина, А.А. Смирнов, Н.С. Нехаенко, П.А. Гранаткин, Н.У.Н. Hedeya, Н. Калназарова, Е.О. Петряев, С.К. Tanasa, Х. Ахророва, А.К. Маккой, Д.Р. Айнулова, М.Н. Плужник, А.А. Мизгайло, В.А Бобарыкина., М.В. Мамикоян, А.Р. Измайлова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

СКАНИРУЮЩИЙ ТУННЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП, СТМ, АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОП, АСМ, СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНДОВЫЙ МИКРОСКОП, СЗМ, СПУТНИК, ПЕРВЫЙ В МИРЕ СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНДОВЫЙ МИКРОСКОП — СПУТНИК

SOME RESULTS FROM THE WORLD'S FIRST SATELLITE PROBE MICROSCOPE AT ALTITUDES OF ABOUT 500 KM

B.A. Loginov, Y.V. Khripunov, M.A. Shcherbina, A.A. Smirnov, N.S. Nekhaenko, P.A. Granatkin, N.Y.N. Hedeya, N. Kalnazarova, E.O. Petryaev, C.K. Tanasa, H. Akhrorova, A.K. McCoy, D.R. Ainulova, M.N. Pluzhnik, A.A. Mizgailo, V.A. Bobarykina, M.V. Mamikoyan, A.R. Izmailova

KEYWORDS

SCANNING TUNNELING MICROSCOPE, STM, ATOMIC FORCE MICROSCOPE, AFM, SCANNING PROBE MICROSCOPE, SPM, SATELLITE, THE WORLD'S FIRST SATELLITE SCANNING PROBE MICROSCOPE

Присутствие вокруг Земли так называемого «протонного пояса» в вакууме на высоте выше 500 км над уровнем моря в настоящее время начало давать возможность проводить новые эксперименты по радиационному материаловедению в вакууме космоса ввиду открытия и успешного апробирования нового метода, явившегося развитием традиционных экспериментов в вакуумных ядерных и термоядерных установках [1]. Сам «протонный пояс» известно, что содержит протоны со скоростями до 200 км/с, а вот доставка до него исследуемых образцов вместе с аналитическим оборудованием стала новостью - не только из-за появления принципиальной возможности, но и из-за относительно доступной стоимости на уровне 10 миллионов рублей (2023г). Современный вакуумный сканирующий зондовый микроскоп «СММ-2000» с разрешением до 1 нм, был реализован в виде спутника Земли «Нанозонд-1» размером всего 300x100x100 мм (рис.1), и 27 июня 2023 года успешно запущен в космос на высоту 560 км в начало «протонного пояса». Правообладателем международного патента [2] на этот тип космических аппаратов является российское предприятие «Завод ПРОТОН», г. Зеленоград, изготовитель этих аппаратов.

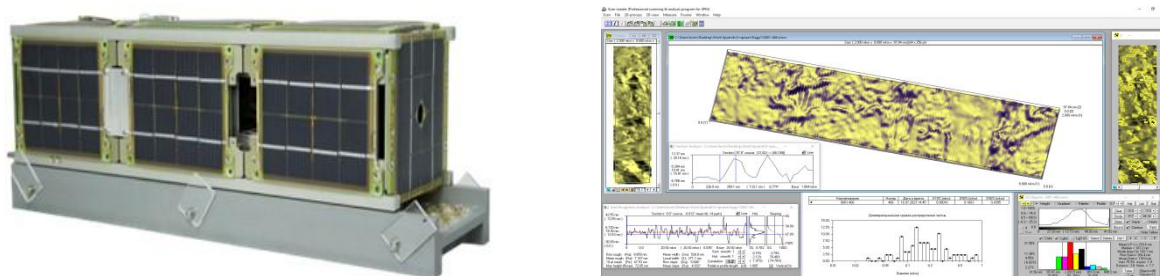


Рис.1. Первый в мире зондовый микроскоп-спутник Земли (слева) и полученный в нём кадр размером 8 мкм x 2 мкм поверхности золотого зеркала после его экспонирования в вакууме открытого космоса на высоте 560 км над уровнем моря в «протонном поясе» Земли.

Этот космический аппарат рассчитан более чем на два года полетов, при этом в день он может делать более сотни высокоразрешающих кадров поверхности образца, передавая эти кадры на Землю по радиоволнам, доступным для принятия обычными антеннами. В реализуемом в настоящее время эксперименте предстоит принять и анализировать ещё много данных, но даже на первом кадре отчётливо видно серьёзное изменение поверхности образца: на гладкой поверхности золотого зеркала с шероховатостью Ra не более 1 нм появились множественные рытвины глубиной до 30 нм. Запуск аналогичных космических аппаратов с образцами начал приобретать регулярный характер [3], с возможным расширением количества и типов аналитических приборов на борту.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Суворов А.Л., Логинов Б.А., Макеев О.Н., «Способ и устройство контроля и исследования поверхности внутри ядерных и термоядерных установок», Патент на изобретение № RU 2169954 C1, 27.07.2000г
2. Логинов Б.А., «Комплекс зондовой микроскопии для работы в космическом пространстве и атмосфере», Патент на изобретение № RU 2778278 C1, 17.08.2022г
3. Логинов Б.А., «Первый в мире сканирующий зондовый микроскоп в виде спутника – как старт этапа научных спутников-лабораторий», Наноиндустрия, 2021, №5, с.22-26

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Логинов Б.А. 1Национальный исследовательский университет МИЭТ, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, Россия, 2Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия 4АО «Завод Протон», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, стр. 6, Россия

Хрипунов Ю.В. 2Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия 3 Орловский Государственный Университет имени И.С. Тургенева, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95, Россия

Щербина М.А. 2Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия 3 Орловский Государственный Университет имени И.С. Тургенева, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95, Россия

Смирнов А.А. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Нехаенко Н.С. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Гранаткин П.А. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Недеуа Н.У.Н. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Калназарова Н.. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Петряев Е.О. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Танаса С.К. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Ахророва Х.. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Маккой А.К. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Айнулова Д.Р. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Плужник М.Н. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Мизгайло А.А. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Бобарыкина В.А. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Мамикоян М.В. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

Измайлова А.Р. Образовательный центр «Сириус», федеральная территория «Сириус», Олимпийский проспект, д. 40, Россия

КОНТРОЛЬ МОЛЕКУЛЯРНОГО (ОРГАНИЧЕСКОГО) ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ И ВНУТРЕННЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ

Е.В. Жировов, Д.Н. Михайлов, В. А. Богачев, С. Б. Нестеров

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ (ОРГАНИЧЕСКИЕ) ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА

CONTROL OF MOLECULAR (ORGANIC) CONTAMINATION OF THE INNER SURFACE AND INTERNAL EQUIPMENT OF VACUUM SYSTEMS

E.V. Zhirovov, D.N. Mikhailov, V. A. Bogachev, S. B. Nesterov

KEYWORDS

MOLECULAR (ORGANIC) CONTAMINATION, VACUUM SYSTEM

Предлагаемая Методика применяется для контроля и обнаружения органического загрязнения на внутренней поверхности и внутреннем оборудовании термовакuumной камеры (ТБК), а также может быть применена для контроля и обнаружения органического загрязнения на поверхностях КА, аппаратуре, экспериментальном оборудовании, наземных объектах вакуумных испытаний и чистых помещениях.

Мониторинг с помощью ИК-спектроскопии проводится для проверки строгого соблюдения контроля загрязнения и чистоты космического летательного аппарата и вспомогательного оборудования.

К общим загрязняющим факторам относятся:

- летучие конденсирующиеся вещества (ЛКВ);
- продукты обратного потока из насосных систем;
- человеческий фактор;
- остатки моющих средств;
- нефилтруемое загрязнение наружного воздуха;
- текучесть некоторых веществ (смазочные материалы).

Качественный ИК анализ молекулярных загрязнений проводится путем определения функциональной группы или сопоставления ИК спектров поглощения неизвестных материалов с известными эталонными материалами. Благодаря этому можно получить информацию о молекулярной структуре загрязняющих веществ.

Количественный ИК анализ уровней загрязнения основывается на законе Бугера-Ламберта-Бера и требует калибровки.

Для количественного выражения органического загрязнения, коэффициент поглощения выражается как масса эталонного вещества на единицу площади поверхности. Количество загрязнения рассчитывается из калибровочной кривой.

Для количественного выражения должны использоваться четыре вещества в качестве эталонных (Парафиновое масло, Бис(2-этилгексил) фталат (ДОФ), Поли(диметилсилоксан), Поли(метилфенилсилоксан)). Данные вещества являются общей характеристикой часто встречающихся загрязняющих веществ (углеводороды, эфиры, метил- и фенилсиликоны).

Для количественного выражения загрязняющих веществ, которые являются неизвестными, но схожими с эталонными веществами, используется соотношение массы и поглощения на определенной длине волны эталонного вещества. В результате, данный метод обеспечивает массу загрязняющего вещества по эквивалентному количеству эталонного вещества.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Борисович Нестеров – доктор технических наук (ORCID 0000-0002-7457-4213),
Российское вакуумное общество имени академика С.А. Векшинского, г. Москва, e-mail:
sbn1108@yandex.ru

Жировов Евгений Васильевич зам. директора АО "Криогенмонтаж", г. Москва

Михайлов Дмитрий Николаевич зам. генерального конструктора АО "НПО Лавочкина", г.
Москва

Богачев Вячеслав Алексеевич зам. начальника отдела АО "НПО Лавочкина", г. Москва

Вакуумная техника, материалы и ТЕХНОЛОГИЯ

Тезисы
XVIII международной научно-технической конференции
«Вакуумная техника, материалы и технология»
г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»
2024, 09-11 апреля

ООО «Электровакуумные технологии»

<https://vacuum.org.ru>

info@vacuum.org.ru

Подписано в печать 01.04.2024

Электронное издание



978-5-6048852-4-6