



НАНОИНДУСТРИЯ – ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКЕ

Третья международная научно-техническая конференция "Вакуумная техника. Материалы и технологии" проходила в КВЦ "Сокольники" с 19 по 21 марта 2008 года.

Неотъемлемыми компонентами индустрии современных высоких технологий являются нанотехнологии, криогеника и вакуумная техника, именно поэтому основные разделы форума включали вопросы конструирования криогенной и криовакуумной техники, био- и нанотехнологий, а также разработки новых принципов формирования тонких пленок, методов создания и изучения инновационных вакуумных технологий.

В докладе Ю.Васильева и С.Нестерова (НИИВТ) детально рассмотрены основные разделы рынка High-Tech, на основании данных 600 крупнейших организаций и фирм структурированы сведения о наноиндустриальных продуктах. Авторами отмечен постоянный рост инвестиций в нанотехнологии – например, в 2006 году по сравнению с 2005 годом увеличение объема капиталовложений составило 121%. Опережающий рост на 33% корпоративного инвестирования свидетельствует о заинтересованности частных компаний в развитии новых нанотехнологических сегментов и отраслей. На примерах мембранных технологий, вакуумного туннельного диода, компрессора Кнудсена и оценочных характеристик проекта по добыче на Луне гелия была показана перспективность объединения криогенных, вакуумных и нанотехнологий и их синергетическое влияние на современные технологии из смежных областей.

Совместное исследование российских и украинских ученых было представлено в докладе О.Вольпян (ФГУП "НИИ "Полюс" им. М.Ф.Стельмаха") и А.Кузьмичева (НТУУ "Киевский политехнический институт") по получению градиентных покрытий и опыту нанесения оптических лазерных покрытий магнетронным методом. Для обеспечения заданных параметров наносимых покрытий (разброс много меньше 1%) для телекоммуникационного оборудования предложена установка на основе мультикатодной системы импульсного магнетронного распыления с индивидуальной обработкой неподвижных плоских и цилиндрических подложек с оптическим мониторингом процесса *in situ* и компьютерным управлением.

Выступление И.Андреевой, А.Гурских, Е.Коростелевой и Г.Прибыткова (Институт физики прочности и материаловедения СО РАН) было посвящено спеченным порошковым катодам для вакуумно-дугового и магнетронного осаждения нитридных покрытий с нанокристаллической структурой. Исследование спекания смесей различного состава способствовало созданию технологических вариантов получения порошковых катодов Ti-Al (0–65 ат.% Al), Ti-Al-Si (до 10 ат.% Si), Ti-Cu (до 12 ат.% Cu) и Ti-Si (до 15 ат.% Si) с отработкой режимов, обеспечивающих фазовый состав и однородность структуры с приемлемой остаточной пористостью, не препятствующей равномерной дуговой эрозии катодов и устойчивому горению дуги. Полученные распылением спеченных катодов Ti-Si и Ti-Cu почти в 2 раза превосходят по твердости имеющие нанокристаллическую структуру с размером нитридного зерна 10–15 нм покрытия TiN.

Доктор В.Шенбергер (Дрезденский Институт электронно-лучевых и плазменных технологий им. Й.Фраунгофера) представил в своем докладе направления деятельности организации, исследующей процессы нанесения покрытий на инструменты, детали, металлические ленты и листы, плоские прозрачные и эластичные материалы для оптических, электрических и магнитных компонентов. Особое внимание было уделено новому технологическому процессу MAG-PECVD, схожему по ряду параметров с плазменной поляризацией, но реализуемому на магнетронно-распылительном оборудовании. Использование данной технологии позволяет создавать пленки для механической защиты компонентов, электрической изоляции, проводящие прозрачные покрытия для оптики и в качестве прозрачных диффузионных барьеров для инкапсуляции оптоэлектронных компонентов.

Универсальная вакуумная установка ВУ-ВСМ 600/4 (МЭШ-60) для нанесения покрытий из многокомпонентных материалов, в том числе в наноструктурном состоянии, и получения нанокластерных порошков создана трудом большого коллектива ученых ФГУП "ВНИИНМ им. акад. А.А.Бочвара" и ОАО "МЭШ плюс". На ней удалось реализовать концепцию базового перестраиваемого технологического комплекса по типу механообрабатывающего центра, сопоставимого по производительности с гальванической ванной для осаждения покрытий электрохимическим методом.

Наноструктурированные алмазные пленки рассмотрены в докладе А.Талиса, М.Самойловича и А.Белянина (ЦНИТИ "Техномаш"). Исследования таких пленок методами нагретой нити, ВЧ и на постоянном токе диодным и магнетронным распылением, в тлеющем и дуговом разрядах, близкими к электронно-циклотронному резонансу плазменными СВЧ- и ВЧ-разрядами, распылением графитовой мишени ионным пучком позволили установить факт покластерного роста кристаллов, а не помоллекулярного или поатомарного формирования, предполагавшегося ранее.

Разработка технологии биоцидной одежды с наночастицами металлов, проведенная В.Слепцовым, З.Козиндой, М.Парыгиной и Т.Подгаевской (ОАО "ЦНИИ швейной промышленности" и МАТИ совместно с ООО "Фрактал") подтверждает перспективность применения нанотехнологий в легкой промышленности. При нанесении металлических наночастиц текстиль приобретает активность по отношению к дрожжевому грибку и кишечной палочке, грамположительным и грамотрицательным бактериям, что позволяет применять их в экстремальных условиях и в лечебных учреждениях.

В работе С.Симакина (НИИВТ) и Г.Кузнецова (МИСиС) по неразрушающим методам контроля ионно-плазменных процессов осаждения и травления микро- и наноразмерных гетерокомпозиций представлена феноменологическая модель возникновения и изменения ионно-индуцированных токов в процессе ионно-плазменной обработки и получена их зависимость от времени травления пленок диэлектриков (Al_2O_3 , Si_3N_4 , SiO_2 и AlN) толщиной от 100 до 500 нм ионами Ar. Развитие темы было представлено в докладе Е.Митрофанова (НИИВТ) об ионно-плазменных технологиях формирования наноразмерных гетеро-

композиций, реализуемых с использованием базовой вакуумной установки с источником ионов, холодным катодом "Радикал" и магнетроном МАГ-5 постоянного тока, позволяющим, в частности, получать соединения Ti_xN_y , $Ti_xO_yN_z$, Ti_xO_y и Ti_xC_y .

Анализ технологий изготовления и классификации нанотрубок и нановолокон предложил Ю.Балаклиенко (НИИВТ). Указав на отсутствие терминологического единства в наноиндустриальной сфере и необходимость разработки нормативно-правовой базы по нанотехнологическим стандартам, докладчик сообщил об экспериментах по рафинированию углеродных наноматериалов от зольных примесей методом термовакуумной обработки, в ходе которых при давлении до 10 Па и температуре до 1900°C возможно получение продукта с чистотой не менее 99,9%.

В работе И.Зотова, В.Романько и П.Мироевского (НИИВТ) представлено описание проектируемой линейки опытно-промышленных гомогенизаторов от 200 кг/ч до 10 т/ч с использованием эффективных СВЧ-установок, обеспечивающих объемный прогрев и иницирование химико-физических реакций. При максимально равномерном распределении исходных компонентов в смеси исключаются местные прожиги и обеспечивается требуемое поглощение СВЧ-энергии, что способствует повышению прочности бетонных изделий в два и более раз.

Синтез науки и производства продемонстрирован в исследовании В.Елинсон (МАТИ), В.Севастьянова (ФГУ "НИИ трансплантологии и искусственных органов") и М.Юровской (Химический

факультет МГУ им. М.В.Ломоносова). Изучение биологически активных полифункциональных материалов на основе полимеров с наноструктурированной поверхностью позволило обобщить результаты ионно-плазменной обработки поверхности и впервые выявить пороговый характер зависимости антимикробной активности полимерного материала от среднеквадратичной шероховатости его поверхности.

В.Елинсон (МАТИ) и Р.Нежметдиновой (МАТИ, НИИВТ), С.Нестеровым (НИИВТ) и Н. Овчинниковой (МГУ им. М.В.Ломоносова) был представлен обзор по геометрическим характеристикам поверхностей полимерных материалов, модифицированных органическими производными фуллерена. В ходе анализа изменений характеристик топографии поверхности для представленных образцов было показано, что различия в структуре поверхности покрытий обусловлены особенностями механизмов предварительной обработки ионно-плазменными методами.

Об опыте создания англо-русского и русско-английского словаря по нанотехнологии сообщили Е.Беляева, С.Нестеров и В.Романько (НИИВТ). В докладе подчеркивалось, что единство терминологии и формирование понятийного аппарата являются ключевыми факторами повышения эффективности наноиндустриального образования в России. В этой связи предлагаемый словарь может способствовать расширению научных связей и росту инновационного потенциала вузов и промышленных предприятий страны.

Л.Раткин