



НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

О. Колесник*, В. Одинокоев**, д.т.н., Г. Павлов**, к.ф.-м.н., Д. Полоцкий***, Э. Руденко***, д.ф.-м.н., В. Семенюк***, к.ф.-м.н., В. Солозуб** / info@niitm.ru*, metall@imp.kiev.ua**

Разработанная в ОАО "НИИ точного машиностроения" (Россия)** многофункциональная установка с гибридной ионно-плазменной разрядной системой позволяет применять технологический процесс формирования многокомпонентных наноструктурированных покрытий на пластмассах, созданный в Институте металлофизики им. Г.В.Курдюмова Национальной академии наук Украины*** совместно с Киевским национальным университетом им. Т.Шевченко*. Процесс перспективен, например, для изготовления приборов медицинского назначения.

Вакуумно-технологическое оборудование и ионно-плазменные технологии актуальны при формировании токопроводящих дорожек в печатных платах, используемых при производстве тестовых пластин глюкометров. Гибридная ионно-плазменная разрядная система [1] позволяет обеспечить высокую адгезию пленки к пластмассе, сохранив в ней многокомпонентный состав. Плотность, электропроводность и другие физико-технические характеристики пленки соответствуют табличным значениям для объемного переплавленного материала, из которого изготовлен расходный электрод магнитоактивированного вакуумно-дугового источника системы.

Сообщалось [1, 2] об использовании такой системы для низкотемпературного непрерывного формирования нанокластеров металл-катализатор как стадии выращивания углеродных наноструктур. Здесь представлены результаты исследований по нанесению наноструктурированных покрытий из нихрома на пластмассу как основы тестовых пластинок глюкометров. Использование нихрома – материала с более низким электрохимическим потенциалом, чем у применяемого для этих целей углерода, – позволяет снизить погрешность измерений уровня глюкозы в крови и перспективно для разработки приборов нового поколения.

Первая задача, которую необходимо было решить при формировании функциональных покрытий на пластмассах, – обеспечение приемлемой адгезии пленки. Традиционные методы подготовки и активации поверхности, на которую наносятся покрытия, связаны с их подогревом или ионной бомбардировкой. При нанесении покрытия на

пластмассы, применяемые при изготовлении тестовых пластин, вследствие их низкой термической стойкости и отсутствия электропроводности, подобные методы не могут быть реализованы. Для обеспечения адгезии пленки металла пластмассовая подложка предварительно обрабатывалась в плазме геликонного источника, входящего в состав гибридной ионно-плазменной разрядной системы и работающего в режиме вторичного разряда [3], при плотности тока ионов аргона в потоке плазмы порядка 10 мА/см².

Следующая задача связана с сохранением в пленке табличных значений физико-технических характеристик расходного электрода. Известные термические, электронно-лучевые, вакуумно-дуговые

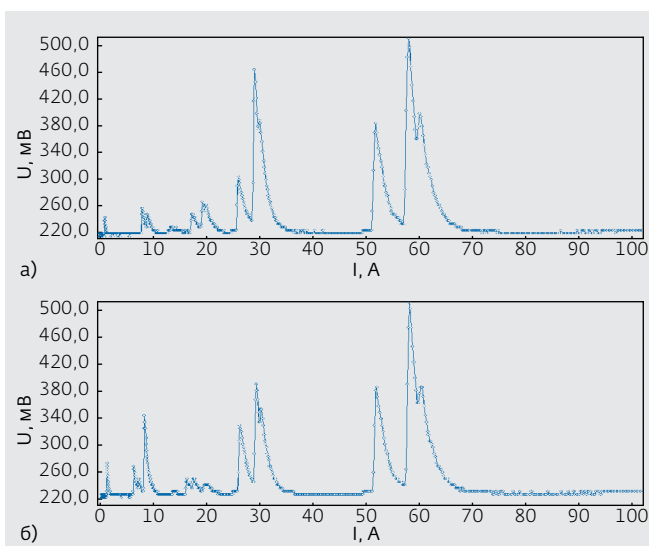


Рис.1. Масс-спектры нихрома: а – монолитного; б – пленки



и магнетронные распылительные системы вызывают фракционирование расходного материала и не обеспечивают сохранение состава покрытия. В случае испарителей это связано с времяпролетными эффектами для компонент с разной массой, а для магнетронных систем обусловлено селективным распылением, при котором с большей скоростью распространяются легкие компоненты мишени. Формирование пленки в потоке плазмы материала расходного электрода магнитоактивированного вакуумно-дугового источника за счет массопереноса преимущественно в виде заряженной компоненты создает предпосылки для требуемого результата [1, 2].

Исследования методом времяпролетной масс-спектрометрии с лазерным источником ионов (рис.1) подтвердили, что пленки, сформированные с помощью магнитоактивированного вакуумно-дугового источника, имеют тот же состав, что и материал применяемого катода. Соотношение компонент по спектру определяется по отношению площадей спектральных кривых, нормированному на их атомные веса. Пленки нихрома наносились в режимах, в которых формировались нанокластеры железа для последующего создания углеродных наноструктур [4], причем определяющим фактором наноструктурирования пленок являлся

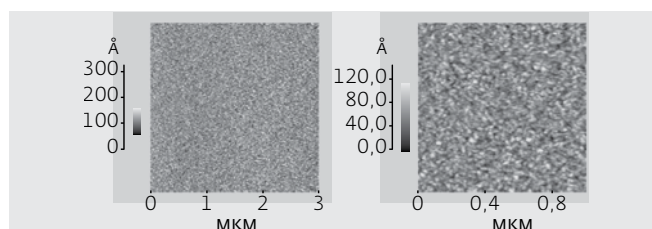


Рис.2. Поверхность пленки нихрома при потенциале подложки -1,5 В при двух масштабах сканирования

массоперенос в виде ионной компоненты с энергией ионов в диапазоне 10–200 эВ.

Формирование пленок проводилось в принципиально неравновесных условиях, а размеры нанобразований в плоскости и по высоте определялись, в основном, энергией ионов в потоке плазмы материала покрытия и изменялись от единиц до десятков нанометров. Формирование пленок на субатомном уровне как раз и определяет их характеристики. Характерная структура поверхности пленки нихрома, исследованная с помощью атомного силового микроскопа (АСМ), приведена на рис.2.

При нанесении пленки нихрома на пластмассу следует исключить перегрев подложки, возникающий вследствие воздействия теплового потока

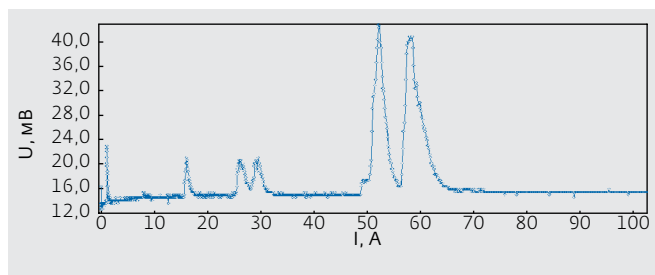


Рис.3. Масс-спектр пленки нихрома, нанесенной в повернутом потоке

с катода. Массоперенос осуществляется преимущественно потоком плазмы материала покрытия. Для однокомпонентных пленок наиболее просто эта задача решается поворотом плазменного потока в криволинейном магнитном поле, например, на 45° , и размещением подложки вне прямой видимости с катода. При нанесении многокомпонентных пленок нихрома в этом случае (рис.3) наблюдалось обеднение пленки тяжелым компонентом.

Нанесение многокомпонентных пленок необходимо проводить в прямом потоке плазмы материала катода, ослабляя воздействие теплового излучения на подложку за счет ее отдаления от дугового источника. Ускоренный поток плазмы материала пленки распространяется на расстояние до 50 см от катода без существенного изменения его плотности [2]. Это свойство источника использовано для ослабления тепловой нагрузки на подложку от излучения катода. Дополнительное снижение тепловой нагрузки на подложку обеспечивается наложением на нее металлического трафарета, через который формируется рисунок тестовой пластинки.

За один импульс лазерного источника использованного масс-спектрометра материал мишени испаряется на глубину около 0,25 мкм. При этом переходной слой пластмасса-пленка, в котором регистрируются следы материала подложки (рис.4), не превышает 0,25-0,5 мкм, т.е. лежит в пределах двух импульсов лазерного источника ионов. Важно отметить, что на масс-спектре пластмассы подложки (см. рис.4) кроме линий водорода, углерода и кислорода регистрируется линия титана, который входит в состав красителя пластмассы.

При использовании металлического трафарета для формирования рисунка тестовой пластины возникает значительное рассеяние потока плазмы материала катода в неоднородном электрическом поле на границах структурных элементов рисунка. Это налагает определенные ограничения на толщину трафарета и величину его потенциала. При оптимальных значениях скорость нанесения пленки

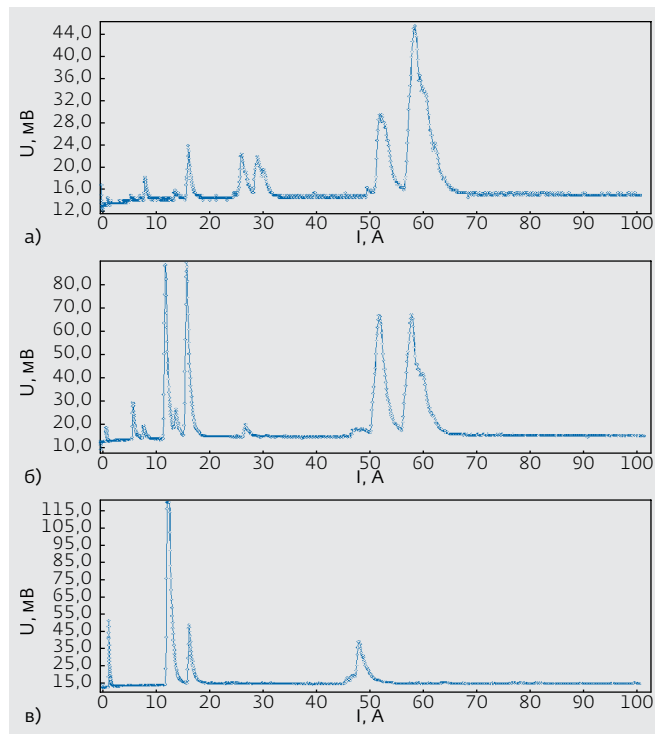


Рис.4. Масс-спектры при трех последовательных импульсах лазерного источника ионов: а – при первом; б – при втором; в – при третьем

близка к значениям на открытых участках подложки и составляет 1-2 мкм/мин в зависимости от режимов работы источника. В противном случае скорости нанесения могут отличаться почти на два порядка. Авторы выражают искреннюю благодарность И.Короташу, Л.Осипову, Ю.Глухову, А.Остапенко за участие в работе и конструктивное обсуждение полученных результатов.

Литература

1. Шпак А., Руденко Э., Короташ И., Семенюк В., Шамрай К., Одинокоев В., Павлов Г., Сологуб В. Плазменный источник низкотемпературного формирования нанокластеров металла-катализатора. – Наноиндустрия, 2009, №4, с.12-15.
2. Осипов Л., Руденко Э., Семенюк В., Короташ И., Одинокоев В., Павлов Г., Сологуб В. Высокоэффективный источник низкотемпературного нанесения пленок и покрытий. – Наноиндустрия, 2010, №2, с.4-6.
3. Короташ И., Одинокоев В., Павлов Г., Полоцкий Д., Руденко Э., Семенюк В., Сологуб В. Установка для формирования наноструктур. – Наноиндустрия, 2010, №4, с. 4-16.
4. Короташ И., Одинокоев В., Павлов Г., Полоцкий Д., Руденко Э., Семенюк В., Сологуб В. Формирование углеродных наноструктур в едином технологическом цикле. – Наноиндустрия, 2011, №1, с.10-14.