

Данное явление может быть выражено слабее или сильнее (в зависимости от состояния дефектной подсистемы и вида воздействия), может маскироваться другими процессами, но в общем случае носит, по видимому, универсальный характер.

При условии более детального исследования характера и масштабов влияния рассматриваемого эффекта он может быть положен в основу разработки новых дешевых и эффективных способов улучшения свойств материалов. Особенно привлекателен с точки зрения дешевизны и простоты способ, основанный на малоинтенсивном ($\sim 1 \text{ Вт/см}^2$) фотонном облучении.

Работа выполнена в рамках межвузовской научно-технической программы «Взаимодействие атомных частиц с поверхностью – новые методы и технологии».

Библиографический список

1. Павлов П. В., Тетельбаум Д. И., Курильчик Е. В. и др. // Высокочистые вещества. – 1993. – № 4. – С.26.

2. Павлов П. В., Тетельбаум Д. И., Курильчик Е. В. // Металлы. – 1993. – №3. – С.78.
3. Тетельбаум Д. И., Курильчик Е. В. // Высокочистые вещества. – 1995. – №2. – С.98.
4. Тетельбаум Д. И., Перешоаков В. А., Латышева Н. Д., и др. // Известия РАН. Сер.физ. – 1998. – Т. 62. – Вып.4. – С.861.
5. Тетельбаум Д. И., Курильчик Е. В., Доцент Е. Е. // Вестник Нижегородского госуниверситета. Сер. Физика твердого тела. – 1998. – № 2. – С. 140.
6. Tetelbaum D. I., Kuriichik E. V., Latisheva N. D. // Nuclear Instruments and Methods in Physical Research. 1997. V. B127/128. P.153.
7. Такер Дж., Рэмpton В. Гиперзвук в физике твердого тела. – М.: Мир. 1975. – 329 с.
8. Перешоаков В. А., Скупов В. Д. Особенности абразивной и химической обработки поверхности полупроводников. – Н. Новгород: ННГУ, 1992. – 198 с.
9. Тетельбаум Д. И., Трофимов А. А., Курильчик Е. В. и др. // Письма в ЖТФ. 1998. – Т.24. – Вып. 23. – С.9.
10. Тетельбаум Д. И., Трофимов А. А., Курильчик Е. В. и др. // Вестник Нижегородского госуниверситета. Сер. Физика твердого тела. – 1998. – Вып. 2. – С. 157.
11. Семин Ю. А., Скупов В. Д., Тетельбаум Д. И. // Письма в ЖТФ. – 1988. – Т. 14. – Вып. 3. – С. 273.

УДК 533.9

КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

С. С. Алимов, А. А. Бизюков, В. В. Бобков, Д. Л. Рябчиков
Харьковский госуниверситет

Физико-технический факультет Харьковского госуниверситета предлагает разработку технологических комплексов (ТК) вакуумно-плазменного нанесения покрытий.

Состав покрытий определяется их функциональным назначением: антикоррозионные, упрочняющие, декоративные, специального назначения. Системы нанесения позволяют получать покрытия металлов, сплавов, их окислов, нитридов, карбидов, α -С:Н. Прочность схватывания покрытия с подложкой соизмерима с прочностью материала изделия или покрытия. Толщина покрытия определяется техническим заданием. Чистота обработки напыленной поверх-

ности соответствует состоянию поверхности исходного изделия. ТК может быть реализован под нанесение многослойных покрытий.

Модификации технологических комплексов конструктивно различаются в зависимости от их функционального назначения при нанесении покрытий.

1. В качестве одного из них предлагается технологический комплекс для низкотемпературного вакуумно-плазменного нанесения многослойных покрытий на рулонные материалы, в частности, на полиэтиленовые ленты.

Технологический комплекс представляет собой вакуумную установку полунепрерывного типа, состоящую из четырех

унифицированных модулей прямоугольного сечения, каждый из которых имеет дифференциальную систему получения вакуума. В первом модуле происходит размотка ленты из рулона, ее дегазация, плазменная очистка поверхности ленты и ее активация для обеспечения высоких адгезионных свойств. Второй и третий модули предназначены для нанесения функциональных слоев на активированную поверхность ленты. В четвертом модуле происходит намотка ленты в рулон.

Вакуумные камеры технологических модулей разделены шлюзовыми устройствами для обеспечения рабочих параметров технологических процессов при перемотке ленты. Очистка и активация поверхности исходного рулонного материала происходят при протягивании пленки через пучок ионов рабочего газа с энергией 1-2 кэВ и плотностью тока 1-5 мА/см². В качестве рабочих газов используются аргон, кислород, азот, углеводороды и их смеси. Ионный пучок прямоугольного сечения 600x50 мм формируется ионным источником типа ускорителя с анодным слоем. Ионный источник снабжен системой токовой автокомпенсации, что позволяет обрабатывать диэлектрические материалы. В первой и во второй камерах возможно ионно-плазменное осаждение из газовой фазы функциональных слоев, например, SiO₂, Si₃N₄, α-C:H.

Нанесение многослойных покрытий производится при прохождении ленты по двум криоохлаждаемым барабанам диаметром 350 мм и температурой поверхности -5÷+10 °С. Вокруг барабана второй камеры размещены два, а в третьей камере пять посадочных мест для вакуумно-плазменных систем нанесения функциональных покрытий. В качестве систем нанесения используются продольные ионные источники типа ускорителя с анодным слоем, унифицированные протяженные магнетронные распылительные системы, линейные дуговые испарители с магнитным удержанием катодного пятна на поверхности мишени.

Испарители имеют размеры катода 100x600x30 мм и потребляют мощность до 15 кВт. Использование двух дуговых испа-

рителей обеспечивает алюминиевое покрытие толщиной 500 Å на ленте полиэтилена шириной 600 мм при скорости подачи 300 мм/сек.

Система транспортировки пленки представляет собой набор направляющих, транспортирующих, прижимных, разравнивающих и компенсирующих роликов, а также силовых узлов. Валы последних выведены на атмосферу. Скорость движения ленты задается частотой вращения криоохлаждаемого барабана и может плавно изменяться от 3 до 600 мм/сек. Электрические сигналы, выработываемые датчиками толщины наносимых покрытий, обрабатываются и подаются на управляющий блок питания двигателя. Барабан второй камеры вращается за счет плотного контакта с рулонным материалом. Вращение валов подающего и наматочного узлов, а также величина нагояжения ленты обеспечиваются соответственно двумя двигателями постоянного тока, работающими в режиме сохранения момента на валу.

Технологический комплекс позволяет получать в промышленных объемах многослойные покрытия на различных рулонных ленточных материалах толщиной от 30 мкм, шириной рулона 600 мм и диаметром его до 410 мм.

2. Создание тонкопленочных покрытий на порошках с размером зерна от 20 до 500 мкм является актуальной технологической задачей во многих отраслях современной промышленности. Это производство металлизированных порошков для создания высокоэффективных режущих и шлифовальных инструментов, изготовление катализаторов на основе тонких пленок материалов, нанесенных на поверхность зерен порошков, создание композиционных материалов с заданными функциональными свойствами. В отдельную область применения следует отнести нанесение на поверхность зерен порошка твердотельных реагентов в стехиометрическом соотношении с веществом подложки, необходимом для дальнейшего проведения высокотемпературных реакций. Свойства порошков, приобретенные после нанесения на их поверхность тонких пленок, зависят от адгезион-

ных характеристик нанесенных покрытий, сплошности и равномерности пленок по толщине, а также от физико-химических свойств наносимого материала.

Создание покрытий на поверхности дисперсных материалов, в особенности диэлектрических, традиционными методами (гальваностегия, термовакуумное испарение...) имеет ряд серьезных технологических ограничений, при этом качество получаемых пленок не соответствует требованиям по многим параметрам.

Для формирования тонкопленочных покрытий толщиной от 0,01 до 2 мкм с заданными свойствами разработана методика обработки зерен порошков и создана технологическая установка. Она состоит из рабочей камеры, системы вакуумной откачки, системы напуска рабочих газов, расплывательной системы, устройства для транспортировки и перемешивания порошка. Состав газовой среды в вакуумной камере в процессе металлизации контролируется при помощи диагностического комплекса на базе масс-спектрометра.

Для получения необходимой адгезии пленки к подложке поверхность зерен проходит предварительную очистку низкотемпературной плазмой тлеющего разряда в среде аргона, аргона с напуском кислорода или водорода. Выбор оптимальных параметров этого процесса производится исходя из операционного анализа состава рабочей газовой среды.

Проведен сравнительный анализ пленок титана, нанесенных нами на зерна 50-750 мкм естественных алмазов, и зарубежных промышленных аналогов. В нашем случае толщина переходной зоны из карбидов титана тоньше и в ней меньше количество примесей.

ство примесей.

В условиях технологического вакуума разработана технология моно- и двухслойных покрытий различного состава на диэлектрических порошках различной дисперсности с адгезионной прочностью, сравнимой с механической прочностью материала пленки.

3. Металлизация малоразмерных изделий, например, крепежных (болты, гайки, шайбы, гвозди ...) включает в себя следующие технологические этапы: огмывка изделий от консервантов и загрязнений; сушка, очистка поверхности в вакууме; собственно металлизация.

Материалов для пленочных покрытий могут быть любые технологические металлы и сплавы, имеющие достаточные коррозионные и декоративные свойства, например, Al, Ti, Cu, Ni, Cr, Zn, Mo, W, V, ..., нержав. сталь, латунь, бронза и др.

Толщина напыляемой пленки не менее 1 мкм. Адгезионная прочность сравнима с прочностью материала изделия или покрытия. Коррозионная стойкость определяется физико-химическими свойствами напыляемой пленки.

Технологический комплекс состоит из трех установок (отмывки, сушки, металлизации) и загрузочного устройства. Технологический процесс экологически чист. Производительность в смену не менее 1т в пересчете на винты М6. ТК может использоваться для металлизации широкой номенклатуры металлических и пластмассовых изделий малых размеров без изменения его конструкции.

УДК 533.9

ОПИСАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЙ РОСТА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ТРУБОК В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ

В. В. Ёбков, Ю. В. Слюсаренко, Р. И. Старовойтов
Харьковский госуниверситет

Интерес к изучению явлений, связанных с зарождением и ростом новообразова-

ний на поверхности твердого тела при ее распылении потоками заряженных и ней-