

Разработка оборудования для получения многослойных функциональных покрытий методом магнетронного распыления

Н.И. Сушенцов, С.А Степанов, Д.Е. Шашин

*Поволжский государственный технологический университет, г.Йошкар-Ола, пл.Ленина,
д.3 e-mail: dima_shashin@rambler.ru*

Установка с автоматической системой диагностики и управления работой вакуумного и технологического оборудования.

Development of equipment to produce multi-layer functional coatings obtained by magnetron sputtering. N.I. Sushentsov, S.A. Stepanov, D.E. Shashin. The plant has automatic monitoring and management system of vacuum and technological equipment performance.

Введение

В настоящее время активно ведутся работы в области получения тонкопленочных функциональных покрытий, многокомпонентных пленок, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками, на основе слоистых структур, содержащих слои, включающие кристаллические упорядоченные фазы различных материалов. В частности, наиболее перспективными для создания защитных и декоративных покрытий считаются пленки нитридов титана и циркония (TiN и ZrN), сформированные методом магнетронного распыления. Данные покрытия обладают повышенной химической инертностью, твердостью и износостойкостью. [1-4]. Предлагаемая разработка направлена на решение научно-технических задач получения функциональных покрытий многокомпонентных пленок и слоистых структур на их основе на подложки сложной геометрической формы, с высоким качеством и равномерностью, методом магнетронного распыления. Основной характеристикой созданной вакуумной установки является возможность получения, с ее помощью, многослойных функциональных покрытий практически любого состава и структуры в автоматизированном режиме.

Конструкция установки

Автоматизированная технологическая установка магнетронного распыления (далее установка магнетронного распыления или установка) предназначена для получения наноструктурированных пленок различных материалов методом магнетронного распыления.

Основой установки является вакуумная камера УВН. Установка оснащена системой откачки на основе диффузионного насоса и форвакуумного пластинчато-роторного насоса с бустерным насосом Рутса.

В вакуумной камере установлены шесть магнетронов, ионный источник и резистивные нагреватели. Осаждение пленок осуществляется на подложки, установленные на подложкодержатель, выполненный на основе планетарного механизма. Для управления установкой применена система автоматизированного контроля и управления.

Особенность магнитной системы (рис. 1) разработанного магнетрона состоит в том, что над поверхностью мишени создается не только арочное магнитное поле, но и дополнительное поле, которое «выталкивается» от мишени и способствует дополнительной ионизации распыленных частиц. Магнитная система включает в себя магнитопровод, постоянные магниты NeFeB, центральный и боковой полюсные наконечники.

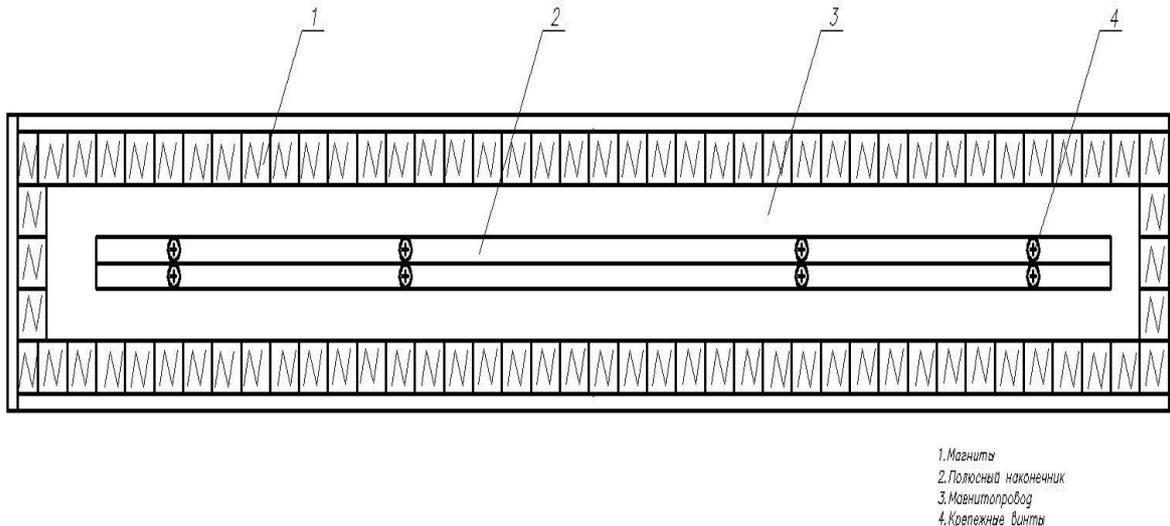


Рис. 1. Магнитная система MPC.

Технические характеристики магнетрона:

- 1) материал катода магнетрона – Ti, Al, Cr, Zr, Cu;
- 2) размер мишени – 596×65×10 мм;
- 3) величина магнитной индукции на поверхности мишени – 0,35 Тл;
- 4) расстояние мишень-подложка 100–350 мм;
- 5) расположение мишени – вертикальное;
- 6) рабочий ток магнетрона 5-12 А;
- 7) рабочее напряжение на магнетроне 300-700 В.

Принцип действия ионного источника, установленного в камере, основан на формировании плотной плазмы путем ионизации рабочего газа в тлеющем разряде в скрещенных электрическом и магнитном полях и последующем отборе ионов с границы плазмы и ускорении их электрическим полем.

Блоки питания магнетронов работают в импульсном режиме и имеют защиту от короткого замыкания и систему гашения микродуг. При распылении на постоянном токе возникают проблемы, связанные с частым возникновением дуг на мишени из-за образования диэлектрических пленок в результате химического взаимодействия материала мишени с реакционным газом. Преодолеть эти недостатки удалось при использовании для питания магнетронного разряда импульсного напряжения в среднечастотном (20 кГц) диапазоне.

Для нагрева напыляемых подложек используются два электрических резистивных нагревателя диаметром 8,5 мм, смонтированных на дверце вакуумной камеры, позволяющих получить нужную температуру нагрева во время технологического процесса. Температура измеряется с помощью термопарного датчика. Показания от датчика выведены на панель оператора.

Откачная система основана на применении диффузионного насоса НВДМ-400. Форвакуумная откачная система реализована на основе механического насоса АВПР-60Д и бустерного насоса Рутса Leybold WS-250.

В результате разработанная конструкция вакуумной установки позволяет устанавливать шесть магнетронных распылителей и ионный источник. Магнетронная распылительная система (MPC) в составе шести магнетронов позволяет с одной стороны увеличить спектр получаемых покрытий (покрытия из различных материалов, составных материалов и химических соединений на их основе), а с другой стороны, повысить скорость распыления, увеличить толщину и равномерность получаемого покрытия.



Рис. 2. Фотография установки.

Результаты

1) анализ существующих технологических особенностей формирования перспективных многослойных функциональных покрытий показал необходимость одновременного нанесения нескольких материалов с одновременным воздействием на покрытие высокоэнергетическим потоком ионов, чего можно добиться лишь при помощи совмещения всех необходимых устройств в одной вакуумной установке;

2) разработана конструкторская документация на вакуумную установку магнетронного распыления, включающая: общую структурную схему установки; документацию на вакуумную камеру, элементы внутрикамерной оснастки, вакуумную систему, систему охлаждения, пневмосистему управления клапанами, блок управления вакуумной системой, магнетронную распылительную систему и ионный источник, источники питания, автоматическую цифровую многоканальную систему поддержания давления в вакуумной камере, цифровую автоматизированную систему управления;

3) по разработанной документации изготовлена вакуумная установка магнетронного распыления для получения многослойных функциональных покрытий.

Литература

1. Сушенцов, Н.И. Упрочняющие тонкопленочные покрытия на основе нитридов и углеродных материалов / Н.И. Сушенцов, С.В. Борисов // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 3(31), Ч. 1. – С. 31-38.
2. Борисов, С.В. Тонкопленочные нанотехнологии в храмовой архитектуре / С.В. Борисов, Н.И. Сушенцов // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 10(26). – С. 17-23.
3. Самойлович, М.И. Наноструктурные углеродные материалы в тонкопленочной технологии / М.И. Самойлович, А.Ф. Белянин, В.Д. Житковский, А.С. Багдасарян // Инженерная физика. – 2004. – № 1. – С. 33-39.
4. Самойлович, М.И. Формирование наноструктурированных пленок алмазоподобных материалов. Часть 1, 2 / М.И. Самойлович, А.Ф. Белянин // Нано- и микросистемная техника. – 2006. – № 7. – С. 21-34.
5. Aita, C.R. ВАасel orientation aluminum nitride grown at low temperature by RF diode sputtering / C.R. Aita // J. Appl. Phys. – 1982. – Vol. 53. – No. 3. – P. 1807-1808.
1. Сушенцов, Н.И. Основы технологии микроэлектроники: Лабораторный практикум / Н.И. Сушенцов, В.Е. Филимонов. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 156 с.