

фованную поверхность с высотой микронеровностей 3,4 мкм, распределены на поверхности более равномерно и имеют низкую пористость. При увеличении толщины до 4 мкм количество пор и их относительная площадь резко снижается до 150пор/см² (0,8%).

Рекомендовано, что титановые покрытия для получения наименьшего количества пор следует наносить на поверхность с высотой микронеровностей не более 3мкм или на поверхности, имеющие сглаженные выступы микрорельефа, например, холоднокатанные или образованные электрохимическим полированием.

УДК 539.23

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Погадаев В.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В.М.

Аннотация:

В данной статье были проанализированы патенты, в которых предлагаются различные методы решения проблемы неравномерности толщины покрытия. Рассматривается наиболее оптимальная конструкция технологической оснастки, которая позволяет снизить шероховатость до $\pm (3\div 4\%)$.

Равномерность распределения толщины пленки на подложке является одним из основных ее параметров. Толщина пленки в данной точке подложки определяется количеством частиц, достигающих ее в единицу времени. Если бы поток наносимых частиц был одинаков по всей поверхности подложки, то пленка получалась бы одинаковой толщины. Однако площадь испарителей веществ во много раз меньше площади подложкодержателей, поэтому их называют точечными источниками. В результате добиться равномерности потока невозможно [1]. На рисунке 1 представлены схемы осаждения пленок из точечного источника.

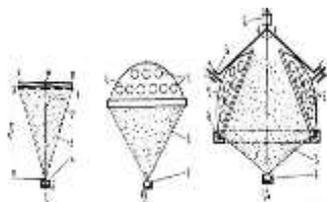


Рис. 1. Схемы осаждения пленок из точечного источника на плоский (а), и сферический подложкодержатели (б) и на планетарный подложкодержатель (в) с двумя направлениями вращения:

- 1 – плоский подложкодержатель; 2 – подложки; 3 – поток осаждаемых частиц; 4 – точечный источник потока осаждаемых частиц;
 5 – сферический подложкодержатель; 6 – кольцо; 7 – планетарный подложкодержатель; 8 – ось подложкодержателя;
 9 – приводная вращающаяся ось

Из рисунка 1 (а) видно, что скорость нанесения пленки будет неодинакова в точке О и точках А и В: чем дальше от оси OS эти точки, тем ниже скорость нанесения пленки и тем меньше ее толщина за данное время нанесения. При плоском подложкодержателе неравномерность толщины пленки составляет $\pm 20\%$ [1].

На практике применяют более сложные способы получения покрытий с равномерной толщиной, одним из которых является придание подложкодержателю сферической формы (см. рисунок 1, б). Неравномерность толщины пленки снижается при этом до $\pm 10\%$. Если этого недостаточно, используют систему с двойным вращением, так называемую планетарную карусель (см. рисунок 1 в). Планетарные карусели имеют довольно большую стоимость, однако при их использовании неравномерность пленок по толщине составляет $\pm (3\div 4\%)$ [2].

Конкретным примером использования представленной на рисунке 1 в схемы напыления, является вакуумная установка полунепрерывного действия модели 01НИ-7-006. Установка представляет собой многопозиционную вакуумную установку карусельного типа, предназначенную для нанесения двухслойных пленок методом магнетронного распыления [1].

В рассматриваемой установке несмотря на то, что подложкодержатели совершают планетарное вращение, разброс толщины по подложке достигает 15% по паспорту, а на практике до $\pm 20\%$ вследствие того, что не учитывается распределение пара от кольцевой зоны эрозии мишени. Кроме того, косое напыление приводит к

большой шероховатости пленок, что отрицательно сказывается на электрических, а особенно на магнитных характеристиках пленок. В связи с этим возникает техническая проблема неравномерности толщины получаемых тонких пленок.

Наиболее подходящей установкой, способной устранить основные вышеперечисленные недостатки, является установка для нанесения тонких пленок в вакууме со специальным подложкодержателем, описанная в патенте [4] (см. рисунок 2).

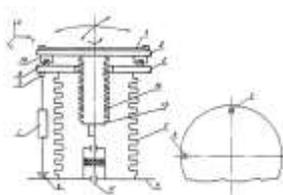


Рис. 2. Устройство перемещения подложкодержателя в установке для напыления тонких пленок:

- 1 – тяги-приводы; 2 – подложкодержатель; 3 – подложки; 4 – неподвижное основание; 5 – сильфон; 6 – цилиндрические шарниры; 7 – сферические шарниры; 8 – второй подложкодержатель; 9 – ролики; 10 – рама;
- 11 – ввод вращательного движения; 12 – дополнительный упругий сильфон; 13 – торцевая заглушка

Указанное устройство направлено на снижение неравномерности толщины пленки. Цель достигается тем, что подложкодержатель установлен на упругом элементе – сильфоне, жестко связанном с неподвижным основанием с возможностью вращения относительно горизонтальных осей координат. Между подложкодержателем и неподвижным основанием шарнирно закреплены в вертикальном направлении две тяги-привода, устройство также снабжено вторым подложкодержателем, установленным на первом с возможностью осевого вращения, который связан с вводом вращательного движения посредством дополнительного упругого сильфона, герметично связанного с вводом вращения и вторым подложкодержателем.

Применение предлагаемого устройства перемещения подложкодержателя позволяет снизить неравномерность толщины пленки за счет варьирования положения подложкодержателя относительно источника распыляемого материала [4]. Это устройство может быть использовано для любого источника пара, так как имеет три степе-

ни свободы, однако является достаточно сложным как в изготовлении, так и в эксплуатации. Кроме того, надежность сильфонов на перегиб ограничена сроком их службы [5].

Список использованных источников

1. Минайчев, В.Е. Нанесение пленок в вакууме / В.Е. Минайчев. – Москва: Высшая школа, 1989.
2. Моряков, О.С. Устройство и наладка оборудования полупроводникового производства / О.С. Моряков. – Москва: Высшая школа, 1988.
3. Устройство для нанесения покрытий на подложки в вакууме: полез. модель 2 634 833/ В.К. Гусев, И.Е. Кожин, А.Н. Афонина, А.А. Батраков. – Оpubл. 03.11.2017. 6. Ткаченко, Г.И. Планетарные механизмы. Оптимальное проектирование / Г.И. Ткаченко. – Харьков: Харьковский авиационный институт, 2003.
4. Устройство перемещения подложкодержателя: полез. модель RU 97112 294/ Н.В. Василенко, Е.П. Ивашов, Е.В. Прусаков, С.В. Степанчиков. – Оpubл. 27.12.1998.
5. Устройство для нанесения покрытий на подложки в вакууме: полез. модель 2 634 833/ В.К. Гусев, И.Е. Кожин, А.Н. Афонина, А.А. Батраков. – Оpubл. 03.11.2017.

УДК 539.23

ВЫБОР БАЗОВОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Погадаев В.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В.М.

Аннотация:

В данной статье авторы осуществляют выбор базового устройства для получения равномерного покрытия из точечного источника.

Для увеличения равномерности толщины покрытий, получаемых магнетронным методом, на практике используются различные тех-