

высокого вакуума, а насос NV создает предварительное разряжение. Манометр РТ2 необходим для проверки работоспособности насоса NV. Клапаны VM1, VM2, VM3 позволяют работать в режимах «прямой» и «обходной» откачки, соответствующих прохождению откачиваемого газа через оба насоса или через один насос предварительного разряжения. В последнем случае в откачиваемом объеме обеспечивается получение низкого вакуума. Манометр РМ2 при закрытом клапане VM1 контролирует предельное давление насоса НК. Быстрота действия и предельное давление механического насоса NV должны быть согласованы с характеристиками насоса для получения высокого вакуума. Вакуумметр РТ2 предназначен для проверки работоспособности механического вакуумного насоса.

УДК 621.793

Казачёк А. А.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ НАНЕСЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. техн. наук,  
доцент Комаровская В. М.*

Оптическое покрытие представляет собой один или несколько тонких слоев материала, нанесенного на оптический компонент (линзы или зеркала).

Оптические покрытия позволяют существенно изменять оптические параметры поверхности детали: управлять интенсивностью отраженного излучения (просветляющие и высокоотражающие покрытия), изменять спектральный состав излучения (спектроредительные и фильтрующие покрытия), изменять состояние поляризации и фазовые характеристики излучения (интерференционные поляризаторы и фазовые вращатели). Получили развитие покрытия, выполняющие одновременно несколько функций в различных участках спектра – многоспектральные покрытия. С помощью тонкослойных покрытий можно существенно повысить механическую и химическую устойчивость поверхности (защитные покрытия), изменить ее электрические свойства (токопроводящие покрытия)

и т. д. Уровень современного оптического прибора во многом определяется наличием покрытий с необходимыми оптическими или эксплуатационными параметрами. Для нанесения покрытий используют различные вакуумные и химические методы и оборудование, выбор которых определяется требованиями к покрытиям и возможностями их производства.

Для нанесения оптических покрытий, в основном, используется термический резистивный метод испарения в вакууме, электронно-лучевой и магнетронный методы.

Суть термического метода (см. рисунок 1) заключается в нагреве и испарении в вакууме с последующим конденсированием материала покрытия на напыляемом изделии.

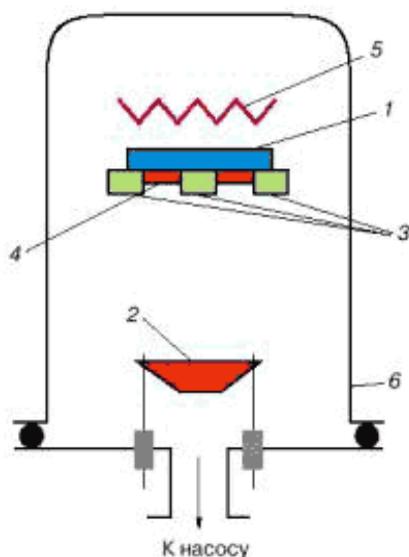


Рисунок 1 – Термический метод нанесения покрытий:  
1 – подложка; 2 – лодочка с испаряемым сплавом; 3 – маска;  
4 – плёнка; 5 – нагреватель; 6 – корпус вакуумной камеры

Наибольшей гибкостью обладает электронно-лучевой метод (см. рисунок 2) позволяющий гибко распределять тепловую мощность по нескольким объектам нагрева и получать таким образом пленки управляемого состава.

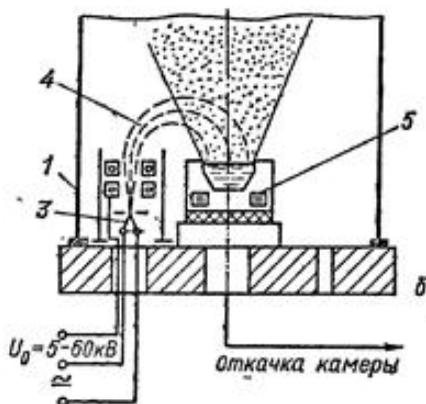


Рисунок 2 – Электронно-лучевой метод напыления:

1 – вакуумная камера; 2 – электронная пушка; 3 – катод; 4 – электронный луч с электромагнитной управляющей системой; 5 – водоохлаждаемый тигель

Принцип магнетронного напыления (см. рисунок 3) основан на распылении материала, из которого изготовлена мишень для магнетрона, при его бомбардировке ионами рабочего газа, образующимися в плазме тлеющего разряда [2].

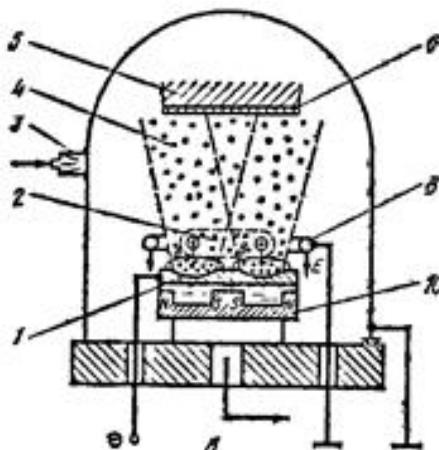


Рисунок 3 – Магнетронный метод напыления:

1 – катод; 2 – зона тлеющего разряда; 3 – натекатель рабочего газа; 4 – атомы испаряемого газа; 5 – подложка; 6 – покрытие; 8 – анод; 10 – магнит

В ходе исследования наиболее универсальным и подходящим к современным требованиям, предъявляемым к оптическим покрытиям, показал себя электронно-лучевой метод, за счет гибкости распределения тепловой мощности можно получать не только покрытия с управляемым составом, но и экспериментально создавать сложные многокомпонентные покрытия, которые позволят значительно улучшить оптические изделия и аппараты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов, Е. С. Механические вакуумные насосы / Е. С. Фролов, И. В. Автономова, В. И. Васильев. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
2. Кузьмичев, А. И. Магнетронные распылительные системы / А. И. Кузьмичев. – Киев. – 2008. – 244 с.

УДК 621.793

Касперович И. С.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС МАГНЕТРОННОГО МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. техн. наук,  
доцент Комаровская В. М.*

Магнетронное распыление – разновидность диодного катодного распыления. Образование паров распыляемого вещества происходит в результате бомбардировки мишени ионами рабочего газа, которые образуются в плазме аномального тлеющего разряда.

Магнетронные системы помимо высокой скорости распыления обладают рядом специфических особенностей, основной из которых является отсутствие бомбардировки подложки высокоэнергетическими вторичными электронами, являющимися основным источником радиационных дефектов в покрытии и нагрева подложек. В магнетронной распылительной системе вторичные электроны захватываются магнитной ловушкой и не бомбардируют подложку,