

В данной установке реализуется технология нанесения покрытий методом катодного (магнетронного) распыления с дополнительной активацией плазмы ВЧ разрядом, что способствует увеличению производительности процесса и обеспечивает нанесение пленок высокого качества. Дополнительный ВЧ разряд используется при обработке поверхности деталей перед напылением для удаления адсорбированной влаги и улучшения адгезии. Процесс напыления ведется из кремниевых мишеней с использованием реактивных газов, при этом формируются многослойные покрытия из  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiN}_x$ ,  $\text{SiO}_x\text{Ny}$ .

### **Список использованных источников**

1. Борило, Л. П. Тонкопленочные неорганические наносистемы / под ред. д-ра техн. наук, проф. В. В. Козика. – Томск: Томский государственный университет, 2012. – 134 с.
2. Крылова, Т. Н. Интерференционные покрытия Л. Машиностроение. – 1973. – 224 с.

УДК 628.95

### **Формирование покрытия на внутреннюю и внешнюю поверхность полусферических деталей**

**Щаврук А. А., студент**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь;*

<sup>1</sup>*Научный руководитель: канд. тех. наук, Комаровская В. М.  
Белорусский институт системного анализа и информационного  
обеспечения научно-технической сферы  
Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Научный руководитель: мл. науч. сотрудник Дуболеко Ю. А.*

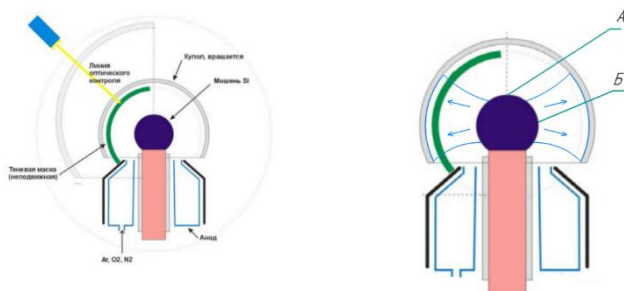
**Аннотация:**

В данной статье описывается технология нанесения тонких пленок на сферические изделия с использованием вакуумного оборудования модели «MagOC» PS-690-009. Выявлены проблемы при формировании покрытий на детали сферической формы.

Вакуумное технологическое оборудование (ВТО) «MagOC» PS-690-009, разработанное компанией StratNanoTech, является экспериментальной установкой и предназначено для нанесения защитных оптических покрытий (многослойных тонкопленочных структур) на внутреннюю и внешнюю поверхности деталей сферической формы (обтекатели).

Для формирования покрытия на внутреннюю поверхность полусферических деталей применяется полый анод специальной конструкции с газовой защитой. Газовая защита обеспечивает длительный срок службы анода. Во время обработки деталь вращается вокруг вертикальной оси. Равномерность нанесения покрытия обеспечивается теневой маской (рисунок 1 а). Контроль процесса нанесения покрытия осуществляется системой оптического контроля.

Одним из наиболее существенных недостатков при нанесении покрытия является неравномерность толщины покрытия. Это связано с тем, что сам анод не может распыляться равномерно из-за действия магнитного поля (в области Б происходит максимальное распыление мишени по сравнению с областью А) (см. рисунок 1 б).



а – схема нанесения покрытия

б – распыление анода

Рис. 1 – Схема нанесения покрытия на внутреннюю поверхность сферических изделий

В ходе отработки технологии формирования покрытий на изделия выявили, что образцы с покрытием, полученные без внутрикатодной подготовки не соответствуют требованиям, предъявляемым к оптическим покрытиям. В связи с этим предлагается усовершенствование

конструкции данного устройства, которое позволит реализовывать процесс высокочастотной обработки. Высокочастотный индукционный разряд пониженного давления используется для очистки поверхности стекла от органических соединений, влаги, мелких частиц, удаления микродефектов и полировки подложек. В результате плазменного воздействия исчезают микродефекты поверхности размером от 0,1 до 1 мкм [1].

Для обеспечения нанесения покрытия на внешнюю поверхность сферических изделий в вакуумной камере установлено 6 планарных катодов диаметром 75 мм. Данные специализированные катоды разработаны для реактивных процессов распыления мишени, с высоким коэффициентом ее использования (рисунок 2).

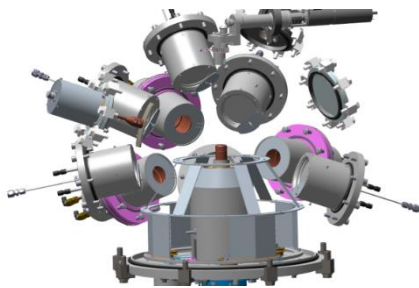


Рис. 2 – Схема расположения анодов с катодами

Несмотря на эффективность и универсальность экспериментальной установки в ходе эксплуатации был выявлен ряд недоработок. Неоптимальная по степени загрузки конструкция рабочей камеры технологической оснастки (обрабатывается 4 подложки при возможности одновременной обработки до 5 подложек); также требуется усовершенствовать защитное покрытие стенок камеры для устранения потребности в использовании фольги в защитных целях (так как это увеличивает длительность технического обслуживания камеры, тем самым снижая ее экономическую эффективность).

## Список использованных источников

1. Абдуллин, И. Ш. Высокочастотные разряды пониженного давления в плазмохимических процессах // Вестник Казанского технологического университета. 2010. – № 4.
2. Крылова, Т. Н. Интерференционные покрытия Л. Машиностроение. – 1973. – 224 с.

УДК 621.785.532

### Установки ионно-плазменного азотирования с «теплыми» и «холодными» стенками

**Юрьев В. Д., студент**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент*

*Босяков М. Н.*

#### Аннотация:

В данной статье будут рассматриваться установки для химико-термической обработки – ионно-плазменного азотирования, которое происходит в вакуумных камерах с «горячими» или «холодными» стенками, а также будут рассмотрены экономические решения для уменьшения затрат на электроэнергию для двух типов камер.

В настоящее время все более популярным способом окончательной химико-термической обработки в промышленности является – ионно-плазменное азотирование под вакуумом. Данный метод обработки наиболее предпочтительней по сравнению с его предшественником – печного газового азотирования, поскольку, при использовании печей необходимо учитывать состав атмосферы, которая также влияет на микроструктуру и толщину обрабатываемых деталей. Высокая активность азота приводит к образованию толстого слоя с большой пористостью. Пониженная активность азота приводит к образованию более плотного поверхностного слоя. В то время как, при использовании вакуумной камеры, есть возможность обрабатывать