

**УДК 621.793.1**

## **ОТРАБОТКА РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ В ВАКУУМЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Анастасия Александровна Исаева

*Студентка 3 курса, бакалавриат  
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»,  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: С. В. Сидорова,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в  
машиностроении»*

Тонкопленочные покрытия используются во многих областях науки и техники. В настоящее время заинтересованность в островковых тонких пленках (ОТП) и островковых наноструктурах (ОНС) постоянно растет ввиду уменьшения размеров устройств и создания новых приборов.

Например, ОТП увеличивают прозрачность поверхностей стекол оптических приборов космических аппаратов. Используются ОНС для создания экранов цифровых и буквенно-цифровых индикаторов; производства элементов памяти.

Кроме того, тонкопленочные покрытия используются в газовых сенсорах для увеличения их чувствительности. А изменяя газочувствительный слой и рабочую температуру, можно управлять селективностью и чувствительностью сенсора к различным компонентам.

К преимуществам приборов и устройств на основе ОТП следует отнести миниатюризацию, снижение энергопотребления и увеличение быстродействия.

Для нанесения тонких пленок использовали малогабаритную модульную вакуумную установку УВН-1М (рис.1), предназначенную для исследовательских работ в области формирования наноструктурированных пленок в вакууме.

В рабочей камере 1 Т-образной формы используются четыре технологических модуля 3, позволяющие наносить тонкопленочные покрытия разными методами. За процессом можно наблюдать через смотровое окно 2. Вакуумная система оснащена механическим спиральным 4 и турбомолекулярным 5 насосами, создающими безмасляный вакуум.

Нанесение тонких пленок меди проводили методом резистивного термического испарения в вакууме (рис.2). Модуль плотно прилегает к вакуумной камере благодаря уплотнительному кольцу 1 на фланце 2, на котором закреплены два токовода 3, установленные на изоляторах 4. Прижимные шайба 5 и винт 6 удерживают испаритель (спираль) 7 между тоководами. Заслонка 8 вращается с помощью ручного ввода вращения заслонки 9.

В вакуумной камере 1 (рис.3) происходит напыление тонкой пленки. К подложкодержателю 2 прикреплена подложка 3, на которую будет осаждаться испаряемый материал 4 (в данном случае – медь). Этот материал находится на испарителе 5, который нагревается посредством резистивного нагрева через тоководы 6, находящиеся на расстоянии  $h$  (мм) от подложкодержателя. Процесс нанесения происходит в течение времени  $t$  (с) и под давлением  $P$  (Па).



Рис.1 Вакуумная установка УВН-1М

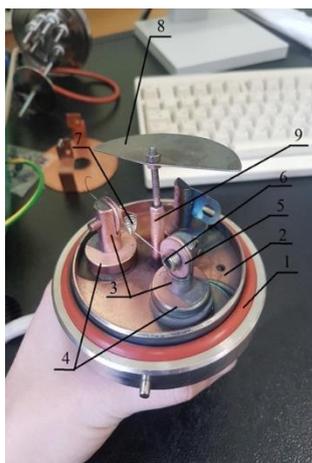


Рис.2 Модуль для термического испарения

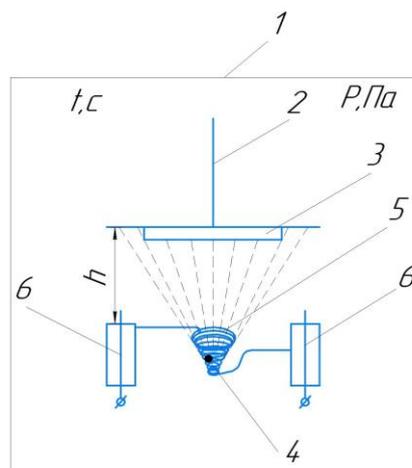


Рис. 3 Схема эксперимента

Интерес представляет отработка режимов формирования тонкопленочных покрытий на установке УВН-1М. Поэтому целью проведения экспериментальных исследований является создание математической модели зависимости толщины тонкой пленки от параметров нанесения (времени и скорости осаждения материала, которая регулируется расстоянием источник–подложка).

Измерение толщин пленок проводили на атомно-силовом микроскопе (АСМ) NT-MDT в контактном режиме зондом CSG01.

В результате проведения и обработки результатов экспериментов получена математическая модель:  $Y = 400 + 291,5X_2 - 88,5X_1X_2$ , где  $X_1$ - расстояние,  $X_2$ - время.

В результате анализа полученных данных эксперименты оказались воспроизводимы, адекватность модели подтвердилась.

Отметим, что фактор расстояния оказался незначимым, вероятно, из-за малого интервала варьирования. Необходимо понизить нижнюю границу. Существенное влияние оказал фактор времени: при его увеличении толщина пленки увеличивается, что сходится с физической стороной рассмотрения полученной математической модели. Влияние взаимодействия факторов также значимо, так как варьируя двумя параметрами, можно оказать влияние на выходной параметр – толщину пленки.

Рассмотрены области применения ОНС и ОТП, преимущества приборов и устройств на их основе.

Проведены экспериментальные исследования по нанесению тонкопленочных покрытий меди на установке УВН-1М. Толщины тонкопленочных покрытий измеряли на АСМ. В результате обработки результатов экспериментов получена адекватная математическая модель, описывающая зависимость толщины тонкопленочного покрытия от параметров процесса нанесения.

В дальнейшей работе планируется организация стенда по контролю роста ОТП в процессе формирования и уточнение математической модели зависимости определяющего размера ОТП от технологических параметров.

### Литература

1. Сидорова С.В. Расчет технологических режимов и выбор параметров оборудования для формирования островковых тонких пленок в вакууме. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Москва, 2016. 19 с.
2. Чиров А.А., Беякова Н.Г. Изменение прозрачности тонких пленок цезия на поверхности стекла оптических приборов космического аппарата // Поверхность. Рентгеновские, синхронные и нейтронные исследования. 2013. No. 12. С.98.