

Для примера, в методе КИБ напряжение смещения во время проведения технологического процесса в зависимости от материала покрытия может браться в пределах от 80 до 140В для одних (TiAlN, Mo₂N и др), от 40 до 350В для других (CrN, ZrN, TiN) и т. п. Напряжение, подаваемое на распыляемую мишень (катод), также зависит от материала и выбранного метода получения покрытия. От времени проведения различных этапов процесса будет зависеть толщина покрытия, адгезионная прочность с основой, а в некоторых случаях и состав пленки.

Последним важным этапом является контроль свойств полученного покрытия, который может осуществляться на образцах-свидетелях. Основные параметры, подлежащие контролю, разнятся в зависимости от назначения покрытий. Например, у пленок, формируемых на режущих инструментах, должны проверяться следующие параметры:

1. Адгезионная прочность.
2. Толщина пленки.
3. Термостойкость.
4. Теплопроводность.

Таким образом, следуя этому алгоритму, можно легко разработать технологический процесс для любого метода формирования покрытий в вакууме.

УДК 621.793

Технология осаждения покрытия на основе дисилицида молибдена методом магнетронного распыления для применения в оптических газоанализаторах

Сечко И. А., магистрант

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Комаровская В. М.,
Зав. лаб. Вакуумно-плазменных покрытий ГНУ «ФТИ НАН
Беларуси», к.т.н., доцент Латушкина С. Д.*

Аннотация:

В данной статье проводится анализ экспериментальных данных по нанесению покрытия дисилицида молибдена для оптических газоанализаторов. На его основе осуществляется подбор необходимых режимов и составляется технологический процесс.

В одной из предыдущих работ затрагивалась тема актуальности оптических газоанализаторов, связанная с большим спектром их возможностей. Одним из ключевых узлов всего датчика является излучатель инфракрасного излучения, который может быть представлен в виде диода, либо в виде тонкой пленки металла.

Покрyтия на поверхность излучателя обычно наносят вакуумными методами с использованием различных металлов. В работе [1] приводится пример использования в качестве материала покрытия такой металл как платины, а также предлагается более дешевый вариант: дисилицид молибдена, который не уступает платине по качественным и эксплуатационным характеристикам.

В связи с этим были проведены экспериментальные исследования, которые подтвердили применения данного материала.

Формирование покрытия происходило методом вакуумного магнетронного осаждения в среде реакционного газа (C_2H_2). Подложкой выступала ситалловая пластинка.

В первую очередь провели исследования резистивности пленки и температуры ее нагрева. В ходе испытаний было установлено, что решающий вклад в изменение резистивных свойств вносит содержание ацетилена C_2H_2 в вакуумной камере.

При нанесении покрытия дисилицида молибдена без применения реакционного газа, поверхностное сопротивление полученной на подложке пленки толщиной 0,3 мкм составило 25 Ом. В диапазоне изменения давления ацетилена в камере от $1,0 \cdot 10^{-2}$ до $5,0 \cdot 10^{-2}$ Па наблюдается плавное и медленное возрастание величины поверхностного сопротивления, что позволяет осуществлять простой выбор требуемого значения для излучателя.

В работе [1] также проведены исследования влияния электрического токового разогрева на резистивные свойства пленок $MoSi_2$ путем ее нагрева до $900^\circ C$ и последующего остывания до $25^\circ C$. После первых нескольких циклов нагрева-охлаждения была выяв-

лена зависимость от наличия в составе покрытия ацетилена, которая была замечена при рассмотрении графиков изменения сопротивления от температуры. Также во время проведения дальнейших циклов замечено, что сопротивление образцов, остывших после нагрева, существенно меньше начального значения, однако при этом остается стабильным длительное время.

В работе [1] были проведены эксперименты по длительному воздействию токового высокотемпературного нагрева на образцы пленок, результаты которых свидетельствуют о положительном влиянии введения ацетилена в смесь газов на стойкость получаемого покрытия.

Авторы этой же работы провели исследования по определению остаточных напряжений в пленках MoSi_2 . В ходе опытов выявили, что для покрытия характерны напряжения сжатия, которые после термического отжига меняются на напряжения растяжения, уровень которых зависит от толщины осажденного слоя. При этом установили, что дополнительное введение в камеру ацетилена при осаждении пленок MoSi_2 позволяет уменьшить величину напряжений покрытий.

Для тонкопленочных излучателей в оптических газоанализаторах важную роль также играет излучающая способность. В ходе экспериментов выявлено, что дополнительное введение в вакуумную камеру малого количества ацетилена практически не изменяет значение этого параметра. Однако при введении большего количества реакционного газа приводит к уменьшению относительного интегрального коэффициента излучения осаждаемых пленок.

На основании данных, полученных в процессе анализа результатов экспериментов, разработан технологический процесс нанесения покрытия дисилицида молибдена на ситалловые подложки.

После проведения внекамерной подготовки поверхности необходимо совершить внутрикамерную очистку и активацию подложки. Производится это в данном случае за счет воздействия высокоэнергетических ионов Ar^+ из ионного источника Холла (энергия ионов 1,0 кэВ, плотность тока на подложке – 5 mA/cm^2). Проводится эта операция в течении 3,5–4 минут, после чего можно осуществлять нанесение покрытия. Стоит отметить, что в данном случае отсутствует дополни-

тельный нагрев подложки для увеличения адгезии, что связано с особенностями материала, из которого она изготовлена.

Во время всех процессов, проводимых в камере, давление в ней должно составлять $1,3 \times 10^{-3}$ Па. После поворота подложкодержателя к магнетрону, регулируется количество подаваемой рабочей смеси газов. Для достижения требуемых параметров пленки необходимо, чтобы давление ацетилена в рабочей камере составляло $2-2,5 \times 10^{-2}$ Па. После этого начинается процесс распыления. Параметры магнетрона следующие: напряжение разряда магнетрона – 400–450 В, ток разряда магнетрона – 0,2–0,4 А. При таких режимах длительность процесса составит примерно от 5 до 15 минут. В конце процесса в камеру напускается атмосферный воздух.

Следующим этапом будет проведение термического отжига покрытия до 800 °С, после чего идет охлаждение до 25 °С.

Таким образом, разработан технологический процесс нанесения покрытия дисилицида молибдена магнетронным методом в среде реакционного газа ацетилена на ситалловые подложки.

Список использованных источников

1. Латушкина, С. Д. Формирование покрытий на основе дисилицида молибдена методом магнетронного распыления для применения в оптических / С. Д. Латушкина // Актуальные проблемы прочности / С. Д. Латушкина, И. М. Романов, О. И. Посылкина – 2020. – С. 144–155.

2. Романов, И. М. Влияние высокотемпературного нагрева на резистивные свойства пленок дисилицида молибдена, полученных магнетронным распылением / И. М. Романов [и др.] // Вести НАН Беларуси. – 2019. – С. 287–293.