

# СТРУКТУРА ПЛЕНОК, НАПЫЛЯЕМЫХ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ПУТЕМ МАГЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Загузин И.Ю., Лютиков О.Н.

Научный руководитель: Мышкин В.Ф., д.ф.-м.н., профессор  
НИ Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

E-mail: [iyz4@tpu.ru](mailto:iyz4@tpu.ru)

Технология получения тонких пленок находит широкое применение в различных областях промышленности, среди которых приборостроение, лазерная техника, микроэлектроника и медицина. В вакуумно-плазменных технологических процессах осаждения тонких плёнок наряду с другими методами широко применяется метод магнетронного распыления [1]. К преимуществам магнетронного распыления можно отнести высокую чистоту технологических процессов, возможность формирования равномерных по толщине пленок и экологическую безопасность. Согласно общепринятым представлениям [2], формирование тонкой пленки на ровной поверхности твердого тела происходит в результате зарождения, роста и слияния островков в сплошную пленку. Это означает, что на начальном этапе формирования пленки сорбированные на подложке атомы некоторое время диффундируют по её поверхности. Можно предположить, что аналогичная диффузия напыляемых атомов будет наблюдаться по сплошной пленке напыляемого материала. Как растущая поверхность пленки, так и диффундирующие по поверхности атомы имеют неспаренные спины. Поэтому возможно управлять процессом формирования пленки с помощью постоянного магнитного поля. Для проведения исследований была собрана экспериментальная установка, содержащая следующие узлы: вакуумная камера объемом 5 л, форвакуумный насос ВН-1МГ, вакуумметр ВИТ-2, источник питания GPR-100H05D для питания магнетронного разряда. Постоянный магнит магнетрона кольцеобразной формы с сердечником размещали внизу камеры за ее пределами, что предотвращало его нагрев. Горизонтальная составляющая магнитного поля в пространстве над катодом магнетронного разряда составляла 120 мТл. Вертикальная составляющая поля над катодом не превышала 20 мТл. Внутри вакуумной камеры размещали распыляемый материал (катод) в виде круглой медной пластины, анод из латуни, дополнительный постоянный магнит и стеклянную пластину (подложка), на которой формируется пленка из материала катода магнетронного разряда. Подложка, на которую наносили пленки, находилась в магнитном поле, создаваемым кольцевым магнитом магнетрона, и второго, специально устанавливаемого, магнита. При расстоянии 2 см между магнитом и подложкой в области напыления формировали магнитное поле величиной 96 мТл. В качестве плазмообразующего газа использовали смесь аргон-кислород. Газ из вакуумной камеры откачивается форвакуумным насосом, подсоединяемым к камере с помощью гибкого вакуумного сильфона длиной 40 см. Внутренний диаметр сильфона составлял не менее 3 см. За 10 минут откачки давление в рабочей камере уменьшалось до  $10^{-2}$  мм рт.ст. На источнике питания выставляли ток короткого замыкания на уровне 50-300 мА. Пробой разрядного промежутка наблюдается при напряжении на аноде более 500 В. В дальнейшем напряжение блока питания в режиме короткого замыкания падало до 290-350 В и устойчиво поддерживался магнетронный разряд. При малой мощности скорость распыления незначительна. Поэтому для формирования пленки нужной толщины длительность процесса напыления составляла 2,5 - 3 часов. Толщина пленок, при любой мощности магнетронного разряда, слабо зависит от величины поля. Так, во внешнем магнитном поле 96 мТл средняя толщина пленки составила 169 мкм, а без поля - 172,5 мкм. Это отличие в толщине пленки, скорее всего, связана с пространственной неоднородностью распыляемого пучка атомов мишени и отличием эффективных времен напыления.

Методом магнетронного распыления меди получены пленки, содержащие как локальные участки меди, так и ее оксидов CuO и Cu<sub>2</sub>O. Анализ изображений поверхности пленок с помощью сканирующей электронной микроскопии показывает, что слабое внешнее магнитное поле оказывает существенное влияние на процесс формирования морфологии поверхности пленки. Установлено, что размеры отдельных зерен на поверхности пленки без магнитного поля не превышают 3 мкм, а в магнитном поле 96 мТл не превышают 0,45 мкм. В докладе подробно анализируются физико-химические процессы, протекающие на поверхности растущей пленки в слабом магнитном поле, а также показана их зависимость от изотопного состава распыляемой мишени.

Исследования финансировались в рамках гранта РФФИ №16-08-00246.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бизюков А.А., Середа К.Н., Слепцов В.В. Сильноточный магнетронный разряд с магнитоизолированным анодом // Вопросы атомной науки и техники, 2008.- №4, с. 179-183.
2. Дубровский, В. Г., Сибирев, И. В., Цырлин, Г. Э., Устинов, В. М. Теория формирования многослойных тонких пленок на поверхности твердого тела // Физика и техника полупроводников, 2006. - 40(3), 257-263.