

**Т.Ю. Петрович** (УО «ГГУ имени Ф. Скорины», Гомель)  
Науч. рук. **Н.Н. Федосенко**, канд. техн. наук, доцент

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ ТОНКИХ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Тонкие оксидные пленки (толщиной от долей микрометра до нескольких микрометров), получаемые в вакууме, обладают уникальными свойствами и их применение позволяет эффективно решать научные и технические проблемы в целом ряде отраслей, в том числе и весьма перспективной и бурно развивающейся области – нанотехнологии. В связи с расширением возможностей применения таких покрытий, представляет интерес определения их оптических постоянных. Одним из наиболее широко применяемых методов определения таких постоянных является спектрофотометрический метод.

Для получения тонких оксидных пленок использовался метод электронно-лучевого испарения. Электронно-лучевые испарители позволяют получать тонкие пленки металлов, сплавов и диэлектриков. Хорошая фокусировка электронного пучка в этих испарителях позволяет получать большую концентрацию мощности (до  $5 \cdot 10^8$  Вт/см<sup>2</sup>) и высокую температуру, что обеспечивает возможность испарения с большой скоростью даже самых тугоплавких материалов. Быстрое перемещение нагретой зоны в результате отклонения потока электронов, возможность регулирования и контроля мощности нагрева и скорости осаждения создают предпосылки для автоматического управления процессом. Метод позволяет получить высокую чистоту и однородность осаждаемой пленки, поскольку реализуется автотигельное испарение материала. Основные параметры, достижимые в электронно-лучевых испарителях: удельная скорость испарения – от  $2 \cdot 10^{-3}$  до  $2 \cdot 10^{-2}$  г/(см<sup>2</sup> · с); энергия генерируемых частиц – от 0,1 до 0,3 эВ; скорость осаждения частиц на подложке – от 10 до 60 нм/с [1].

Методом электронно-лучевого испарения в вакууме, были получены оксидные покрытия на основе SiO<sub>2</sub> и ZrO<sub>2</sub>. Формирование оксидных покрытий осуществлялось с помощью установки вакуумного напыления ВУ-1А, оснащенной источником электронно-лучевого испарения и системой контроля оптических характеристик.

После процесса очистки подложек, и их нагрева до температуры 200 °С осуществлялось нанесение покрытий на подложки испарением мишеней SiO<sub>2</sub> и ZrO<sub>2</sub> в вакууме при остаточном давлении  $7 \cdot 10^{-3}$  Па.

Оптические постоянные полученных пленок были определены спектрофотометрическим методом. Данный метод основан на

измерении спектральных значений коэффициентов отражения  $R_\lambda$  или пропускания  $T_\lambda$  для ряда длин волн  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  выбранного участка спектра. Спектрофотометрические методы дают возможность получить дисперсионные характеристики показателей преломления и поглощения пленки во всем требуемом инфракрасном диапазоне спектра [2].

С помощью спектрофотометра Photon RT были получены спектральные кривые, по которым были определены показатель преломления и коэффициент поглощения, полученных оксидных покрытий. Полученные результаты для покрытия  $\text{SiO}_2$  представлены в таблице 1, для покрытия  $\text{ZrO}_2$  в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты определения показателя преломления и коэффициента пропускания покрытия  $\text{SiO}_2$

$\text{SiO}_2$	Длина волны $\lambda$ , нм						
	400	500	600	700	800	900	1000
Значение показателя преломления $n$	1,481	1,461	1,457	1,455	1,457	1,456	1,451
Значение коэффициента пропускания $T$ , %	91,00	92,17	90,58	89,66	88,08	86,08	85,25

Таблица 2 – Результаты определения показателя преломления и коэффициента пропускания покрытия  $\text{ZrO}_2$

$\text{ZrO}_2$	Длина волны $\lambda$ , нм						
	400	500	600	700	800	900	1 000
Значение показателя преломления $n$	1,727	1,700	1,700	1,680	1,673	1,649	1,619
Значение коэффициента пропускания $T$ , %	91,12	83,75	90,33	88,00	84,00	83,00	84,17

Используя спектральную интерференционную кривую коэффициента пропускания  $T$  покрытий  $\text{SiO}_2$  и  $\text{ZrO}_2$  и методику расчета оптических постоянных по спектральной интерференционной кривой коэффициента пропускания  $T$ , был произведен расчет показателя преломления и коэффициента поглощения. В результате, показатель преломления и коэффициент поглощения покрытия  $\text{SiO}_2$  равны 1,469 и 0,332, покрытия  $\text{ZrO}_2$  равны 1,712 и 0,670 соответственно.

Сравнив данные полученные экспериментально и данные полученные в результате расчета можно сделать вывод, что они фактически совпадают.

## Литература

1. Волков, А.Н., Дьяченко, В.А., Клюкин, В.Ю. Вакуумная техника. Методы, технологические процессы и оборудование для нанесения покрытий: учебное пособие / А.Н. Волков, В.А. Дьяченко, В.Ю. Клюкин; М-во общего и проф. образования РФ, Санкт-Петербургский гос. технический ун-т. – Санкт-Петербург : СПбГТУ, 1996. – 43 с.

2. Котликов Е.Н., Андреев В.М., Новикова Ю.А. Определение оптических констант пленок на подложках из кремния / Сб. трудов Научная сессия ГУАП. – 2013. – ч. 1. – С. 167–170.

**Е.В. Пивоварчик** (УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно)  
Науч. рук. **А.Г. Лежава**, канд. техн. наук

### **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ИЗ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ СПЛАВОВ**

В настоящее время ряд предприятий Республики Беларусь в качестве материала, используемого при изготовлении запорной или газовой арматуры, рекомендуют использовать медно-цинковые сплавы. Наибольшее распространение при изготовлении запорной арматуры получили сплавы марок ЛЦ40С и ЛЦ40Сд. Химический состав данных сплавов регламентирует ГОСТ 17711-93 [1]. При изготовлении вышеназванных изделий методом литья под давлением на поверхности отливок возникают дефекты, выраженные в появлении пятен на поверхности детали, что приводит к браку изделий по чистоте поверхности. К числу возможных факторов, способствующих появлению данного дефекта, следует отнести несоответствие химического состава шихтовых материалов, коррозию, технологические параметры заливки металла, чрезмерное смазывание поверхности пресс-формы и прессующего поршня минеральными маслами с добавлением порошкообразного графита.

В свою очередь точное определение химического состава выплавляемого сплава в значительной степени оказывает влияние на получение качественной отливки [2].

Установлено, что при определении химического состава с помощью искрового эмиссионного спектрометра OBLF-QSW 750 и растрового электронного микроскопа Tescan VEGA ILMU массовая доля основных компонентов практически одинакова, при этом разница в показаниях составляет в среднем 5 %. Также установлено, что использование данных приборов позволяет дополнительно определить вид и количество прочих примесей, присутствующих в расплаве (S, Cr, Co), что является