

## ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПО ТОЛЩИНЕ НАНЕСЕННОГО НА ОБРАЗУЮЩИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НА ЕГО СПЕКТРАЛЬНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ПРОПУСКАНИЯ.

**Михайлов А.А.,**

Санкт-Петербургский государственный университет  
информационных технологий, механики и оптики,  
Санкт-Петербург, Россия,  
mikhailov\_aa@list.ru

**Аннотация.** Рассматриваются отклонения в спектральной характеристике пропускания привносимые отклонениями от заданной толщины оптического покрытия, которое нанесено на образующие цилиндрической поверхности, с помощью резистивного испарения в вакуумной камере.

**Ключевые слова:** цилиндрическая поверхность, оптическое покрытие, интерференционное покрытие.

## THE EFFECT OF DEVIATIONS IN THE THICKNESS DISTRIBUTION OF THE OPTICAL COATING DEPOSITED ON THE CYLINDRICAL SURFACE ON ITS SPECTRAL TRANSMISSION CHARACTERISTICS.

**Mikhailov A.A.,**

St. Petersburg State University of Information Technologies,  
Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russia

**Abstract.** Consider deviations of the transmission spectral characteristic introduced by deviations from the given thickness of optical coating applied to the cylindrical surface forming by resistive evaporation in a vacuum chamber.

**Keywords:** cylindrical surface, optical coating, interference coating.

Последнее время постоянно увеличивается интерес к формированию различных типов интерференционных покрытий на поверхностях как сферической, так и несферической формы. Химические методы формирования покрытий на деталях малого радиуса кривизны, оптических элементах с торической и цилиндрической поверхностях не всегда можно применять. Это объясняется тем, что на спектральные характеристики формируемого интерференционного покрытия существенное влияние оказывают постоянство толщины по всей приёмной поверхности, а также точность изготовления толщины каждого слоя.

Наиболее актуальными являются задачи, связанные с работой формирования спектроделительных покрытий (дихроических зеркал), которые отражают или поглощают видимую часть спектра и пропускают инфракрасную, на цилиндрических поверхностях. Такие элементы могут использоваться для приборов ночного видения и в приборах специального назначения.

На данный момент широко изучены и описаны в литературе методы создания оптических покрытий различного назначения и различного распределения по толщине на деталях различной формы, но преимущественно плоскопараллельных пластинах и сферических поверхностях [1, с. 58, с. 61, с. 69; 2, с. 94, с. 96; 3, с. 40].

Если рассматривать процесс нанесения оптического покрытия на деталь цилиндрической формы, то задача по определению мгновенных координат точек на поверхности цилиндра для прогнозирования распределения на детали будущего покрытия сильно усложняется.

На рисунке 1 представлена обобщенная спектральная характеристика отрезающего светофильтра (спектроделителя), указаны основные параметры, которые характеризуют данный класс светофильтров.

Для данного класса покрытий имеет огромную важность соответствие теоретического и практического положения точки полупропускания ( $0,5T(\lambda)$ ), по-

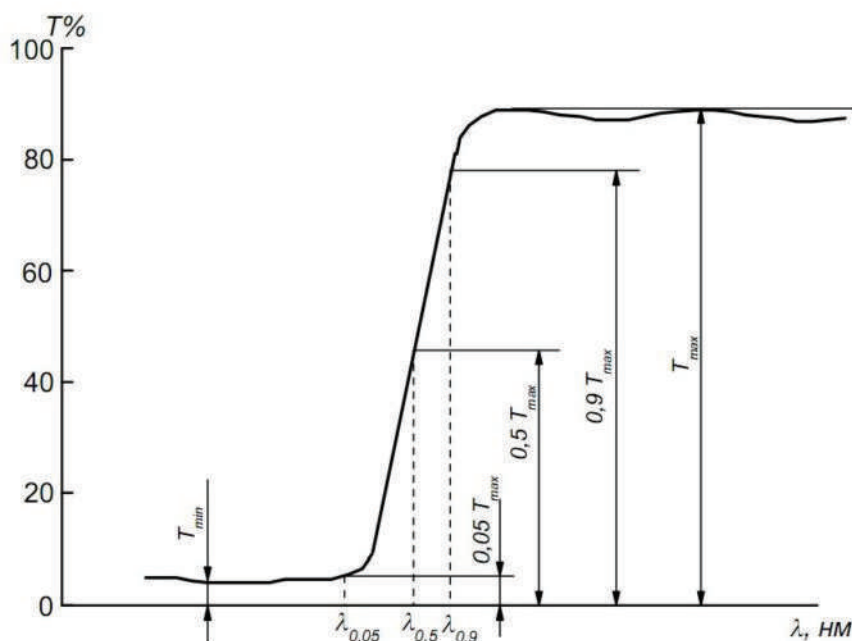


Рис. 1. Спектральная характеристика пропускания спектроделителя для длинноволновой области спектра.

ложение которой в свою очередь определяется точностью расчета структуры светофильтра (количество слоев, их толщины, показатели преломления входящих в его состав материалов) и в огромной степени зависит от точности реализации этих параметров. Основной проблемой является получение минимального отклонения от заданной толщины на всей рабочей поверхности детали.

Если речь идет о равнотолщинном покрытии, а именно такое описывалось выше. При отклонении толщины покрытия всего на несколько процентов, вся спектральная характеристика спектроделителя исказится в рассматриваемой зоне, но самое главное, что длинная волны, на которой находилась точка полупропускания, сместится в длинноволновую или в коротковолновую область спектра в зависимости от знака отклонения по толщине слоя покрытия. На практике покрытие на определенных длинах волн будет «дырявым», то есть иметь зоны пропускания в зоне спектра, которая теоретически не должна быть прозрачной.

Но распределение толщины слоев так же определяется эмиссионной характеристикой испарителя [1, с.38]. Для испарителей, реализующихся при терми-

ческом, в том числе электронно-лучевом испарении, возможно получение медленно меняющегося профиля толщины слоя. При этом градиент профиля толщины слоя на детали плавно меняется по координате, а сами величины этого градиента малы.

Если рассматривать деталь цилиндрической формы, то распределение толщины по поверхности детали будет определяться следующим выражением, аналогичным, полученному в [1, с. 46]:

$$t = \int_0^{\phi} HS \cdot \frac{\cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{p^2} d\varphi, \quad (1)$$

где,  $\vartheta_1$  – угол между вектором  $p$  и нормалью к испарителю, коллинеарной оси  $OZ$ ,  $\vartheta_2$  – угол между вектором  $p$  и нормалью к точке на поверхности детали,  $p$  – длина вектора  $p$  (соединяющего испаритель с точкой на поверхности цилиндра),  $HS$  – функция Хэвисайда, ограничивающая напыление на затененную зону детали,  $\phi$  – наименьшее общее кратное периодов угловых скоростей, характеризующих вращение цилиндра.

На рисунке 2 изображено нормированное распределение по толщине одного слоя, полученное

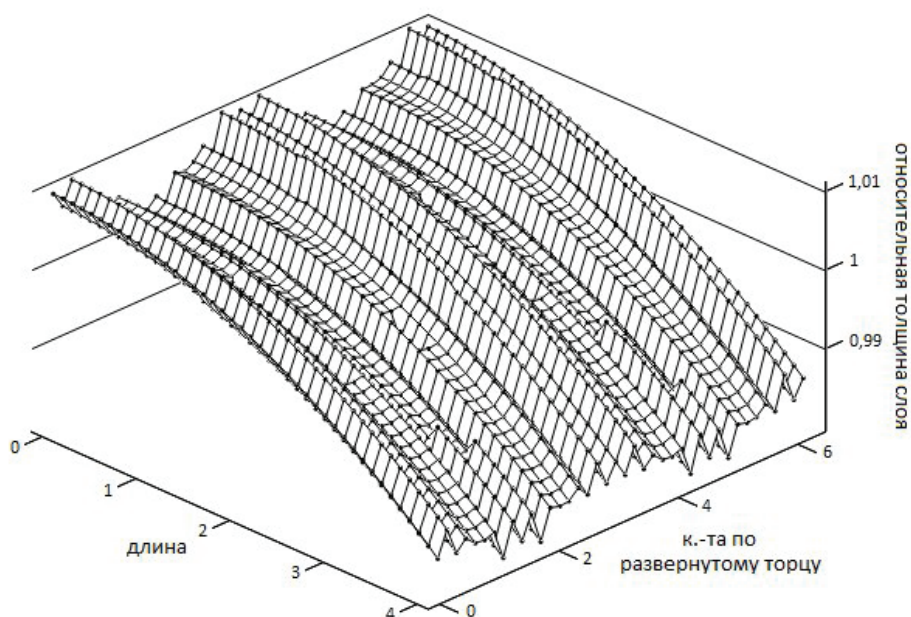


Рис. 2. Нормированное распределение толщины покрытия на цилиндрической детали.

теоретическим способом с помощью математической модели, основанной на выражении 1 и мгновенных координатах заданной точки на поверхности цилиндра.

Профиль представленной поверхности в большей степени зависит от параметров заданных в математическую модель, но общая картина остается практически неизменной: даже при теоретическом расчете наблюдается отклонение по толщине, которое может исказить спектральные характеристики покрытия, которое требуется получить.

На практике будут наблюдаться вносимые мно-

гими факторами ошибки в распределении по толщине. При наложении эти ошибки могут иметь разные знаки или, что хуже, одинаковые, то есть они могут либо устранить друг друга, либо усилить.

Таким образом, при проектировании оптического покрытия для детали цилиндрической формы для достижения приемлемых отклонений от необходимых значений спектральных параметров, необходимо принимать во внимание дополнительные данные по возможному распределению покрытия на самой детали, которое может внести значительный вклад в получаемое в итоге покрытие.

### Список литературы:

1. Губанова Л.А., Путилин Э.С., Интерференционные покрытия, формирующие энергетические и волновые параметры излучения. СПб.: СПбГУИТМО, 2006. 220 с.
2. Котликов Е.Н., Варфоломеев Г.А., Лавровская Н.П., Тропин А.Н., Хонинева Е.В. Проектирование, изготовление и исследование интерференционных покрытий: учебное пособие / - СПб.: ГУАП, 2009. 189с.
3. Большанин А. Ф. Формирование пленок постоянной величины на осесимметричной подложке / А. Ф. Большанин, А. Г. Жиглинский, С. Г. Парчевский, Э. С. Путилин // ОМП. 1978. № 3. С. 39–42.