

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО ОТРАЖАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Д.Ю. Довгань, М.А. Мишнев

ПАО «КМЗ имени С.А. Зверева», Красногорск, Россия,
dovgan.rampage1994@yandex.ru, mikeman89@mail.ru

Методом электронно-лучевого испарения в вакууме на поверхность подложки из оптического стекла марки К8 были нанесены металлические покрытия из алюминия, серебра, золота, никеля, хрома, палладия. Наилучшими оптическими характеристиками для создания широкополосного зеркального покрытия обладают пленки алюминия. Для изучения влияния диэлектрических пленок на коэффициент отражения зеркального покрытия произведены опыты по нанесению на поверхность базового алюминиевого зеркала пленок кварца и оксида циркония. Создание широкополосного зеркального покрытия исключительно из диэлектрических материалов приводит к значительному росту коэффициента отражения, но в узкой области спектра при снижении коэффициента отражения на оставшемся оптическом участке спектра.

Введение

Развитие оптики тонкопленочных покрытий тесно связано с прогрессом в области нанесения пленок в вакууме. В настоящее время для получения указанных покрытий, помимо хорошо освоенных термовакuumных методов напыления, все более широко используется методы ионно-плазменного распыления, обладающие более широкими возможностями получения слоев из диэлектрических материалов с заданными оптическими свойствами. Использование в последнее время ионно-ассистированного осаждения, а также применение ионной очистки поверхности подложек, в значительной мере улучшило морфологию поверхности и структуру пленок [1].

Основная часть

В настоящей работе исследуется возможность создания широкополосного отражающего металлического покрытия для оптических изделий, работающего в диапазоне длин волн 520-1100 нм со спектральным коэффициентом отражения $\geq 96\%$.

Экспериментальное создание зеркального покрытия проводилось на вакуумной установке ВУ-1А. В качестве материалов для зеркального покрытия использовали алюминий, серебро, золото, никель, хром, палладий, которые наносили на подложку, выполненную из оптического стекла марки К8. Испарение проводилось с помощью потока электронов с плотностью энергии $5 \cdot 10^8$ Вт/см², ток накала электронной пушки 50 мА, скорость роста зеркального покрытия 12 нм/с.

Выбор алюминия в качестве основы для создания широкополосного зеркального покрытия кажется наиболее перспективным ввиду того, что по сравнению с другими металлами, он обладает высоким коэффициентом отражения от ультрафиолетовой до инфракрасной области оптического спектра (рис. 1). Кроме того, коэффициент отражения металлических покрытий меньше меняется в зависимости от степени поляризации и угла падения излучения, чем у диэлектрических покрытий.

Попытка применения других металлов для создания отражающего покрытия неизбежно приведет к применению драгоценных металлов (Au,

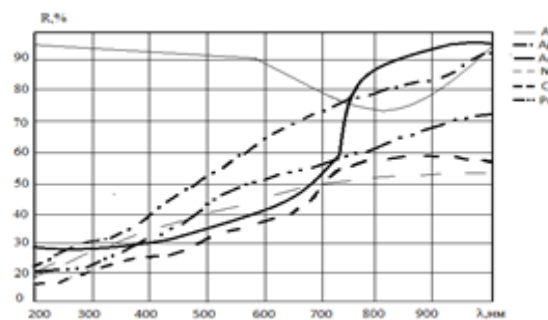


Рис. 1. Коэффициент отражения металлов от УФ до ИК области спектра

Ag), что в настоящее время экономически нецелесообразно.

Существенным недостатком зеркального покрытия на основе алюминия является значительный провал величины коэффициента отражения с экстремумом в районе длины волны 800 нм, достигающий 75-80% при неблагоприятных условиях нанесения покрытия (низкие скорости испарения алюминия, ухудшение параметров откачки, неудовлетворительное качество распыляемого материала).

С целью повышения оптических характеристик покрытия на базе алюминия на его поверхность наносили однослойное, двухслойное и многослойное диэлектрическое покрытие, состоящее из пленок кварца и оксида циркония (рис. 2). Нанесение пленок диэлектрических материалов сопровождается увеличением коэффициента отражения до 98% в узкой инфракрасной области спектра, при снижении коэффициента отражения в ультрафиолетовой и видимой части спектра. Следовательно, применение диэлектрических материалов для создания широкополосного отражающего покрытия, обладающего коэффициентом отражения $\geq 96\%$ от ультрафиолетовой до инфракрасной области спектра неэффективно.

Экспериментальное создание зеркального покрытия исключительно из диэлектрических материалов имеет ряд сложностей.

Во-первых, широкий требуемый диапазон длин волн диктует применение сложного многослойного интерференционного отражающего

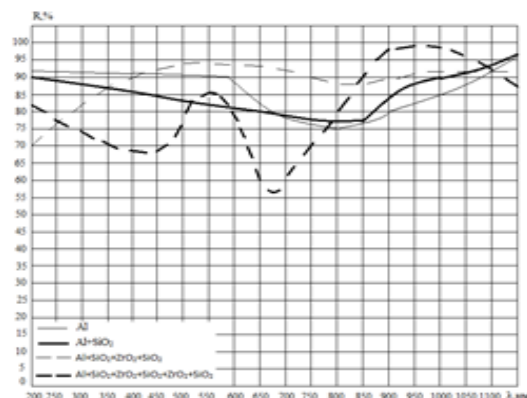


Рис. 2. Коэффициент отражения металло-диэлектрических зеркал с различным числом диэлектрических слоев

покрытия со слоями, отличающимися от четвертьволновой конструкции. Расчет таких покрытий требует не только наличия вычислительных комплексов типа OptiLayer или TFCalc, но и тщательного анализа оптических характеристик используемых диэлектрических материалов с целью выявления реальной дисперсии для конкретной партии.

Во-вторых, при расчете зеркал из диэлектриков часто появляются слои с минимальной толщиной, которую сложно обеспечить даже на достаточно современном оборудовании. Так же проблема контроля распространяется на многослойные покрытия с количеством слоев 20 и более.

В результате нанесения диэлектрического зеркального покрытия, состоящего из пленок сульфида цинка и криолита [2], можно заметить, что с увеличением количества слоев отражающего диэлектрического покрытия область высокого отражения претерпевает изменения, в частности, происходит сужение области спектра высокого отражения (рис. 3). Коэффициент отражения растет по мере увеличения числа слоев покрытия, а коэффициент пропускания падает. Создание диэлектрического отражающего покрытия приводит к достижению коэффициента отражения близкого к 100%, но в узкой области спектра, что также неэффективно для создания широкополосного

отражающего покрытия, обладающего коэффициентом отражения $\geq 96\%$ от ультрафиолетовой до инфракрасной области спектра.

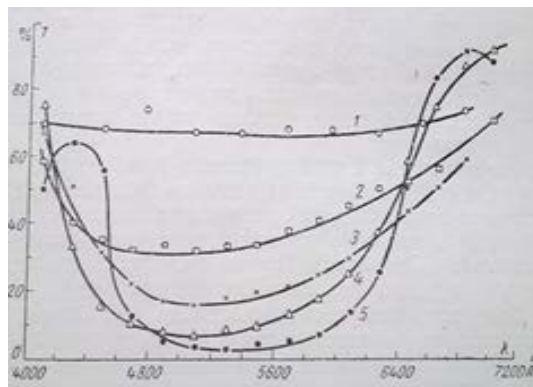


Рис. 3. Влияние увеличения числа интерференционных слоев на коэффициенты отражения и пропускания: 1 – 1 слой ZnS; 2 – 2 слоя ZnS и 1 слой криолита; 3 – 3 слоя ZnS и 2 слоя криолита; 4 – 4 слоя ZnS и 3 слоя криолита; 5 – 5 слоев ZnS и 4 слоя криолита [2]

Закключение

Установлено, что для создания широкополосного отражающего покрытия эффективно использовать пленки металлов.

Использование алюминия в качестве основы зеркального покрытия позволяет достичь высоких значений коэффициента отражения на всем участке оптического спектра.

Диэлектрические материалы, применяющиеся для создания зеркальных покрытий, позволяют достичь отражения, близкого к 100% в узкой области спектра.

Список литературы

1. Бобрович О.Г., Ташлыков И.С. // Влияние параметров ионно-ассистированного осаждения на формирование Me/Si-структур. 2014. С. 74-76.
2. Jobst P.J., Szeghalmi A.V., Schürmann. High-reflective coatings for ground and space based applications. 2014. С. 1- 8.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF CREATION OF BROADBAND REFLECTIVE COATING ON METALLIC BASIS

Dmitry Dovgan, Michail Mishnev,
KMZ S.A. Zvereva, Krasnogorsk, Russia
dovgan.rampage1994@yandex.ru, mikeman89@mail.ru

By electron beam evaporation in vacuum, metal coatings of aluminum, silver, gold, nickel, chromium, palladium were deposited on the surface of a substrate of K8 optical glass. The best optical characteristics for creating a broadband mirror coating are aluminum films. To study the effect of dielectric films on the reflection coefficient of a specular coating, experiments were carried out to apply quartz and zirconium oxide films to the surface of the base aluminum mirror. The creation of a broadband mirror coating exclusively from dielectric materials leads to a significant increase in the reflection coefficient, but in a narrow spectral region with a decrease in the reflection coefficient over the remaining optical part of the spectrum.