

УДК 621.383.4/5:681.067.455

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ФОТОПРИЕМНИКОВ

*В. Г. Буткевич, Ю. А. Глебов, Е. Р. Глобус,
Н. Ю. Зверева, О. Г. Ревзина, Ю. А. Алмазов*

Государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение "Орион"»,
Москва, Россия

Развитие промышленности фотоприемных устройств потребовало, чтобы оптические покрытия, как и другие комплектующие узлы, удовлетворяли жестким технологическим (на этапах сборки фотоприемника) и эксплуатационным требованиям. В статье приведены основные этапы создания таких покрытий для областей спектра 3–5 и 8–14 мкм на основе процессов термо- и ионного осаждения.

Развитие промышленности фотоприемных устройств потребовало, чтобы оптические покрытия, как и другие используемые комплектующие узлы, удовлетворяли бы весьма жестким технологическим (на этапах сборки фотоприемника) и эксплуатационным требованиям. Поэтому с самого начала разработки ИК-приемников в ГУП «НПО "Орион"» развивались нетрадиционные методы производства оптических покрытий. Начиная с 1960 г., когда велась подготовка к крупносерийному выпуску фотоприемников PbS для головок самонаведения, особенно остро встал вопрос о прочности просветляющих покрытий для входных окон из германия. Общепринятые на то время методы термического осаждения веществ в вакууме, в частности сульфида цинка, давали совершенно неудовлетворительные результаты. Между тем уже тогда было известно, что конденсация вещества из плазменного состояния в условиях высокой плотности и энергии открывает качественно новые пути создания пленок, покрытий и специальных материалов. Впервые в мире в ГОИ им. Вавилова была показана возможность использования реактивного катодного распыления для получения сверхпрочных оптических покрытий [1]. В развитие этих трудов и в тесном сотрудничестве с ГОИ им. Вавилова в начале 60-х гг. фирма НПО "Орион" приступила к серийному выпуску оптических покрытий для входных окон из германия, кремния и сапфира, создав полностью автоматизированные вакуумные установки, действующие на основе принципа пульсирующего разряда [2]. Для высокопрочного и влагостойкого просветления германия было найдено принципиально новое техническое решение путем перевода окислов германия пограничного слоя в водонерастворимое соединение методом сораспыления катодов из кремния и титана в кислороде [3].

Следующим нетрадиционным методом получения высокопрочных оптических покрытий для области спектра 8–14 мкм, связанным с развитием тематики фотоприемников кадмий—ртуть—теллур, явился метод получения оптических слоев сульфидов, селенидов и фторидов из ионизированных молекулярных пучков [4]. Сущность метода заключается в том, что в едином технологическом цикле производятся очистка и травление подложек, осаждение ионизированного осадка в низкотемпературной плазме газового разряда и, при необходимости, легирование получаемого покрытия. Особенностью метода является возможность получения толстых оптических слоев (до 20 000 Å), выдерживающих многократные термоудары до температуры жидкого азота, непосредственно на чувствительных элементах кадмий—ртуть—теллур с целью их просветления и блокирования ухода атомов ртути с поверхности. При этом увеличение энергии осаждения слоя достигается не за счет нагрева подложки, а за счет увеличения энергии осаждаемых частиц.

Основным отличием этого метода от широко применяемого в настоящее время облучения подложек потоком ионов инертного газа (метод "ion assisting") является создание условий для ионизации молекулярного пучка испаряемого вещества благодаря сочетанию сильного электрического и магнитного полей. Интенсивная ионизация начинается в магнитных полях с индукцией, большей критической, которую можно оценить по формуле

$$B_{кр} = 2\mu_0 [2m(v_a - v_0)/e]^{1/2} / r_a,$$

где μ_0 — магнитная постоянная;

e, m — заряд и масса электронов, соответственно;

V_a, r_a — потенциал и радиус анода, соответственно;

v_0 — потенциал на оси анодного промежутка.

При $B > B_{кр}$ радиальный уход электрона из разряда затруднен магнитным полем. Положительный по отношению к тиглю и подложкодержателю потенциал анода препятствует уходу электронов вдоль магнитного поля, т. е. система скрещенных электрического и магнитного полей образует ловушку для плазменных электронов, производящих основную ионизацию паров через буферный инертный газ. Для получения более плотного осадка из положительных ионов, приближающегося по структуре к монокристаллу, может использоваться принудительная отрицательная поляризация подложек.

Следующим этапом в развитии технологии интерференционных покрытий для фотоприемников явилась разработка многослойных систем (широкополосного просветления и отрезающих оптических фильтров) на основе процесса управляемого слоистого прокисления кремния, которые по прочности практически не отличаются от монокристаллического кремния. Разработаны также процессы получения очень прочных покрытий на подложках из германия и сапфира. Разработанная А. С. Шендеровичем программа математического моделирования многослойных интерференционных систем открывает широкие перспективы создания и использования разных типов высокопрочных покрытий в различных областях приборостроения.

В качестве примера на рис. 1, 2 и 3 приведены некоторые расчетные характеристики покрытий, полностью реализованные в изделиях.

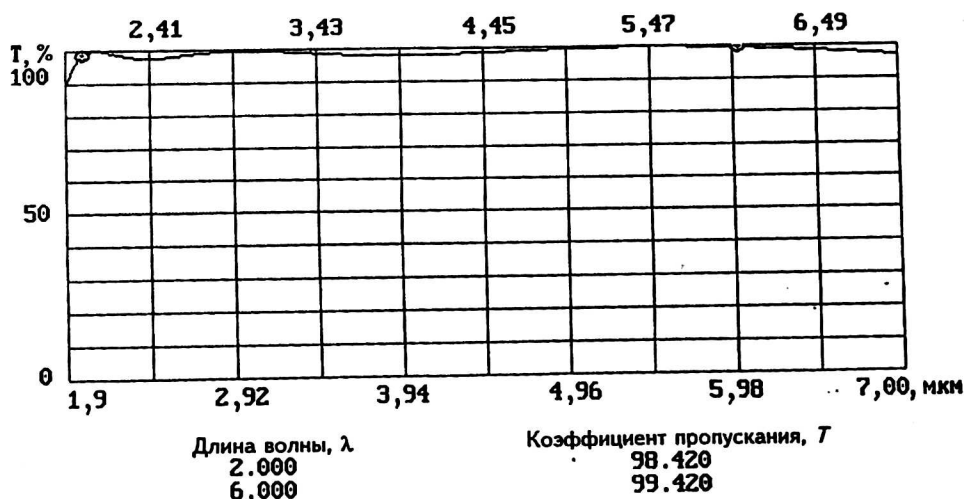


Рис. 1. Спектральное пропускание просветленной кремниевой подложки. 5-слойная неравнотолщинная система Si—SiO₂

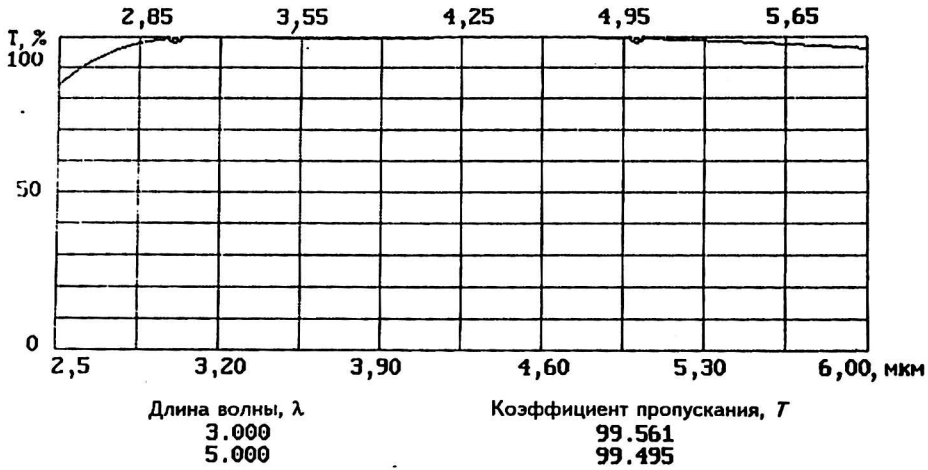


Рис. 2. Спектральное пропускание просветленной германиевой подложки. 3-слойная неравнотолщинная система Si-SiO₂

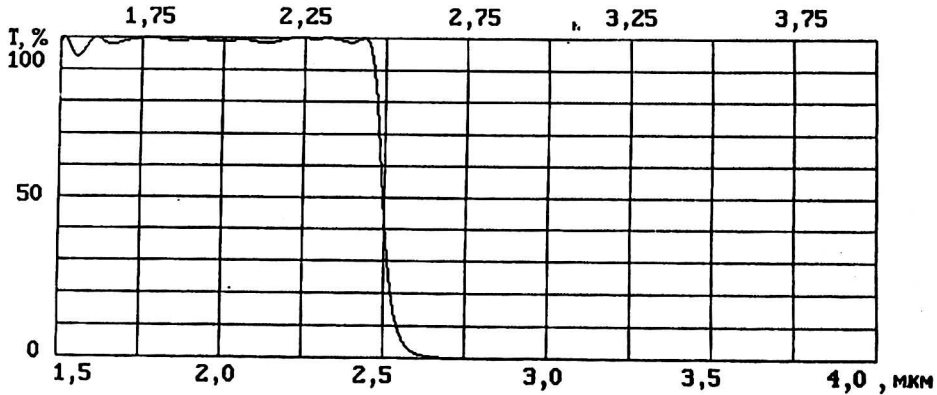


Рис. 3. Спектральное пропускание отрезающего фильтра на входном окне фотоприемника PbS. 17-слойная неравнотолщинная система Si-SiO₂

Литература

1. Мотовилов О. А., Рождественский В. Н. //Оптико-механическая промышленность. — С-Пб. 1958. №. 2. С. 42.
2. Глебов Ю. А. //Там же. — С.-Пб. 1970, № 2. С. 46.
3. Алмазов Ю. А., Глебов Ю. А. //Там же. — С.-Пб. 1970, № 9. С. 62.
4. Глебов Ю. А., Кабакова З. Н. Получение оптических слоев сульфидов и селенидов из ионизированных молекулярных пучков: Тр. Института проблем материаловедения. — г. Киев, 1977. Вып. 4.

INTERFERENS COATINGS FOR PHOTODETECTORS SYSTEMS

V. G. Butkevich, Ju. A. Glebov, E. R. Globus,
N. Ju. Zvereva, O. G. Revzina, Ju. A. Almazov

The State Unitary Enterprise «RD&P Centre "Orion"», Moscow, Russia

The development of industry photodetectors systems required working out high quality stable optical coatings. In this article describes the main stage of creation optical coatings for 3–5 and 8–14 mkm MIR spectrum on the basis of process termo- and ion deposition.