

## Применение встраиваемых систем спектрального контроля для получения интерференционных фильтров ИК диапазона.

### 1. Введение

В технологии многослойных оптических покрытий методом вакуумного осаждения пленок всегда уделялось особое внимание. Оптические методы контроля процесса вакуумного получения покрытий основаны на явлении интерференции в тонких пленках. В настоящее время, с развитием и совершенствованием оплотехники, для сопровождения вакуумного напыления покрытий стали применяться спектральные системы контроля (VBOM – broad band optical monitors). В отличие от одноволновых систем контроля, которые позволяют получать значение пропускания или отражения напыляемого покрытия на одной длине волны, спектральные системы контроля (ССК) дают характеристику в широком диапазоне спектра, что существенно повышает точность определения момента окончания слоя.

### 2. Контроль процесса напыления с использованием спектральной системы

В спектральных системах контроля напыления оптических покрытий необходимо применять спектрометры, отвечающие следующим требованиям:

- разделение порядков;
- минимальный рассеянный свет;
- высокое отношение сигнал/шум во всем спектральном диапазоне (пример сигнала в диапазоне 380-1100 нм представлен на рис. 1)



Рис. 1. Вид сигнала в диапазоне 380-1100 нм

Сама же ССК должна обеспечивать учет собственных шумов диодной линейки и одновременно обеспечивать высокую стабильность базовой линии. С помощью ССК,

удовлетворяющей этим требованиям в комплексе, можно получать достоверные спектральные данные о растущем покрытии.

### 3. Исходные требования к покрытиям

Одной из перспективных задач Заказчика была разработка устойчивой технологии изготовления различных оптических фильтров на область до 15 - 20 мкм на установке ВУ-2М. В качестве средства контроля применялась спектральная система IRIS 1017 производства компании ЭссентОптикс.

Предъявляемые требования к спектральным характеристикам фильтров:

#### Полосовой фильтр

$$T \leq 1\% @ 1,5 \text{ мкм} \leq \lambda \leq 7,0 \text{ мкм}$$

$$T \geq 80\% @ 8,5 \text{ мкм} \leq \lambda \leq 12,5 \text{ мкм}$$

$$T \leq 1\% @ 14,5 \text{ мкм} \leq \lambda \leq 20,0 \text{ мкм}$$

Рассчитанная конструкция полосового фильтра представляет собой два отдельных покрытия, состоящих из 28 и 13 неравнотолщинных слоев соответственно, нанесенных с двух сторон подложки из германия. Физические толщины отдельных слоев достигают 2000 нм и более.

#### Отрезающий фильтр

$$T \leq 0,2\% @ 1,0 \text{ мкм} \leq \lambda \leq 5,2 \text{ мкм}$$

$$T \geq 80\% @ 5,8 \text{ мкм} \leq \lambda \leq 15,0 \text{ мкм}$$

Рассчитанная конструкция отрезающего фильтра также представляет собой два отдельных покрытия, состоящих из 15 и 11 неравнотолщинных слоев соответственно, нанесенных с двух сторон подложки из кремния.

### 4. Результаты использования спектральной системы контроля для изготовления отрезающих и полосовых фильтров (на примере работ одной из российских компаний)

Малое время измерения спектра (от 20 до 40 мсек) позволяет применять спектральные системы для контроля как по свидетелю, так и по вращающейся детали (деталю) на куполе. При этом возможности современных ССК позволяют вести эффективное сопровождение напыления покрытий, рабочий диапазон которых значительно длиннее области контроля. На рис. 2 представлен спектр покрытия полосового фильтра на область 8,5-12,5 мкм, полученного с помощью ССК, работающей в области 950-1700 нм. Совместно с системой контроля применялась программа расчета спектральных характеристик интерференционных

покрытий Мультиспектр. Программа Мультиспектр позволяет рассчитывать спектры пропускания и отражения проектируемых покрытий, а также спектры слоев по мере роста слоя (до 7 промежуточных спектров одного слоя) и спектр перепыления слоя с задаваемой величиной превышения в %. Для целей выполнения работы использовались два промежуточных спектра, помимо начального и конечного спектра слоя. Интерфейс системы спектрального контроля позволяет загружать промежуточные спектры послойно. Данная возможность значительно сокращает время на отработку напыления подобных покрытий, причем время на анализ такого покрытия и подготовку расчетных слоев к напылению составило около 5 минут. Применение промежуточных спектров дает технологу широкие возможности для анализа контроля напыления и выбора стратегии напыления. Последующая практическая реализация уже не потребует от самого оператора высокой квалификации. Максимальная эффективность комплекса - ССК совместно с программой Мультиспектр проявляется при напылении отрезающих и полосовых фильтров, что и было подтверждено представленными результатами (рис.2,3).

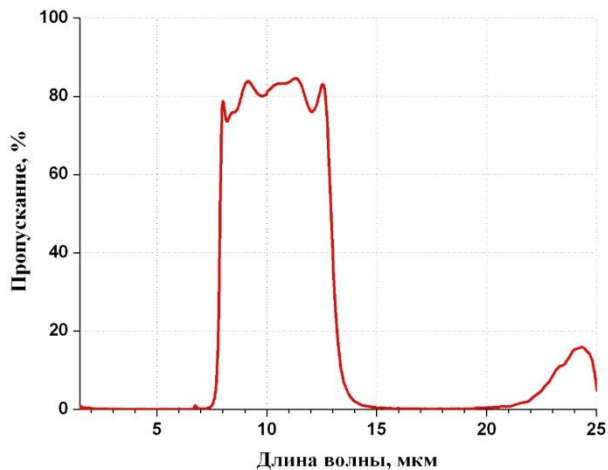


Рис. 2. Полосовой фильтр на диапазон 8,5-12,5 мкм

С целью проверки воспроизводимости технологических процессов были проведены работы по получению нескольких партий отдельных отрезающих фильтров. На рис.3 представлены измеренные спектры фильтров из нескольких разных партий. Интервал напыления между партиями для некоторых напылений составлял до 2-х часов, для других – сутки, что не влияло на воспроизводимость результатов напылений. Относительно невысокое пропускание фильтров обусловлено поглощением в пленках и подложке.

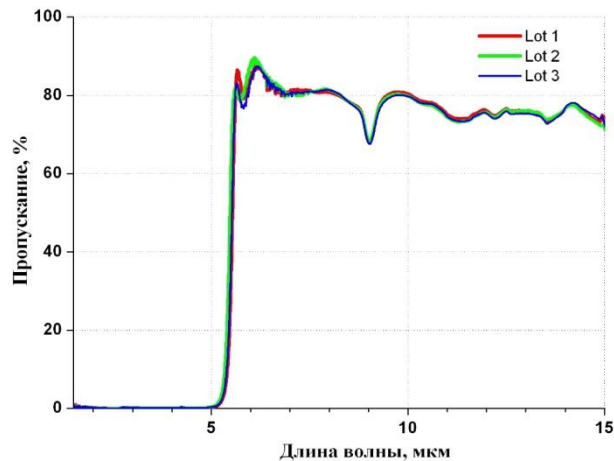


Рис. 3. Спектры отрезающих фильтров на 5,5 мкм из разных партий