

# Система прямого монохроматического контроля толщины тонкопленочных интерференционных покрытий, наносимых в вакууме

Ю. О. Просовский<sup>1</sup>, О. Ф. Просовский<sup>1</sup>, А. Н. Исамов<sup>1</sup>, А. Ю. Буднев,<sup>1</sup> В. А. Смольянинов<sup>1</sup>,  
Д. Г. Денисов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> АО «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина»,  
Обнинск, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Разработан метод прямого монохроматического контроля толщины наносимых оптических покрытий на основе монохроматора собственной конструкции. Показана структурная схема монохроматора. Показан принцип работы системы контроля в целом. Выделены ключевые особенности данного метода.

*Ключевые слова:* Оптика, оптические покрытия, система контроля.

*Цитирование:* **Просовский, Ю. О.** Система прямого монохроматического контроля толщины тонкопленочных интерференционных покрытий, наносимых в вакууме / Ю. О. Просовский, О. Ф. Просовский, А. Н. Исамов, А. Ю. Буднев, В. А. Смольянинов, Д. Г. Денисов // НОЛОЕХРО 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 262–265.

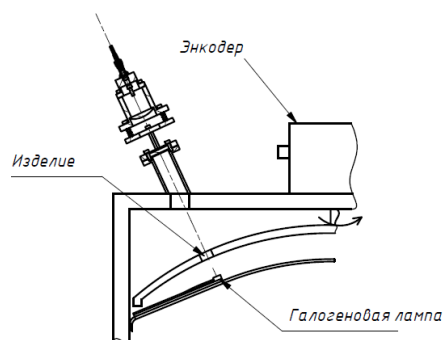
## Введение

Оптические покрытия играют ключевую роль в современной оптической промышленности. Без них невозможно представить нашу жизнь, ведь они охватывают абсолютно все сферы. Любое оптическое покрытие формируется благодаря совокупности множества факторов. Ключевыми являются: оптические постоянные подложки и пленкообразующих материалов, используемые методы нанесения и контроля оптических покрытий, оптическая конструкция (число и толщина слоев) наносимого покрытия [1]. Совокупность всех этих факторов формирует современную номенклатуру оптических покрытий.

Ключевым элементом, позволяющим получить качественное оптическое покрытие, является система контроля. Каким бы совершенным не было бы вакуумное напылительное оборудование невозможно получить качественное покрытие, если отсутствует возможность его контролировать. На сегодняшний день можно выделить две основных группы реализации систем контроля – системы прямого и системы косвенного контроля [2].

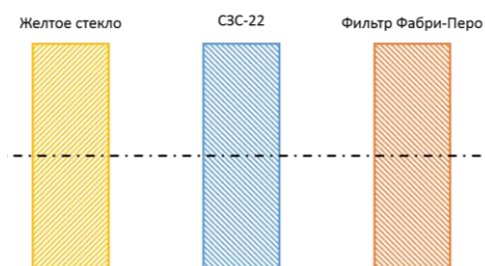
## Система прямого монохроматического контроля

Разрабатываемая система контроля имеет классическое устройство [1, 2]. Основной особенностью систем прямого контроля является выполнение измерения непосредственно на изделии, закрепленном на подложкодержателе (рисунок 1).



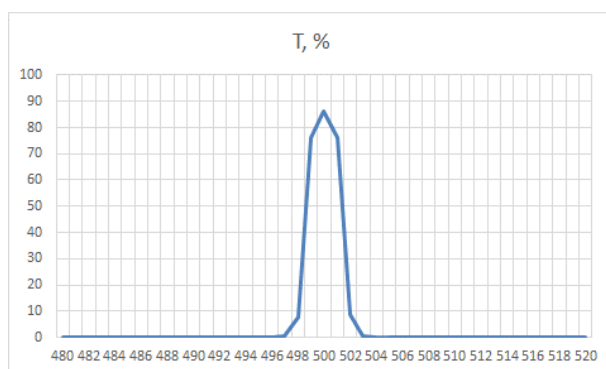
**Рис. 1.** Структурная схема системы прямого оптического контроля.

Разрабатываемый монохроматор на основе интерференционных светофильтров состоит из набора цветных стекол (для подавления «хвостов» в УФ и ИК областях спектра) и из фильтра Фабри-перо, выделяющего требуемую ширину спектра излучения, необходимую для осуществления контроля [3]. Структурная схема приведена на рисунке 2.



**Рис. 2.** Структурная схема монохроматора.

При создании высококачественного монохроматора на узкополосном селективном светофильтре особое внимание необходимо уделить непосредственно фильтру Фабри-Перо. При его создании необходимо стремиться к достижению необходимой ширины на  $\lambda_{0,5}$  (в нашем случае 3нм) и максимальной ширины подавления излучения с  $OD > 4$ . При создании конструкции селективного светофильтра мы остановились на мультикэвити 3-го порядка. Этот фильтр был смоделирован в программе OptiLayer и представляет собой оптическую конструкцию из 41-го слоя пары материалов  $Nb_2O_5$  и  $SiO_2$ . На рисунке 3 показан график спектральной зависимости полностью готового интерференционного монохроматора.



**Рис. 3.** Спектральная характеристика пропускания готового монохроматора

## Результаты испытаний системы контроля

Изготовленный интерференционный монохроматор был использован для проведения измерений на длине волны 500 нм, спектральное разрешение составило 3 нм. Отношение сигнал/шум <0,02 %, дрейф показаний в течении 12 часов < 0,6 %. Испытания проводились при скорости вращения подложкодержателя 30 об/мин., длительность времени измерения составляла 40 мс.

Проводились исследования линейности измерений оптической системы контроля в диапазоне величины сигнала, соответствующего пропусканию 10-100%. Исследование линейности основывалось на сравнительном анализе значений величины пропускания, полученных с помощью системы оптического контроля на длине волны 500нм и значений величины пропускания на длине волны 500нм того же образца, измеренные на спектрофотометре Cary-300. В таблице 1 показаны результаты сравнительных измерений.

**Таблица 1.** Сравнение измерений спектрофотометра и спроектированного монохроматора.

<b>Cary-300, T, %</b>	10,57	23,38	58,74	91,39
<b>Система контроля, T, %</b>	10,61	23,41	58,72	91,43

## Выводы

Результаты работы дают положительный ответ на целесообразность продолжения проекта создания оптической системы прямого монохроматического контроля для вакуумной установки. Спроектированный монохроматор обладает точностными характеристиками, не уступающими монохроматорам на дифракционных решетках, но при этом куда проще и дешевле в производстве. Проведена проверка состоятельности идеи использования узкополосных светофильтров для получения монохроматического излучения и использования его для системы оптического контроля напыляемых тонкопленочных покрытий. Следующим шагом будет создание программного обеспечения для интеграции полученного нами измерительного устройства в программу управления процессом напыления установки и создания интерфейса связи системы контроля с программой OptiLayer.

## Список литературы

- [1] Денисов Д.Г., Просовский Ю.О., Просовский О.Ф., Буднев А.Ю. Современные методы формирования прецизионных оптических покрытий // Контенант, – т. 9, – №1, – с.1-7, 2020.
- [2] Просовский Ю.О., Просовский О.Ф., Буднев А.Ю., Денисов Д.Г., Барышников Н.В., Современная система прямого оптического широкополосного контроля толщины напыляемых оптических покрытий // Светотехника №4, - с. 51-54, 2020.
- [3] Просовский Ю.О., Денисов Д.Г., Просовский О.Ф., Буднев А.Ю. Direct monochromatic optic control system of the thickness of thin-film interference coatings applied in vacuum // Proceedings of SPIE, - paper № 110563Z, 2019.

# Direct monochromatic optic control system of the thickness of thin film interference coatings applied in vacuum

*Y. O. Prosovskii<sup>1</sup>, O. F. Prosovskii<sup>1</sup>, A. N. Isamov<sup>1</sup>, A. Y. Budnev,<sup>1</sup> V. A. Smolyaninov<sup>1</sup>,  
D. G. Denisov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ORPE «Technologiya», Obninsk, Russia

<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.

A new method of direct monochromatic control for thin-films coating has been developed. The block diagram of the monochromator is shown. The principle of operation of the control system as a whole is shown. The key features of this method are discussed.

*Keywords:* Optics, Optical coatings, Control system.