

Системы автоматического оптического контроля для стабильного производства оптических структур с числом слоев до 150 в согласованном стеке

А.А. Турбан, А.М. Артамонов, Е.А. Хохлов, А.С. Мысливец
Минск, ООО «Изовак», ул. Селицкого, 7 – 202. turban@izovac.com

Уже свыше 20 лет группа компаний «Изовак» работает в области создания высокоточных оптических покрытий. Накопленный опыт позволил создать уникальный по своим характеристикам комплекс оптического контроля и управления, который позволяет воспроизводимо получать сложные многослойные оптические стэки. Комплекс оптического контроля OCP Broadband является легко интегрируемым решением и позволяет контролировать процессы нанесения всех видов оптических покрытий на различных типах вакуумного технологического оборудования в полностью автоматическом режиме в широком оптическом диапазоне с разрешением до 0.3 нм. Программа управления анализирует реальный спектр покрытия в тесной связке с рассчитанным рецептом и определяет точку останова для каждого слоя. Интеграция с напылительными контроллерами вакуумной установки позволяет реализовать процесс напыления покрытия от начала и до конца полностью автоматически. Также, при необходимости, программа может проводить оптимизацию расчета последующих слоев и изменять рецепт в режиме «онлайн» для получения наилучшего совпадения финального покрытия с расчётным.

Automatic optical control systems for stable production of optical structures with coherent stack up to 150 layers. A.A. Turban, A.M. Artamonov, E.A. Khokhlov, A.S. Myslivets. The IZOVAC group has been working in the area of precision thin film optical coatings deposition for more than 20 years. The accumulated experience allowed us to create optical monitoring complex with unique parameters to obtain sophisticated multilayer optical stacks. The developed OCP (Optical Coating Provider) Broadband is an easily integrated hardware and software solution which provides fully automatic control over all types of deposition of optical coatings for different vacuum equipment in a wide optical range with spectral resolution up to 0.3nm. Software algorithm analyzes measured spectrum based on the optical design of required coating and computes breakpoint for each layer. Close integration with various PLC and Deposition Controllers of vacuum equipment makes it possible to realize optical deposition process automatically from the beginning to the end. Moreover, OCP Broadband performs design optimization for all remaining layers and applies changes online if necessary to obtain high level quality and manufacturing yield of the desired coating.

Системы оптического контроля применяются в вакуумном технологическом оборудовании для контроля процесса напыления тонких пленок уже более 40 лет [1]. В настоящее время разработано и внедрено в производство множество различных систем, отличающихся как принципом действия, так и степенью участия системы оптического контроля в процессе управления всем напылительным комплексом, или проще говоря, в автоматизации. Наряду с этим, множество вакуумных установок по прежнему используют методы кварцевого контроля [2] и контроля по времени. Точность таких методов значительно хуже, но этого бывает достаточно для создания простых структур. Когда поставленная задача требует напыления в одном процессе 20-30 и более слоев, неравнотолщинных слоев, слоев с переменным показателем преломления, оптический контроль становится неотъемлемой частью вакуумного напылительного комплекса [3] и от точности его работы зависит суммарная ошибка попадания в конечное целевое покрытие, а также воспроизводимость процесса от раза к разу.

В настоящей статье описывается принцип работы, некоторые технические характеристики и варианты исполнения новейшей полностью автоматизированной системы широкополосного контроля OCP (OpticalCoatingProvider) Broadband производства компании «Изовак». Комплекс оптического контроля OCP Broadband является легко интегрируемым решением и позволяет контролировать процессы нанесения всех видов оптических покрытий на различных типах вакуумного технологического оборудования в полностью автоматическом

режиме в широком оптическом диапазоне с разрешением до 0.3 нм. OCP Broadband может работать как по пропусканию, так и по отражению, а также с неподвижным или перемещающимся свидетелем. Основной тип контроля – на пропускание непосредственно по детали или свидетелю, расположенному на движущемся по кругу подложкодержателе. Спектрометры измеряют реальную спектральную характеристику тестового образца каждый оборот подложкодержателя. Таким образом, после каждого цикла из трёх измерений (пустое окно калибровки, окно с тестовым стеклом, измерение фона при перекрытии пучка) мы вычисляем реальную спектральную характеристику (спектр) тестового стекла в данный момент времени процесса напыления во всем диапазоне работы системы. Также возможны реализации классических методов контроля по неподвижному свидетелю: прямое отражение от свидетеля, пропускание по свидетелю, обратное отражение от свидетеля. На рис.1. схематически показаны все возможные методы контроля. Программа управления анализирует реальный спектр покрытия в тесной связке с рассчитанным рецептом и определяет точку остановки для каждого слоя. Интеграция с напылительными контроллерами вакуумной установки позволяет реализовать процесс напыления покрытия от начала и до конца полностью автоматически. Также, при необходимости, программа может проводить оптимизацию расчета последующих слоев и изменять рецепт в режиме «онлайн» для получения наилучшего совпадения финального покрытия с расчётным.

Широкополосная система автоматизированного оптического контроля OCPBroadband может быть установлена как на любые новые оптические напылительные установки производства «Изовак», так и на уже работающие, а также на вакуумную технику других производителей со стандартными протоколами обмена данными типа OPC server, Inficon IC6, Modbus и др. Наличие всего пакета программного обеспечения и непосредственное участие специалистов ООО «Изовак» в интеграции системы в комплекс оборудования значительно ускоряет процесс и избавляет Заказчика от необходимости разрабатывать программное обеспечение самостоятельно.

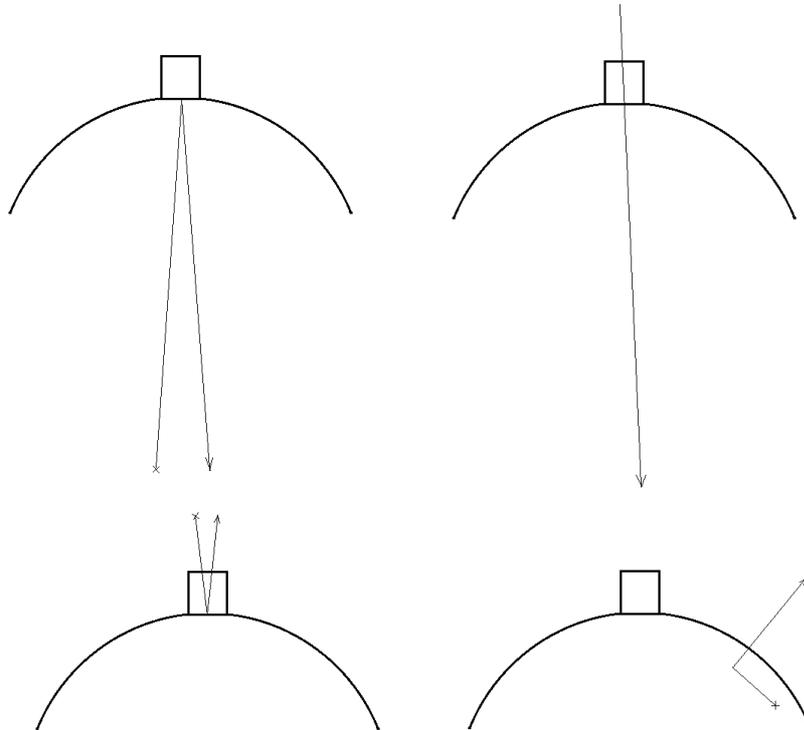


Рис.1. Возможные варианты исполнения контроля: прямое отражение от свидетеля, пропускание по свидетелю, обратное отражение от свидетеля, прямой контроль на пропускание по детали на подложкодержателе.

Базовым спектральным диапазоном системы OCP Broadband является 370-1050 нм, в котором во всем диапазоне обеспечивается спектральное разрешение не хуже 0.5 нм при точности выставления длины волны не хуже 0.2 нм и воспроизводимости 0.1 нм. На сегодняшний день это самое высокое разрешение в своем классе систем широкополосного контроля, что позволяет без искажений контролировать сложные структуры типа ультратонких узкополосных фильтров с полушириной вплоть до 1 нм, отрезающих фильтров с крутизной нарастания или спада до 1 нм. Диапазон контроля можно расширить в ультрафиолетовую область до 220 нм либо в инфракрасную область спектра до 1650 нм, причем в УФ области 220-370 нм спектральное разрешение достигает 0.3 нм. В ИК применяются спектрометры на базе IGA-линеек и они не могут обеспечивать высокого разрешения, поэтому разрешение ограничено 3 нм.

На рис.2 и 3 представлены результаты напылений узкополосного фильтра на длине волны 532 нм с полушириной не более 2 нм и пропусканием в максимуме больше 70%, а также лазерного зеркала с коэффициентом отражения более 99,9% в диапазоне 630-780 нм для перестраиваемых лазеров. Использовалась напылительная установка Лидиз производства «Изовак» и широкополосная система оптического контроля OCP Broadband 370-1050 нм, работающая в автоматическом режиме. Метод контроля – прямой на пропускание по движущемуся тестовому стеклу. Представленные графики получены непосредственно с монитора напылительной установки в конце напыления.

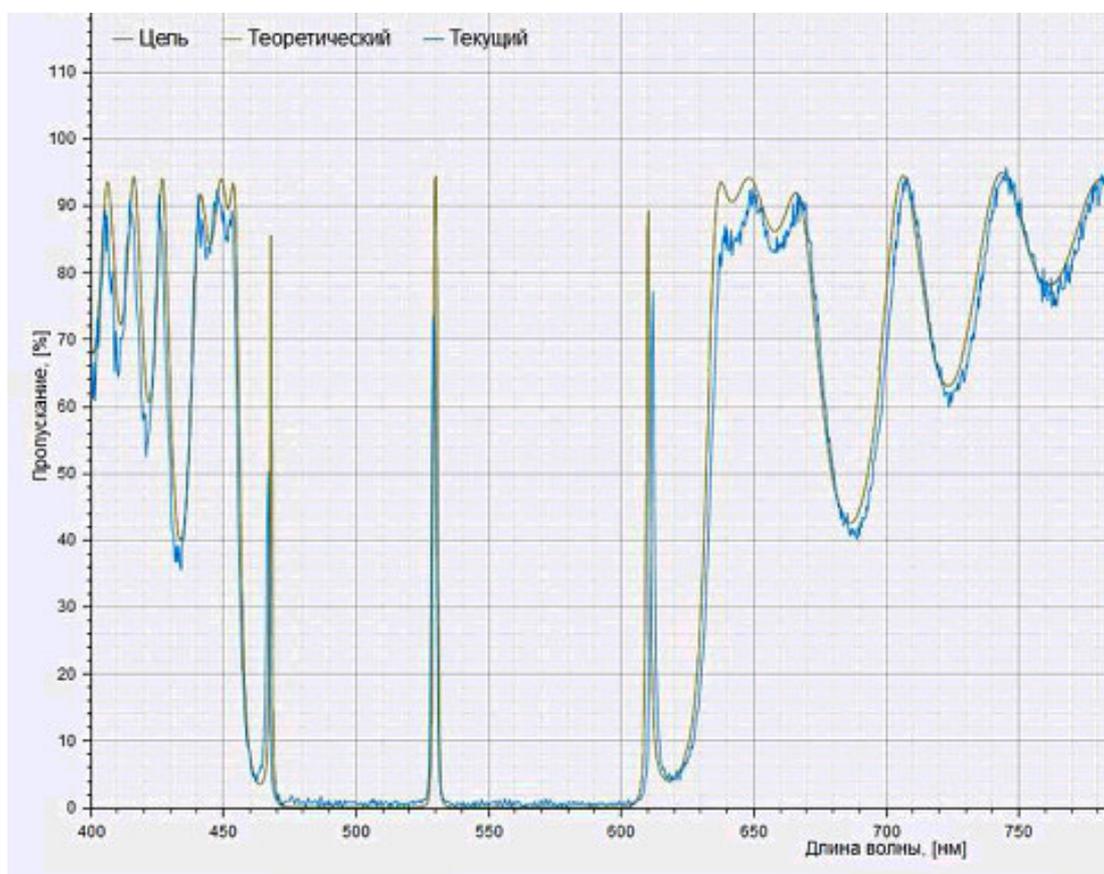


Рис.2. Узкополосный фильтр $\lambda=532$ нм, Полуширина 2нм, $T_{max}>70\%$, Расчетный и реальный спектры пропускания, прямой контроль по детали.

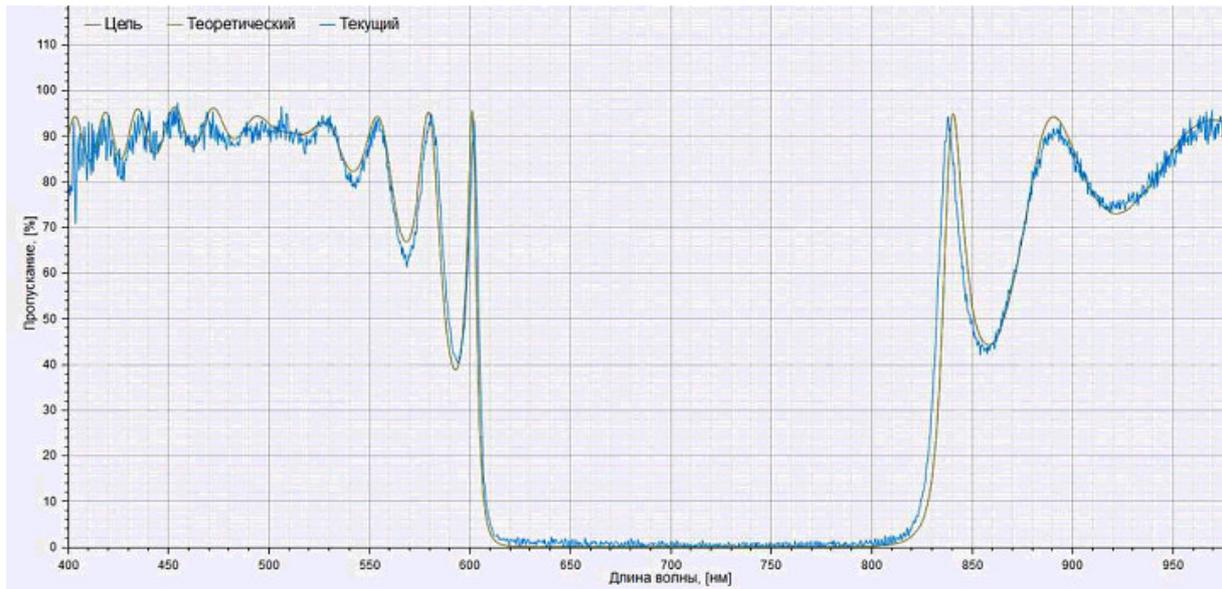


Рис.3. Интерференционное лазерное зеркало $R > 99,9\%$ в диапазоне 630-780 нм. Расчетный и реальный спектры пропускания, прямой контроль по детали.

Литература

1. Н. А. Macleod, Monitoring of optical coatings, Appl. Opt. 20 (1981) 82– 89.
2. С. Buzeal, K. Robbie, State of the art in thin film thickness and deposition rate monitoring sensors, Rep. Prog. Phys. 68 (2005) 385– 409.
3. K.Lewis, International Trends in Applied Optics, SPIE Press vol.5 (2002) 204-205 .

Комбинированные технологии формирования массивов упорядоченных наноструктур

Г.К. Жавнерко, В.Я. Ширипов

Минск, ООО «Изовак», ул. Селицкого, 7 – 202, znavnerko@izovac.com

Описан метод формирования однородных монослоев из коллоидных растворов монодисперсных наносфер на широкоформатных подложках. Продемонстрирована возможность получения системы упорядоченных наностержней за счет напыления диэлектрических материалов на текстурированную поверхность. Показан управляемый характер роста наностержней на поверхности в вакууме и дана характеристика потенциальных областей применения.

The combined technologies to form ordered arrays of nanostructures. G.K.Zhavnerko, V.Ya.Shiripov. A method for deposition of uniform monolayers from monodisperse colloidal solutions on large substrates has been described. The possibility of formation of ordered nanorods by deposition of dielectric materials on a textured surface has been demonstrated. Controlled growth of nanorods on textured surface in vacuum and the characteristic of the potential areas of application have been shown.

Введение

Использование периодических структур (фотонных кристаллов) с упорядоченной структурой, характеризующиеся строго периодическим изменением коэффициента преломления в масштабах, сопоставимых с длинами волн излучений в видимом и ближнем