

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ УСТАНОВОК ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Н.Н. Никифоренко, А.П. Бурмаков, А.А. Лабуда, А.Е. Сиколенко

Белорусский государственный университет, г. Минск, ул. Курчатова, 1, тел. 278-90-27

Создана система для контроля спектрального коэффициента отражения и (или) коэффициента пропускания изделий или свидетеля, перемещающихся или неподвижных в процессе нанесения плёночных покрытий методами вакуумно-плазменной технологии. В качестве основной информации на экране монитора компьютера в реальном времени представлен график зависимости коэффициента отражения покрытия в процентах от длины волны в пределах всего рабочего спектрального диапазона (рекомендуемый – от 380 до 840 нм). Применение системы особенно эффективно в технологии создания сложных оптических покрытий (просветляющих, отражающих, интерференционных светофильтров). В качестве регистратора спектра в системе контроля используется малогабаритный двухканальный дифракционный спектрограф SL40-2-2048USB с ПЗС-линейкой Toshiba TCD1205D, обеспечивающие спектральное разрешение не хуже 1,5 нм.

Введение

В вакуумно-плазменной технологии создания тонкопленочных просветляющих, отражающих, интерференционных покрытий различного назначения (например для оптических приборов или оконных стеклопакетов с теплосберегающими свойствами) в качестве главной, наиболее важной информации о ходе формирования тонкопленочных структур безусловно являются спектральные характеристики отражения и в некоторых случаях пропускания в реальном времени и в достаточно широком спектральном диапазоне. Видеть эти характеристики в ходе нанесения покрытий на подвижные или неподвижные изделия всегда было вожаделенной мечтой технологов. Современное развитие компьютерной техники и электронных средств одномоментной (покадровой) регистрации спектров (например с помощью ПЗС-линеек) позволило в настоящее время реализовать эту мечту, созданная система спектрального контроля предназначена для оснащения вакуумных технологических установок нанесения покрытий с распылительными узлами различного типа (магнетронного, дугового, термического, электронно-лучевого и др.) и должна заменить малоэффективные широко известные системы фотометрического контроля типа СФКТ или устройства контроля толщины на пьезодатчиках. Разработанная система контроля отличается от аналогичной немецкой разработки и российского акустооптического спектрофотометра AOS-3SIR более широкими функциональными возможностями, прежде всего возможностью контролировать спектры отражения и пропускания изделий при их перемещении с помощью устройств карусельного типа, используемых в технологических установках для обеспечения равномерности нанесения пленок.

Основная часть

Разработанная система спектроскопического контроля включает следующее: малогабаритный (80x100x40 мм) двухканальный дифракционный спектрограф SL40-2-2048, в котором для фотозлектрической регистрации спектра исполь-

зуется ПЗС-линейка Toshiba TCD1205D; устройство формирования оптического сигнала (УФОС); источник питания УФОС; ЗИП, включающий необходимые рабочие эталоны для градуировки; персональный компьютер. Конструкция УФОС в значительной степени определяется задачами потребителя и конструктивными особенностями технологической установки. При необходимости контроля одновременно двух каких-либо спектров УФОС включает как минимум два осветителя, как правило использующих в качестве источника сплошного спектра галагеновые лампы небольшой (10-20 Вт) мощности. Для приема отраженного от поверхности изделия света или прошедшего сквозь него УФОС имеет соответствующие объективы, передающие световой поток к светодадам, присоединенным к входам спектрографа. Особое значение для обеспечения необходимого динамического диапазона работы системы имеет выравнивающий спектральную характеристику какого-либо канала светофильтр. Сильная неравномерность спектральных характеристик каналов определяется неравномерностью спектральных характеристик источников света, дифракционных решеток и ПЗС-линейки. Поэтому для каждого канала разрабатывается свой выравнивающий светофильтр.

Система предназначена прежде всего для контроля спектрального коэффициента отражения и (или) коэффициента пропускания образцов (изделий, свидетеля), перемещающихся в процессе нанесения плёночных покрытий с помощью устройств карусельного или линейного типа (или неподвижных). В качестве основной информации на экране монитора компьютера в реальном времени представлен график зависимости коэффициента отражения и (или) коэффициента пропускания покрытия (в %) от длины волны в пределах всего рабочего спектрального диапазона. Система также обеспечивает экспрессный послеоперационный контроль и регистрацию спектра отражения и спектра пропускания созданного покрытия. Система может быть дополнительно оснащена оптико-механической приставкой и соответствующей компьютерной программой для послеоперационного контроля толщины, показателя преломления и координат цветности созданного однослойного покрытия (с использованием того

же спектрометра, но при переключении световодов на упомянутую приставку). Координаты цветности могут определяться и в ходе нанесения тонкопленочной структуры.

Рабочий спектральный диапазон системы (рекомендуемый) от 380 до 840 нм и может при необходимости изменен, сдвинут в красную область до 1000 нм или дополнен ультрафиолетовым диапазоном с выделением для этой цели одного из спектральных каналов. Спектральное разрешение по обоим каналам не хуже 1,5 нм.

Управление работой системы и индикация результатов проводится с помощью компьютера. Требования к компьютеру: процессор не ниже P166 МГц, операционная система – Windows 9X или 2000. Спектрометр присоединен к USB-порту компьютера.

Режим процесса регистрации непрерывный с регулируемой экспозицией от 8 мс с кратностью 8 мс. Изменение экспозиции диктуется прежде всего необходимым в каждом конкретном случае временным разрешением.

Программное обеспечение системы позволяет осуществлять настройку и юстировку системы, контролировать графически в реальном масштабе времени коэффициент отражения и (или) пропускания образцов во всем рабочем спектральном диапазоне, сравнивать в ходе технологического процесса регистрируемую спектральную характеристику с характеристикой наилучшего изделия; проводить экспрессный послеоперационный контроль и регистрацию спектра отражения и спектра пропускания созданного покрытия, сохранять, просматривать, обрабатывать и выводить на печать результаты контроля.

Заключение

Созданная гибкая система контроля спектральных характеристик формируемых покрытий в 2002 г. была применена на двух российских предприятиях (завод «Оптимед» г. С.-Петербург, НПО «Технология» г. Обнинск). Проведенные испытания и использование доказали ее эффективность, надежность и универсальность.

SPECTROSCOPIC CONTROL SYSTEM OF COATING FORMATION PROCESSES FOR VACUUM-PLASMA PROCESSING PLANTS

N.N. Nikiforenko, A.P. Burmakov, A.A. Labuda, A.E. Sikolenko, V.P. Bondarionok,
*Research Laboratory of spectrum control in plasma technology. Belarussian State University,
Minsk, Kurchatova, 1, tel. 278-90-27; 224-59-85*

The system includes the following: compact two-channel diffraction spectrograph SL40-2-2048 (the spectrograph uses TCD-scale Toshiba TCD1205D), optical signal shaping device, optical signal shaping device power unit, spare parts, PC and operating manual.

The system provides vacuum processing plants with coatication of coatings with different types spray nodes (magnetron, arc, thermal, electron-beam and others). The application of the system is especially effective in the technology of complex optical coatings creation (antireflective, reflective, interferential light filters). Its informational capacities far and away surpass those of conventional control systems of coating reflectance on the selected fixed wavelength or coating width control systems (for instance on piezosensors).

The system is mostly designed to inspect spectral reflectance and/or transmittance of samples (articles, witness) moving in the process of coatication of film coatings with the help of devices of rotor type or linear type (or fixed). The diagram of coating reflectance dependency (in %) on wavelength within overall spectral range is shown in PC display as the main information. Registration process mode is continuous with exposure of 8, 16, 24, 32 milliseconds. The system also provides express post-process inspection and registration of reflectance spectrum and transmission spectrum of created coating.

Working spectral range of the system (recommended) from 380 nanometers to 840 nanometers (can be changed in accordance with customer's wish). Spectral resolution – not worse than 1,5 nanometers.

System operation control and results indication is done via PC. Computer requirements: Processor – not lower that P166 MHz, operational system – Windows 9X or 2000.

System's SW allows: to adjust the system, to control graphically the reflectance and/or transmittance of samples within overall working range in real time, to compare in the process of workflow spectral characteristic being registered with the best article characteristic; to run a express post-process inspection and registration of reflectance spectrum and transmission spectrum of created coating, to store, view, processes and print inspection results.

On-line spectral inspection system can be realized for simultaneous registration of spectral characteristics of reflection and transmission in the process of coatication of coatings (one spectrograph uses two channels). The system can be additionally provided with optical and mechanical detachable device and the corresponding computer program for post-process inspection of width, refractive exponent and chromaticity coordinates of created single-layer coating (by using the same spectrometer but in case of switching the optical wave-guides to the above-mentioned detachable device). Chromaticity coordinates can also be defined in the process of thin-film structure coatication.