

УДК 621.383

Проблемные вопросы адаптации технологического вакуумного оборудования к решению текущих и перспективных задач по изготовлению оптических элементов

А. И. Гоев, В. В. Потелов, В. М. Приваленко, Б. Н. Сеник

ОАО "Красногорский завод им С.А. Зверева", г. Красногорск Московской обл., Россия

А. В. Тихонравов

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

О. Б. Чередниченко

НИИ "Полус" им. М. Ф. Стельмаха, Москва, Россия

Рассмотрена концепция модернизации отечественной модели вакуумной установки ВУ-2М для решения текущих и перспективных задач промышленного освоения особо сложных оптических покрытий и коррекционных оптических элементов, автоматизации вакуумных технологических процессов.

Определяющим фактором сегодняшнего дня в области разработки и создания оптико-электронных систем и комплексов, повышения их тактико-технических, эксплуатационных

характеристик является использование в оптических схемах нетрадиционных элементов (асферических, градиентных, киноформных), высококачественных оптических покрытий, работающих как в отдельных, так и одновременно в различных спектральных диапазонах.

Бурное развитие оптоэлектроники, оптоволоконной и лазерной технологий, цифровых технологий передачи оптической информации также требует повышения точностных и эксплуатационных характеристик оптических покрытий.

Функционально-вакуумные технологии как отечественного, так и зарубежного производства, находящиеся в эксплуатации на оптических предприятиях, разрабатывались и используются в штатном исполнении для нанесения тонкопленочных оптических покрытий, работающих в одном из трех спектральных диапазонов. Технологические возможности существующего парка вакуумного оборудования сдерживают промышленное освоение технологий изготовления современных разработок вакуумных покрытий. Учитывая резко возросшие требования к оптическим покрытиям, их функциональному назначению, а также текущие и перспективные задачи, ОАО "Красногорский завод им. С. А. Зверева" совместно с НИИ "Полус" им. М. Ф. Стельмаха; МГУ им. М. В. Ломоносова, используя базовые отечественные вакуумные установки ВУ-2М, модернизированные акустооптические спектрофотометры типа АОС, математические программы по расчету и оптимизации покрытий, проводят разработку и изготовление опытного автоматизированного технологического вакуумного комплекса.

Серийное изготовление покрытий с повышенными оптическими параметрами, точность и воспроизводимость результатов в настоящее время проблематичны без использования математического моделирования

конструкций покрытий и применения прецизионного контроля толщин и показателя преломления напыляемых слоев в реальном масштабе времени. Данная проблема успешно решена благодаря применению известных методов оптимизации неравнотолщинных многослойных интерференционных покрытий, в частности, "техники игольчатой оптимизации" и широкополосного акустооптического спектрофотометра АОС-4SW, работающего в спектральном диапазоне 370—1650 нм [1, 2].

Точность и воспроизводимость параметров оптических покрытий, их высокие эксплуатационные характеристики зависят во многом от ряда технологических факторов, в частности, обеспечения сверхглубокого вакуума; в случае использования пленкообразующих материалов-окислов для обеспечения стабильной стехиометрии слоев необходим автоматический газонапуск.

Для каждого конкретного пленкообразующего материала существует оптимальное значение температуры, которое способствует формированию прочного слоя за счет достаточной поверхностной подвижности молекул осаждаемого материала, а также взаимной диффузии материала слоя и подложки [3].

Для выполнения вышеуказанного необходимы модернизация вакуумной установки в части обеспечения стабилизации температуры внутри вакуумной камеры в пределах ± 5 °С и контроль температуры в разных точках внутри камерного пространства в реальном масштабе времени.

В целях выполнения целого ряда задач по освоению перспективных технологий изготовления особосложных интерференционных фильтров, суперхроматических просветляющих покрытий, коррекционных оптических элементов требуется техническое решение проблемы получения градиентных слоев (с заданным распределением показателя преломления) в части обеспечения одновременного испарения веществ из двух электронно-лучевых испарителей с регулируем-

мой скоростью испарения и максимальной загрузкой тиглей. Именно в этом заключается основная сложность модернизации вакуумной установки ВУ-2М. Требуется разработка конструкции электронно-лучевого испарителя с повышенной надежностью и стабильностью исходных параметров в работе в течение длительного времени функционирования (в течение суток) и систем управления.

Технической проблемой получения градиентных слоев является также обеспечение изменения скорости испарения веществ в течение всего технологического процесса по специально разработанным программам, заложенным в компьютер, и адаптивной связи со спектрофотометром AOS-4SW.

Для дальнейшей автоматизации технологических процессов разрабатываются компьютерные программы автоматизированного управления процессами нанесения сложных покрытий. Алгоритм управляющих программ обеспечивает последовательное управление технологическим процессом нанесения слоев, контроль, коррекцию многофакторных процессов изготовления покрытий.

Конечный результат модернизации — создание автоматизированного вакуумного комплекса с максимальной степенью автоматизации. Анализ производимого ведущими фирмами вакуумного оборудования

показал, что ближайшим аналогом самой идеи модернизации ВУ-2М является система модульного контроля SY pro CS Control System германской фирмы Leybold Optics, используемая для производства вакуумных установок SYRUS pro 1100, SYRUS pro 900.

Создание многофункционального вакуумного комплекса на базе ВУ-2М позволит успешно решать все текущие вопросы по нанесению оптических покрытий различной степени сложности для изделий как гражданского, так и специального назначения, заниматься освоением перспективных технологий изготовления оптических элементов и покрытий нового поколения.

Л и т е р а т у р а

1. Бельский А. Б. и др. Применение акустооптического спектрофотометра в технологии изготовления оптических покрытий лазерных зеркал: XI Междунар. конф. "Оптика лазеров-2003". — С.-Петербург, 2003.
2. Optilayer for Windows. Users Guide. Optilayer Ltd, 1997.
3. Крючков В. Г., Потелов В. В., Сенник Б. Н. Вакуумная асферизация высокоточных оптических элементов инфракрасной техники// Прикладная физика. 2004. № 1. С. 85—89.

Статья поступила в редакцию 22 декабря 2005 г.

Problematic matters of adaptation of technological vacuum equipment for setting current and promising tasks when making optical components

A. I. Goev, V. V. Potelov, V. N. Privalenko, B. N. Senik
JSC "Krasnogorsky Zavod im. S. A. Zvereva", Krasnogorsk, Russia

A. V. Tikhonravov
Moscow State University im. M. V. Lomonosova, Moscow, Russia

O. B. Cherednichenko
POLYUS Science-and-Research Institute im. M. F. Stelmakha, Moscow, Russia

Taking into account the highly increased demands for optical coatings, their functional purpose and the current and promising tasks the jsc "Krasnogorsky Zavod im. S. A. Zvereva" together with the POLYUS Science-and-Research Institute im. M. F. Stelmakha, the Moscow State University im M. V. Lomonosova, developed the automated technological vacuum complexes using the base home-produced equipment, the upgraded acousto-optical spectrophotometers of the AOS-type, the mathematical programs for designing and optimization of the coatings.

УДК 533.9:621.039.6

Исследование углеродных пленок, получаемых с помощью вакуумно-дугового ионного источника с графитовым катодом

Л. Д. Богомолова, А. С. Немов