

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Семенова Захара Владимировича на тему «Исследование метода непрямого оптического контроля толщин многослойных покрытий в широком спектральном диапазоне», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

Актуальность темы диссертации Семенова З.В. обусловлена тем, что исследуемый метод непрямого широкополосного контроля толщины слоев и скорости нанесения многослойных покрытий по спектрам отражения является универсальным и перспективным методом, обеспечивающим снижение погрешностей измерения. Создание опытного образца системы контроля на основе данного метода обеспечивает повышение точности измерения по сравнению с большинством других методов контроля в реальном масштабе времени, что способствует повышению однородности слоев и достижению более высокого качества фильтров.

Существенным преимуществом метода непрямого широкополосного оптического контроля, исследуемого автором, является независимость погрешности измерений от спектральных характеристик изготавливаемых фильтров. Этот результат достигается применением контрольных подложек с предварительно нанесенным слоем материала достаточной толщины.

Оценка влияния путем компьютерного моделирования характеристик элементов системы контроля и параметров нанесения на уровень погрешностей измерения толщин слоев позволила выявить диапазон оптимальных толщин, при которых достигаются наименьшие погрешности. При больших толщинах наблюдается высокая погрешность, обусловленная погрешностью градуировки спектрометра по длинам волн, а при меньших – дрейфом интенсивности источника излучения и погрешностью показателя преломления.

Третья глава посвящена разработке нового метода измерения толщин тонких стартовых слоёв с погрешностью, не превышающей погрешности измерения последующих слоёв покрытия, что является значимым результатом, поскольку проблема определения толщин стартовых слоев являлась недостатком метода непрямого широкополосного контроля. Решение заключается в том, что на контрольную подложку предварительно наносится слой материала определенной толщины, выбор происходит в результате компьютерного моделирования с целью получения оптимальной для контроля толщины слоя на момент окончания его нанесения. Это позволяет в 2 – 5 раз уменьшить погрешность измерения для стартовых слоёв с толщинами менее 100 – 250 нм в зависимости от материала и, следовательно, сделать покрытия более качественными.

В работе рассматриваются результаты использования системы прецизионного спектрального контроля толщин слоёв, установленной на вакуумную установку для нанесения многослойных покрытий «ВУ-2М». В спектральном диапа-

зоне контроля от 525 до 990 нм погрешность нанесения слоя составила около 1,0 нм, что точнее, чем у подавляющего большинства методов контроля. Метод наиболее эффективен при измерении самых тонких слоёв, так для слоя SiO_2 толщиной 5 нм он позволяет уменьшить систематическую погрешность на два порядка.

Просветляющее покрытие для видимого диапазона излучения, полученное с помощью данной установки, имеет максимальный коэффициент отражения 0,15 %, что соответствует мировому уровню. Действительно, в изделии ПО525, указанном в автореферате, при том количестве линзовых компонентов, которые входят в его оптическую систему, значение коэффициента пропускания 91,5 % может быть достигнуто при условии, что остаточный коэффициент отражения на преломляющих покрытиях обеспечен менее 0,15 %.

По автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1) На с.11 автореферата указано, что в качестве подложек использовались две марки стекла: BK7 и LASF01. Если BK7 является одной из распространенных марок из каталога Schott, то LASF01 является устаревшей маркой каталога NIKARI, Япония. Поэтому выбор марки LASF01 представляется необоснованным или марка обладает какими-то специфическими особенностями, которые отсутствуют у распространенных марок-аналогов тяжелых и сверхтяжелых флинтов?

2) По просветляющему покрытию, приведенному на рисунке 8: для того, чтобы оценить полученные результаты, необходимо проанализировать не только абсолютные значения R , но и их отклонение ΔR от расчетных значений для рабочего спектрального диапазона.

В оптической системе конкретного оптического прибора используются марки материалов, отличающиеся показателями преломления и дисперсией. Так, в ПО525 разброс показателей преломления линз составляет примерно 0,4. Однако, судя по тексту автореферата и диссертации, речь идет об одном дизайне покрытия для всех линз изделия. В связи с этим возникают вопросы: каким образом осуществлялась адаптация этого дизайна при нанесении покрытия на линзы из различных марок стекла: в реальном масштабе времени при напылении? или осуществлялся предварительный пересчет толщин слоев для каждой марки стекла? требуется ли менять материал контрольных подложек при просветлении линз из различных материалов?

Отмеченные замечания не снижают общего положительного впечатления от содержания диссертационной работы, изложенного в автореферате. Разработки и исследования, направленные на повышение коэффициентов пропускания оптических систем, имеют важное значение для повышения конкурентоспособности отечественных оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

На основании изложенного в результате проработки автореферата диссертации считаем, что диссертационная работа «Исследование метода непрямого оптического контроля толщин многослойных покрытий в широком спектральном диапазоне» является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Семенов Захар Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Профессор кафедры Фотоники и приборостроения
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
геосистем и технологий»,
канд.техн.наук, профессор

Хацевич Т.Н.
09.12.2019

Доцент кафедры Фотоники и приборостроения
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
геосистем и технологий», канд.техн.наук

Чайка Н.Ф.
09.12.2019

Информация о лице, представившем отзыв:

Хацевич Татьяна Николаевна

Должность: профессор кафедры фотоники и приборостроения

Ученая степень: канд.техн. наук

Ученое звание: профессор

Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация составителя отзыва: 05.11.07 – Оптические приборы (1983 г.)

Наименование организации, работником которой является:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»

Почтовый адрес: 630108, Новосибирск-108, ул. Плеханова, 10, ФГБОУ ВО СГУГиТ

Адрес электронной почты: khatsevich@rambler.ru

Тел. +7913-742-34-93; тел. кафедры (383)343-29-29

Чайка Надежда Федоровна

Должность: доцент кафедры фотоники и приборостроения

Ученая степень: канд. техн. наук

Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация составителя отзыва: 05.11.07 – Оптические приборы (1990 г.)

Наименование организации, работником которой является:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»

Почтовый адрес: 630108, Новосибирск 108, ул. Плеханова 10, ФГБОУ ВО СГУГиТ

Адрес электронной почты: chayka@trive.net

Тел. +7913-911-88-72; тел. кафедры (383)343-29-29



ПОДПИСЬ *Хацевич Т.Н.*
Чайка Н.Ф.
Служба по кадровой работе

Отзыв получен 12.12.2019