

Секция 4. ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ, ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.7. (075.8)

ИЗМЕРЕНИЕ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ ОБЪЕКТИВА

Альхимович М.А.^{1,2}, Кузнецик В.О.²

¹Научно-технический центр «ЛЭМТ» БелОМО

Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Объективы являются самым распространённым типом оптических систем, применяемых в оптико-электронном приборостроении, от качества изготовления и сборки которых зависит работа прибора в целом.

Типовые задачи оптического производственного контроля сводятся к измерению характеристик оптических систем и качеству их изображения визуальным или фотоэлектрическим методами.

К основным характеристикам объектива, требующим измерения и аттестации, в первую очередь относятся фокусное расстояние, разрешающая способность, функция рассеяния точки и функция передачи модуляции.

В настоящее время в практике оптической измерительной лаборатории чаще используются фотоэлектрические методы контроля, чем визуальные. Данные методы позволяют создавать автоматизированные приборы и системы, работающие в видимой и ИК области спектра, имеющие специальное программное обеспечение, с помощью которого объективная измерительная информация представляется в удобном для оператора виде. В отличие от них визуальные методы более сложные и трудоёмкие и требуют высокой квалификации оператора, однако они позволяют использовать универсальные базовые установки, такие как оптическая скамья.

При выборе метода измерения необходимо учитывать численное значение измеряемой величины и её допустимое отклонение от заданного, оснащение измерительной лаборатории, наличие и возможность изготовления на производстве дополнительных приспособлений для реализации метода.

Учитывая выше сказанное необходимо было исследовать фокусное расстояние объективов визуальным и фотоэлектрическим методами, сравнить полученные результаты и сделать выводы о том, на каких этапах производства и для каких объективов могут применяться визуальные методы в оптическом и оптико-электронном производстве.

Исследования проводились коллимационным методом, который отличается от других методов простотой реализации и наглядностью.

Визуальный метод осуществлялся на оптической скамье ОСК–2ЦЛ, которая предназначена для исследования объективов оптических и оптико-электронных приборов по качеству изображения и для измерения их оптических характеристик. В состав экспериментального стенда (рисунок 1) входят осветитель, коллиматор с тест-объектом, испытуемый объектив, закрепленный в специальной оправе-держателе и горизонтальный измерительный микроскоп с окуляр-микрометром.



Рисунок 1 – Общий вид экспериментального стенда для контроля фокусного расстояния

Автоматизированный режим был реализован с помощью измерительной установки OTS 200 (рисунок 2) фирмы OEG GmbH (Германия). Основными компонентами установки являются: базовая рама с интегрированным коллиматором; моторизованный программно управляемый механизм смены эталонных пластин; измерительная головка; моторизованная программно управляемая Z-ось для высокоточного позиционирования измерительной головки, обеспечивающая точное определение положения плоскости изображения.



Рисунок 2 – Общий вид установки серии OTS

Наиболее распространенным методом измерения фокусных расстояний (f') объективов является метод линейных увеличений, реализуемый как с помощью визуального, так и фотоэлектрического метода.

Суть метода увеличений заключается в измерении величины изображения тест-объекта (y') полученного в фокальной плоскости контролируемого объектива и последующем расчете фокусного расстояния исследуемой оптической системы (f') с учетом размера тест-объекта (y) и величины фокусного расстояния объектива коллиматора (f_k) измерительной установки по формуле:

$$f' = f_k y' / y. \quad (1)$$

Схема измерения размера изображения, визуальным методом на оптической скамье ОСК-2ЦЛ, представлена на рисунке 3 [1].

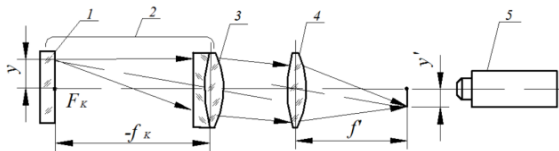


Рисунок 3 – Схема измерения фокусного расстояния объектива методом линейного увеличения:

- 1 – мира; 2 – коллиматор; 3 – объектив коллиматора; 4 – контролируемый объектив; 5 – микроскоп с винтовым окулярным микрометром

Измерение проводилось на оптической скамье с использованием микроскопа (I), входящего в её состав (рисунок 4, а) и модернизированного (II), с целью повышения точности снятия отсчетов, микроскопа с окуляр-микрометром и автоматическим выводом значений линейного перемещения микроскопа на экран (рисунок 4, б).

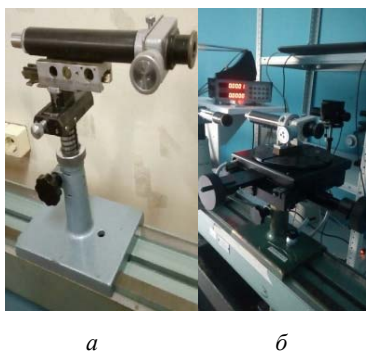


Рисунок 4 – Общий вид микроскопа с окуляр-микрометром

Объектом исследований являлись проекционные объективы 9/115 и 7/206.

Методика измерения фокусного расстояния объектива сводится к следующему.

Перед началом измерений необходимо установить тест-объект в виде штриховой миры точно в фокусе длиннофокусного объектива коллиматора

($f'_k = 1600$ мм). После чего контролируемый объектив устанавливают между коллиматором и измерительным микроскопом и юстируют его на оптической скамье. Перемещением микроскопа вдоль оптической оси необходимо добиться наиболее резкого изображения миры наблюдаемого через окуляр микроскопа, которое должно занимать около 2/3 поля зрения микроскопа. Изображение предмета y' , даваемое проверяемым объективом в его фокальной плоскости, измеряют путем наведения микроскопа на горизонтальные штрихи миры (база миры), перемещая микроскоп перпендикулярно оптической оси. Отсчет снимают по винтовому окуляр-микрометру. Искомое фокусное расстояние вычисляют по формуле (1).

Погрешность метода измерения, зависящая от погрешности измерения размера изображения, связана с инструментальной погрешностью окуляр-микрометра, погрешностью изготовления шкалы, погрешностью продольного наведения микроскопа на изображения, погрешностью поперечной наводки перекрестия окуляр-микрометра на изображение штрихов шкалы, квалификации оператора и других. Относительная погрешность определения величины фокусного расстояния составляет 0,3 %–0,6 % [1].

Замена микроскопа I на модернизированный микроскоп II позволила повысить быстродействие снятия отсчета и его точность.

Измерение фокусного расстояния объектива на установке OTS 200 осуществлялась в проходящем свете, как и в предыдущих случаях. Благодаря автоматической фокусировке, за счет использования датчиков перемещения, замене окуляра цифровой камерой, а также электронной обработке и оценке данных, обеспечивается высокая точность (погрешность измерения 0,05–0,2 %) и достоверность результата, быстродействие, устраняется субъективная ошибка присутствующая визуальными методами.

Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений фокусного расстояния f' проекционного объектива

Характеристика	Контрольные образцы					
	Объектив 9/115			Объектив 7/206		
	Оптическая скамья	Установка OTS	Оптическая скамья	Установка OTS		
	микро-скоп I	микро-скоп II	–	микро-скоп I	микро-скоп II	–
f' , мм	115,35	115,28	114,86	204,97	205,17	205,67
Погрешность, %	0,30	0,24	0,12	0,5	0,4	0,16

На основании полученных результатов измерения фокусных расстояний объективов на оптической скамье можно сделать вывод о том, что визуальные методы контроля могут быть использованы для контроля объективов оптико-электронных приборов на всех этапах его изготовления; модернизация микроскопа позволяет повысить точность и удобство измерений. Использование для контроля автоматизированных измерительных установок типа OTS 200 позво-

ляет повысить точность и производительность измерений, однако это требует больших экономических затрат, так как установки данного класса в зависимости от оснащения стоят от 56 тысяч евро.

Литература

1. Креопалова Г.В. Оптические измерения / Г.В. Креопалова, Н.Л. Лазарева, Пуряев Д.Т. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.

УДК 666.1.056.64

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПРОСВЕТЛЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОПТИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЛАЗЕРНЫХ ТЕЛЕСКОПОВ

Богданович Д.А.^{1,2}, Мандик Н.С.^{1,2}, Федорцев Р.В.¹

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

²Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Для улучшения выходных характеристик прибора в целом на рабочие поверхности оптических деталей, как правило, наносят различного рода многослойные интерференционные покрытия. При выборе типа покрытия необходимо учитывать конструктивные и технологические требования, предъявляемые как отдельно к детали, так и к прибору в целом.

Существует ряд оптических приборов, в качестве источника излучения в которых используются лазерные модули. Одним из них является лазерный телескоп, основная функция которого заключается в расширении входного пучка лазерного излучения посредством телеобъектива. Применяемая для этих целей плосковыпуклая линза должна удовлетворять следующим требованиям: на обе поверхности необходимо нанести просветляющие покрытия с рабочим спектральным диапазоном $\lambda = 690\text{--}1000$ нм, остаточным коэффициентом отражения $\rho_{\text{ост}} < 0,7\%$, углом падения луча $\alpha = 0^\circ$, лучевой стойкостью $DT > 5\text{ Дж/см}^2$, длительностью импульса $\tau = 10$ нс.

Исходя из указанных технических требований к данной детали, применение стандартного ахроматического покрытия на основе оксида алюминия, фторида магния, или двуокиси циркония – оказывается невозможным. Для фторида магния в частности характерна низкая лазерная прочность, поэтому данный вид покрытия используется в обычных телескопических системах и микроскопах. Более высокой лучевой стойкостью обладают покрытия из двуокиси циркония и двуокиси кремния [1].

Расчёт широкополосных просветляющих покрытий проводили в программном пакете «Opti Layer». В качестве исходных данных были зада-

ны: рабочий спектральный диапазон и угол падения входного луча. Произвели выбор материалов покрытия: двуокись кремния и двуокись циркония, которые обеспечивают рабочую лучевую стойкость покрытия на уровне 10 Дж/см^2 . В процессе расчёта определили коэффициенты отражения в исследуемом диапазоне, оптимальное количество слоёв – 8 чередующихся слоёв $(\text{ZrO}_2\text{SiO}_2)_4$ и их оптические толщины: 1 слой – $0,24\ \lambda$; 2 – $0,5\ \lambda$; 3 – $2,55\ \lambda$; 4 – $2,31\ \lambda$; 5 – $2,16\ \lambda$; 6 – $2,5\ \lambda$; 7 – $0,67\ \lambda$; 8 – $1,46\ \lambda$ [2]. Контрольная длина волны $\lambda = 578$ нм. Показатель преломления для контрольной длины волны для ZrO_2 $n = 2,378$, а для SiO_2 $n = 1,458$ (рисунок 1).

Перед началом процесса напыления все подложки очищались от налёта, пыли, остатков полирита и других посторонних включений. С этой целью детали помещаются в специальные ванны с кислотами и щелочами. На финишной стадии очистки проводили при помощи спирто-эфирной смеси или ацетона.

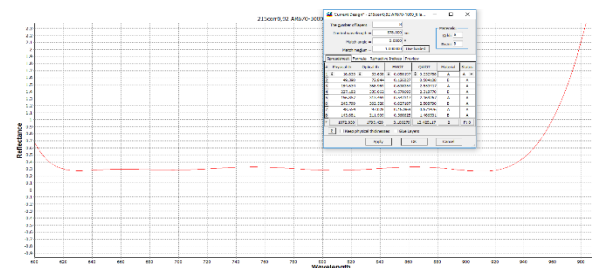


Рисунок 1 – Кривая отражения и основные параметры оптического покрытия

Камера вакуумной установки очищается от осевших материалов при испарении на предыдущих этапах напыления, с помощью гибкого абразивного материала на тканевой или бумаж-