

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ ЛАЗЕРНОГО КОНФОКАЛЬНОГО МИКРОСКОПА

© 2016 г. С.С. АНЦЫФЕРОВ, Д.А. КАРАБАНОВ, Д.А. МОИСЕЕВА, К.Е. РУСАНОВ

Московский технологический университет (МИРЭА),
АО «НИЦПВ», г. Москва
e-mail: Dashamoi@mail.ru, karabanov.d.a@gmail.com

Аннотация. В статье представлена методика поверки лазерного конфокального микроскопа LEXT OLS 4100 для целей утверждения типа. Приведен пример практической апробации разработанной методики.

Ключевые слова. Методика поверки, лазерный конфокальный микроскоп, метрологические характеристики, эталонные меры, средства измерений, погрешность измерений.

Введение. В настоящее время широко применяются средства измерений микроструктурированных объектов. Лазерный конфокальный микроскоп необходим для проведения исследований, позволяющих определять линейные размерные параметры измеряемых объектов. Согласно федеральному закону от 26.06.2008 № 102-ФЗ (ред. от 21.07.2014) “Об обеспечении единства измерений” средства измерений, которые применяются в сфере государственного регулирования, подлежат обязательному утверждению типа. В настоящее время отсутствует методика поверки лазерного конфокального микроскопа, поэтому целью работы является разработка методики поверки и ее практическая апробация. Разработка методики должна производиться в соответствии с рекомендацией МИ 3290-2010 “Рекомендация по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний средств измерений в целях утверждения типа”.

Методика поверки лазерного конфокального микроскопа

1. Устройство и принцип действия

Таблица 1

Метрологические характеристики лазерного конфокального микроскопа

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений линейных размеров (ось Z), мкм	от 0,5 до 500
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров (ось Z), мкм (где L – измеряемая длина, мкм)	$\pm 0,1 + \frac{L}{20}$
Диапазон измерений линейных размеров в плоскости XY, мкм, для объектива: 20x 50x 100x	от 80 до 600 от 30 до 250 от 15 до 120
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY %	± 5
Величина хода устройства фокусировки по оси Z, мм	100
Габаритные размеры основного блока микроскопа (ширина×высота×глубина), мм, не более	290×480×390

Лазерный конфокальный микроскоп (рис. 1) (ЛКМ) относится к классу бесконтактных оптических приборов. Принцип действия лазерного конфокального микроскопа состоит в том, что когерентный свет, испускаемый лазерной системой проходит через точечное отверстие (апертура), расположенное в сопряженной фокальной плоскости, затем через облучаемую апертуру, расположенную в фотоэлектронном умножителе (ФЭУ). Лазерный луч фокусируется с помощью объектива и попадает на образец, расположенный в фокальной плоскости этого объектива. Отраженное излучение, проходя через объектив, полупрозрачное зеркало и облучаемую апертуру попадает на фотоэлектронный умножитель.

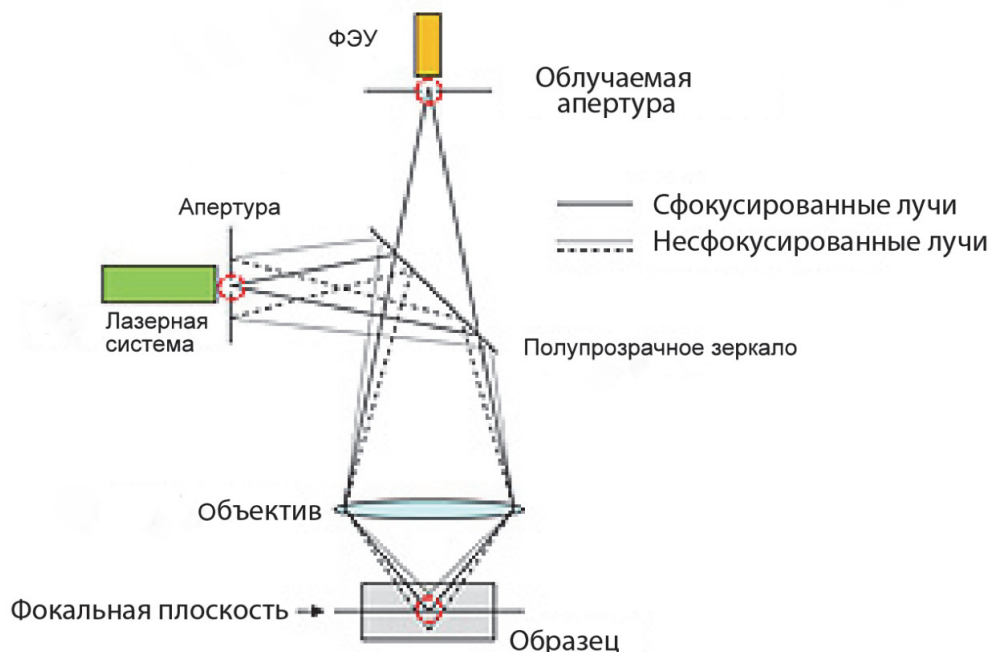


Рис. 1. Схема работы лазерного конфокального микроскопа.

2. Метрологические характеристики ЛКМ

Метрологические характеристики приведены в табл. 1 согласно паспортным данным.

3. Исходные средства измерений

При проведении поверки должны быть применены следующие средства измерений:

- мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К, со следующими параметрами:
 - номинальное значение шага шаговой структуры меры (W) 2,0 мкм;
 - допустимое отклонение от номинального значения шага шаговой структуры, не более, $\pm 0,05$ мкм;
 - диапазон значений ширины верхнего основания выступов в шаговых структурах меры (b_u) 10 ÷ 500 нм;
 - диапазон значений высоты выступов в шаговых структурах меры (H) 100 ÷ 1400 нм;
 - пределы допускаемых значений абсолютной погрешности размеров b_u , H , не более, ± 2 нм).
- набор концевых плоскопараллельных мер длины (НКПМД) согласно ГОСТ 9038-90 с номинальными значениями линейных размеров от 0,5 мм до 100 мм (разряд 4, класс 4).
- объект-микрометр ОМ-О, со следующими параметрами:
 - длина основной шкалы, мм $1 \pm 0,0005$;
 - количество интервалов основной шкалы 200;
 - допуск расстояния между серединами соседних штрихов первых 10 интервалов основной шкалы, мм $\pm 0,0003$;

- пределы допускаемой абсолютной погрешности всей длины шкалы, мм $\pm 0,0001$.

4. Порядок проведения поверки

4.1. Измерение линейных размеров по оси Z

Для измерений используется мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К и набор мер длины концевых плоскопараллельных. После установки меры МШПС-2.0К на предметный столик микроскопа произвести методом прямых измерений порядка 10 измерений высоты. Аналогичное действие производим с набором мер длины концевых плоскопараллельных.

4.2. Определение погрешности измерений линейных размеров по оси Z

Производится определение абсолютной погрешности измерений высоты меры:

$$\Delta_H = H_{\text{ном}} - H_i,$$

где $H_{\text{ном}}$ – номинальное значение высоты (линейного размера) установленной меры;
 H_i – результат i -го измерения высоты меры, мкм.

4.3. Обработка полученных результатов

Результаты измерений и расчетов занести в протокол. Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z находятся в диапазоне $\pm 0,1 + \frac{L}{20}$ (L – измеряемая длина, мкм).

4.4. Измерение линейных размеров по осям XY

Для измерений используется объект-микрометр ОМ-О. После установки объект-микрометра ОМ-О на предметный столик микроскопа произвести методом прямых измерений порядка 10 измерений.

4.5. Определение погрешности измерений линейных размеров по осям XY

Производится определение относительной погрешности измерений линейных размеров по осям сканирования X и Y (для каждого размера указанного в табл. 3):

$$\delta_L = \frac{|L_{\text{ном}} - L_i|}{L_{\text{ном}}} \times 100\%,$$

где $L_{\text{ном}}$ - номинальное значение размера объект-микрометра;
 L_i - результат i -го измерения размера объект-микрометра, мкм.

4.6. Обработка полученных результатов

Результаты измерений и расчетов занести в протокол. Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений линейных размеров по осям сканирования X и Y находятся в диапазоне $\pm 5\%$.

5. Практическая апробация разработанной методики

Апробация методики осуществлялась путем поверки лазерного конфокального микроскопа LEXT OLS 4100. Условия проведения поверки:

- температура окружающей среды, °C	20 ± 3;
- относительная влажность воздуха, %	от 40 до 60;
- атмосферное давление, кПа	101 ± 4;
- напряжение питающей сети переменного тока частотой (50 ± 1) Гц, В	220 ± 22.

Полученные результаты проведенных измерений занесены в табл. 2 и 3.

Полученные значения абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z находятся в диапазоне $\pm 0,1 + \frac{L}{20}$ (L – измеряемая длина, мкм), что соответствует заявленным требованиям.

Таблица 2

Значение высоты ($H_{\text{ном}}$) установленной меры, мкм	Измеренные значения (H_i)	Абсолютная погрешность линейных размеров по оси Z	
		по ТД ($H_{\text{ном}}$)	Δ_H
МШПС-2.0К 0,575	0,509	$\pm 0,128$	0,066
	0,508		0,067
	0,510		0,065
	0,515		0,06
	0,509		0,066
НКПМД 499,82	511,1	± 25	- 11,3
	515,5		- 15,7
	514,7		- 14,9
	514,5		- 14,7
	515,8		- 16

Таблица 3

Объектив, увеличение	Номинальное значение размера объекта-микрометра, мкм	Измеренное значение по оси X, мкм	Измеренное значение по оси Y, мкм	Относительная погрешность измерений линейных размеров по оси X	Относительная погрешность измерений линейных размеров по оси Y
20x	80	80,81	80,79	1,1	1
	300	301,32	300,92	0,5	0,4
	600	601,38	601,12	0,3	0,2
50x	30	30,22	30,1	0,8	0,4
	130	130,44	130,36	0,4	0,3
	250	250,3	250,12	0,2	0,1
100x	15	15,1	15,04	0,7	0,3
	60	59,79	60,27	0,4	0,5
	120	120,07	119,91	0,1	0,1

Полученные значения относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY находятся в диапазоне $\pm 5\%$, что соответствует заявленным требованиям.

Заключение

Настоящая методика поверки распространяется на лазерный конфокальный микроскоп и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверки. Методика поверки прошла практическую апробацию. В настоящее время методика поверки используется для целей утверждения типа лазерного конфокального микроскопа модели LEXT OLS 4100.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишмарев В.Ю. Средства измерений. – М: «Академия», 2013. - 320 с.
2. МИ 3290-2010 «ГСИ. Рекомендация по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний средств измерений в целях утверждения типа». – М: «Издательство стандартов», 2010.- 32 с.
3. Анцыферов С.С., Голубь Б.И. Общая теория измерений: учебное пособие / Под ред. акад. РАН Н.Н. Евтихиева. – М.: «Горячая линия-Телеком», 2007. – 176 с.
4. Анцыферов С.С., Афанасьев М.С. Основы теоретической метрологии: учебное пособие. – М.: ЗАО «Издательство ИКАР», 2012. – 208 с.
5. Анцыферов С.С., Афанасьев М.С., Русанов К.Е. Обработка результатов измерений: учебное пособие. – М.: «Издательство Икар», 2014. – 228 с.