
Федеральное агентство по техническому регулированию
и метрологии

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ГОСТ Р
*(ПРОЕКТ,
ПЕРВАЯ
РЕДАКЦИЯ)*

**Государственная система обеспечения единства
измерений**

**МИКРОСКОПЫ СКАНИРУЮЩИЕ
ЗОНДОВЫЕ АТОМНО-СИЛОВЫЕ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ**

Методика поверки

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

ГОСТ Р
(проект, первая
редакция)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН ОАО «Научно-исследовательский центр по исследованию свойств поверхности и вакуума»

2 ВНЕСЕН ТК по стандартизации № 441 «Наукоемкие технологии.»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ № _____

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет.

© ИПК Издательство стандартов, 200__

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения национального органа Российской Федерации по стандартизации

II

Содержание

1	Область применения.....	1
2	Нормативная ссылка.....	2
3	Термины и определения.....	2
4	Средство поверки микроскопов.....	4
5	Порядок проведения измерений при поверке микроскопов.....	5
6	Порядок обработки результатов измерений.....	7
7	Оформление результатов поверки.....	9
	Приложение А.....	11
	Библиография.....	13

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

МИКРОСКОПЫ СКАНИРУЮЩИЕ ЗОНДОВЫЕ АТОМНО-СИЛОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Atomic-force scanning probe measuring microscopes.
Verification procedure

Дата введения _____

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий стандарт устанавливает методику поверки сканирующих зондовых атомно-силовых микроскопов измерительных (далее - микроскопы), применяемых для измерений линейных размеров в диапазоне от 10^{-9} до 10^{-6} м.

Настоящий стандарт предназначен для применения при проведении всех видов поверок микроскопов в сфере государственного метрологического контроля (надзора) и может быть использован при калибровке микроскопов (см. приложение А).

ГОСТ Р
*(проект,
первая редакция)*

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р Меры рельефные нанометрового диапазона. Общие требования

ГОСТ Р Меры рельефные нанометрового диапазона с трапецидальным профилем элементов. Методика поверки

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 рельеф поверхности твердого тела (рельеф поверхности): Экспериментально наблюдаемая поверхность твердого тела, отклонения которой от идеально плоской поверхности обусловлены естественными причинами или специальной обработкой.

3.2 элемент рельефа поверхности (элемент рельефа): Пространственно локализованная часть рельефа поверхности.

3.3 сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп измерительный: Сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп, имеющий нормированные метрологические характеристики, предназначенный для измерения линейных размеров элементов рельефа поверхности образца и (или) расстояния между ними

3.4 пиксель: Наименьший дискретный элемент изображения, получаемый при математической обработке информативного сигнала.

3.5 сканирование элемента исследуемого объекта (сканирование): Осуществление штатными средствами микроскопа перемещения зонда вдоль выбранного отрезка на исследуемом объекте с одновременной регистрацией информативного сигнала.

3.6 видеоизображение на экране монитора микроскопа (видеоизображение): Изображение на экране монитора микроскопа в виде матрицы из n строк по m пикселей в каждой, яркость которых прямо пропорциональна значению величины сигнала в соответствующей точке матрицы.

Примечание - Яркость пикселя определяется силой света, излучаемой им в направлении глаза наблюдателя.

3.7 видеопрофиль информативного сигнала (видеопрофиль): Графическая зависимость значения величины информативного сигнала, поступающего с детектора микроскопа, от номера пикселя в данной строке видеоизображения.

ГОСТ Р
*(проект,
первая редакция)*

3.8 масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа (масштабный коэффициент): Отношение известного значения длины исследуемого элемента на объекте измерений к количеству пикселей этого элемента на видеоизображении.

Примечание - Масштабный коэффициент определяют для каждого конкретного экземпляра микроскопа.

3.9 эффективный радиус острия зонда микроскопа (эффективный радиус зонда): Радиус сферы, характеризующей геометрические размеры острия зонда микроскопа.

Примечание - Эффективный радиус зонда определяют по значению радиуса сферы, вписанной в острие зонда микроскопа при одновременном касании острия боковой грани выступа и дна канавки меры рельефной малой длины - по ГОСТ Р.

3.10 Z-сканер сканирующего зондового атомно-силового микроскопа (Z-сканер): штатное техническое средство сканирующего зондового атомно-силового микроскопа, обеспечивающее в процессе сканирования вертикальное положение зонда, соответствующее условию постоянства расстояния зонд-поверхность исследуемого объекта.

3.11 мера рельефная нанометрового диапазона: Мера рельефная, содержащая элементы рельефа, линейный размер которых хотя бы по одному из измерений менее 10^{-6} м.

3.12 геометрический профиль элемента рельефа: Стороны плоской геометрической фигуры, которая наиболее адекватно аппроксимирует форму сечения элемента рельефа плоскостью, перпендикулярной рельефу поверхности.

3.13 элемент рельефа в форме выступа (выступ): Элемент рельефа, расположенной выше, чем прилегающие области.

3.14 геометрическая форма элемента рельефа: Геометрическая фигура, которая характеризует форму геометрического профиля элемента рельефа.

Примечание - Например, трапецидальный выступ - элемент рельефа поверхности, геометрический профиль которого наиболее адекватно описывается трапецией.

4 СРЕДСТВО ПОВЕРКИ МИКРОСКОПОВ

4.1 Поверку микроскопов осуществляют с помощью меры рельефной нанометрового диапазона с трапецидальным профилем элементов (далее –рельефная мера), линейные размеры и материал для изготовления которой соответствуют требованиям ГОСТ Р . Сечение выступа рельефной меры с трапецидальным профилем приведено на рисунке 1.

4.2 Для проверки микроскопов применяют поверенную по ГОСТ Р рельефную меру, а в качестве исследуемого элемента используют указанный в ее паспорте выступ с трапецидальным профилем с известными значениями проекции боковой грани на плоскость нижнего основания a , ширины нижнего основания выступа b_p , высоты выступа h . В зависимости от величины ожидаемого эффективного радиуса зонда микроскопа r используют рельефную меру, для которой

$$\frac{a}{2r} \geq 1,5$$

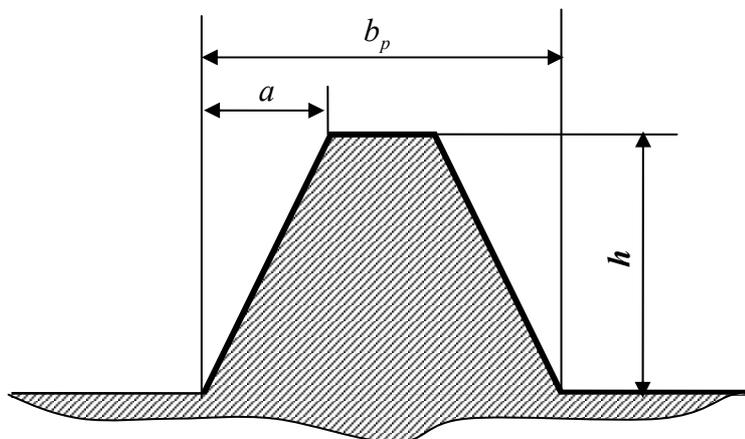


Рисунок 1 – Сечение исследуемого элемента рельефной меры с обозначением параметров

5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОВЕРКЕ МИКРОСКОПОВ

5.1 Рельефную меру устанавливают на рабочий стол микроскопа, подлежащего поверке.

5.2 Зонд микроскопа подводят к основанию выступа рельефной меры, указанному в паспорте этой меры в качестве исследуемого элемента. При выполнении операции используют вспомогательный оптический микроскоп, входящий в комплект поверяемого микроскопа.

5.3 В соответствии с инструкцией по эксплуатации микроскопа выполняют сканирование исследуемого элемента и записывают видеоизображение.

На рисунке 2 приведен видеопрофиль, соответствующий элементу рельефа, показанному на рисунке 1.

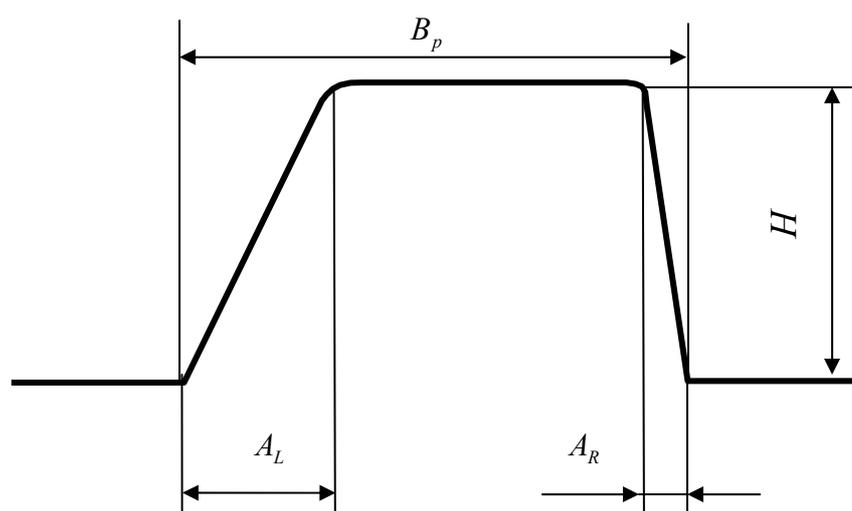


Рисунок 2 - Видеопрофиль, соответствующий сечению исследуемого элемента рельефной меры, приведенного на рисунке 1, с обозначением его параметров (направление сканирования слева направо)

Числовые значения параметров, указанных на рисунке 2 определяют экспериментально путем обработки полученного видеопрофиля.

5.4 При сканировании исследуемого элемента рельефной меры необходимо, чтобы наклон зонда микроскопа (если он имеется) располагался в плоскости, перпендикулярной направлению перемещения зонда. Величина этого наклона не должна превосходить 20° . В этом случае при соблюдении дополнительного условия об ортогональности вертикального перемещения зонда, регистрируемая кривая будет симметричной и $A_L = A_R$.

Примечание - Если значения A_L и A_R не равны, то это указывает на неортогональность вертикального перемещения зонда и необходимость определения значения отклонения Z-сканера поверяемого микроскопа по 6.4.

5.5 Результаты измерений параметров рельефной меры, приведенных на рисунке 2, оформляют в соответствии с [1].

6 ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Вычисление масштабного коэффициента видеоизображения микроскопа

Масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа m_x , нм/пиксель, вдоль направления сканирования вычисляют по формуле

$$m_x = \frac{a}{A_R}$$

где a - значение проекции наклонной стенки рельефной меры, приведенное в паспорте, нм;

A_R — измеренное по видеопрофилю значение проекции наклонной стенки рельефной меры, пиксель.

Примечание – При вычислении масштабного коэффициента видеоизображения используют значение проекции наклонной стенки A_R , соответствующее движению сканера от вершины выступа к дну канавки. Это значение при выполнении условия по 5.4 не зависит от величины наклона зонда микроскопа.

6.2 Вычисление эффективного радиуса острия зонда микроскопа

Эффективный радиус острия зонда микроскопа r , нм, вычисляют по формуле

$$r = 0,966(m_x B_p - b_p)$$

где m_x – масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа, вычисленный по 6.1, нм/пиксель;

B_p – измеренное по видеопрофилю значение ширины верхнего основания, пиксель;

b_p – значение ширины верхнего основания рельефной меры, приведенное в паспорте, нм.

6.3 Вычисление цены деления вертикальной шкалы микроскопа

Цену деления вертикальной шкалы микроскопа m_z , нм/пиксель, вычисляют по формуле

$$m_z = \frac{h}{H}$$

где h – значение высоты выступа рельефной меры, приведенное в паспорте, нм;

H – измеренное по видеопрофилю значение высоты выступа рельефной меры, пиксель.

6.4 Вычисление относительной величины составляющей отклонения Z-сканера микроскопа от ортогональности

Если измеренные значения A_L и A_R не равны в пределах заданной точности измерений, то относительную величину составляющей Z-сканера микроскопа от ортогональности по отношению к направлению сканирования Z_x , безразмерная величина, вычисляют по формуле

$$Z_x = \frac{m_x(A_L - A_R)}{2Hm_z}$$

где m_x – масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа, вычисленный по 6.1, нм/пиксель;

A_L — измеренное по видеопрофилю значение проекции наклонной

стенки рельефной меры, пиксель;

A_R — измеренное по видеопрофилю значение проекции наклонной стенки рельефной меры, пиксель;

H — измеренное по видеопрофилю значение высоты выступа рельефной меры, пиксель.

m_z — цена деления вертикальной шкалы микроскопа, вычисленная в п. 6.4, нм/пиксель;

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

7.1 Результаты поверки оформляют выдачей свидетельства установленной формы или записью в паспорте микроскопа и нанесением оттиска поверительного клейма, по формам, установленным в [1,2].

7.2 В свидетельстве о поверке и паспорте микроскопа должны быть указаны значения масштабного коэффициента видеоизображения микроскопа m_x , цены деления вертикальной шкалы микроскопа m_z , относительной величины составляющей отклонения Z-сканера микроскопа от ортогональности по отношению к направлению сканирования Z_x , а также значение эффективного радиуса острия зонда r .

Приложение А
(обязательное)

Калибровка микроскопов сканирующих атомно-силовых измерительных

1. Микроскопы, не подлежащие государственному контролю и надзору, должны подвергаться периодической калибровке.
2. Калибровку микроскопов проводят аккредитованные на право проведения таких работ государственные научные метрологические центры и органы Государственной метрологической службы России, а также метрологические службы юридических лиц, аккредитованные в соответствии с [3].
3. Для калибровки микроскопов используют средства по пп. 4.1-4.2 настоящего стандарта.
4. Порядок проведения измерений при калибровке микроскопов должен соответствовать пп. 5.1-5.4 настоящего стандарта. Результаты измерений оформляют в соответствии с [4].
5. Порядок обработки результатов при калибровке микроскопов должен соответствовать пп. 6.1-6.4 настоящего стандарта.
6. Межкалибровочный интервал устанавливают по результатам исследования изменения со временем метрологических характеристик конкретного типа микроскопа, но не более 1 года.
7. Для калибровки конкретного экземпляра микроскопа в соответствии с [4] разрабатывают соответствующую нормативную документацию, учитывающую конкретную специфику средства измерения, но не противоречащую пп. 3 – 5 настоящего приложения.
8. Результаты калибровки оформляют в соответствии с [4], удостоверяют ка-

ГОСТ Р
*(проект, первая
редакция)*

либровочным знаком, наносимым на средство измерения или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах.

Библиография

- | | |
|---|--|
| [1] Правила по метрологии. ПР 50.2.006-94 | Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений |
| [2] Правила по метрологии. ПР 50.2.007 | Государственная система обеспечения единства измерений. Поверительные клейма |
| [3] Правила по метрологии. ПР 50.2.018-95 | Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ |
| [4] Правила по метрологии. ПР 50.2.016-94 | Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к выполнению калибровочных работ |

УДК 531.711.7.089

ОКС 17.040.01

Ключевые слова: длина, меры рельефные нанометрового диапазона с трапециевидным профилем элементов, микроскопы сканирующие зондовые атомно-силовые измерительные, диапазон измерений от 10^{-9} до 10^{-6} м, методика поверки

Руководитель организации-разработчика,
генеральный директор ОАО «Научно-исследовательский центр по исследованию свойств поверхности и вакуума» (ОАО «НИЦПВ»),
доктор физ.-мат.наук, профессор _____ П.А.Тодуа
«___» _____ 200_ г.

Главный метролог ОАО «НИЦПВ» _____ Ю.П.Фролов

Руководитель разработки
гл.научный сотрудник ОАО «НИЦПВ»,
доктор физ.-мат.наук, профессор _____ А.В.Раков

Исполнитель
гл.научный сотрудник ОАО «НИЦПВ»,
доктор физ.-мат.наук, профессор _____ М.Н.Филиппов