



## 1 Область применения

Настоящая методика распространяется на микроскоп электрошпый растровый Nova NanoSEM 450 с системами для энергодисперсионного микроанализа, микроанализа с волновой дисперсией и системой анализа дифракции обратно рассеянных электронов, заводской номер 9924141 фирмы FEI Czech Republic s.r.o., Чехия (далее – микроскоп), предназначенный для измерений линейных размеров элементов микрорельефа, электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа и регистрации и анализа картин дифракции обратно рассеянных электронов и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Настоящая методика разработана в соответствии с РМГ 51-2002 «Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения».

Интервал между поверками - 1 год.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 9038-90 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.

ГОСТ 19658-81 Кремний монокристаллический в слитках. Технические условия.

ГОСТ Р 8.628-2007 Государственная система обеспечения единства измерений. Меры рельефные нанометрового диапазона из монокристаллического кремния. Требования к геометрическим формам, линейным размерам и выбору материала для изготовления.

ГОСТ Р 8.629-2007 Государственная система обеспечения единства измерений. Меры рельефные нанометрового диапазона с трапецидальным профилем элементов. Методика поверки.

ГОСТ 6008-90. Марганец металлический и марганец азотированный. Технические условия.

ГОСТ Р 8.736 – 2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

ГСССД МЭ 222 – 2014. Методика экспериментально-расчетного определения рентгеноспектральных характеристик контрольных образцов (образцов сравнения) для калибровки рентгеновских спектрометров.

## 3 Термины и определения

3.1 кривая набегания - зависимость величины видеосигнала от положения электронного зонда вдоль линии, пересекающей границу зерна на электронно микроскопическом изображении (см. рисунок 1а).

3.2 пространственное разрешение [по документации фирмы FEI Company] - разность между абсциссами точек пересечения кривой набегания и линий, соответствующих принятому верхнему значению порога контраста (65% от максимальной интенсивности данного видеосигнала) и принятому нижнему значению порога контраста (35% от максимальной интенсивности данного видеосигнала), см. рис.1б.

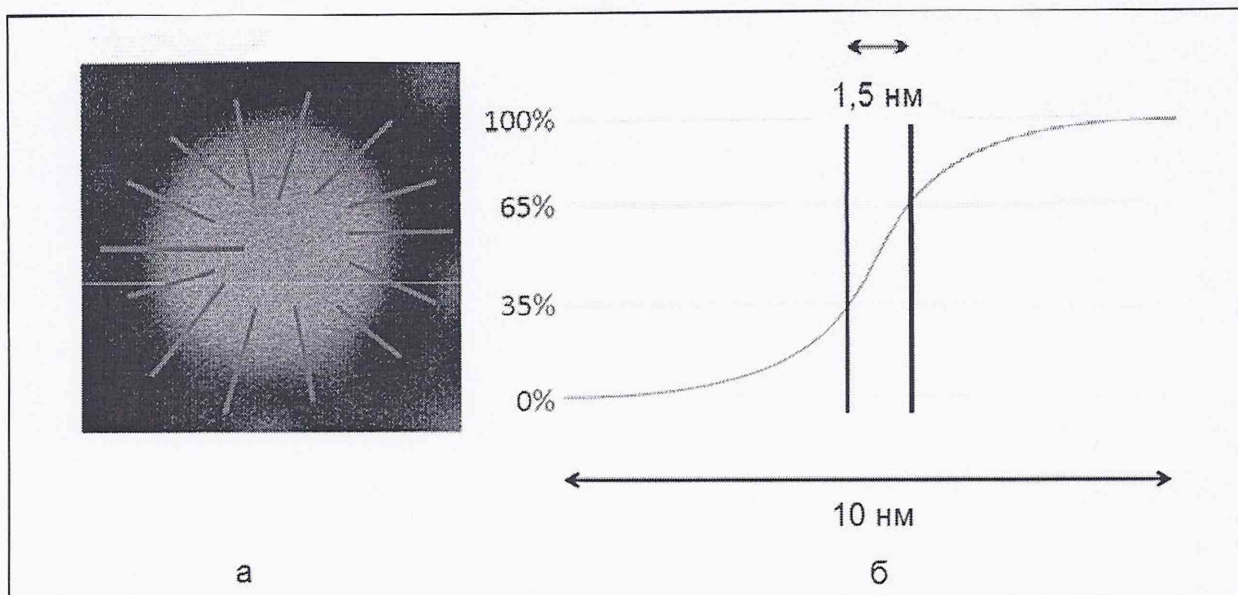


Рисунок 1 - К определению пространственного разрешения микроскопа по документации фирмы FEI Company.

а – изображение отдельного зерна золота на угольной подложке, красным показаны линии, вдоль которых строят кривые набегания и вычисляют пространственное разрешение;

б – кривая набегания вдоль одной из линий, разность между абсциссами точек пересечения кривой набегания и линий, соответствующих верхнему значению порога контраста (65% от максимальной интенсивности данного видеосигнала) и нижнему значению порога контраста (35% от максимальной интенсивности данного видеосигнала) соответствует 1,5 нм, эта величина принимается за значение пространственного разрешения.

#### 4 Операции поверки

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Операции, выполняемые при проведении поверки

№ п/п	Наименование операций	Раздел	Обязательность проведения операций при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4	5
1	Внешний осмотр, проверка комплектности. Идентификация программного обеспечения	9.1	да	да
2	Проверка работоспособности микроскопа	9.2	да	да
3	Определение пространственного разрешения микроскопа	9.3	да	да
4	Определение относительной погрешности измерений линейных размеров	9.4	да	да
5	Определение энергетического разрешения энергодисперсионного спектрометра	9.5	да	да

№ п/п	Наименование операций	Раздел	Обязательность проведения операций при	
			первичной поверке	периодической поверке
6.	Определение энергетического разрешения спектрометра с дисперсией по длине волны	9.6	да	да
7	Определение относительного среднего квадратического отклонения результатов измерений интенсивности рентгеновского излучения	9.7	да	да

### 5 Средства поверки

5.1 При проведении поверки применяются меры, образцы и вещества, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Стандартные образцы и вещества, используемые при поверке

Номер пункта по методике поверки	Обозначение образца в данной методике поверки	Марка или химический состав стандартного образца	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
9.2 9.4	ПО-1	Мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К	Изготовленная по ГОСТ Р 8.628-2007 и поверенная по ГОСТ Р 8.629-2007 (Госреестр № 33598-06).
9.3	ПО-2	Образец – Agar Gold on Carbon Ultra High Resolution Calibration Specimen AGS1987	Фирма Agar Scientific, Великобритания. Agar Scientific, Unit 7, M11 Business Link, Parsonage Lane, Stansted, Essex CM24 8GF United Kingdom.
9.2 9.5	ПО-3	Чистый марганец	Марганец марок Mn998 или Mn997 по ГОСТ 6008-90.
9.2 9.6	ПО-4	Кремний монокристаллический	Монокристаллический кремний марки ЭКЭФ-О.1-24 по ГОСТ 19658-81.

5.2. Рентгеноспектральные характеристики ПО-4 – ПО-7 устанавливаются в соответствии с ГСССД МЭ 222 – 2014.

5.3 Допускается использование других средств поверки, по характеристикам не уступающим указанным.

## 6 Требования безопасности

При проведении поверки соблюдают требования ГОСТ 12.3.019-80.

## 7 Требования к квалификации оператора

К проведению поверки допускаются лица:

- имеющие опыт со сканирующими электронными микроскопами;
- прошедшие обучение и имеющие удостоверение поверителя;
- изучившие техническое описание и руководство по эксплуатации прибора и методику его поверки.

## 8 Условия поверки и подготовка к ней

7.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| - диапазон температуры окружающей среды, °С                     | $20 \pm 3$            |
| - относительная влажность воздуха при температуре 20 °С, %      | $80 \pm 5$            |
| - диапазон атмосферного давления, кПа                           | от 84 до 107          |
| - напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц, В | от $220 \pm 10$       |
| - магнитные поля рассеяния по переменному току:                 |                       |
| - асинхронные, не более, Тл                                     | $9,5 \cdot 10^{-8}$   |
| - синхронные, не более, Тл;                                     | $2,9 \cdot 10^{-7}$ . |

7.2 Подготовку микроскопа к работе провести в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

7.3 Перед проведением поверки микроскоп должен быть полностью включен в соответствии с инструкцией по эксплуатации и выдержан во включенном состоянии не менее 24 часов.

## 9 Проведение поверки

### 9.1 Внешний осмотр, проверка комплектности. Идентификация программного обеспечения.

9.1.1 При проведении внешнего осмотра и проверке комплектности должно быть установлено соответствие микроскопа следующим требованиям:

- наличие товарного знака изготовителя, порядковый номер, год изготовления;
- прочность закрепления, плавность действия и обеспечение надежности фиксации всех органов управления;
- соответствие функциональному назначению и четкость всех надписей на органах управления и индикации;
- наружная поверхность не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу микроскопа;
- чистота и целостность разъемов;
- соединительные провода должны быть исправными;
- комплектность микроскопа должна соответствовать комплектности, указанной в эксплуатационной документации.

9.1.2 Результаты внешнего осмотра и проверку комплектности микроскопа считают положительными, если выполняются все требования п. 9.1.1.

9.1.3. Проверку идентификационных данных программного обеспечения (ПО) проводят путем открытия на диске управляющего компьютера директории c:\xT\ в

которой содержится файл feisystemcontrol.exe. Идентификационные данные и вычисленный цифровой индикатор должны соответствовать приведенным в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	feisystemcontrol
Номер версии (идентификационный номер) ПО	6.20
Цифровой идентификатор ПО	cdf16d3977468155197f6e87271ee 65f1b2420c95a146853e7d7525e0e d2c68b

## 9.2 Проверка работоспособности микроскопа

9.2.1 В соответствии с инструкцией по эксплуатации включить микроскоп, убедиться в наличии связи между управляющих ПЭВМ и микроскопом.

9.2.2 Установить в микроскоп образец ПО-1 (мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К) и получить электронно-микроскопическое изображение.

9.2.3 Убедиться в возможности переключения с помощью управляющей программы ускоряющих напряжений в диапазоне от 1 кВ до 30 кВ, проверить работоспособность системы замедления электронов.

9.2.4 Убедиться, что все детекторы вторичных электронов (далее - ВЭ) и обратно рассеянных электронов (далее - ОРЭ) функционирует в соответствии с технической документацией.

9.2.5 Убедиться, что обеспечивается предусмотренный технической документацией диапазон увеличений.

9.2.6 Убедиться в наличии связи между управляющим программным обеспечением и энергодисперсионным спектрометром (далее – ЭДС).

9.2.7 Убедиться в наличии связи между управляющим программным обеспечением и спектрометром с дисперсией по длине волны (далее – ВДС).

9.2.8 Убедиться в наличии связи между управляющим программным обеспечением и системой регистрации и анализа картин дифракции обратно рассеянных электронов (далее - ДОРЭ).

9.2.9 В соответствии с инструкцией по применению программного обеспечения убедиться в возможности совместного управления ЭДС, ВДС и системой регистрации и анализа картин ДОРЭ.

9.2.10 Установить в микроскоп образец ПО-3 (чистый марганец). В соответствии с инструкцией по эксплуатации записать рентгеновский спектр при ускоряющем напряжении 20 кВ. Убедиться, что в спектре присутствуют яркие линии L- и K-серий марганца ( $MnK\alpha_{1,2}$  5,895 кэВ,  $MnK\beta$  6,49 кэВ,  $MnL\alpha$  0,637 кэВ), а положение высокоэнергетической границы тормозного рентгеновского излучения соответствует  $20,00 \pm 0,05$  кэВ. Для осуществления этой операции записанный спектр следует просмотреть в логарифмическом масштабе.

9.2.11 Установить на специальный держатель с углом наклона образца  $70^\circ$  образец монокристаллического кремния (ПО-4). Получить четкую картину ДОРЭ от кремния.

9.2.12 Микроскоп считается годным к поверке, если результаты проверок по пп. 9.2.1 – 9.2.11 положительные.

### 9.3 Определение пространственного разрешения микроскопа

9.3.1 Установить поверочный образец ПО-2 (Agar Gold on Carbon Ultra High Resolution Calibration Specimen AGS1987) и произвести откачку.

9.3.2 Установить для ускоряющего напряжения, при котором определяют пространственное разрешение, режимы в соответствии с таблицей 4.

9.3.3. Перед проведением определением пространственного разрешения микроскопа в соответствии с инструкцией по эксплуатации провести измерение уровня загрязнений. При необходимости произвести очистку сначала камеры, затем поверхности образца.

9.3.4. Использовать устройство криогенной очистки для улучшения вакуума. Для определения пространственного разрешения давление в камере образцов не должно превышать  $n \cdot 10^{-4}$  Па.

9.3.5. Убедиться, что при увеличении 600 000x на изображении отсутствуют помехи, связанные с вибрациями.

Таблица 4 - Режимы при определении пространственного разрешения.

Режимы при определении пространственного разрешения	Ускоряющее напряжение, кВ	
	1	15
Режим вакуума	Hi-Vac mode	
Детектор ВЭ	TLD	
Режим микроскопа	UHR	
Рабочее расстояние (WD), мм	от 1 до 1,5	от 4,6 до 4,8
Размер пятна (Spot size)	от 1 до 1,5	
Диаметр диафрагмы в объективной линзе, мкм	30	
Время нахождения электронного зонда в данной точке (dwell time), мкс	от 30 до 70	
Увеличение, не менее	600000x	
Угол наклона столика, градусы	0	
Режим замедления пучка (BD)	выключен	
Число пикселей в изображении	1024×884 (1536×1024)	
Число суммируемых кадров	1x	
Число повторов строк изображения	2 – 4x	

9.3.6. Установить для ускоряющего напряжения, при котором определяют пространственное разрешение, режимы и параметры в соответствии с таблицей 4.

9.3.7 Получить изображение ПО-2 и сохранить его в формате, удобном для дальнейшей обработки. Перенести полученный файл на вспомогательный компьютер, на котором установлена программа для работы с изображениями.

9.3.8. Выбрать на изображении несколько островков с четкими краями и построить вдоль произвольных направлений кривые набегания. Выбор линий для построения кривых набегания показан на рис.1. Приблизительно 15% длины линии должно находиться вне островка, 15% на островке. Общее число кривых набегания 10.

9.3.9. Определить для данного изображения масштабный множитель  $m$  по формуле:

$$m = \frac{L}{l} \quad (1)$$

где  $m$  – масштабный множитель для данного изображения, нм/пиксель;  
 $L$  – длина масштабной метки, указанная на изображении, нм;  
 $l$  – длина масштабной метки по изображению, пиксель.

9.3.10. Вычислить значение пространственного разрешения для каждой  $i$ -ой кривой набегания по формуле:

$$d_{min_i} = m(x_{2_i} - x_{1_i}) \quad (2)$$

где  $d_{min_i}$  – пространственное разрешение для  $i$ -ой кривой набегания, нм;  
 $m$  – масштабный множитель изображения, вычисленный в п.9.3.8;  
 $x_{1_i}, x_{2_i}$  –  $x$ -координаты точек видеосигнала, соответствующие уровням 65% и 35% для  $i$ -ой кривой набегания, пиксель.

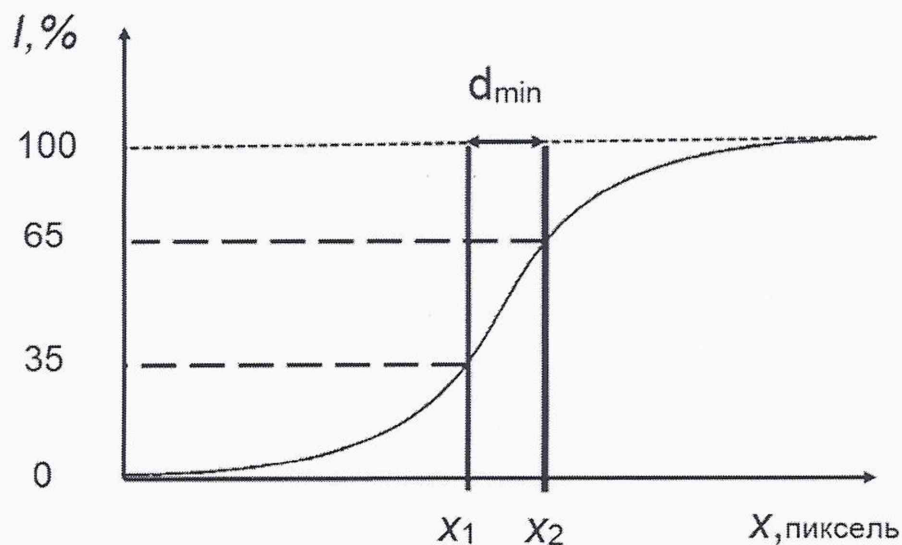


Рис.2. Схема обработки кривой набегания.

9.3.11 Операции по пп. 9.3.9 – 9.3.10 выполнить для каждой кривой набегания.

9.3.12. В качестве пространственного разрешения для данного ускоряющего напряжения принимают значение, вычисленное по формуле:

$$d_{min} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{min_i} \quad (3)$$

9.3.13 Для каждого ускоряющего напряжения (1 кВ и 15 кВ) выполнить пп. 9.3.6 – 9.3.12.



9.3.11 Микроскоп считается прошедшим поверку, если полученные результаты соответствуют требованиям, приведенным в таблице 5.

Таблица 5 - Значения пространственного разрешения в соответствии с эксплуатационной документацией микроскопа

Ускоряющее напряжение, для которого определено пространственное разрешение	Значение пространственного разрешения, не более
1 кВ	1,6 нм
15 кВ	1,0 нм

#### 9.4 Определение относительной погрешности измерений линейных размеров

9.4.1 Установить в камеру образцов микроскопа поверочный образец ПО-1 (мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К) и получить в соответствии с инструкцией по эксплуатации микроскопа его изображение.

9.4.2 Руководствуясь геометрией меры на образце ПО-1 найти участок с шаговой структурой.

9.4.3 Поворотом изображения добиться приблизительной параллельности дорожек вертикальным границам изображения. В соответствии с инструкцией по эксплуатации, добиться оптимальной фокусировки изображения и максимальной компенсации астигматизма. Фокусировку, регулировку яркости и контрастности выполнять в ручном режиме, обращая внимание на отсутствие участков с ограничением сигнала. Выбрать такое увеличение, чтобы на изображении поместились пятый и шестой выступы шаговой структуры. Сфотографировать и сохранить изображение.

9.4.4. Получить изображение шаговой структуры, содержащей девять шагов и повторить операции, указанные в п. 9.4.3.

9.4.5. В соответствии с инструкцией по эксплуатации, на полученных в пп. 9.4.3-9.4.4 снимках произвести измерения расстояний, используя встроенный режим измерения. Для изображения, полученного в п. 9.4.3 произвести измерения расстояния между эквивалентными точками, соответствующими одному шагу структуры, пример такого изображения показан на рис.3. Для изображения, полученного в п. 9.4.4 – между эквивалентными точками, соответствующими девяти шагам. Пример такого изображения показан на рис.4. Измерения провести  $n = 10$  раз, каждый раз смещаясь по структуре в направлении, параллельном дорожкам.

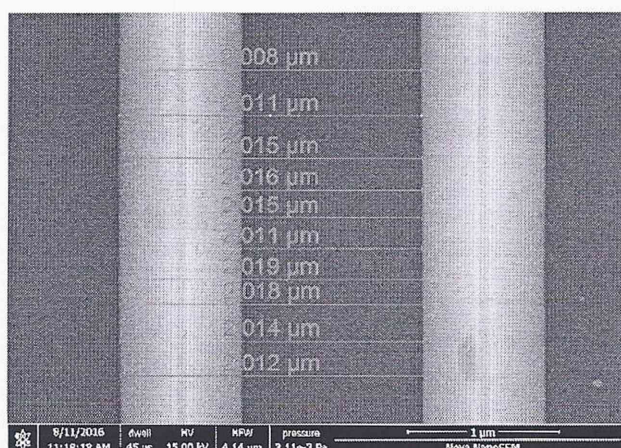


Рис.3. Измерение расстояний между эквивалентными точками пятого и шестого выступов ПО-1.

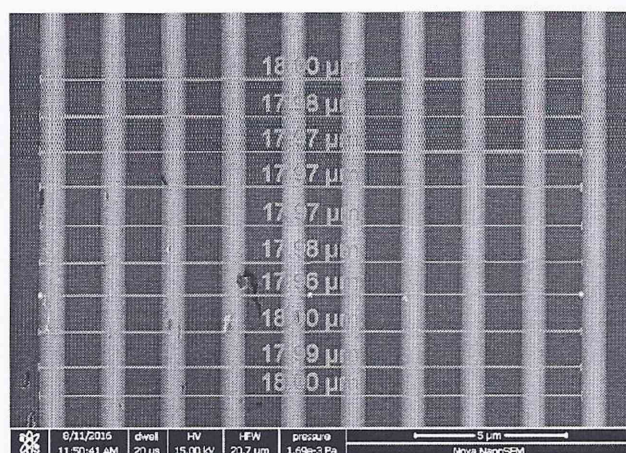


Рис.4. Измерение расстояний между эквивалентными точками, соответствующими девяти шагам структуры ПО-1.

9.4.4 Вычислить результат измерений для расстояния между соседними выступами и между эквивалентными точками, соответствующими девяти шагам структуры ПО-1 по формуле:

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \quad (4)$$

где  $\bar{l}$  – результат измерений линейного размера элемента, мкм;  
 $n = 10$  – число измерений для каждого изображения;  
 $l_i$  – результат  $i$ -го измерения расстояния между эквивалентными точками структуры, ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ).

Среднее квадратическое отклонение результата измерений линейного размера  $S_{\bar{l}}$  вычисляют по формуле:

$$S_{\bar{l}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2}{n(n-1)}} \quad (5)$$

где  $S_{\bar{l}}$  – среднее квадратическое отклонение результата измерений линейного размера, мкм;  
 $\bar{l}$  – результат измерений линейного размера элемента, вычисленный по формуле (4), мкм;  
 $l_i$  – результат  $i$ -го измерения ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ), мкм;  
 $n = 10$  – число измерений на каждом изображении.

Доверительные границы случайной погрешности  $\varepsilon$  вычисляют по формуле:

$$\varepsilon = t S_{\bar{l}} \quad (6)$$

где  $\varepsilon$  – доверительные границы случайной погрешности, мкм;

$t = 2,262$  – коэффициент Стьюдента для 10 измерений и доверительной вероятности  $P = 0,95$ ;

$S_{\bar{l}}$  – среднее квадратическое отклонение результата измерений линейного размера, мкм, вычисленное по формуле (5).

Границы относительной погрешности измерений линейных размеров (без учета знака) для доверительной вероятности  $P = 0,95$  вычисляются по формуле:

$$\delta = \frac{1}{\bar{l}} \cdot K \sqrt{\frac{(|\bar{l} - l_{ref}| + |\Delta_{ref}|)^2}{3} + S_{\bar{l}}^2} \cdot 100 \quad (7)$$

где  $\delta$  – границы относительной погрешности измерений линейных размеров, %;

$\bar{l}$  – результат измерений линейного размера элемента, вычисленный по формуле (4), мкм;

$\varepsilon$  – доверительные границы случайной погрешности, мкм, вычисленные по формуле (6);

$l_{ref}$  – аттестованное значение линейного размера элемента меры МШПС-2,0К (поверочный образец ПО-1), мкм, (указано в паспорте ПО-1);

$\Delta_{ref}$  – погрешность аттестации меры, мкм, (указана в паспорте ПО-1).

Коэффициент  $K$  в соотношении (7) вычисляются по формуле:

$$K = \frac{\varepsilon + (|\bar{l} - l_{ref}| + |\Delta_{ref}|)}{S_{\bar{l}} + \frac{(|\bar{l} - l_{ref}| + |\Delta_{ref}|)}{\sqrt{3}}} \quad (8)$$

где  $\varepsilon$  – доверительные границы случайной погрешности, мкм, вычисленные по формуле (6);

$\bar{l}$  – результат измерений линейного размера элемента, вычисленный по формуле (4), мкм;

$l_{ref}$  – аттестованное значение линейного размера элемента, мкм;

$\Delta_{ref}$  – погрешность аттестации меры, мкм;

$S_{\bar{l}}$  – среднее квадратическое отклонение результата измерений линейного размера, мкм, вычисленное по формуле (5).

9.4.5 Обработку результатов в соответствии с п. 9.4.4 проводят для значений, полученных при измерениях расстояний между соседними эквивалентными точками (один шаг структуры) и между эквивалентными точками для девяти шагов структуры. В качестве значения относительной погрешности измерений линейных размеров  $\delta$  принимают максимальное из полученных значений.

9.4.6 Микроскоп считается прошедшим поверку, если величина  $\delta$ , вычисленная по формуле (7), не превосходит 7%.

## 9.5 Определение энергетического разрешения энергодисперсионного спектрометра

9.5.1 Установить в камеру образцов ПО-3 (чистый марганец). Установить ускоряющее напряжение 20 кВ.

9.5.2 Используя опции штатного ПО ЭДС, определить энергетическое разрешение на линии  $Mn K\alpha_{1,2}$  (5,894 кэВ).

9.5.3 Микроскоп считается прошедшим поверку, если полученное значение энергетического разрешения не более 124 эВ.

## 9.6 Определение энергетического разрешения спектрометра с дисперсией по длине волны

9.6.1 Установить в камеру образцов ПО-4 (монокристаллический кремний). Установить ускоряющее напряжение 10 кВ.

9.6.2 Используя опции штатного ПО ВДС, определить энергетическое разрешение на кристалле-анализаторе РЕТ на линии  $K\alpha_1$  кремния (1739,98 эВ).

9.6.3 Микроскоп считается прошедшим поверку, если полученное значение энергетического разрешения не более 4,6 эВ.

## 9.7 Определение относительного среднего квадратического отклонения результатов измерений интенсивности рентгеновского излучения

9.7.1 Измерения проводят на ПО-3 (чистый марганец). Ускоряющее напряжение 20 кВ. Время набора данных 100 с.

9.7.2 Регулируя ток электронного зонда, добиться скорости счета около 10 000 имп/с.

9.7.3 С помощью штатного ПО рентгеновского спектрометра зарегистрировать спектр образца и определить интенсивность, соответствующую линии  $Mn K\alpha$ . Произвести 10 измерений. Каждый раз следует немного сдвигать точку, соответствующую положению электронного зонда на образце во избежание образования нагара.

9.7.4 Вычислить среднее значение интенсивности рентгеновского излучения линии  $K\alpha$  марганца по результатам измерений  $\bar{A}$  по формуле:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n A_{Mn_i} \quad (9)$$

где  $\bar{A}$  - среднее значение интенсивности рентгеновского излучения линии  $K\alpha$  марганца, число импульсов за 100 с;

$A_{Mn_i}$  - результат  $i$ -го измерения интенсивности рентгеновского излучения линии  $K\alpha$  марганца, число импульсов за 100 с;

$n = 10$  - число измерений.

Относительное среднее квадратическое отклонение результатов измерений интенсивности рентгеновского излучения вычисляют по формуле:

$$s_r = \frac{1}{\bar{A}} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(\bar{A} - A_{Mn_i})^2}{n-1} \cdot 100 \quad (10)$$

где  $s_r$  - относительное среднее квадратическое отклонение результатов измерений интенсивности, %;

$\bar{A}$  - среднее значение интенсивности рентгеновского излучения линии  $K\alpha$  марганца, число импульсов за 100 с;

$A_{Mn_i}$  - результат  $i$ -го измерения интенсивности рентгеновского излучения линии  $K\alpha$  марганца, число импульсов за 100 с;

$n = 10$  - число измерений.

9.7.5. Операции по пп.9.7.1 – 9.7.4. выполнить для ЭДС и ВДС.

9.7.6 Микроскоп считается годным, если величина  $s_r$ , вычисленная по формуле (10) не превосходит 0,5%.

## 10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляются протоколом (форма протокола приведены в Приложении), который хранится в организации, проводившей поверку.

10.2 Микроскоп, удовлетворяющий требованиям настоящей методики, признают годным к применению и на него выдают свидетельство о поверке установленной формы.

10.3 При отрицательных результатах поверки процедуру поверки следует повторить. Если повторные результаты поверки окажутся неудовлетворительными, то прибор запрещают к применению и выдают извещение о непригодности с указанием причин.

Главный научный сотрудник АО «НИЦПВ»,  
доктор физ.-мат. наук, профессор



М.Н.Филипов

**Приложение  
(рекомендуемое)**

**Форма протокола поверки микроскопа**

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № \_\_\_\_ (от \_\_\_\_\_)**

**1. Средство измерений:** микроскоп электронный растровый Nova NanoSEM 450 с системами для энергодисперсионного микроанализа, микроанализа с волновой дисперсией и системой анализа дифракции обратно рассеянных электронов

**Принадлежит:** ФГУП Научно-исследовательский технологический институт им. А.П.Александрова

**2.Заводской номер** 9924141

**3. Предприятие изготовитель:** фирма FEI Czech Republic s.r.o., Чехия

**4.Условия поверки:**

- время начала поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- время окончания поверки \_\_\_\_\_ час. \_\_\_\_\_ мин.
- температура окружающего воздуха в начале поверки \_\_\_\_\_ °С;
- температура окружающего воздуха по окончании поверки \_\_\_\_\_ °С;
- относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_ %;
- напряжение питания сети \_\_\_\_\_ В;
- частота питающей сети \_\_\_\_\_ Гц.

**5.Средства поверки:**

1. Мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К, изготовленная по ГОСТ Р 8.628-2007 и поверенная по ГОСТ Р 8.629-2007 (Госреестр № 33598-06).
2. Образец – Agar Gold on Carbon Ultra High Resolution Calibration Specimen **AGS1987**. Фирма Agar Scientific, Великобритания. Agar Scientific, Unit 7, M11 Business Link, Parsonage Lane, Stansted, Essex CM24 8GF United Kingdom.
3. Марганец марок Mn998 или Mn997 по ГОСТ 6008-90.
4. Кремний монокристаллический марки ЭКЭФ-О.1-24 по ГОСТ 19658-81.

**6 Операции поверки**

**6.1 Внешний осмотр, проверка комплектности**

Вывод: \_\_\_\_\_

**6.2 Проверка работоспособности микроскопа**

Вывод \_\_\_\_\_

### 6.3 Определение метрологических характеристик

Наименование параметра	Пункт методики поверки	Единица измерений.	Допустимое значение	Измеренное значение	Вывод о соответствии
Пространственное разрешение не хуже, при ускоряющем напряжении 15 кВ; при ускоряющем напряжении 1 кВ;	9.3	нм	1,0 1,6		
Относительная погрешность измерений линейных размеров, не более	9.4	%	±7		
Энергетическое разрешение энергодисперсионного спектрометра на линии $K\alpha_{1,2}$ марганца, не более	9.5	эВ	124		
Энергетическое разрешение спектрометра с дисперсией по длине волны на линии $K\alpha$ кремния	9.6	эВ	4.6		
Относительное среднее квадратическое отклонения результатов измерений интенсивности рентгеновского излучения	9.7	%	0,5		

**Заключение:** По результатам поверки микроскоп электронный растровый Nova NanoSEM 450 с системами для энергодисперсионного микроанализа, микроанализа с волновой дисперсией и системой анализа дифракции обратно рассеянных электронов заводской номер 9924141, производства фирмы FEI Czech Republic s.r.o., Чехия, признан **годным негодным** (нужное подчеркнуть) к эксплуатации.

Поверитель: \_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_  
ФИО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.