

Настоящая методика распространяется на микроскоп электронный просвечивающий TITAN 80-300, изготовленный фирмой «FEI Ltd.», США (далее – микроскоп) и устанавливает содержание и методику его поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1.

№ п/п	Наименование операций	Номер пункта методики	Обязательность проведения	
			В процессе эксплуатации	После ремонта
1	Внешний осмотр, проверка комплектности. Идентификация программного обеспечения.	6.1	да	да
2	Проверка работоспособности микроскопа	6.2	да	да
3	Определение диапазона регулировки увеличения	6.3.1		
4	Определение диапазона измерений линейных размеров	6.3.2	да	да
5	Определение погрешности измерений линейных размеров	6.3.3	да	да

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны применяться следующие средства измерений:

- государственный стандартный образец параметров шаговой структуры в тонком слое монокристаллического кремния ГСО 10030-2011 (границы допускаемых значений абсолютной погрешности для шага и межплоскостного расстояния d_{111} соответственно ± 1 нм и $\pm 0,0005$ нм).

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

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.3.019-80.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению измерений для поверки допускаются лица:

- прошедшие обучение и имеющие удостоверение поверителя для данного вида измерений;
- имеющие опыт работы с просвечивающими электронными микроскопами;
- изучившие техническое описание и методику его поверки поверяемой установки.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

- 5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:
- температур окружающей среды, °С.....от 19 до 21;
 - относительная влажность воздуха при температуре 20 °С, %, не более.....80;
 - атмосферное давление, кПа.....от 84 до 107;
 - напряжение питания от трехфазной сети переменного тока частотой (50±1) Гц, В.....от 340 до 400;

5.2 Подготовку прибора к работе провести в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

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

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр, проверка комплектности. Идентификация программного обеспечения.

6.1.1 Проводится проверка на соответствие технической документации (требованиям фирмы-изготовителя установки), комплектности, маркировке, упаковке, требованиям безопасности, опробование. Осматривают поверяемый микроскоп, убеждаются в исправности заземления, отсутствии внешних повреждений.

6.1.2 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (ПО) проводят путем открытия на диске управляющего компьютера файла «Titan». В рабочем окне программы необходимо отобразить версию ПО. Версия ПО должна соответствовать данным, приведенным в таблице 2.

Результат поверки является положительным, если идентификационное наименование и версия ПО соответствуют сведениям, приведенным в таблице 2.

Таблица 2 - Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Titan
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.6.4

6.2 Проверка работоспособности микроскопа

6.2.1 В соответствии с инструкцией по эксплуатации убедиться в наличии связи между управляющей ПЭВМ и микроскопом.

6.2.2 Установить в микроскоп произвольный образец и получить электронно-микроскопическое изображение.

6.2.3 Убедиться в возможности переключения ускоряющих напряжений и увеличений.

6.2.4 Микроскоп считается годным к поверке, если результаты проверок по пп. 6.2.1 – 6.2.3 положительные.

6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 Определение диапазона регулировки увеличения

6.3.1.1 На объектодержатель с двумя углами наклона установить государственный стандартный образец параметров шаговой структуры в тонком слое монокристаллического кремния ГСО 10030-2011 (далее – ГСО).

6.3.1.2 Установить в микроскоп объектодержатель с ГСО и получить изображение от участка кремниевой структуры ГСО в соответствии с инструкцией по эксплуатации микроскопа при ускоряющем напряжении 300 кэВ. Используя режим дифракции, ориентировать ГСО по двум углам наклона для обеспечения перпендикулярности электронно-оптической оси микроскопа кристаллографической плоскости (100) кремния ГСО.

6.3.1.3 Установить увеличение 45 крат и получить изображение ГСО.

6.3.1.4 Установить увеличение 1550000 крат и получить изображение кристаллической решетки кремния материала ГСО.

6.3.1.5 Микроскоп считается прошедшим поверку по п.6.3.1 методики поверки, если результаты проверок по пп. 6.3.1.3 – 6.3.1.4 положительные.

6.3.2 Определение диапазона измерений линейных размеров

6.3.2.1 Получить изображение кристаллической решетки кремния при увеличении в диапазоне от 500000 крат до 1000000 крат. Значение межплоскостного расстояния $d_{111}=0,31$ нм соответствует нижней границе (0,3 нм) диапазона измерений линейных размеров.

6.3.2.2 Уменьшить электронно-оптическое увеличение микроскопа до такого значения, чтобы все выступы шаговой структуры занимали на изображении не более 80% экрана, что соответствует верхней границе (10 мкм) диапазона измерений линейных размеров.

6.3.2.3 Микроскоп считается прошедшим поверку по п.6.3.2 методики поверки, если результаты проверок по пп. 6.3.2.1 – 6.3.2.2 положительные.

6.3.3 Определение погрешности измерений линейных размеров

6.3.3.1 Получить изображение двух соседних выступов среза (ориентировочное увеличение 5000 – 8000 крат).

6.3.3.2 В соответствии с инструкцией по эксплуатации, добиться оптимальной фокусировки изображения. Зафиксировать изображение средствами программы управления микроскопом и обработки данных.

6.3.3.3 В соответствии с описанием программы произвести 10 измерений расстояний t_i (номинальным значением 2 мкм) между эквивалентными точками двух соседних выступов.

6.3.3.4 Вычислить среднее измеренное значение шага ГСО по формуле:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i}{10} \quad (1)$$

Вычислить относительную погрешность измерений линейных размеров в диапазоне от 1 до 10 мкм по формуле:

$$\Delta_1 = \frac{|T - T_{\text{насп}}|}{T_{\text{насп}}} \times 100\%, \quad (2)$$

где $T_{\text{пасп}}$ – паспортное значение шага шаговой структуры ГСО.

Микроскоп считается прошедшим поверку, если значение Δ_1 удовлетворяет условию $\Delta_1 \leq 4 \%$.

6.3.3.5 Получить изображение кристаллической решетки кремния материала ГСО при таком увеличении, чтобы в поле зрения помещались не менее чем 200 межплоскостных расстояний между кристаллографическими плоскостями (111) кремния. Зафиксировать изображение средствами программы управления микроскопом и обработки данных.

6.3.3.6 Измерить по полученному изображению расстояние T_{200} между кристаллографическими плоскостями, расстояние между которыми соответствует 200 межплоскостных расстояний между кристаллографическими плоскостями (111) кремния.

6.3.3.7 Вычислить относительную погрешность измерений линейных размеров в диапазоне от 0,05 до 1 мкм по формуле:

$$\Delta_2 = \frac{|T_{200} - 200d_{111}|}{200d_{111}} \times 100\% , \quad (3)$$

где d_{111} – аттестованное значение межплоскостного расстояния для ГСО.

Значение Δ_2 должно удовлетворять условию $\Delta_2 \leq 6\%$.

6.3.3.8 Получить изображение кристаллической решетки кремния материала ГСО при таком увеличении, чтобы в поле зрения помещались от 10 до 50 межплоскостных расстояний для кристаллографических плоскостей (111) кремния. Измерить расстояние T_{10} между двумя плоскостями (111) кремния, расстояние между которыми соответствует 10 параметрам d_{111} . При этом между указанными плоскостями должно находиться 9 плоскостей (111).

6.3.3.9 Вычислить погрешность измерений 10 межплоскостных расстояний d_{111} в кремнии по формуле:

$$\Delta_3 = |T_{10} - 10d_{111}| , \quad (4)$$

где d_{111} – аттестованное значение межплоскостного расстояния для ГСО.

Микроскоп считается прошедшим поверку, если значение Δ_3 удовлетворяет условию $\Delta_3 \leq 0,42$ нм.

6.3.3.10 Микроскоп считается прошедшим поверку по п.6.3.3 методики поверки, если результаты проверок по пп. 6.3.3.4, 6.3.3.7, 6.3.3.9 положительные.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты поверки оформляются протоколом, который хранится в организации, проводившей поверку.

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

7.3 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.

Начальник отдела АО «НИЦПВ»,
кандидат физ.-мат. наук



В.Б. Митюхляев