

ТЕХНИЧЕСКАЯ КАРТОЧКА ИЗДЕЛИЯ

Сканирующий электронный микроскоп КУКУ EM-6900



Сканирующий электронный микроскоп КУКУ EM-6900 (модификация EM-6910) с вольфрамовой электронной пушкой предназначен для высокоточного исследования и измерений микро- и наноструктур поверхности. Прибор обеспечивает разрешение до 3 нм при 30 кВ, диапазон увеличений до 450000 $\times$, автоматические функции юстировки и стабильную работу в высоком вакууме. Статья раскрывает назначение, устройство, области применения, ключевые характеристики, а также порядок первичной и периодической поверки в составе государственной системы обеспечения единства измерений с подтверждением погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах $\pm 3\%$. Ключевые слова: КУКУ EM-6900, КУКУ EM-6910, сканирующий...

Телефон +7-812-715-00-17	E-mail mail@leaklab.ru	Страница leaklab.ru
------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------

Параметры и состав поставки уточняются по актуальной странице. Паспорт, руководство и утвержденная методика имеют приоритет.

Технические характеристики и параметры

Параметр	Значение для КУКУ EM-6910 (серия EM-6900)
Тип электронной пушки	Вольфрамовая нить накала; предцентрированный катод. Опционально — катод LaB 6 .
Разрешение	Не хуже 3 нм при 30 кВ по сигналу SE; не хуже 4 нм при 30 кВ по сигналу BSE.
Диапазон увеличений	От 1 $\times$ до 450 000 $\times$.
Ускоряющее напряжение	Плавно регулируемое 0,2–30 кВ.
Автоматические режимы	Фокусировка, яркость/контраст, астигматизм, юстировка пучка.
Состав детекторов (базовая комплектация)	Высоковакуумный детектор вторичных электронов (SE), интегрированный детектор обратно-рассеянных электронов (BSE), полупроводниковый BSE-детектор, инфракрасная CCD-камера для наблюдения образца.
Опциональные аналитические приставки	EDS, EBSD, катодолюминесценция, EBIC и другие по заданию.
Столик образцов	Пятиосевой автоматический столик среднего размера.
Перемещения столика	X: 0–80 мм; Y: 0–50 мм; Z: 0–30 мм.
Вращение и наклон	R: 0–360°; T: –5...+70°.
Максимальные размеры образца	Диаметр до 175 мм; высота до 30 мм.
Защита от столкновения	Сигнализация касания и автоматическая остановка перемещений при риске столкновения.

Параметр	Значение для КУКУ EM-6910 (серия EM-6900)
Интерфейс управления	Русифицируемый интерфейс на базе Windows, поддержка китайского и английского языков, измерительные модули и архивирование данных.
Эксплуатационные условия	Температура окружающей среды +15...+25 °С, относительная влажность до 65%.

Параметр	Значение
Тип детектора	SDD, нитрид-кремниевое окно
Активная площадь	30 мм²
Разрешение	129 эВ (Mn Kα), 57 эВ (C Kα), 67 эВ (F Kα)
Диапазон элементов	B – Cf
ПО	AZtecLiveLite

Параметр	Значение
Разрешение камеры	1244×1024, до 400 pps
Минимальный ток	100 пА
Рабочее напряжение	от 5 кВ
Точность ориентации	лучше 0,05°
ПО	Aztec (совместная работа EDS/EBSD)

Описание и область применения

Сканирующий электронный микроскоп КУКУ EM-6900 (модификация EM-6910)

Микроскопы серии КУКУ EM-6900 относятся к настольным сканирующим электронным микроскопам (SEM), предназначенным для измерений линейных размеров, анализа формы и ориентации элементов микро- и наноструктуры поверхности твердых тел. Модификация EM-6910 представляет собой исполнение с электронной пушкой на вольфрамовой нити, ориентированное на длительные аналитические исследования при устойчивом токе зонда и стабильной геометрии пучка. Конструкция и программные средства микроскопа обеспечивают получение изображений по сигналам вторичных и обратно-рассеянных электронов, а также реализацию измерительных функций с подтверждёнными метрологическими характеристиками.

Назначение и области применения

EM-6910 применяется в материаловедении, приборостроении, микроэлектронике, химической промышленности, контроле качества покрытий и композиционных материалов. Типовые задачи включают визуализацию рельефа и текстуры поверхности, измерение периодических и произвольных структур в плоскости XY, определение дефектов микротопографии, оценку зеренной и фазовой структуры, а при установке аналитических приставок — локальный элементный и кристаллографический анализ. Наличие крупного тока пучка и широкого диапазона ускоряющих напряжений позволяет вести исследования как проводящих, так и слабопроводящих образцов с подбором режима под требуемую глубину зондирования и контраст.

Принцип действия и состав микроскопа

Формирование изображения основано на взаимодействии сфокусированного электронного пучка с поверхностью образца. Электронный зонд, сформированный электронно-оптической колонной, последовательно сканирует область исследования; регистрируемые детекторами вторичные и обратно-рассеянные электроны преобразуются в сигнал яркости, синхронизированный с разверткой. Разрешающая способность определяется размером пятна, энергией электронов, состоянием вакуума и характеристиками детекторов.

Конструктивно микроскоп включает электронную колонну с вольфрамовой пушкой (с возможностью установки катода LaB 6), вакуумную систему с форвакуумным насосом, камеру образцов, пятиосевой моторизованный столик, набор детекторов, блок управляющей электроники и внешнюю рабочую станцию оператора. Вакуумная система обеспечивает высоковакуумный режим в камере; включение и поддержание рабочего давления контролируется автоматикой, а программное обеспечение выполняет измерительные операции и протоколирование.

Для повышения удобства эксплуатации реализованы автоматические функции фокусировки, коррекции астигматизма, подстройки яркости и контраста, центрирования пучка и выравнивания электронно-оптической системы, а также режим «одной кнопки» для быстрого получения качественного изображения. Эти функции не изменяют метрологически значимую часть ПО и используются как сервисные алгоритмы поддержания стабильности измерений.

Основные технические характеристики

Метрологический статус и внесение в реестр СИ

Микроскопы КУКУ серии EM-6900, включая EM-6910, отнесены к средствам измерений, для которых установлен тип и регламентированы метрологические характеристики. Ключевой нормируемой характеристикой является предел допускаемой относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY, составляющий $\pm 3\%$. Наличие утверждения типа позволяет использовать микроскоп в измерительных задачах, подпадающих под государственное регулирование обеспечения единства измерений. Ввод в эксплуатацию и дальнейшее применение в качестве СИ возможны при условии прохождения первичной поверки и последующих периодических поверок в установленный межповерочный интервал.

Как выполняется поверка КУКУ EM-6910

Поверка проводится по действующей методике, распространяемой на всю линейку KUKU SEM. Она устанавливает порядок первичной поверки каждого экземпляра до ввода в эксплуатацию и периодической поверки в процессе работы или после ремонта. Поверочные операции выполняет организация, аккредитованная на право поверки СИ, одним подготовленным специалистом, прошедшим инструктаж по методике и по руководству по эксплуатации микроскопа. Поверка осуществляется при нормальных климатических условиях: температура воздуха $20 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительная влажность не выше 65%. Перед измерительными операциями микроскоп выдерживают в рабочем включенном состоянии не менее 30 минут для стабилизации электронно-оптической и вакуумной систем.

На первом этапе выполняют внешний осмотр, подтверждают комплектность, соответствие маркировке, отсутствие повреждений и исправность кабелей и коммуникаций. Затем проводят опробование, убедившись в штатной работе вакуумной системы, колонны, детекторов, приводов столика и интерфейса управления. Отдельно идентифицируют программное обеспечение: в меню микроскопа проверяют наименование и версию специализированного ПО, которое должно соответствовать заявленному типу и иметь версию не ниже установленного порога, поскольку именно эта часть ПО является метрологически значимой.

Основная измерительная процедура поверки направлена на подтверждение относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY. В качестве рабочих эталонов используют меры периода и высоты линейные типа TGZ с номинальным периодом структуры 3 мкм и допуском по периоду $\pm 0,01$ мкм. Мера устанавливается на держателе в камеру образцов и фиксируется согласно эксплуатационной документации, после чего подбирают увеличение так, чтобы на экране было видно от одного до трех периодов структуры. Выполняют сканирование, по изображению определяют несколько (как правило, пять) значений одного периода, затем последовательно измеряют период структуры на выбранном участке. Для каждого результата вычисляют относительную погрешность как отклонение измеренного периода от эталонного значения, указанного в свидетельстве на меру.

Далее увеличение изменяют так, чтобы в поле зрения оказалось порядка десяти–пятнадцати периодов. Измеряют суммарную длину десяти периодов, делят результат на десять и повторяют расчет относительной погрешности. Чтобы исключить влияние анизотропии развертки и возможной неодинаковости масштабов по осям, меру в камере поворачивают на 90° и обе серии измерений повторяют. Поверка считается положительной, если все рассчитанные значения относительной погрешности не выходят за пределы $\pm 3\%$.

По завершении оформляют результаты. При положительном исходе сведения о поверке передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, а владельцу по заявлению выдается свидетельство о поверке на бумажном носителе. При отрицательном исходе оформляется извещение о непригодности, эксплуатация микроскопа в качестве СИ до устранения причин и повторной поверки не допускается.

Эксплуатационные замечания, влияющие на стабильность поверочных характеристик

Для сохранения метрологических параметров в межповерочный период следует контролировать состояние вольфрамового катода и чистоту вакуумной системы. Деградация эмиссии, загрязнение апертур, рост остаточного давления и дрейф юстировки приводят к увеличению пятна и ухудшению воспроизводимости масштабов. Рекомендуется регулярно выполнять сервисные автоматические юстировки, вести журнал работы катода и регламентно обслуживать форвакуумный насос и ловушки. При установке аналитических детекторов их калибровка проводится отдельно и не подменяет поверку основных измерительных функций микроскопа.

Опции, аналитические модули и тестовые решения для СЭМ КУКУ

Сканирующие электронные микроскопы КУКУ могут оснащаться широким набором аналитических систем, расширяющих функциональность приборов и позволяющих проводить комплексные исследования материалов. Опции включают энергодисперсионный анализ (EDS), дифракцию обратно рассеянных электронов (EBSD), модули обработки изображений, специализированные программные комплексы и наборы тестовых образцов для метрологического контроля.

Энергодисперсионный анализ (EDS)

Для проведения химического анализа на микроскопах КУКУ применяется EDS-детектор типа SDD, позволяющий определять элементный состав исследуемого материала в широком диапазоне атомных номеров. Детектор оснащён нитрид-кремниевым окном и обеспечивает высокую стабильность результатов, включая количественный анализ, картирование распределения элементов и быструю точечную идентификацию включений.

Система применяется в исследованиях порошковой металлургии, аналитике батарейных материалов, контроле качества покрытия и изучении композиционных систем.

Дифракция обратно-рассеянных электронов (EBSD)

EBSD-детектор обеспечивает регистрацию дифракционных картин Кикучи и позволяет определять ориентацию зерен, фазовый состав и текстуру материала. Метод применяется в задачах структурного анализа, диагностики термических и механических воздействий, а также при изучении процессов рекристаллизации.

Программное обеспечение для СЭМ КУКУ

Базовый модуль ПО обеспечивает управление электронно-оптической системой, детекторами, откачкой и столиком образцов. Поддерживается одновременная работа нескольких каналов изображения (SE, BSE и ПЗС-камера), автоматическая фокусировка, коррекция астигматизма, центрирование луча и диагностика состояния микроскопа. Максимальное разрешение изображений достигает 4096×4096 пикселей, доступно сохранение в инженерных форматах для последующей обработки.

Отдельный модуль анализа изображений включает функции гранулометрии, выделения фаз, анализа поверхности, цветовой сегментации и фильтрации. Эти возможности востребованы при исследовании порошков, полимерных материалов, пористых структур, минералов и металлографических шлифов.

Расходные материалы и тестовые образцы

Для обеспечения стабильной работы и метрологической точности Лаборатория ЛИКЛАБ поставляет расходные материалы для подготовки образцов и официальные тестовые образцы для проверки характеристик микроскопа. В ассортимент входят:

образцы оксидов, металлов, сульфидов, силикатных минералов, редкоземельных соединений, калибровочные решетки, стандарты для EDS и EBSD, а также наборы для проверки увеличения и разрешения.

Дополнительные опции для СЭМ КУКУ

Платформа микроскопов КУКУ допускает установку расширенных модулей:

системы электронно-лучевой сварки, нанолитографии, ионного напыления, лазерных приставок, модулей растяжения образцов с нагревом, нано- и микроманипуляторов, а также ACM/СТМ приставок для koprrelative-microscopy исследований.

Благодаря широкому выбору опций СЭМ КУКУ формируют единое исследовательское решение для материаловедения, химической промышленности, микроэлектроники, минералогии, энергетики и биологических исследований.