

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Микроскоп электронный просвечивающий с аналитическими модулями JEM-2100

#### Назначение средства измерений

Микроскоп электронный просвечивающий с аналитическими модулями JEM-2100 (далее микроскоп) предназначен для измерений геометрических расстояний и размеров элементов микро- и ультраструктуры, а также для анализа локального элементного состава и кристаллической структуры тонкопленочных образцов (ультратонких срезов ткани, залитой в полимер, и суспензий микрочастиц (вплоть до наноразмерных), нанесенных на полимерную пленку-подложку).

Микроскоп применяется в материаловедении, биологических, медицинских исследованиях, а также при оценке биобезопасности продукции наноиндустрии и нанотехнологий.

#### Описание средства измерений

Принцип действия микроскопа основан на формировании пучка электронов с энергией до 200 кэВ для непосредственного просвечивания объекта. В качестве объектов, прозрачных для электронов с такой энергией, могут исследоваться ультратонкие срезы, напыленные в вакууме реплики, нанесенные на прозрачную для электронов подложку наночастицы и др. Система магнитных линз микроскопа формирует электронно-микроскопическое изображение объекта в проходящих электронах. Контраст на изображении, т.е. его неравномерная освещенность, возникает из-за того, что рассеяние проходящих электронов зависит от массы атомов просвечиваемого вещества, а также, в случае просвечивания кристаллического вещества, и от ориентации кристаллографических осей относительно электронного луча микроскопа. Соответствующие неоднородности объекта становятся видимыми на электронно-микроскопическом изображении благодаря тому, что электроны, рассеянные на большие углы, задерживаются апертурной диафрагмой и не участвуют в формировании окончательного изображения.

Методы электронной дифракции реализуются путем регулирования токов магнитных линз и введения в колонну микроскопа селекторных диафрагм. Эти методы дают информацию о наличии или отсутствии кристаллической структуры у выбранного микроучастка образца, о типе кристаллической решетки, а также позволяют рассчитать межплоскостные расстояния в микрокристаллах путем сравнения полученных дифракционных картин (электроннограмм) с электроннограммами тонкопленочных образцов с известным составом и кристаллической структурой.

Дополнительные аналитические модули микроскопа – энергодисперсионный спектрометр характеристического рентгеновского излучения и спектрометр характеристических потерь энергии электронов – позволяют реализовать методы анализа локального элементного состава исследуемых образцов.



Рис. 1. Общий вид микроскопа электронного просвечивающего с аналитическими модулями JEM-2100

В состав микроскопа входит специализированное программное обеспечение, идентификационные данные которого приведены ниже.

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	№ версии ПО	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления идентификатора ПО
1	2	3	4	5
Пакет управления Микроскопом TEM Controller (TEMCON)	ATF.exe BComp.exe BrightnessZoom.exe CsCcCalc.exe EFCalibration.exe FKeyServer.exe HCID.exe HeStageVacSystem.exe HolderSetup.exe jeolTEM.exe JeolTEMScripting.exe MDS.exe OmUnit.exe TemperatureMonitor.exe	2.20	2dacc047fe84da1dc62e78b4748028d cdc2f71075e409475c06737c606d6c5f c228bccd16cc0e2408cfa138ce4664c0 87f51eb160e06829e971aa3af55e70d3 93b9bafbc5b2462a6270e460b114cbc6 8e6f060221dd44bfed124938b35a4efe 38202556cc883e3a63a3e2beea5687e3 d047e5ba1c2df31e1827681e92134d15 ec7f8b5074f5784a8c9a22b03f4b9298 01bf12370bb2c8334ed4f51f51ba5080 3978c48552bc34d1a9e65b89974505ef c8835e5db60e70f8e99922e94effef84 15daab4f6581d77c7b4711d3bc3d881f f58a2de807496b04c9a32ec0d13ba9bb	Программа md5sum

1	2	3	4	5
Пакет управления фотокамерами и спектрометром электронных потерь Gatan Microscope Suit (GMS)	GMS.dll libimalloc.dll libiomp5md.dll mk1_core.dll mk1_def.dll mk1_intel_thread.dll mk1_msg.dll mk1_p4.dll mk1_p4m.dll mk1_p4m3.dll mk1_p4p.dll msvcr71.dll DigitalMicrograph.exe	2.01.6 97.0	e322108fbe73ef9de0d746dd3bf8635c bc18c393df4b576fcc3ec8f42cf7c5eb 136b913bccea2245ccbc355f31cffd9d c7a6deeb0553ee49f4ffe7f4d7fd8fd9 6f42bf8d719293897bb0a743dd552790 3b15586b0d6ec0dcd8413bffa23a84b5 6ade946f2718e26971b29940e38509e2 8273d4c8645ee8af313105b8a00858a8 f90905673c86e1be69c01b67c097b432 40775192bc09e0e536327f5477006c12 7f00c0c68ae9a873543b30d935006b5b 86f1895ae8c5e8b17d99ece768a70732 a9d2d27859d9161f6d1f420f0e0729fa	Программа md5sum

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений в соответствии с МИ 3286-2010 соответствует уровню «С».

### Метрологические и технические характеристики

Таблица 1

Диапазон измерений геометрических расстояний, мкм	от $4 \cdot 10^{-4}$ до 100
Пределы допускаемой погрешности измерения геометрических расстояний при ускоряющем напряжении 200 кВ*: в диапазоне (1..100) мкм при измерении абсолютных размеров, % в диапазоне (0,05..1) мкм при измерении абсолютных размеров, % в диапазоне ( $4 \cdot 10^{-4}$ ..0,05) мкм при измерении абсолютных размеров (L-размер кадра, выраженный в нанометрах), нм	$\pm 3\%$ $\pm 7\%$ $\pm (2+0,07L)$
Диапазон регулировки увеличения, крат	от 50 до 1 500 000
Анализируемые химические элементы (по порядку следования в периодической системе химических элементов им. Д.И. Менделеева)	От В до Рu
Локальность элементного анализа методами энергодисперсионной спектроскопии и спектроскопии характеристических потерь электронов, нм	25
Значения ускоряющего напряжения, кВ	от 80..200
Номинальное напряжение сети питания (однофазной), В	$230^{+10}_{-30}$
Максимальная потребляемая мощность, кВт·А	10
Габаритные размеры основных блоков не более, мм	стенд с колонной, блок питания блок насосов 1570x2250x2440 800x570x1750 210x430x510 2800x2800x3000
Общий размер в собранном состоянии, мм	2800x2800x3000
Условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха, °С - относительная влажность воздуха, %	( $20 \pm 5$ ) ( $40 \pm 20$ )

### Знак утверждения типа

наносится на титульный лист руководства по эксплуатации методом печати.

### Комплектность средства измерений

- |  |             |
|--|-------------|
| 1. Микроскоп электронный просвечивающий с аналитическими модулями JEM-2100 | - 1экз.;    |
| 2. Комплект ЗИП и расходные материалы                                      | - 1 компл.; |
| 3. Руководство по эксплуатации   | - 1 шт.;    |
| 4. Методика поверки  | - 1 экз.    |

### Поверка

осуществляется по документу МП 48091-11 «Микроскоп электронный просвечивающий с аналитическими модулями JEM-2100. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС» в октябре 2011 года.

Основными средствами поверки являются:

Мера длины рельефная МПУ278нм с характеристиками, приведенными в таблице 2.

Таблица 2

Наименование	Значение
Номинальное значение шага периодической структуры меры, мкм	0,278
Предел допускаемой основной погрешности шага периодической структуры, мкм	$\pm 0,002$
Масса меры не более, г	0,1
Габаритный размер меры (Диаметр $\times$ Толщина), мм	3,0 $\times$ 0,3
Размер рабочей области меры (Диаметр), мм	1,0

### Сведения о методиках (методах) измерений

Сведения отсутствуют

### Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к микроскопу электронному просвечивающему JEM-2100

Техническая документация фирмы-изготовителя

### Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений:

- при выполнении работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям

### Изготовитель

JEOL Ltd., Япония  
1-2, Musashino 3-chome  
Akishima Tokyo 196-8558, Japan

### Заявитель

Государственное учебно-научное учреждение Биологический факультет Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова  
119234, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 12

### Испытательный центр

ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС», аттестат аккредитации № 30004-08  
119361, Москва, Г-361, ул. Озерная, 46.

Заместитель Руководителя  
Федерального агентства по техническому  
регулированию и метрологии

Е.Р. Петросян

М.п.

« \_\_\_\_\_ » 2011 г.