

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Микроскопы сканирующие зондовые Ntegra SPECTRA, Ntegra PRIMA, Ntegra VITA, Ntegra THERMA, Ntegra AURA, Ntegra MAXIMUS, Ntegra SOLARIS, Ntegra SOLARIS Duo, Ntegra TOMO, Ntegra LIFE

Назначение средства измерений

Микроскопы сканирующие зондовые Ntegra SPECTRA, Ntegra PRIMA, Ntegra VITA, Ntegra THERMA, Ntegra AURA, Ntegra MAXIMUS, Ntegra SOLARIS, Ntegra SOLARIS Duo, Ntegra TOMO, Ntegra LIFE (далее С3М Ntegra) предназначены для измерений трехмерной топологии и параметров микрорельефа поверхности конденсированных сред с атомарным разрешением.

Описание средства измерений

С3М Ntegra представляют собой стационарные автоматизированные многофункциональные измерительные системы.

С3М Ntegra обеспечивает работу как в режиме сканирующего туннельного микроскопа (СТМ), так и атомно-силового микроскопа (АСМ) с использованием различных методик зондовой микроскопии.

Принцип действия СТМ основан на квантовом эффекте туннелирования электронов через узкий потенциальный барьер между исследуемой проводящей поверхностью образца и острием микрозонда. Детектируя туннельный ток, протекающий при постоянном электрическом смещении между микрозондом и образцом, получают информацию о топографии проводящей поверхности в атомном масштабе. АСМ реализует принцип измерений силы, действующей на острие микрозонда со стороны исследуемой поверхности, как проводящих, так и диэлектрических сред. Поддерживая с помощью обратной связи постоянной силу взаимодействия между микрозондом и поверхностью образца, регистрируют положение острия микрозонда, что позволяет получить трехмерное изображение топографии поверхности.

В состав С3М входит набор измерительных С3М-головок, электронный блок и управляющий персональный компьютер.

В качестве зонда в АСМ используется чувствительный элемент - кантителевер, который представляет собой кремниевый монокристалл, на котором сформирована балочная структура с острием в виде микроиглы. В СТМ в качестве зонда используется металлическая игла из платиновых сплавов.

Сканирование в различных диапазонах обеспечивается с помощью заменяемых пьезосканеров. Использование в С3М Ntegra емкостных датчиков в процессе сканирования позволяет уменьшить влияние нелинейности пьезосканера. Конструкция блока подвода и сканирования С3М Ntegra обеспечивает ручной и автоматический подвод образца к зонду; установку АСМ/СТМ головок на блок подвода без дополнительных приспособлений; простую процедуру замены и установки сканера и держателя образца. Приборы позволяют проводить сканирование как зондом или образцом, так и комбинированно на воздухе, в газовой и жидкой средах.

Конструктивно С3М Ntegra выполнены в виде настольных приборов с отдельно устанавливаемым компьютером. По заказу приборы оснащаются широким набором дополнительных устройств и принадлежностей.

Внешний вид С3М Ntegra представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид СЗМ Ntegra.

Метрологические характеристики всех модификаций СЗМ Ntegra идентичны, а различия их измерительных возможностей отражены в таблице 1.

Таблица 1 Общие методические возможности СЗМ семейства Ntegra

	Методики сканирующей ближнепольной оптической микроскопии	Методики СТМ/АСМ при атмосферном давлении		Измерения в вакууме		Измерения, связанные с нагреванием образца		Измерения в жидкой фазе		
		СБОМ	СТМ	АСМ	СТМ	АСМ	СТМ	АСМ	СТ	АСМ
NTEGRA SPECTRA	+		+	+	-	-	+	+	+	+
NTEGRA PRIMA	+		+	+	+	+	+	+	+	+
NTEGRA VITA	+		+	+	+	+	+	+	+	+
NTEGRA THERMA	-		+	+	-	-	+	+	-	-
NTEGRA AURA	+		+	+	+	+	+	+	+	+
NTEGRA MAXIMUS	+		+	+	+	+	+	+	+	+
NTEGRA SOLARIS	+		-	+	-	+	-	-	-	-
NTEGRA SOLARIS Duo	+		-	+	-	+	-	-	-	-
NTEGRA TOMO	-		-	+	-	+	-	-	-	+
NTEGRA LIFE	-		-	+	-	-	-	+	-	+

Программное обеспечение

Управление процессом измерений осуществляется от контроллера и РС совместимого компьютера с помощью программного обеспечения. Управляющие сигналы от СЗМ контроллера поступают в измерительную головку. Управление СЗМ-контроллером

осуществляется с помощью компьютерного программного обеспечения посредством специальной PCI-платы или интерфейса USB 2.0. При помощи программного обеспечения осуществляется настройка прибора, оптимизация его параметров, управление режимами работы, выполнение сканирования, обработка результатов измерений и их хранение.

Идентификационные данные программного обеспечения микроскопов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Идентификационные данные	Значение
Идентификационное наименование ПО	Программное обеспечение для С3М
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.1.0.1824
Цифровой идентификатор ПО	fabb032420d4483e9b2843ffc96425321e45cee8
Алгоритм вычисления идентификатора ПО	Sha1

Защита программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений согласно Р 50.2.077-2014 соответствует высокому уровню.

Метрологические и технические характеристики

приведены в таблице 3.

Таблица 3

Параметр	Значение
Диапазон измерений линейных размеров в плоскости XY не менее, мкм	0-90*
Диапазон измерений линейных размеров по оси Z не менее, мкм	0-10*
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY не более, %	±1
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений линейных размеров по оси Z не более, %	±5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности сличения геометрических размеров в режиме компаратора (при номинальных размерах более 10 нм), нм	±(1+0,001L)
Угол между осями сканирования X и Y, градус	90,0±1,5
Угол между осью Z и нормалью к плоскости XY не более, градус	5
Нелинейность сканирования в плоскости XY не более, %	0,5
Неплоскость сканирования в плоскости XY не более, нм	100
Разрешение в плоскости XY не более, нм	0,15
Разрешение по оси Z не более, нм	0,1
Дрейф в плоскости XY не более, нм/с	0,2
Дрейф по оси Z не более, нм/с	0,15
Максимальное число точек сканирования по X и Y	4000x4000
Размеры исследуемых образцов (диаметр x толщина) не более, мм	100 x 20
Напряжение питания переменного тока, В	110/220 (+10/-15%)
Потребляемая мощность не более, Вт	120
Габаритные размеры электронного блока не более, мм	445x160x500
Габаритные размеры С3М не более, мм	240x345x280
Масса не более, кг	60

*Метрологические характеристики указаны для СЗМ семейства Ntegra с измерительной головкой типа «СМЕНА». При использовании других измерительных головок и сканеров из комплекта СЗМ семейства Solver показатели точности измерений метрологически не нормируются. Соотношение между техническими возможностями различных типов измерительных головок и сканеров представлены таблице 4 и 5.

Таблица 4. Микроскопы снабженные сканерами с емкостными датчиками перемещения

Технические характеристики	ИГ типа «Смена»	Нижний сканер	ИГ типа «CHOM»
Диапазон измерений линейных размеров в плоскости XY, мкм	100±10	100±10	100±10
Диапазон измерений линейных размеров по оси Z, мкм	10±1	10±1	10±1
Угол между осями сканирования X и Y, градус	90,0±1,5	90,0±1,5	90,0±1,5
Угол между осью Z и нормалью к плоскости XY не более, градус	5,0	5,0	5,0
Величина нелинейности сканирования в плоскости XY не более, %	0,5	0,5	0,5
Величина неплоскостности сканирования по XY не более, нм	100	200	400

Таблица 5. Микроскопы снабженные сканерами без емкостных датчиков перемещения

Технические характеристики	Нижние сканеры				ИГ типа «Смена»
	1 мкм	3 мкм	10 мкм	100 мкм	
Диапазон измерений линейных размеров в плоскости XY, мкм	1,0±0,1	3,0±0,3	10,0±1,0	100±10	100±10
Диапазон измерений линейных размеров по оси Z не менее, мкм	1.1	1.5	2	3.5	3.5
Угол между осями сканирования X и Y, градус	-	90,0±2,0	90,0±2,0	90,0±2,0	90,0±2,0
Угол между осью Z и нормалью к плоскости XY не более, градус	-	5,0	5,0	5,0	5,0
Величина нелинейности сканирования в плоскости XY не более, %	-	1,0	1,0	1,0	1,0
Величина неплоскостности сканирования по XY не более, нм	-	20	20	200	200

Знак утверждения типа

наносится на лист № 3 руководства по эксплуатации типографским способом и корпус прибора методом наклейки.

Комплектность средства измерений

определяется заказом и отражается в спецификации. Основной комплект поставки в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6

№	Описание
1	Защитный колпак для работы на воздухе и вакууме.
2	СТМ головка (сканирование образцом).
3	АСМ головка (сканирование образцом).
4	Сканирующая СЗМ головка СМЕНА с датчиками перемещения по XYZ.
5	Заменяемый сканер X, Y, Z (1 * 1 x 1мкм ($\pm 10\%$)).
6	Заменяемый сканер X, Y, Z (10 x10 x 2.0 мкм ($\pm 10\%$)).
7	Заменяемый сканер X, Y, Z (100 * 100 x 5.0 мкм ($\pm 10\%$)).
8	Базовый блок Ntegra: содержит систему моторизованного подвода, штуцер ввода воздуха/газа для работы в контролируемой атмосфере, разъемы термостолика и напряжения смещения, разъемы для подключения заменяемых сканеров и измерительных головок, ручной перемещатель по X и Y, датчик и индикатор температуры и влажности.
9	Юстировочный столик для резонансных методик АСМ с возможностью измерять ток через в системе зонд-образец.
10	Юстировочный столик для резонансных методик АСМ с возможностью подавать постоянное и переменное напряжение на проводящий кантileвер для работы в динамических режимах измерения емкости.
11	Электронный блок управления (СЗМ контроллер)
12	PCI плата сопряжения электронного блока с персональным компьютером и интерфейсный кабель.
13	Программное обеспечение для получения и обработки изображений.
14	Набор кантileверов.
15	Рабочие принадлежности для СЗМ.

Дополнительное оборудование, поставляемое по отдельному заказу (Таблица 7).

Таблица 7

№	Описание
1	Высокотемпературная СЗМ головка с датчиками перемещения по XYZ.
2	Сканирующая СЗМ головка СМЕНА для работы в жидкости.
3	Жидкостная СЗМ головка СМЕНА с датчиками перемещения по XYZ.
4	Ячейка закрытая жидкостная
5	Ячейка закрытая жидкостная с подогревом
6	Термостолик универсальный, температура нагрева до 300 °C
7	Держатель образца с платформой нагревания (до 150 °C) и датчиком температуры.
8	Диск для AFAM (для работы в акустическом режиме)
9	Открытая жидкостная ячейка
10	Вакуумная СЗМ головка СМЕНА с датчиками перемещения по XYZ.
11	Температурный контроллер
12	Адаптеры Z и XY

Проверка

осуществляется в соответствии с документом МП 28664-10 «Микроскопы сканирующие зондовые семейств Solver и Ntegra. Методика поверки», утвержденным ФГУП «ВНИИМС» 19 мая 2010 г. с изменением № 1, утвержденным 19.03.2015 г.

Основные средства поверки:

- мера периода и высоты линейная TGQ1 (ГР№ 41680-09);
- мера периода и высоты линейная TGZ3 (ГР № 41678-09);
- мера периода линейно-угловая TGG1 (ГР№ 41677-09).

Сведения о методиках (методах) измерений
приведены в Руководстве по эксплуатации.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к микроскопам сканирующим зондовым Ntegra SPECTRA, Ntegra PRIMA, Ntegra VITA, Ntegra THERMA, Ntegra AURA, Ntegra MAXIMUS, Ntegra SOLARIS, Ntegra SOLARIS Duo, Ntegra TOMO, Ntegra LIFE:

Технические условия ТУ 4254-001-58699387-2010.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

- при выполнении работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Изготовитель

Закрытое акционерное общество «Нанотехнология МДТ» (ЗАО «НТ-МДТ»)

Адрес: 124482, Москва, Зеленоград, корп.100,

E-mail: spm@ntmdt.ru,

Телефон: 499-735-03-05, Факс: 499-735-64-10

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)

Адрес: 119361, г. Москва, ул. Озерная, д.46

Тел./факс: (495)437-55-77 / 437-56-66;

E-mail: office@vniims.ru, www.vniims.ru

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМС» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30004-13 от 26.07.2013 г.

Заместитель

Руководителя Федерального агентства
по техническому регулированию и метрологии

С.С. Голубев

«____» _____ 2015 г.

М.п.