

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Микроскопы сканирующие зондовые Solver HV, Solver HV-MFM, Solver SNOM, Smena, Solver PRO, Solver PRO-M, Solver FD, Solver P47-PRO, Solver PRO-EC, Solver MFM, Solver BIO-M, Solver OPEN

Назначение средства измерений

Микроскопы сканирующие зондовые Solver HV, Solver HV-MFM, Solver SNOM, Smena, Solver PRO, Solver PRO-M, Solver FD, Solver P47-PRO, Solver PRO-EC, Solver MFM, Solver BIO-M, Solver OPEN (далее СЗМ Solver) предназначены для измерений трехмерной топологии и параметров микрорельефа поверхности конденсированных сред с атомарным разрешением.

Описание средства измерений

СЗМ Solver представляют собой стационарные автоматизированные многофункциональные измерительные системы.

СЗМ Solver 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 СЗМ входит набор измерительных СЗМ головок, электронный блок и управляющий персональный компьютер.

В качестве зонда в АСМ используется чувствительный элемент - кантилевер, 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. Конструкция блока подвода и сканирования СЗМ Solver 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 СЗМ Solver выполнены в виде настольных приборов с отдельно устанавливаемым компьютером. По заказам приборы оснащаются широким набором дополнительных устройств и принадлежностей.

Внешний вид СЗМ Solver представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид C3M Solver.

Таблица 1 Общие методические возможности C3M семейства Solver

	Методики сканирующей ближнепольной оптической микроскопии	Методики CТМ/АСМ при атмосферном давлении		Измерения в вакууме		Измерения, связанные с нагреванием образца		Измерения в жидкой фазе	
	СБОМ	СТМ	АСМ	СТМ	АСМ	СТМ	АСМ	СТМ	АСМ
SOLVER HV	-	+	+	+	+	+	+	-	-
SOLVER HV-MFM	-	+	+	+	+	+	+	-	-
SOLVER SNOM	+	-	+	-	-	-	-	-	-
ИГ SMENA	-	-	+	-	-	-	-	-	+
SOLVER PRO	+	+	+	-	-	+	+	+	+
SOLVER PRO-M	+	+	+	-	-	+	+	+	+
SOLVER FD	-	-	+	-	-	-	-	-	-
SOLVER P47-PRO	+	+	+	-	-	+	+	+	+
SOLVER P47H-PRO	+	+	+	-	-	+	+	+	+
SOLVER PRO-EC	-	+	+	-	-	+	+	+	+
SOLVER MFM	-	-	+	-	-	-	-	-	+
SOLVER BIO-M	-	-	+	-	-	-	+	-	+
SOLVER OPEN	-	-	+	-	-	-	+	-	+

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 СЗМ
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
Неплоскостность 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 СЗМ не более, мм	240x345x280
Масса не более, кг	44

*Метрологические характеристики указаны для СЗМ семейства Solver 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»	ИГ типа «CHOM»
Диапазон измерений линейных размеров в плоскости ХУ, мкм	100±10	100i10
Диапазон измерений линейных размеров по оси Z, мкм	10±1	10±1
Угол между осями сканирования X и Y, градус	90,0±1,5	90,0±1,5
Угол между осью Z и нормалью к плоскости ХУ не более, градус	5,0	5,0
Величина нелинейности сканирования в плоскости ХУ не более, %	0,5	0,5
Величина неплоскостности сканирования по ХУ не более, нм	100	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	100 мкм
Диапазон измерений линейных размеров в плоскости ХУ, 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 ХУ не более, градус	-	5,0	5,0	5,0	5,0
Величина нелинейности сканирования в плоскости ХУ не более, %	-	1,0	1,0	1,0	1,0
Величина неплоскостности сканирования по ХУ 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

№	Наименование
1	Заменяемый сканер X,Y, Z (1 x 1 x 1мкм ($\pm 10\%$)).
2	Заменяемый сканер X,Y, Z(10x10x2.0 мкм ($\pm 10\%$)).
3	Заменяемый сканер X,Y, Z (100 x 100 x 5.0 мкм ($\pm 10\%$)).
4	Универсальная АСМ головка (сканирование образцом).
5	Универсальная сканирующая СЗМ головка СМЕНА (100 x 100 x 100 мкм ($\pm 10\%$)).
6	СТМ головка с диапазоном токов 30пА-50нА (сканирование образцом).
7	Юстировочный столик для резонансных методик АСМ с возможностью измерять ток в системе зонд-образец.
8	Юстировочный столик для резонансных методик АСМ с возможностью подавать постоянное и переменное напряжение на проводящий кантилевер для работы в динамических режимах измерения емкости.
9	Базовый блок Solver Pro. Содержит систему моторизованного подвода, штуцер ввода воздуха/газа для работы в контролируемой атмосфере, разъемы термостолика и напряжения смещения, зеркало для видеосистемы. Ручной перемещатель по X, Y.
10	Защитный колпак.
11	Электронный блок управления (СЗМ контроллер).
12	РСІ плата сопряжения электронного блока с персональным компьютером и интерфейсный кабель.
13	Программное обеспечение для получения и обработки изображений.
14	Набор кантилеверов.
15	Рабочие принадлежности для СЗМ.

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

Таблица 7

№	Наименование
1	Сканирующая СЗМ головка СМЕНА с емкостными датчиками перемещения.
2	Сканирующая СЗМ головка СМЕНА для работы в жидкости.
3	Универсальная сканирующая СЗМ головка СМЕНА для исследования магнитных материалов (100 * 100 x 10.0 мкм ($\pm 10\%$)).
4	СТМ головка с диапазоном токов 3пА-5нА (сканирование образцом).
5	Юстировочный столик с открытой/закрытой жидкостной ячейкой для АСМ измерений в методах контактной или полуконтактной АСМ.
6	Держатель образца с платформой нагревания (до 150 °С) и датчиком температуры.
7	Оптический микроскоп с непрерывной ручной регулировкой.
8	Штатив для оптического микроскопа.
9	Набор поверенных мер нанометрового диапазона.
10	Компьютер и монитор.

Поверка

осуществляется в соответствии с документом МП 28666-10 «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 Solver HV, Solver HV-MFM, Solver SNOM, Smena, Solver PRO, Solver PRO-M, Solver FD, Solver P47-PRO, Solver PRO-EC, Solver MFM, Solver BIO-M, Solver OPEN:

Технические условия ТУ 4254-003-58699387-20-10.

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.