

## Технические параметры сканирующего зондового микроскопа ФемтоСкан

*Режимы измерения АСМ в контакте на воздухе:*

Нормальные силы  
Латеральные силы  
Проводимость  
Постоянная высота, постоянная сила

*Режимы измерения в резонансном режиме АСМ на воздухе:*

Амплитуда  
Фаза  
Магнитные силы (со специальными кантилеверами и намагничивающим столиком)  
Электростатические силы  
Постоянная высота, постоянная амплитуда

*Режимы измерения АСМ в контакте в жидкости:*

Нормальные силы  
Латеральные силы  
Постоянная высота, постоянная сила

*Режимы измерения в резонансном режиме АСМ в жидкости:*

Амплитуда  
Фаза  
Магнитные силы (со специальными кантилеверами и намагничивающим столиком)  
Постоянная высота, постоянная амплитуда

*Режимы измерения в СТМ на воздухе:*

Зависимость туннельного тока от расстояния  
Зависимость туннельного тока от напряжения  
Постоянная высота, постоянный ток

Основные параметры:

*Блок пьезоманипулятора (сканер)*  
Строго вертикальный подвод/отвод образца  
Начальный подвод — шаговым двигателем  
Диапазон начального подвода — 5 мм  
Шаг начального подвода — 20 нм  
Типичный температурный дрейф — менее 1 нм/с  
Расположение образца — горизонтальное  
Размер образца — до 15 мм диаметром, высота до 5 мм  
Область сканирования — до 10х10х1.5 мкм  
Разрешение — 0.1 нм латеральное,  
Разрешение вертикальное — 0.03 нм  
Скорость сканирования — до 30 Гц  
Держатель образца — магнитный

*СТМ головка*

Наличие регистрации сигналов: Высоты, Отклонения, I(U), I(Z)  
Наличие режимов сканирования: Топография, Перемежающийся, Двойной проход строки, Двойной проход кадра, Нанолитография током, напряжением  
Диапазон туннельного тока: 10 пА - 10 нА, разрешение 16 бит  
Туннельное напряжение ±9 В, разрешение 16 бит  
Диаметр иглы 0.1 - 0.4 мм

*АСМ/РАСМ головка*

Регистрация сигналов Высоты, Отклонения, Трения, Интенсивности, Амплитуды, Фазы, F(Z), D(Z)  
Режимы сканирования Топография, Перемежающийся, Двойной проход строки, Двойной проход

кадра, Нанолитография силой, напряжением  
Резонансные режимы — полуконтактный, модуляция силы

#### *Сканирующая резистивная микроскопия*

Прикладываемое напряжение:  
основной диапазон:  $\pm 9$  мВ, разрешение 16 бит  
расширенный диапазон:  $\pm 9$  В, разрешение 16 бит  
Разрешение по току — 50 пА  
Макс. ток —  $\pm 330$  нА, разрешение 16 бит

#### *Магнитная микроскопия*

В режиме Двойного прохода строки/кадра с АСМ/РАСМ головкой

#### *Блок электроники*

Наличие обработки данных цифровым процессором, тактовая частота 133 МГц.  
Высоковольтные усилители X, Y, Z  $\pm 135$  В  
7 ЦАПов с разрешением 16 бит, время установки X,Y,Z,U 10 мкс  
2 синхронизированных генератора частоты с разрешением 32 бит по частоте, диапазон 0-10 МГц, 12 бит фаза, 10 бит амплитуда  
2 АЦП с разрешением 16 бит, время оцифровки 10 мкс  
4 канала обратной связи (АЦП 1)  
8 каналов регистрации сигналов (АЦП2)  
Предусилитель туннельного напряжения  $\pm 9$  В, разрешение 16 бит

#### *Система управления микроскопом*

Обеспечивает одновременное подключение к микроскопу 10-ти пользователей.  
Обеспечивает передачу данных сканирования всем пользователям в режиме реального времени.  
Имеет возможность передачи функции управления микроскопом произвольному пользователю.  
Предоставляет возможность самостоятельной обработки данных каждым пользователем.  
Имеет встроенные функции обмена сообщениями между пользователями и передачи видеоизображения с обзорной камеры, подключенной к микроскопу.  
Передача данных по незащищенным каналам через сеть Интернет осуществляется с использованием современных средств шифрования.

#### *Параметры пакета программного обеспечения для управления сканирующим зондовым микроскопом и обработки изображений:*

Программное обеспечение работает в операционных системах Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows Server 2003, Windows Server 2008.

Программное обеспечение состоит из одного главного (Основного) модуля и нескольких дополнительных модулей.

#### *Основной модуль:*

Обрезка изображений

Инверсия изображений

Усреднение выбранной области с окном определённой ширины

Увеличение резкости в выбранной области маской шириной 3

Фильтрация выбранной области фильтром Винера с маской произвольного размера

Медианная фильтрация выбранной области

Настройка линий/столбцов изображения медианной фильтрацией 3x3

Поперечная медианная фильтрация выбранной области 3x3

Нормировка внутреннего представления данных, так чтобы данные были между -16384 и +16383

Транспонирование изображения относительно оси X=Y

Поворот изображения на произвольный угол

Удаление среднего наклона (полином 1-ой или 2-ой степени), оценённого методом LMS

Удаление крупного рельефа вычитанием кубического В-сплайна

Сглаживание участка при сохранении структуры поверхности

Пороговая фильтрация  
Подсвечивание (градиент преобразовывают углом, синусом или тангенсом)  
Масштабирование по оси Z  
Изменение горизонтальных масштабов  
Удаление областей в Фурье-преобразовании, которые изменяют оригинал

Создание:

Профилей (сечений)  
Гистограмм  
3-мерных изображений с различными параметрами  
Фурье

Измерения:

Шероховатости  
Квадрата поверхности  
Расстояния  
Угла  
Длины кривой  
Длины изолинии, площади и объёма ограниченной ею области  
Расстояния, угла, высоты, суммарного квадрата в областях части квадрата, соответствующего выбранным высотам в гистограммах

Сервисные функции:

Работа с BMP, JPEG и TXT файлами  
Запись изображений со сканеров и камер  
Экспорт изображений в TXT, BMP, JPEG и VRML форматы (в зависимости от типа изображения)  
Перемещение изображений в буфер  
Работа со многими документами одновременно  
Перемещение, изменение размеров, уменьшение изображений  
Копирование изображения или его части  
Добавление и удаление изображений  
Просмотр начального заголовка и изменение его комментариев  
Отображение линии сечения на всех изображениях в документе (для формата Nanoscope-3)  
Показ различных областей с одним и тем же масштабом для удобства сравнения  
Автоматическая или ручная картография цветов  
Быстрый предварительный просмотр различных файлов  
Различные предопределённые и выбранные палитры  
Высвечивание координат по X, Y и Z в строке состояния во время движения курсора по изображению  
Представление информации (название файла, название данных изображения, измерения) на изображении

*Модуль обработки СЗМ*

Усреднение по строкам (приведение линии просматриваемого изображения к соответствующему среднему уровню, вычисляемому по всему изображению, либо по области, не включающей выбранную область)  
Исправление искажений (устранение деформаций изображения, вызванной гистерезисом, используя выбранные коэффициенты)  
Нормализация вида силовой кривой  
Построение кривой разделения  
WLC анализ (нахождение локальных минимумов на силовой кривой и вычисление параметров в приближении персистентной модели)

*Обрабатывающий модуль ПЭМ*

Выделение зёрен  
Выделение границ методом Канны  
Линейный фильтр Градиент (градиентное преобразование)  
Линейный фильтр Лапласа (фильтр Лапласа с матрицей 3x3)  
Линейный фильтр Гаусса (усреднение матрицей Гаусса 3x3)

### *Обработывающий модуль ГОСТ*

Анализ шероховатости поверхности (вычисление параметров шероховатости с помощью поперечных сечений поверхности)  
Анализ шероховатости кривой  
Высота по интерференционной картине (расчет крутизны наклона холма на поверхности кристалла по данным интерференционной картины)

### *Модуль калибровки*

Построение кривой коррекции гистерезиса  
Определение жесткости кантилевера по тепловым колебаниям

### *Система управления микроскопом*

Обеспечивает одновременное подключение к микроскопу не менее 10-ти пользователей  
Обеспечивает передачу данных сканирования всем пользователям в режиме реального времени  
Имеет возможность передачи функции управления микроскопом произвольному пользователю  
Предоставляет возможность самостоятельной обработки данных каждым пользователем  
Имеет встроенные функции обмена сообщениями между пользователями и передачи видеоизображения с обзорной камеры, подключенной к микроскопу.  
Передача данных по незащищенным каналам через сеть Интернет с использованием современных средств шифрования

### *Требования к документации*

Исполнитель предоставляет Заказчику:

Руководство пользователя пакета программного обеспечения для управления сканирующим зондовым микроскопом и обработки изображений.

## **Комплект поставки оборудования**

**Учебно-образовательный комплекс по сканирующей зондовой микроскопии, 5 рабочих мест.**

**Каждое рабочее место состоит из сканирующего зондового микроскопа следующего состава.**

Состав сканирующего зондового микроскопа:

- АСМ/РАСМ головка
- СТМ головка
- Блок электроники
- Блок управления
- Видеосистема
- Держатель кантилевера РАСМ
- Кабель «блок управления–блок преобразователей»
- Кабель «резонансный режим»
- Кабель «резистивный режим»
- Кабель сетевой
- Блок пьезоманипулятора
- Подставка виброзащитная
- Экранирующий колпак СТМ
- Столик СТМ
- Столик для намагничивания кантилеверов
- Набор столиков для закрепления образцов различной высоты
- Программное обеспечение для управления СЗМ 1 лицензия
- Руководство пользователя программного обеспечения
- Краткое руководство пользователя микроскопа
- Кантилеверы контактные, 10 шт.

Кантилеверы резонансные, 10 шт.

Кантилеверы резистивные, 5 шт.

Кантилеверы МСМ, 5 шт.

Фильтр сетевой

Пинцет

Ножницы

Проволока СТМ 1м

Клей проводящий

Подложка из высокоориентированного графита ВОПГ-0,8<sup>0</sup>-20x10x1мм<sup>3</sup> 2-стор., 1 шт.

Слюда 40x50 мм, 12 шт.

Двусторонний скотч

Клавиатура

Мышь

Программное обеспечение базовая лицензия, 1 шт.

Программное обеспечение дополнительная лицензия, 1 шт.