Сканирующий зондовый микроскоп SPM-9700HT

Сканирующий зондовый микроскоп SPM-9700HT предназначен для получения трёхмерного изображения образцов или наблюдения локальных свойств материалов при больших увеличениях. Микроскоп SPM-9700HT можно использовать в материаловедении, полупроводниковой промышленности, биологии, медицине, при физических и химических исследованиях.

С помощью сканирующего зондового микроскопа можно получить цифровое трёхмерное изображение атомарной решётки, рельефа поверхности образцов металлов, керамики, полупроводников, интегральной микросхемы, структуры полимера, живой клетки, макромолекул и биологических объектов с увеличением в несколько тысяч или миллионов раз и т.д.

Микроскоп SPM-9700HT дает возможность проводить измерение значения следующих физических свойств поверхности с пространственным разрешением в доли нанометра:

- механических (силу трения, адгезию, жесткость, эластичность)
- электрических (потенциал, проводимость)
- магнитных (распределение намагниченности).

Стандартные режимы работы сканирующего микроскопа:

- Контактный режим
- Режим латеральных сил
- Динамический режим
- Фазовый режим
- Режим силовой модуляции
- Силовая кривая

Опциональные режимы работы микроскопа SPM-9700HT:

- Режим проводимости
- Режим поверхностного потенциала (кельвин-микроскопия)
- Магнитно-силовой режим (магнитно-силовая микроскопия)
- Силовое картирование
- Режим векторного сканирования
- Режим сканирования в слое жидкости
- Электрохимическая атомно-силовая микроскопия

Опции для расширения возможностей SPM-9700HT:

- Оптические микроскопы с цифровой камерой
- Волоконно-оптический осветитель
- Блоки (головки) широко/узко-форматного и глубинного сканирования
- Климатическая камера с нагревателем образцов, контролем температуры, влажности и газового состава атмосферы
- Программа анализа распределения частиц по размерам

Технические характеристики SPM-9700HT

Режимы наблюдения	**Стандартный:** контактный, динамический, отображение фазы, латерально-силовая микроскопия (LFM), модуляция силы, силовая кривая **Дополнительно:** магнитно-силовая микроскопия (MFM), туннельная микроскопия, Кельвин-зондовая силовая микроскопия (KFM) – поверхностный потенциал, картирование по силовым кривым, векторное сканирование
Области сканирования	10 µm x 10 µm x 1 µm (стандартная комплектация HT Scanner Unit); 30 µm x 30 µm x 5 µm (опция Middle Range Scanner Unit); 125 µm x 125 µm x 7 µm (опция Wide Range Scanner Unit); 55 µm x 55 µm x 13 µm (опция Deep-type Scanner Unit); 2,5 µm x 2,5 µm x 0,3 µm (опция Narrow Range Scanner Unit)
Подставка для образцов	Максимальный размер образца диаметр – 24 мм, высота 8 мм. Возможна комплектация держателями для образцов Ø 35 и Ø 50 мм
Перемещение по оси Z	10 мм
разрешение	X, Y: 0,2 нм, Z: 0,01 нм
головка АСМ	Система обнаружения смещения: Источник света, оптический рычаг, детектор. Источник света: Лазерный диод (ВКЛ/ВЫКЛ) Постоянно облучает кантилевер, даже при замене образцов. Детектор: Фотодетектор

Особенности SPM-9700HT

Высокая стабильность и высокая производительность.

Благодаря сканеру HT, обеспечивающему высокую скорость отклика, а также оптимизации программного обеспечения и конструкции системы управления, получение данных изображения теперь доступно со скоростью, превышающей обычную в 5 или более раз.
Максимальный диапазон сканирования -10 µm × 10 µm × 1 µm.

Сканер можно легко заменить. Сканер HT также можно добавить к существующему блоку SPM-9700, чтобы обеспечить высокую производительность наблюдения.

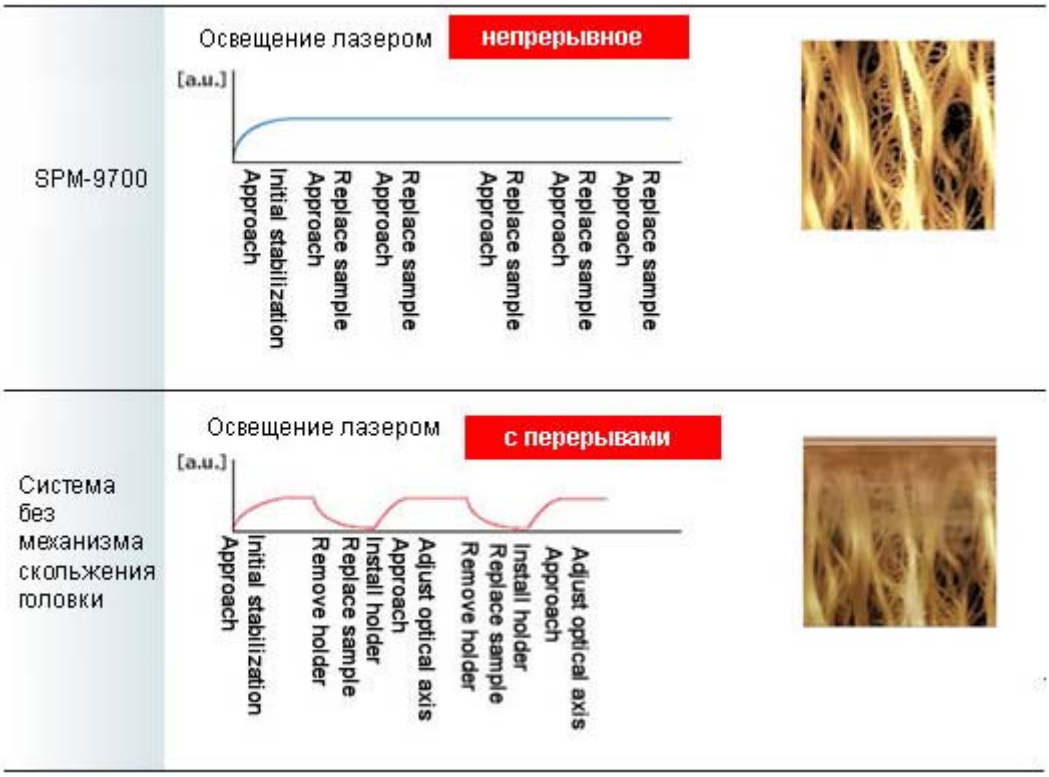
Механизм скольжения головки

Позволяет всей оптической системе скользить как единое целое, сохраняя ее жесткость. Благодаря системе оптических рычагов и кантилеверам, встроенным в головку, образцы можно заменять, просто сдвигая головку. Поскольку образцы можно менять, не отключая лазерный луч, характеристики лазерного излучения остаются очень стабильными даже после смены образца. Это устраняет необходимость перенастраивать оптическую ось или другие параметры, связанные с остановкой лазера, что позволяет сократить время анализа.

Консольный монтажный зажим обеспечивает простой и надежный монтаж кантилевера.

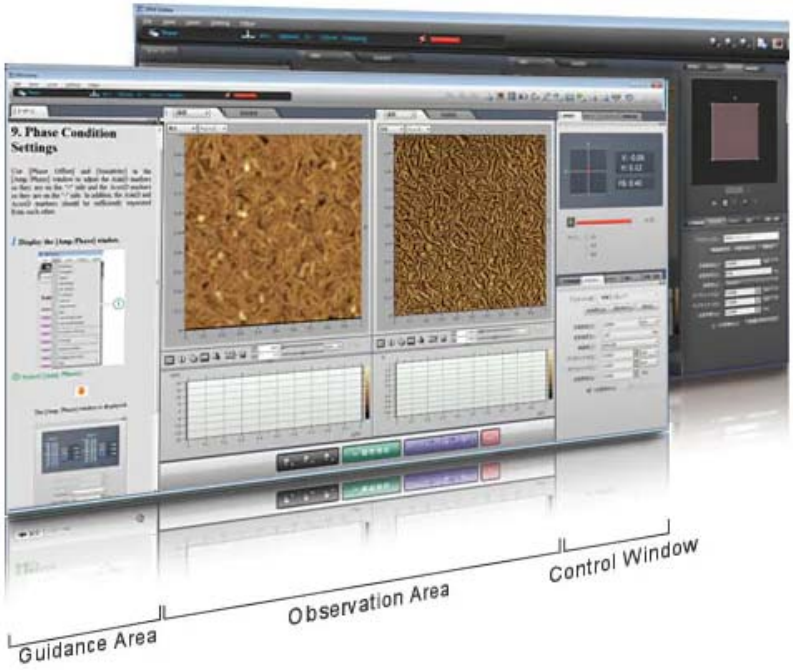
- Конструкция устойчива к вибрациям, шуму, ветру и другим внешним возмущениям, так что нет необходимости в специальном кожухе. Основной блок включает в себя встроенный виброизолятор.
- Удачное решение открывает доступ к области вокруг образца при поддержании высокой жесткости всей системы
- Можно заменять образцы без удаления держателя кантилевера.
- К образцам есть доступ даже во время измерения.
- Высота образца настраивается автоматически, независимо от его толщины.

Сравнение стабильности для различного лазерного освещения:



Революционный пользовательский интерфейс (GUI) обеспечивает полную поддержку операций, начиная от наблюдения в режиме онлайн и заканчивая анализом в автономном режиме. Простота эксплуатации сводит к минимуму отвлечение внимания от наблюдения за анализом

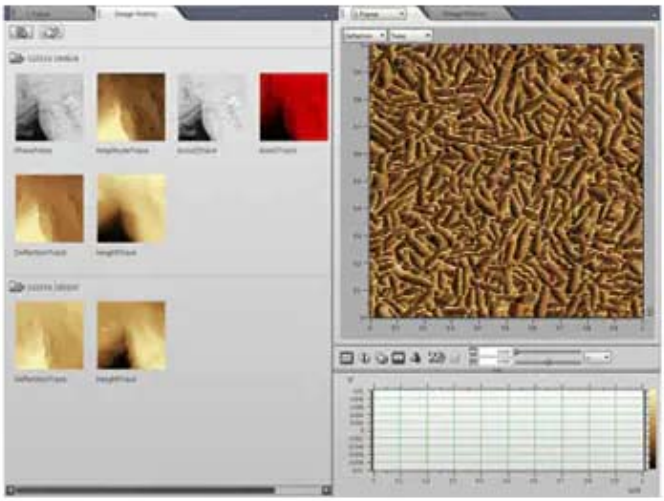
Функция сопровождения, помогающая пользователям выполнять процедуры, функция навигации, которая устраняет неопределенность в отношении положения наблюдения, и другие функции помогают обеспечить быстрое и бесперебойное выполнение наблюдений.



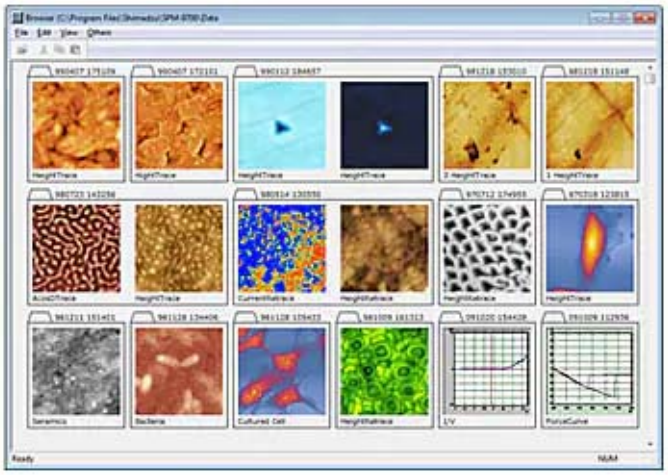
После запуска программного обеспечения сканирующего микроскопа пользователю предлагается выполнить настройку прибора в соответствие с отображаемыми ПО инструкциями. После нажатия на кнопку [Начало наблюдения] все операции выполняются автоматически, от подхода до наблюдения.

Автономный анализ

Данные изображений, полученных ранее, можно просматривать, не переключаясь в автономный режим.



Широкий выбор функций для отображения, обработки и анализа изображений доступен для более привлекательного и количественного выражения результатов наблюдения.



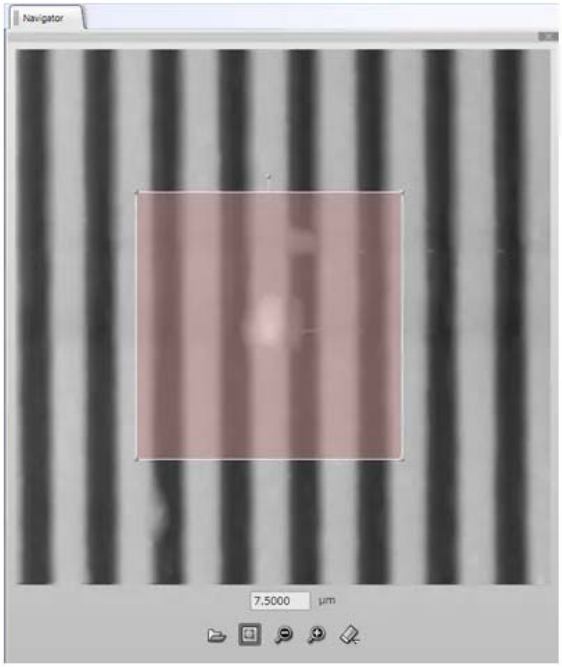
ПО микроскопа позволяет легко и однозначно определять позицию наблюдения

(1) Смотровое окно

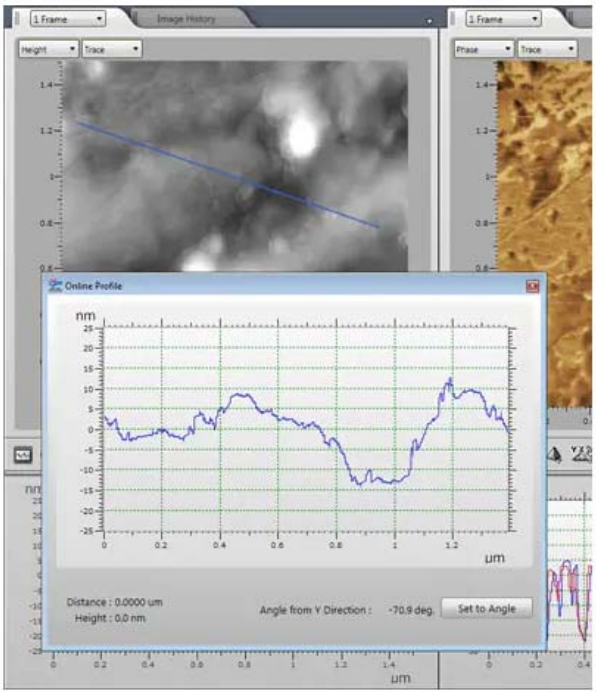
Одновременно может отображаться до 8 изображений. Это означает, что форму поверхности и физические свойства можно сравнивать на нескольких изображениях во время сканирования.

(2) Навигатор

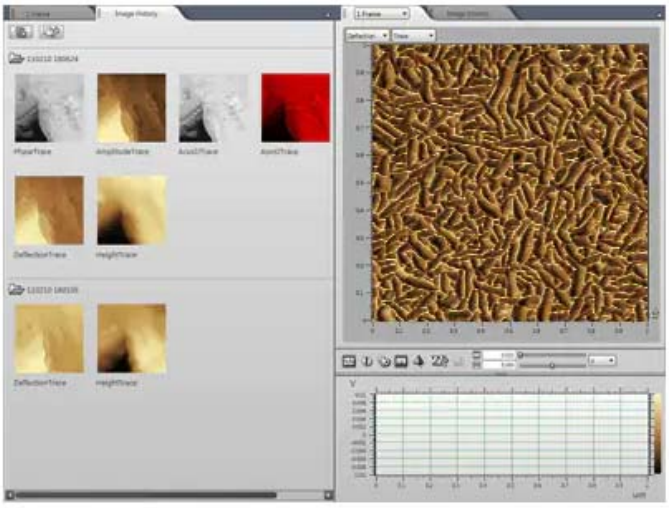
Навигатор четко показывает, за какой областью ведется наблюдение. Это позволяет получить общее представление обо всем образце если отображаются более ранние изображения.



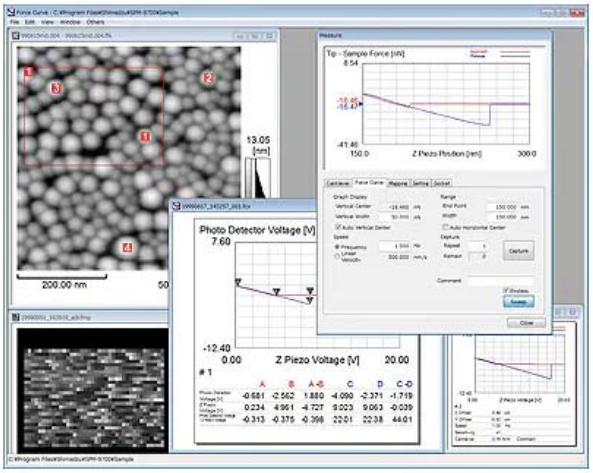
(3) Онлайн-профиль
Профили поперечного сечения можно измерять в онлайн-окне во время наблюдения за образцами.



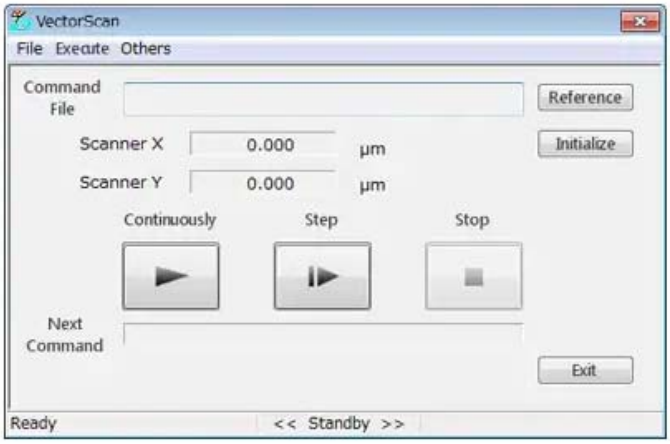
(4) История изображений
Данные прошлых изображений могут отображаться рядом с текущими изображениями наблюдений для сравнения.



(5) Отображение силы
Кривая силы может быть измерена для каждой точки данных наблюдаемого изображения, чтобы получить распределение механических свойств образца или силы сцепления (специальный заказ).



(6) Векторное сканирование
Направление сканирования, усилие между зондом и образцом или приложенное напряжение можно запрограммировать, чтобы обеспечить сканирование в соответствии с программой (специальный заказ).

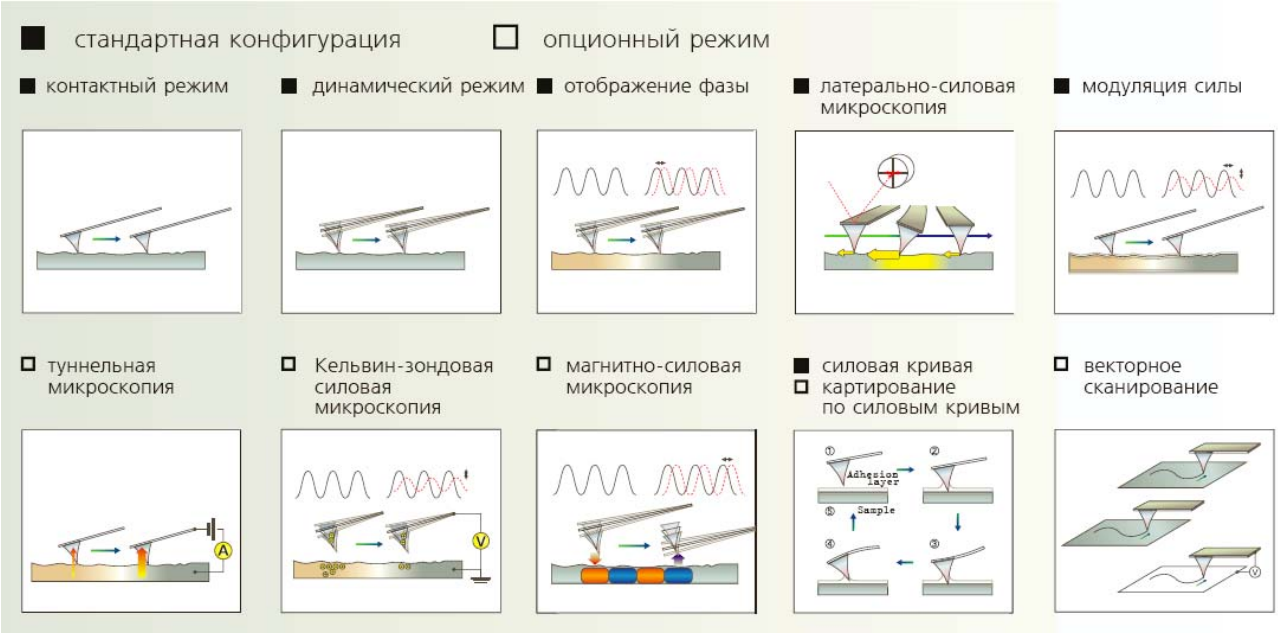


Функциональность и расширяемость для удовлетворения широкого спектра требований

Большой выбор режимов измерения и превосходная расширяемость помогают обеспечить надежные измерения независимо от свойств, которыми может обладать широкий спектр образцов, таких как твердость или электропроводность.

Можно получить изображения, которые помимо формы образца показывают другую информацию, например, уровни электрического тока или электрического потенциала, твердость поверхности или свойства вязкости.

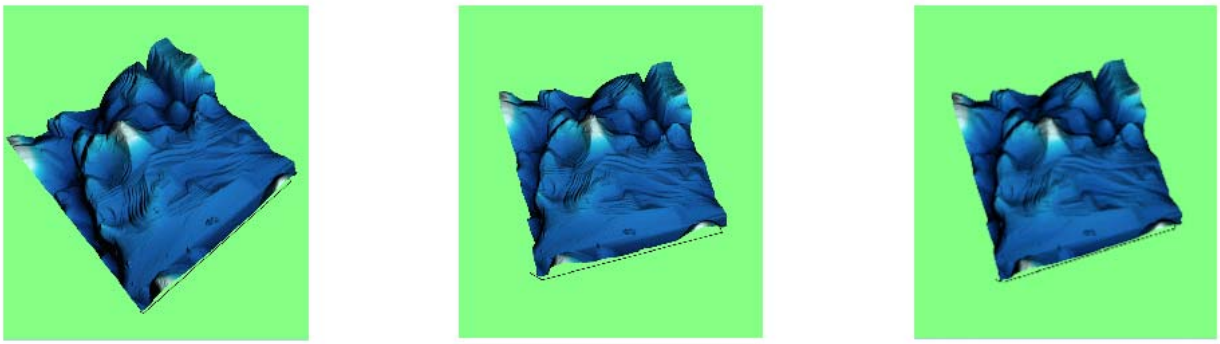
Режимы измерений сканирующего зондового микроскопа SPM-9700HT



Визуализация 3D изображения

Широкий спектр функций 3D-рендеринга с использованием операций мыши

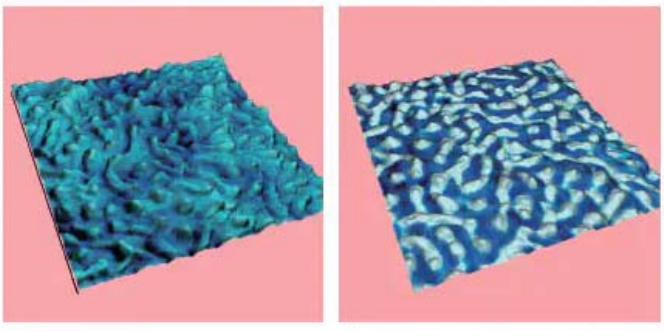
Изображения можно свободно вращать, масштабировать и изменять масштаб по оси Z с помощью мыши для интуитивно понятной настройки угла обзора или уровня увеличения. Это позволяет представлять полученные данные различными способами, подтверждая эти данные в режиме реального времени.



Увеличение масштаба изображения Вращение Изменение увеличения по оси Z

Функция текстуры

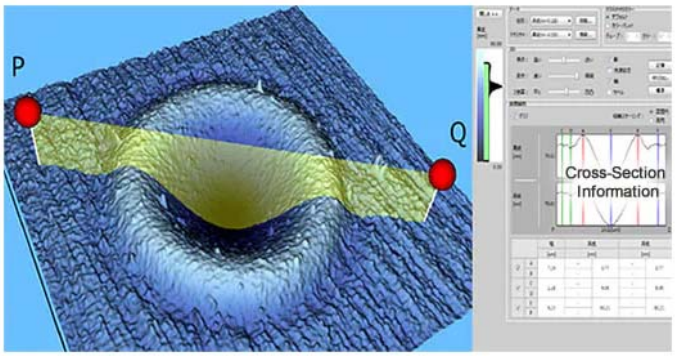
отображает физические свойства образца, наложенные на информацию о высоте, или функция анализа трехмерного профиля поперечного сечения, значительно повышает эффективность работы по проверке изображений.
Информация о высоте может быть наложена на информацию о физических свойствах. Это позволяет ясно показать соотношения между двумя параметрами.



3D Image Overlay of Topographic Image and Phase Image

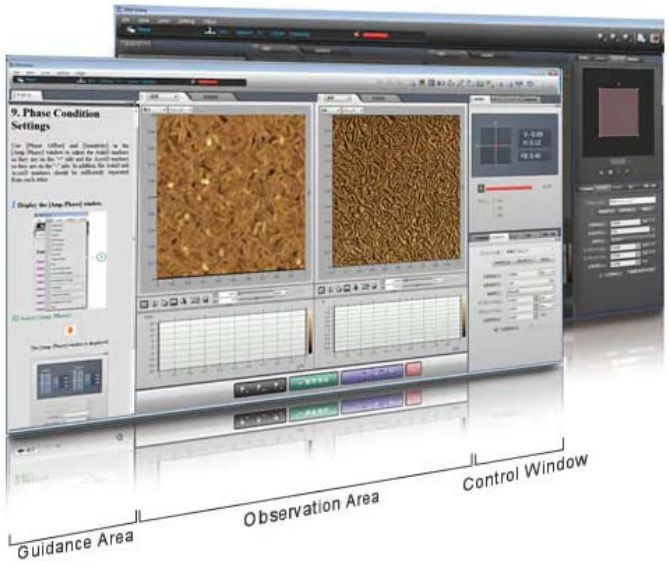
Анализ профилей поперечного сечения

В 3D изображениях можно анализировать профили сечения. Если информация о физических свойствах выражена в терминах текстуры, соответствующие профили сечения могут быть показаны и проанализированы в том же месте.



Легкость выполнения операций

Революционный графический пользовательский интерфейс обеспечивает неограниченную поддержку операций, начиная от наблюдения в режиме реального времени до анализа данных в автономном режиме. Функциональность и возможности расширения системы.



Нано 3D картографирование

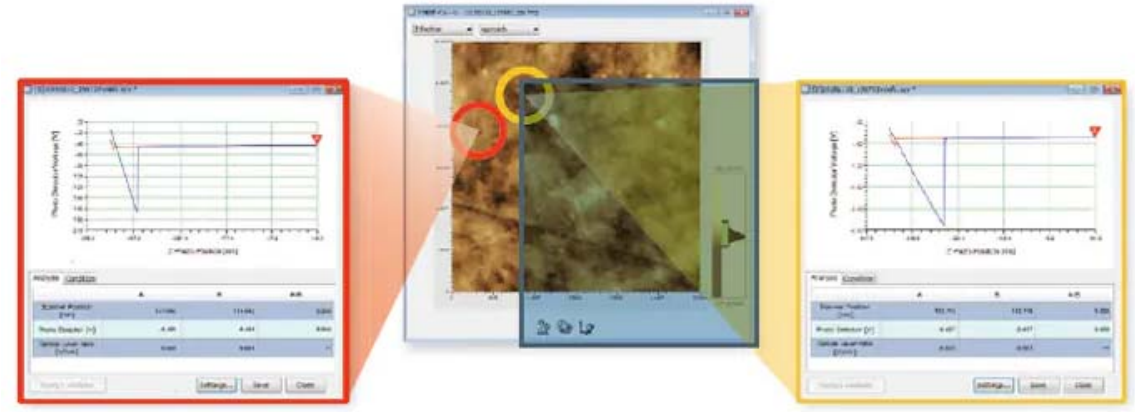
Физические свойства внешних или граничных поверхностей можно оценить путем измерения силы, действующей на консольный зонд сканирующего зондового микроскопа при изменении его расстояния от образца (измерение силовой кривой).

Силу сцепления и модуль Юнга можно оценить в определенном целевом месте путем измерения кривой силы в этой точке (точечный анализ).

Получая кривые силы в нескольких точках, можно создать двухмерную карту физических свойств (анализ карт).

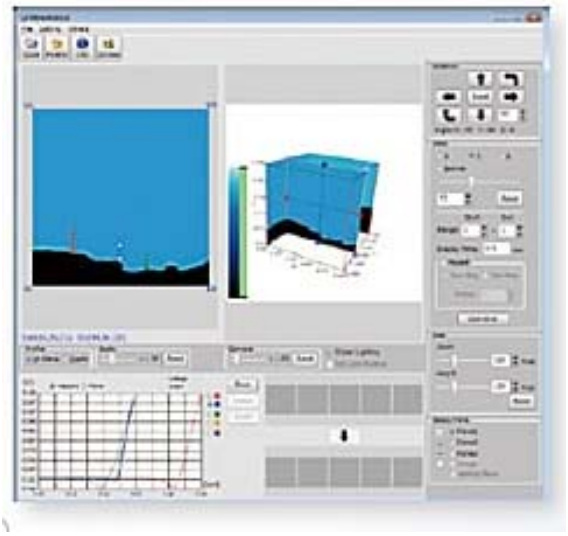
Полученные данные могут быть отображены в трехмерном виде, или определенные данные могут быть извлечены для анализа данных (трехмерный анализ).

Оценка физических свойств в любой точке пленки

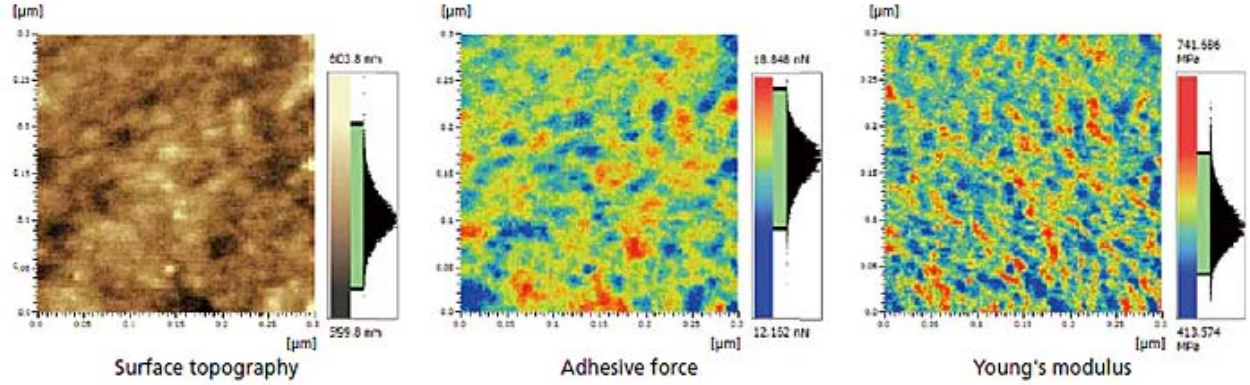


3D-анализ

Все кривые силы, полученные для картирования, сохраняются.
Таким образом, данные могут отображаться в трехмерном виде или могут быть извлечены определенные сечения для анализа данных.

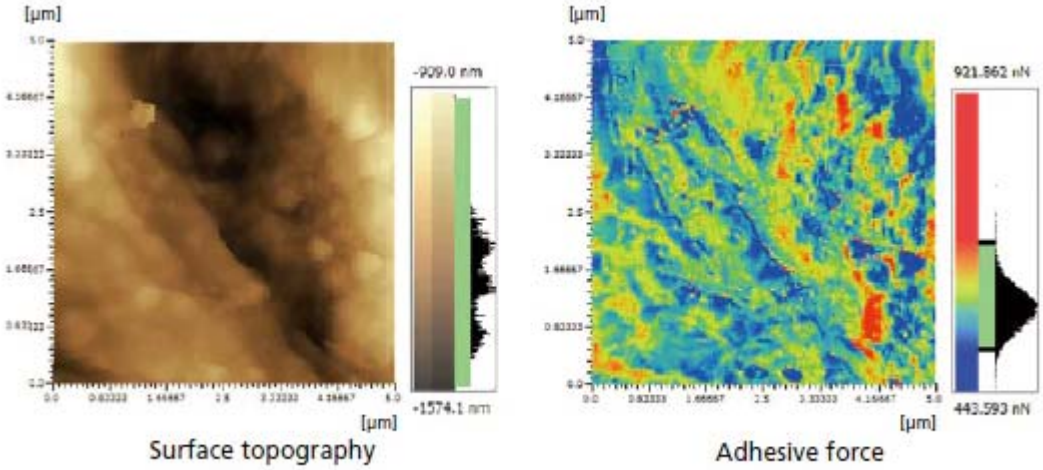


Картирование физических свойств пластиковых пленок



Картографический анализ можно использовать для измерения силы сцепления и модуля Юнга, а также оценки топографии поверхности. На рисунке показана количественная визуализация модуля Юнга в локализованной области шириной всего 300 нм на поверхности пластиковой пленки.

Оценка однородности поверхности полимерного материала.
Клейкая часть клейкой ленты



Основные характеристики

Кривая силы

Измерение	Диапазон сканирования (Z)	Способ настройки	Укажите конечную точку и ширину и автоматически отслеживайте конечную точку
		Диапазон	Зависит от сканера
	Скорость сканирования	Настройка частоты	от 0,1 до 100 Гц
		Размер шага настройки частоты	0,1 Гц
	XY движение	Способ настройки	Числовой ввод или указание мышью на изображении СЗМ
		Диапазон	Зависит от сканера
Дисплей	Данные изображения СЗМ, кривая силы, параметры измерения и результаты анализа данных		

Отображение (Mapping)

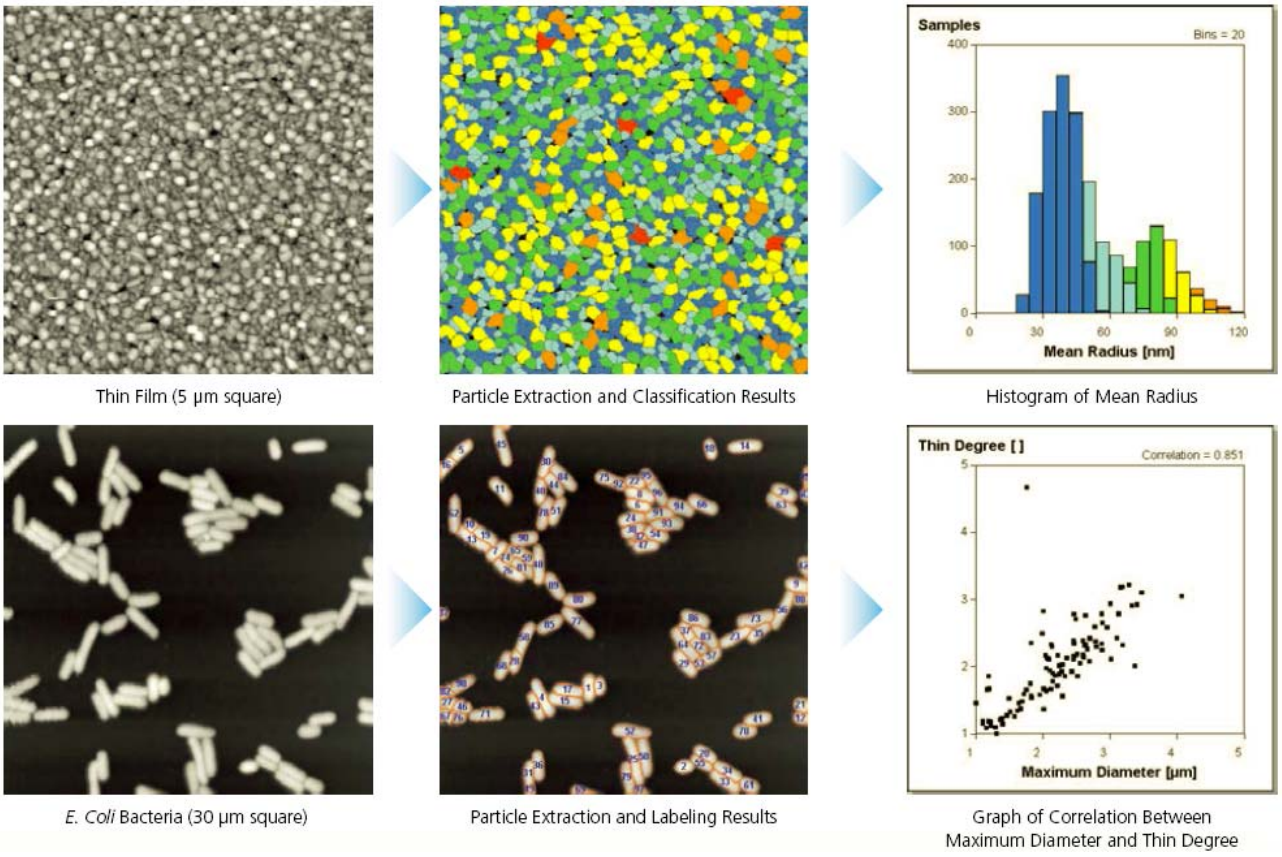
Измерение	Измеряемые физические величины	Сила адсорбции, наклон кривой силы, положение Z или модуль упругости
	Диапазон	Зависит от сканера
	разрешение	512 x 512, 256 x 256, 128 x 128, 64 x 64, 32 x 32, 16 x 16, 8 x 8, 4 x 4, 2 x 2
Дисплей	Данные изображения SPM, кривая усилия и параметры измерения	

Программное обеспечение для анализа частиц (опция)

Программное обеспечение для анализа частиц извлекает несколько частиц из данных изображения полученного сканирующим зондовым микроскопом SPM-9700 и вычисляет значения характеристик для каждой частицы, затем анализирует и отображает их. Это особенно полезно для статистической обработки данных. Последующий широкий выбор значений характеристик и соответствующих им статистических величин можно рассчитать, свести в таблицы, отсортировать или изобразить в виде графика. Числовые данные можно экспортировать.

Feature Parameters				Statistical Values
1	Center X	16	Average Z	1 Average
2	Center Y	17	Average Round Z	2 Standard Deviation
3	Maximum Diameter	18	Area Excluding Holes	3 Line Average
4	Pattern Width	19	Area Including Holes	4 Square Average
5	Horizontal Feret Length	20	Surface Area	5 Cubic Average
6	Vertical Feret Length	21	Volume	6 Sum
7	Radius as Circle Excluding Hole	22	Pattern Direction	7 Maximum
8	Radius as Circle Including Hole	23	2nd Moment Direction	8 Maximum
9	Mean Radius	24	Area / Feret Area	9 Maximum Label
10	Mean Radius Variance	25	Particle Area / All Area	10 Minimum Label
11	Nearest Distance	26	Distortion	11 Range
12	Perimeter	27	Circular Degree	12 Samples
13	C Perimeter	28	Roughness	
14	Maximum Z	29	Thin Degree	
15	Minimum Z			

Примеры анализа

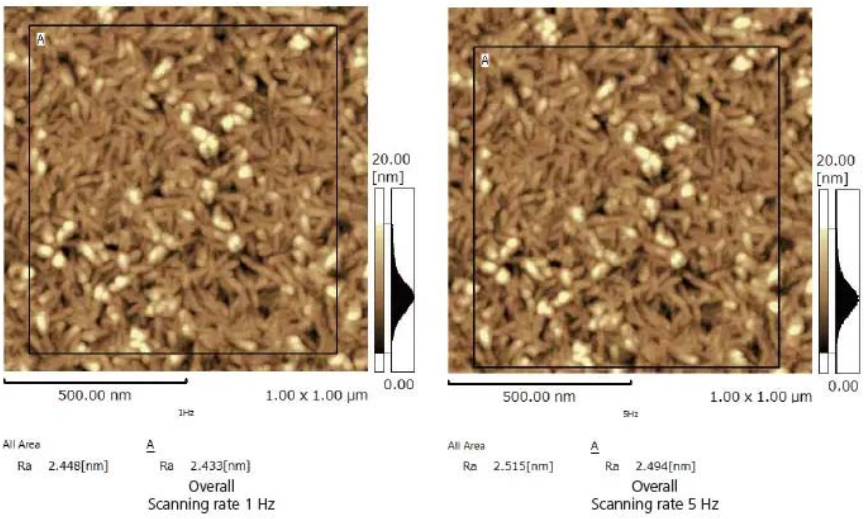


Thin Film (5 µm square) | Particle Extraction and Classification Results | Histogram of Mean Radius

E. Coli Bacteria (30 µm square) | Particle Extraction and Labeling Results | Graph of Correlation Between Maximum Diameter and Thin Degree

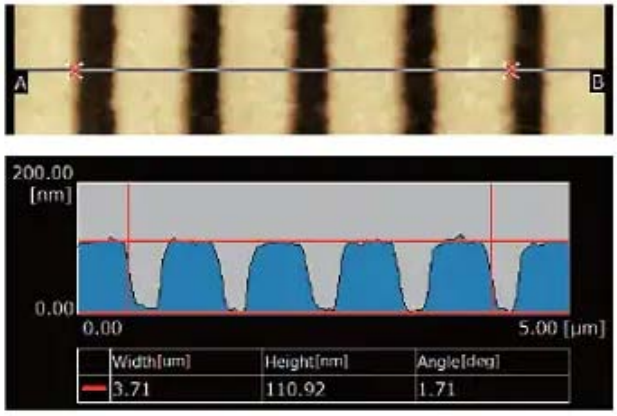
Анализ шероховатости поверхности металлической пленки, осажденной из паровой фазы

Топологию поверхности осажденной из паровой фазы металлической пленки наблюдали при частоте сканирования 1 Гц и 5 Гц. Результаты анализа качества изображения и шероховатости поверхности эквивалентны.

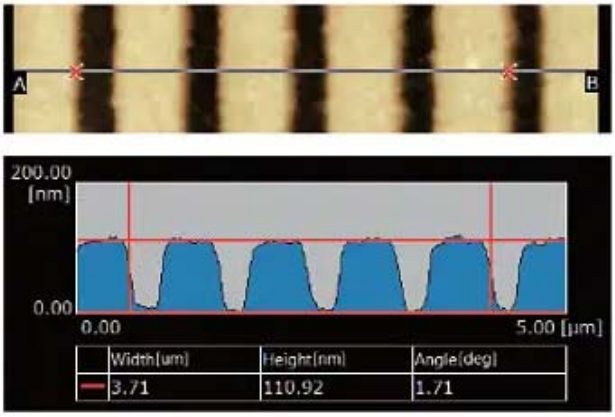


Измерение топологии поверхности решетки

Топология поверхности решетки наблюдалась при частоте сканирования 1 Гц и 5 Гц. Измерение с помощью анализа профиля поперечного сечения показывает, что оба метода дают одинаковые результаты.



Scanning rate 1 Hz



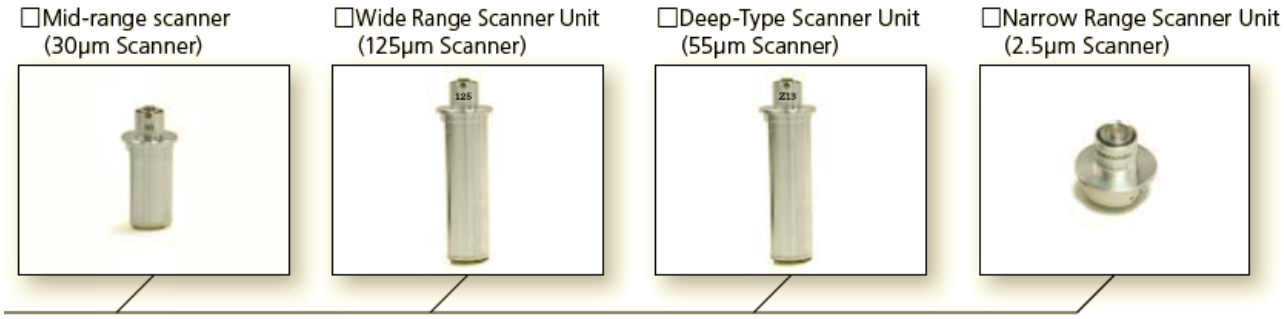
Scanning rate 5 Hz

SPM Data Room Website

Обширная библиотека изображений полученных при помощи SPM-9700HT, применений , статей и презентаций доступна по ссылке:
http://www.shimadzu.com/an/surface/spm/dataroom.html

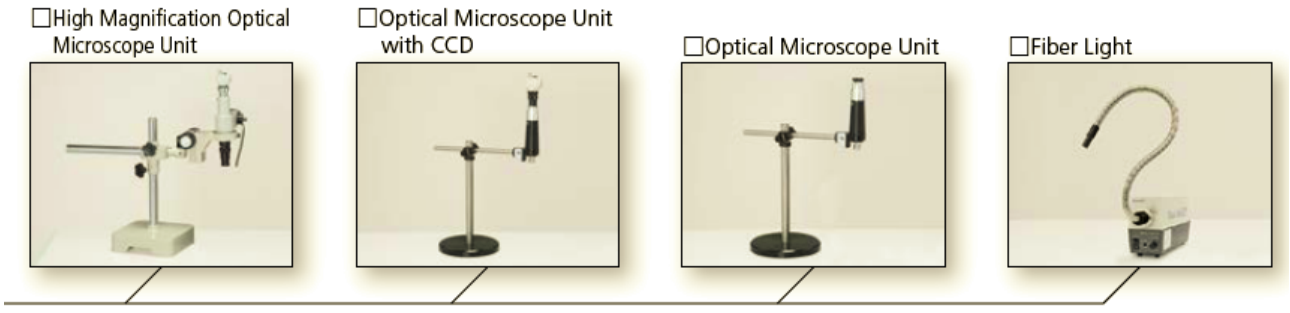
Опционные аксессуары для SPM-9700HT

- **4 сканирующие головки**

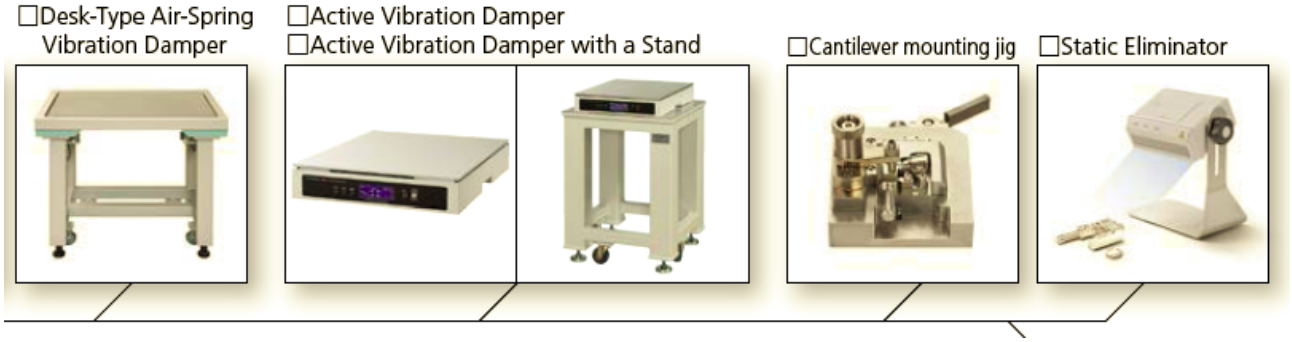


- **Держатель чашек Петри**
- **Ячейка для наблюдения электрохимических процессов**

- **Приставки с оптическими микроскопами**
- **Источник света с оптоволоконным кабелем**



- **Антивибрационный стол с пневматическими демпферами**
- **Активный гаситель вибрации**
- **Активный гаситель вибрации с подстольем**
- **Элиминатор статического электричества**



- **Применимые кантилеверные держатели (не полный список)**
  - Держатели для контактного режима Contact mode (набор 24 чипа)
  - Держатели для динамического режима Dynamic mode (набор 20 чипов)
  - Держатели для магнитно-силовой микроскопии MFM (набор 20 чипов)
  - Держатели для туннельной микроскопии (Current mode) (набор 20 чипов)
  - Держатели для Кельвин-зондовой силовой микроскопии (KFM) (набор 20 чипов)

Это приспособление нельзя использовать для консольных держателей для ячеек с раствором.

WET-SPM Камеры с контролируемой средой CH-II / CH-III

При помощи опционально доступного климатического перчаточного бокса, сканирующий зондовый микроскоп SPM-9700 можно модернизировать до системы серии **WET-SPM**.

Это особенно идеально подходит для изучения образцов, уязвимых для воздуха или влаги.

В различной комплектации климатический бокс позволяет фиксировать, поддерживать или изменять такие физические параметры как температура и влажность, световой поток а также предоставляет возможность распылять внутрь газы.

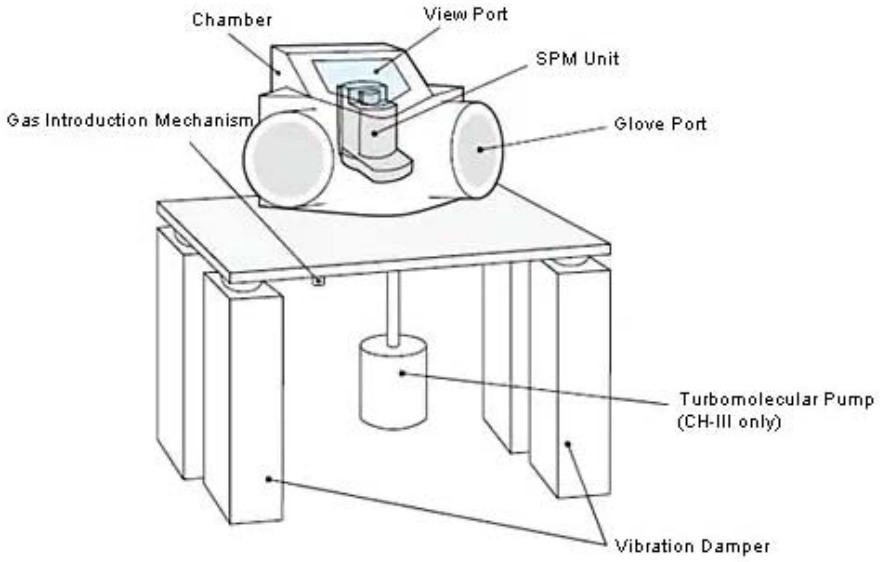
Проведение измерений в условиях изменяющихся физических параметров возможно только для сканирующего зондового микроскопа SPM-9700, который был оптимизирован для работы в климатическом перчаточном боксе за счет включения таких функций, как запатентованный механизм скольжения головки Shimadzu, управление с передней панели, полностью автоматический подход и конструкция с открытой головкой.

Камеры с регулируемой средой, CH-II (без турбомолекулярного насоса) и CH-III (с урбомолекуляным насосом), со встроенным виброгасителем были разработаны специально для серии сканирующих зондовых микроскопов SPM-9700. Опциональные блоки SPM можно легко установить через заднюю часть камеры. Это позволяет обрабатывать образцы в контролируемой среде и сразу наблюдать за происходящими в образце изменениями с помощью сканирующего зондового микроскопа. (патент Японии № 2612395 и патент США № 5200616).

Большое смотровое окно и перчатки для обеих рук позволяют свободно проводить предварительную обработку образцов внутри камеры. При помощи дополнительных аксессуаров, совместимых с климатическим боксом и сканирующим зондовым микроскопом SPM-9700, систему **WET-SPM** можно использовать в качестве SPM на месте для мониторинга изменений поверхности в ответ на изменения физических величин, таких как температура, влажность, давление, свет и концентрация.

Блок микроскопа можно легко загружать и выгружать из задней части климатического бокса, что позволяет использовать микроскоп для наблюдения за объектами как в обычных условиях, так и и в условиях контролируемой и изменяемой среды.

Схема конфигурации камеры с контролируемой средой CH-II / CH-III



Технические характеристики CH-II / CH-III

Порты	Порт для перчаток – 2 Обзорное окно – 1 Порт для установки микроскопа –1 Порт для загрузки образца – 1 Порт для откачки – 1 Запасные порты - 4
Насосы	Ротационный насос (160 л/мин) Турбомолекулярный насос (50 л/с) – только для CH-III
Механизм введения газа	Одноконтурный автоматический контроль
Терминал ввода тока (7-pin)	16 (включая запасные)
Гаситель вибрации	Встроенные пневматические гасители вибрации

Опции серии WET-SPM

Контроллер температуры и влажности

Контроллер прикрепляется к камере с контролируемой средой для контроля температуры и влажности внутри камеры.

Humidified Gas Generator

Блок распыления газа

Блок распыления газа подключается к запасному порту для распыления небольшого количества газа на образец.

Блок нагрева и охлаждения образца

Образец можно загрузить в установку и нагреть или охладить.

Temperature Controller

Нагревательный элемент для образца

Образец можно загрузить в установку и нагреть. Установка может работать даже в атмосферных условиях, в зависимости от образца.

Temperature Controller

Heated Holder Installed in Scanner

Блок светового облучения

☐LED Transmitted Illumination Kit, Model S
☐LED Transmitted Illumination Kit, Model L

Это устройство позволяет использовать передающийся по оптоволоконному кабелю свет для облучения поверхностей образцов. Он не включает источник света или оптическое волокно. Может эксплуатироваться в атмосферных условиях.