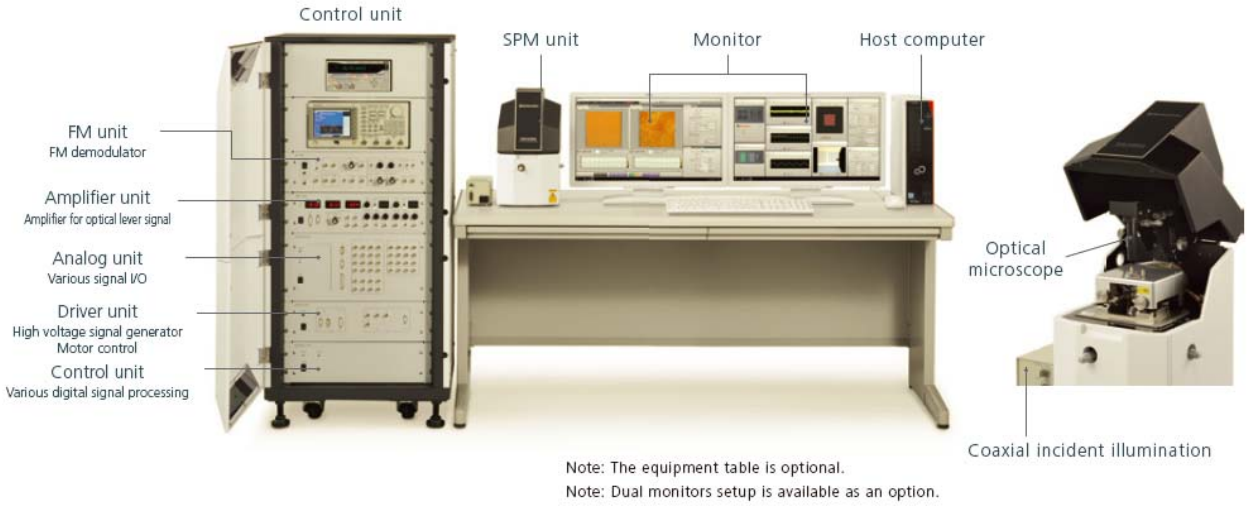
Сканирующий зондовый микроскоп HR-SPM (SPM-8100 FM)

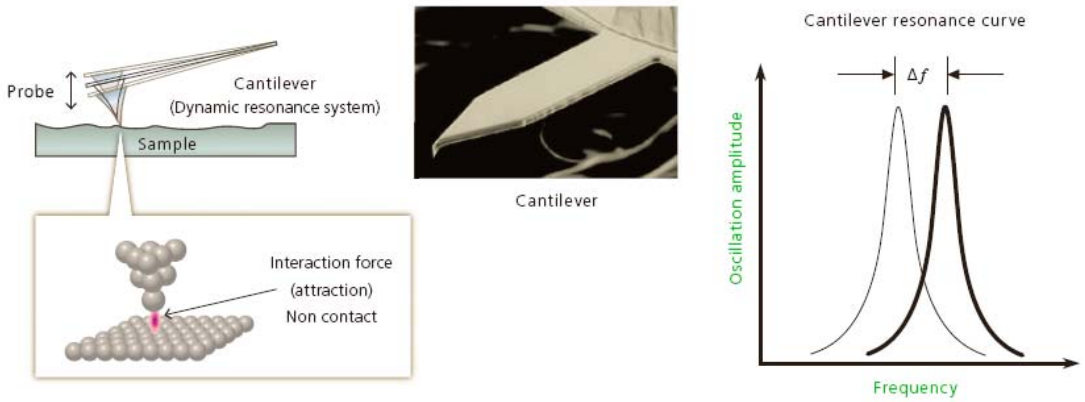


Сканирующий зондовый микроскоп высокого разрешения HR-SPM способен не только проводить наблюдения со сверхвысоким разрешением в воздухе или жидкостях, но и впервые позволяет наблюдать за слоями гидратации/сольватации на границе раздела твердой и жидкой фаз.

В сканирующем зондовом микроскопе HR-SPM измерения осуществляются атомно-силовым методом с частотной модуляцией. Метод измерения частотной модуляции обеспечивает более высокое разрешение изображения по сравнению с методом амплитудной модуляции (АМ) который традиционно используют СЗМ (сканирующие зондовые микроскопы) и АСМ (атомно-силовые микроскопы).

Принцип работы AFM FM-типа

Частота вибрации кантиливера измеряется в динамическом режиме, взаимодействия с образцом детектируются. Частотная модуляция кантиливера остается постоянной. Это позволяет производить детектирование силы с чувствительностью в 20 раз превосходящей чувствительность существующих методов, благодаря чему увеличивается разрешение получаемых изображений.



Высокое разрешение при использовании метода FM-AFM позволяет:

- Снизить уровень шума при измерениях в воздухе и жидкостях на 1/20 по сравнению с существующими методами.
- Достигать уровня производительности СЗМ вакуумного типа даже в воздухе и жидкостях!

Улучшенное удобство использования

- Установка сканера НТ расширила зону наблюдения и увеличила скорость.
- Двойные мониторы и сигнальные возможности для большей гибкости

Технические характеристики

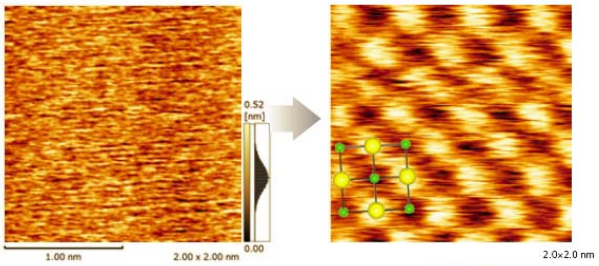
Режимы наблюдения	Контактный, динамический (метод AM и метод FM), режим боковой силы (LFM)
БЛОК SPM	
Виброгаситель	Встроенный в SPM
Головка	
Разрешение	По горизонтали: 0,2 нм; По вертикали: 0,01 нм
Система обнаружения смещения	Источник света / Оптический рычаг / Детектор
Источник света	Лазерный диод (635 нм, 5 mW max. ON/OFF переключатель) Непрерывно облучает кантилевер даже при замене образцов
Детектор	Фотодетектор
Преобразование уровня шума к перемещению	20 fm/√Hz max.
Сканер	
Элемент привода	Трубчатый пьезоэлектрический элемент
Максимальная область сканирования	10.0 × 10.0 × 1.0 мкм (X, Y, Z)
Штатив	
Максимальный размер образца	D=38 мм × 8 мм
Метод замены образца	Механизм скольжения
Механизм удерживания образца	Магнит
Диапазон перемещения сканирующей головки	10.0 × 10.0 мм
Механизм грубой настройки перемещения по оси Z	
Метод	Полностью автоматический шаговый двигатель
Максимальное перемещение	10 мм
Оптический микроскоп	
Матрица	CDD 1/3 “,1024 × 768 pixels
Линза	Перемещение: 65 мм, оптическое разрешение 4x
Подсветка	Коаксильное падающее освещение
БЛОК ОБРАБОТКИ	
Обратная связь	Цифровое управление
Коммуникационный интерфейс	1000Base-T, TCP/IP protocol
Привод	X/Y-axis control: -211 to + 211 V, 16 bit Z-axis control: -211 to + 211 V, 16 bit
Аналоговый блок	Входное напряжение от –10 до +10 В, разрешение 16 bit, Частота дискретизации 200КГц, Входной сигнал – 8 каналов
Блок обработки данных	**Сервер**: Память не менее 16 GB, **Внешние записывающие устройства** – Жесткий диск 250 GB + CD-RW drive. **Коммуникационный интерфейс**- 1000Base-T, TCP/IP protocol **Операционная система** Windows 10 Professional (64 bit), English ver. **Монитор** 21“ wide-screen TFT LCD 1920 × 1080 pixels
Программное обеспечение	
Online	Окно наблюдения – максимум 8 изображений отображаются одновременно; Профили поперечного сечения могут отображаться во время сканирования образца
	Режимы сканирования переключаются между XY, XZ, ZXY
	Контрольный экран: наблюдение заданных параметров
Ofline	Сводный дисплей: отображение изображений в виде пиктограм
	Отображение и анализ изображений и данных 3D-картографии

Опциональные аксессуары

- **Сканер 30 мкм**.
  Используется для наблюдения в широком диапазоне. X·Y: 30 мкм, Z: 5 мкм
- **Сканер 2.5 мкм.**
  Используется для наблюдения в узком диапазоне. X·Y: 2.5 мкм, Z: 0.3 мкм
- **Оптоволоконный осветитель**. Используется для обеспечения углового освещения в дополнение к стандартному коаксиальному падающему освещению.
- **Ячейка для раствора типа чашки Петри**. Используется для наблюдения процессов в жидкости. В комплект входит специальный консольный держатель.
- **Антивибрационный стол с пневматическими демпферами**. Пассивный гаситель колебаний напольного типа. Требуется источник сжатого воздуха;
- **Активный гаситель вибрации**. Настольное устройство, требующее для работы источник питания.
- **Активный гаситель вибрации со специальной подставкой**.
- **Программное обеспечение для анализа частиц**. Извлекает несколько частиц из данных изображения и вычисляет характеристические значения для каждой частицы.
- **Статический элиминатор**. для удаления статического электричества.

Приложения

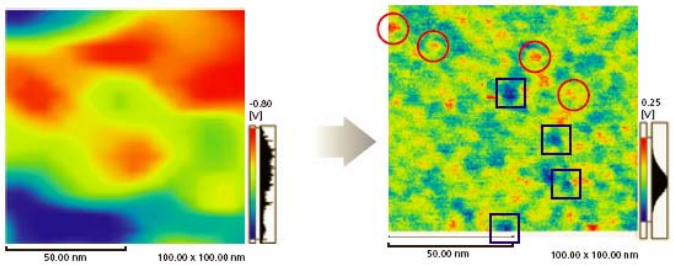
Наблюдения за атомарным разрешением в растворе



AM Method FM Method

Наблюдения проводились за расположением атомов на поверхности NaCl в насыщенном водном растворе. Атомы, скрытые шумом в существующих наблюдениях AFM (метод AM, слева), хорошо видны при использовании метода FM (справа). Метод FM обеспечивает истинное атомарное разрешение.

Наблюдение частиц катализатора Pt в воздухе

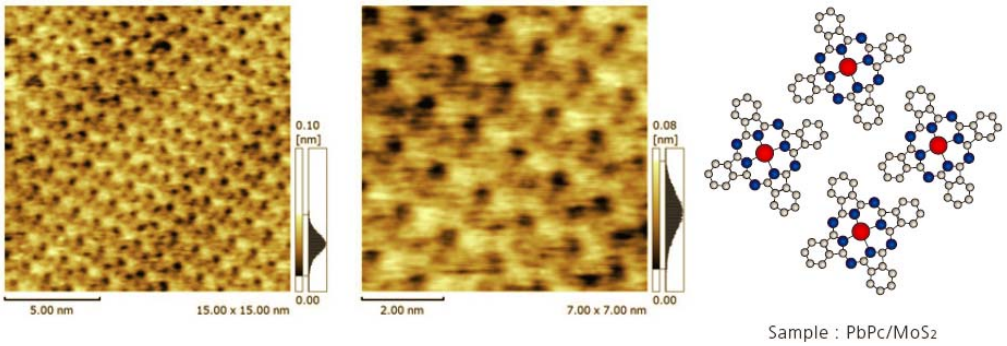


AM Method FM Method

Частицы катализатора Pt в подложке из TiO_2 идентифицировали, а поверхностный потенциал измеряли с помощью KPFM. Частицы Pt размером в несколько нм наблюдались при обмене зарядами с подложкой. На рисунке справа красные кружки обозначают положительный потенциал, а синие - отрицательный. Очевидно, что разрешение значительно улучшилось, даже для KPFM.
KPFM: Kelvin Probe Force Microscope
Примечание. Функциональность KPFM доступна по специальному заказу

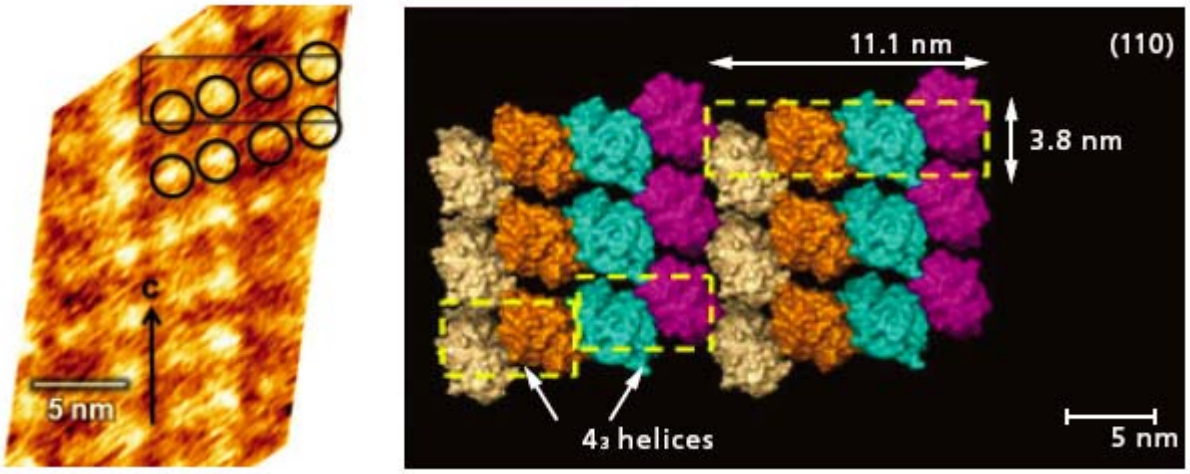
Молекулярная структура в тонкой пленке кристаллов Фталатоцианина свинца

На изображении представлены кристаллы фталатоцианина свинца, широко используемые в производстве органических светоизлучающих дисплеев и в солнечных батареях.
Ясно наблюдается четырех лопастная структура окружающая центральный атом металла.



Sample : $PbPc/MoS_2$

Молекулярная структура белка



Объект - насыщенный водный раствор Лизоцима яичного белка. Молекулы белка (окружности на левом рисунке) наблюдались внутри поверхности ячейки (прямоугольная область на рисунке). Существующие AFM техники не позволяют наблюдать внутренности ячейки, в то время как четыре молекулы белка наблюдаются при помощи сканирующего зондового микроскопа HR-SPM и полученные изображения согласуются с моделью, представленной на рисунке справа.

Наблюдаемые структуры гидратации / сольватации

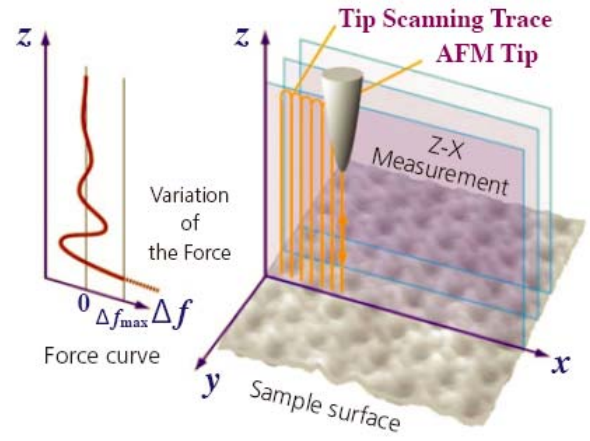
Как известно, жидкости при контакте с твердыми веществами начинают расслаиваться. Процесс называется сольватацией (гидратацией применительно к воде).

Считается, что эта характерная структура, отличающаяся от структуры чистой жидкости образуется под влиянием различных процессов, возникающих на границе жидкость / твердое тело, таких как растворение, химические реакции, перенос заряда, смачивание, увлажнение, перенос тепла в жидкую фазу.

Тем не менее, экстремально тонкий слой границы сольватации очень сложно измерить экспериментально. В частности, неоднородные структуры в плоскостном направлении поверхности ранее не наблюдались.

Сканирующий зондовый микроскоп HR-SPM дает возможность не только наблюдать поверхность, но и измерять на границе взаимодействия жидкость / твердое тело.

При измерении гидратации / сольватации, изменение силы на кантеливере очень невелико. Ультра-чувствительный метод частотной модуляции (FM) позволил измерить и эти силы. Метод дает возможность измерения структур сольвации не только в направлении Z-X , но также и анализировать трехмерные Z-XY структуры.



Pattern Diagram of Hydration/Solvation Measurement

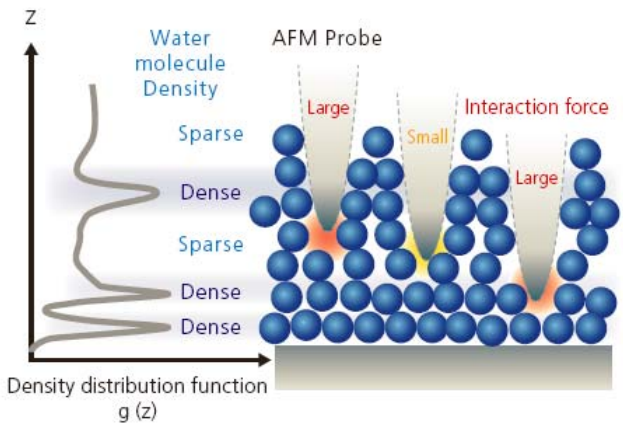


Diagram of Hydration/Solvation Measurement