

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Институт физики
Кафедра физики твердого тела

Сканирующий атомно-силовой
МИКРОСКОП

Выполнил: Никитин Николай
группа 620мф



Казань 2012

Немного истории...



Герд Биннинг



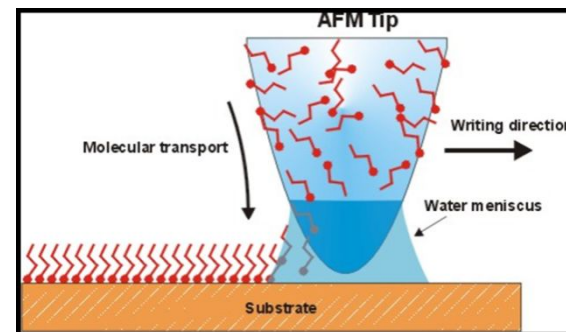
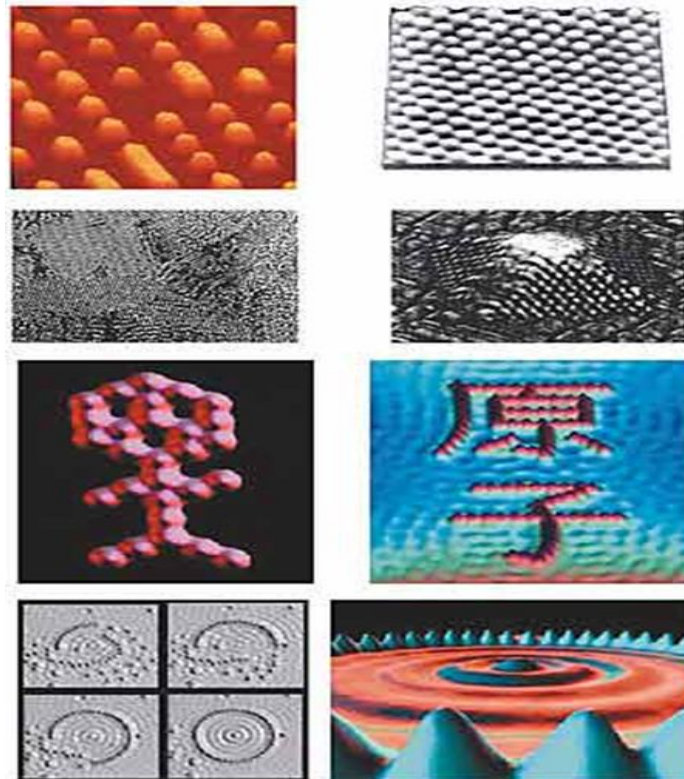
Генрих Рёерер

Сканирующий Атомно-силовой микроскоп (ССМ, по англ. *AFM* — *atomic-force microscope*) был создан в 1982 году Гердом Биннигом (Стэнфорд), Кельвином Куэйттом и Кристофером Гербером (IBM) в США, как модификация изобретённого ранее сканирующего туннельного микроскопа. В 1986 Герд Биннинг совместно с Генрихом Рёерером получил Нобелевскую премию по физике за изобретение сканирующего туннельного микроскопа.

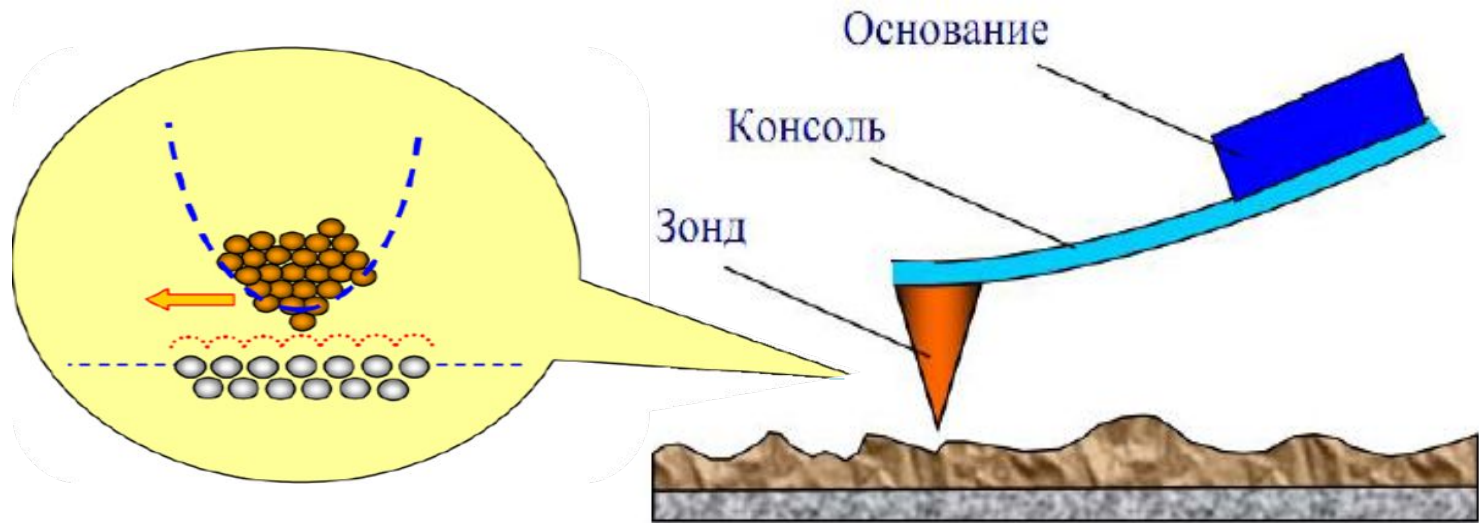


Возможности ССМ

- Получение изображений поверхности образцов
- Изучение электронных и магнитных состояний поверхности
- Изучение атомно-силовых взаимодействий
- Атомное конструирование
- Литография



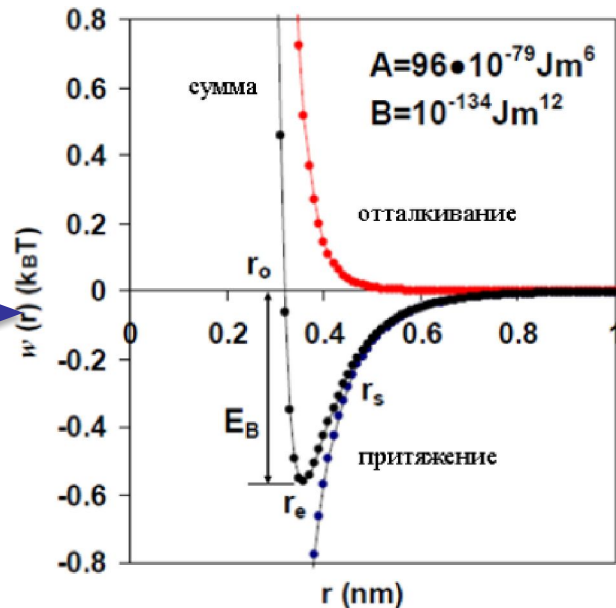
Физические основы метода



Ван-дер-ваальсова сила, действующая на атомы зонда со стороны атомов образца приводит к изгибу консоли и этот изгиб может быть зафиксирован



Сила Ван-дер-ваальса



Потенциал Леннарда- Джонса

Зонд ССМ испытывает притяжение со стороны образца на больших расстояниях и отталкивание на малых

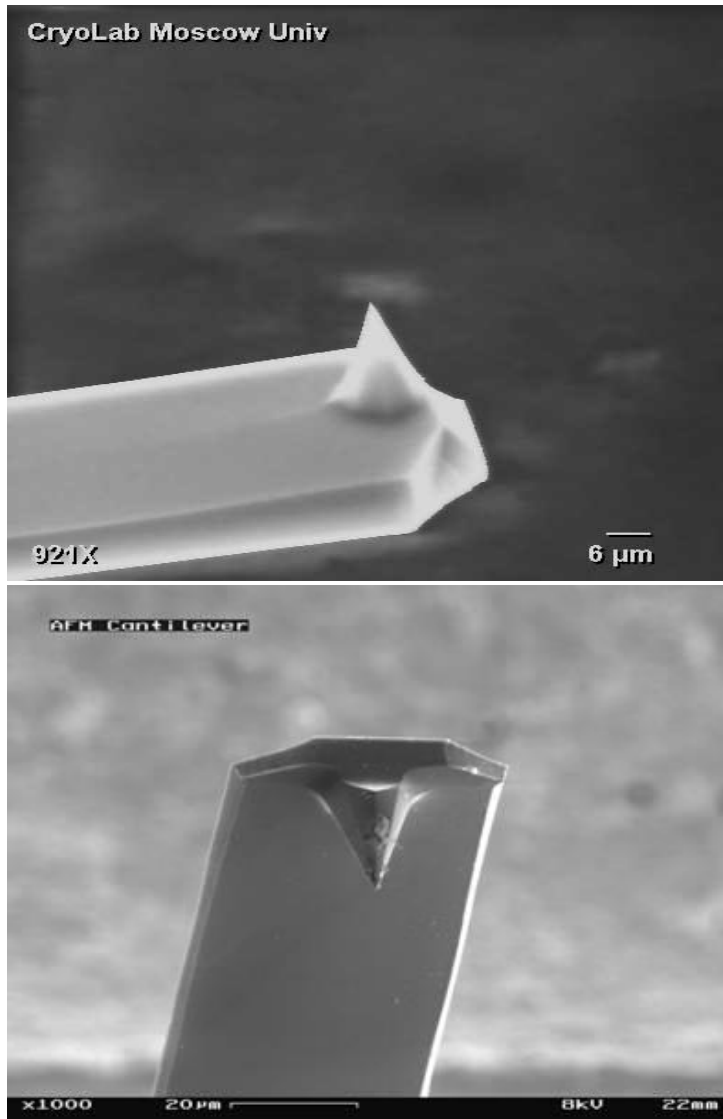
$$U_{ЛД} = \frac{-A}{r^6} + \frac{B}{r^{12}} = 4E_B \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$$



Сила взаимодействия

$$F_{ЛД} = \frac{-6A}{r^7} + \frac{12B}{r^{13}}$$

Датчики ССМ



Важнейшей составляющей ССМ являются сканирующие зонды – кантилеверы ("cantilever" - консоль, балка). На конце кантилевера (длина ≈ 500 мкм, ширина ≈ 50 мкм, толщина ≈ 1 мкм) расположен очень острый шип (длина ≈ 10 мкм, радиус закругления от 1 до 10 нм), оканчивающийся группой из одного или нескольких атомов



Сила взаимодействия

$$F = k\Delta Z$$

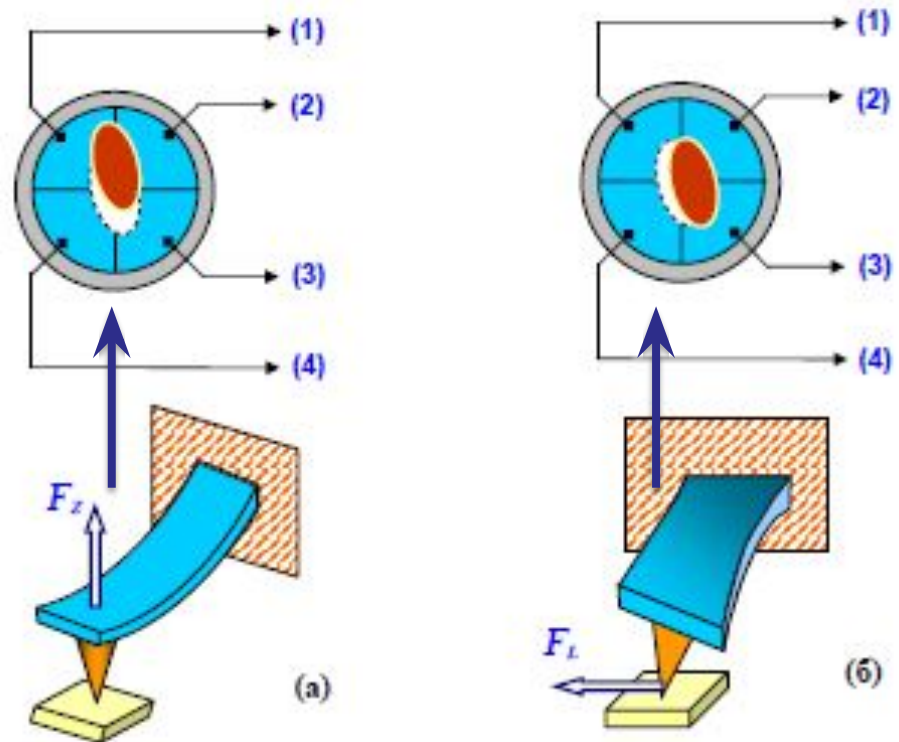
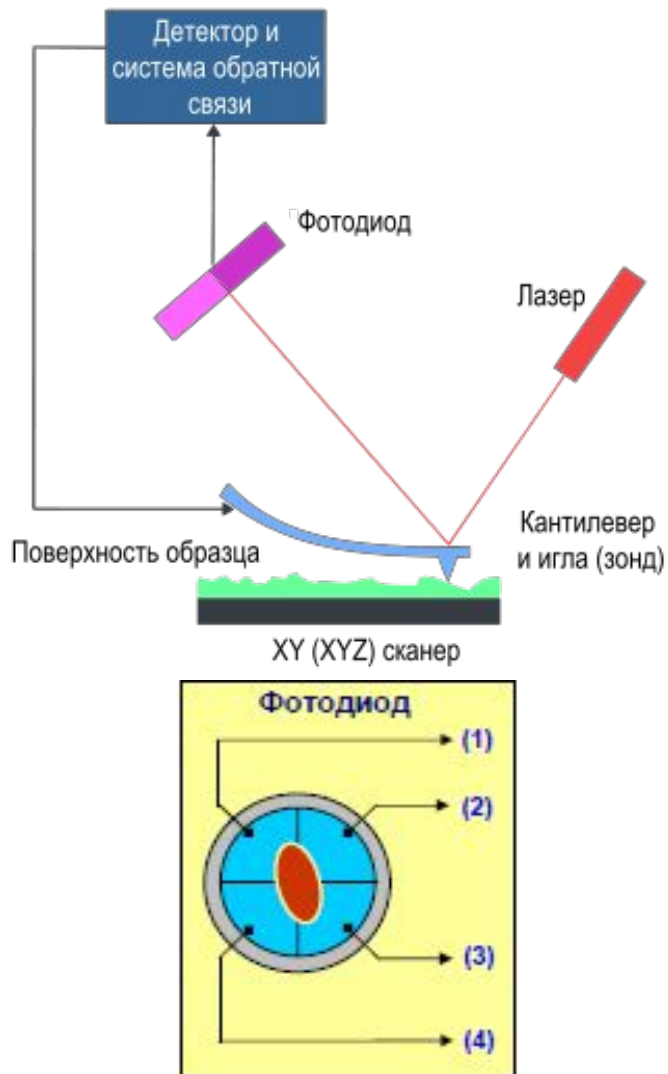
$$\omega_0 = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{\kappa}{m_{eff}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Конструкция атомно-силового микроскопа

Основными конструктивными составляющими атомно-силового микроскопа являются:

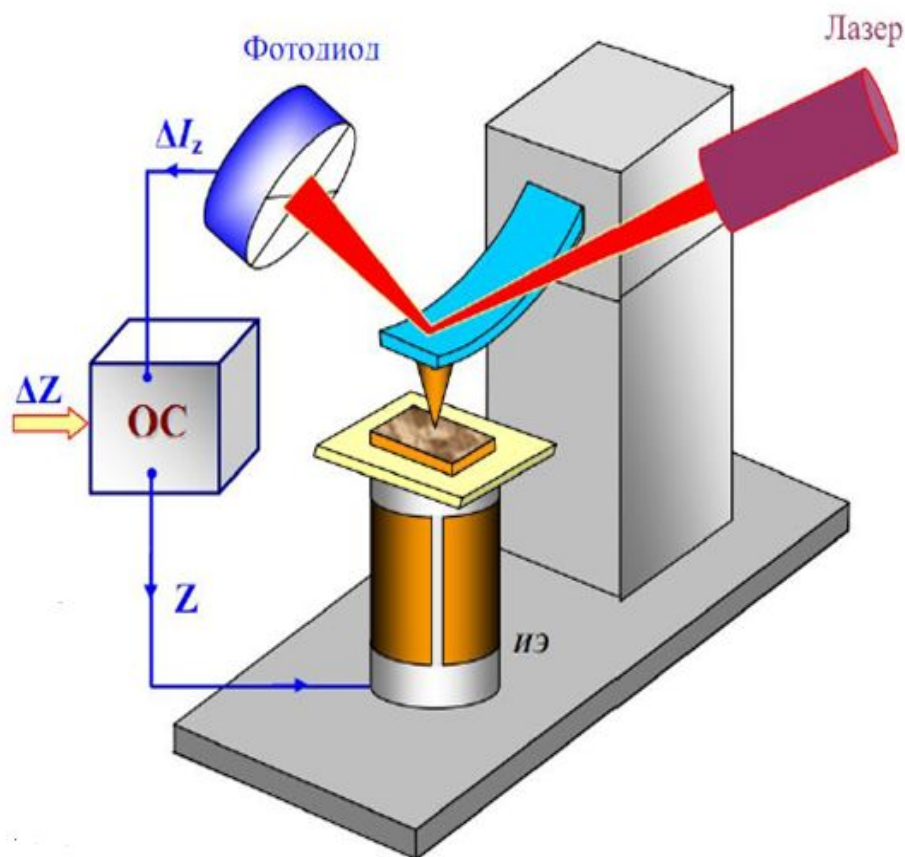
- Жёсткий корпус, удерживающий систему
- Держатель образца, на котором образец впоследствии закрепляется
- Устройства манипуляции
- Зонд
- Система регистрации отклонения зонда
 - Оптическая (включает лазер и фотодиод, наиболее распространённая)
 - Пьезоэлектрическая (использует прямой и обратный пьезоэффект)
 - Интерферометрическая (состоит из лазера и оптоволокон)
 - Ёмкостная (измеряется изменение ёмкости между кантилевером и расположенной выше неподвижной пластиной)
 - Туннельная (исторически первая, регистрирует изменение туннельного тока между проводящим кантилевером и расположенной выше туннельной иглой)
- Система обратной связи
- Управляющий блок с электроникой

Система регистрации изгиба



Соответствие между типом деформации консоли зондового датчика и изменением положения пятна засветки на фотодиоде

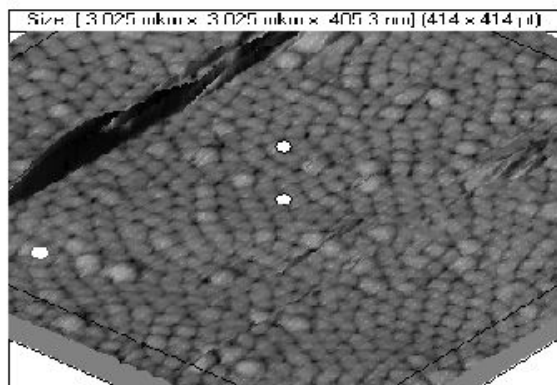
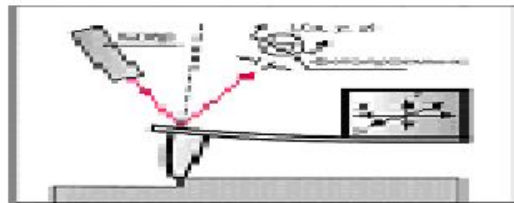
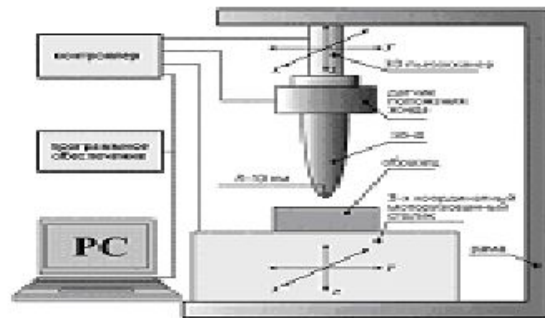
Принцип работы



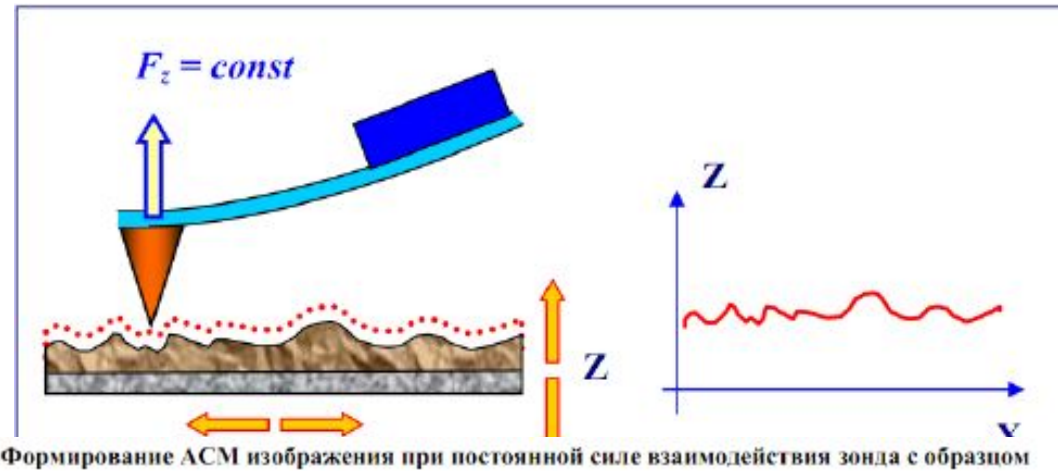
Δl – входной параметр
При сканировании образца в режиме $\Delta Z = const$ зонд перемещается вдоль поверхности, при этом напряжение на Z-электроре сканера записывается в память компьютера в качестве рельефа поверхности $Z = f(x, y)$.
Пространственное разрешение АСМ определяется радиусом закругления зонда и чувствительностью системы, регистрирующей отклонения консоли. В результате, можно строить объёмный рельеф поверхности образца в режиме реального времени. Разрешающая способность АСМ метода составляет примерно 0,1-1 нм по горизонтали и 0,01 нм по вертикали.

Программное обеспечение для станков с ЧПУ

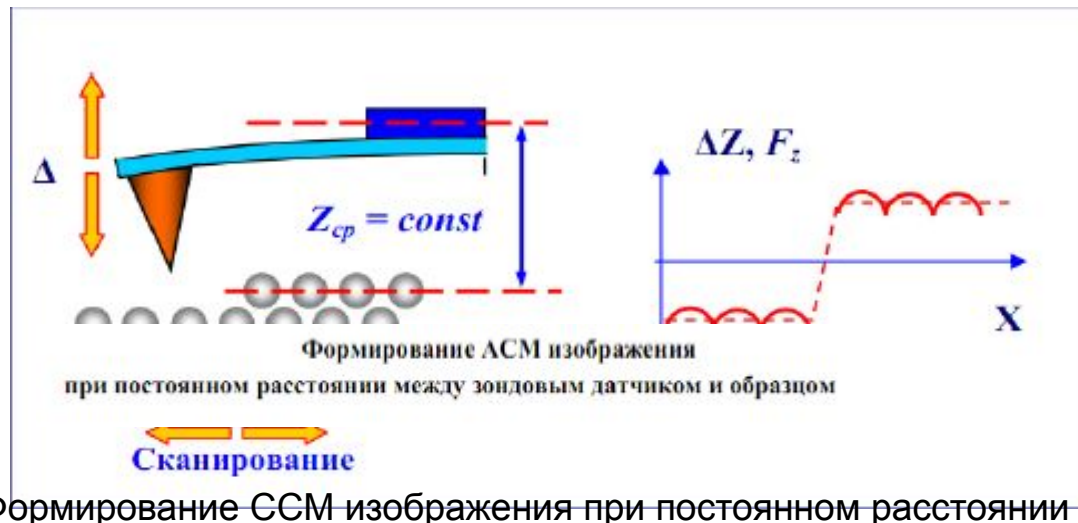
Атомная силовая



Два приема ССМ



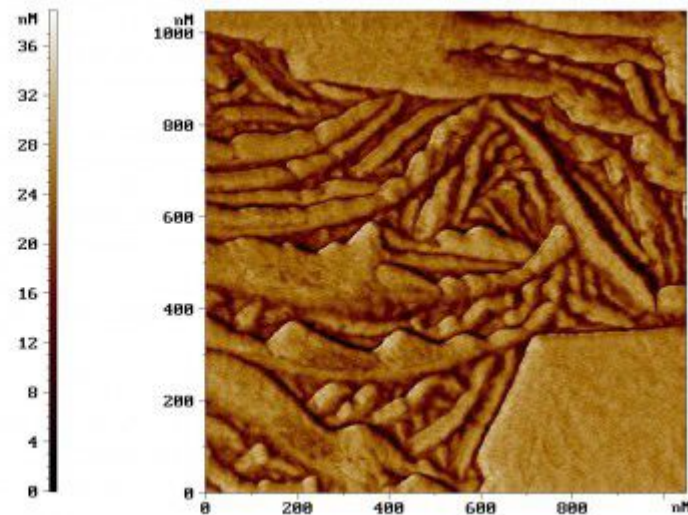
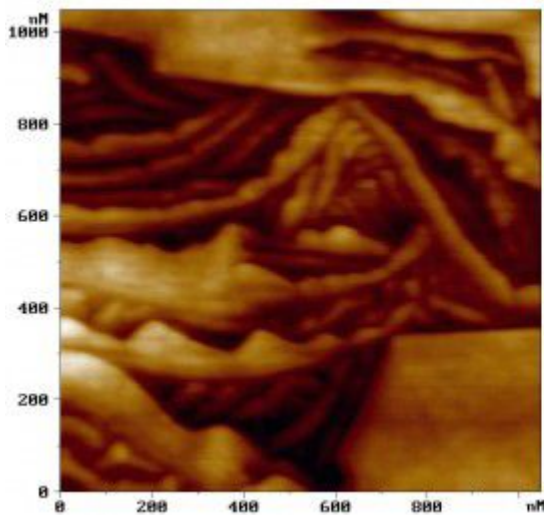
Формирование ССМ изображения при постоянной силе взаимодействия зонда с образцом



Режимы работы



- РЕЖИМЫ РАБОТЫ
 - контактный
 - полуконтактный
 - бесконтактный



ССМ изображения полученные в полуконтактном режиме

CCM



Список литературы

1. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В.Л. Миронов. – Н. Новгород. – 2004. – 114 с.
2. <http://phys.unn.ru/Библиотека-Материалы> лекций, методические пособия- Сканирующая зондовая спектроскопия
3. Bhanu. Methods in Cell / Bhanu, P. Jena, J. Heinrich, K. Horber // Biology. – 2002. – Vol 68.
4. Li, Hong-Qiang. “Atomic Force Microscopy”.
<http://www.chembio.uoguelph.ca/educmat/chm729.afm.htm>

Спасибо за внимание!