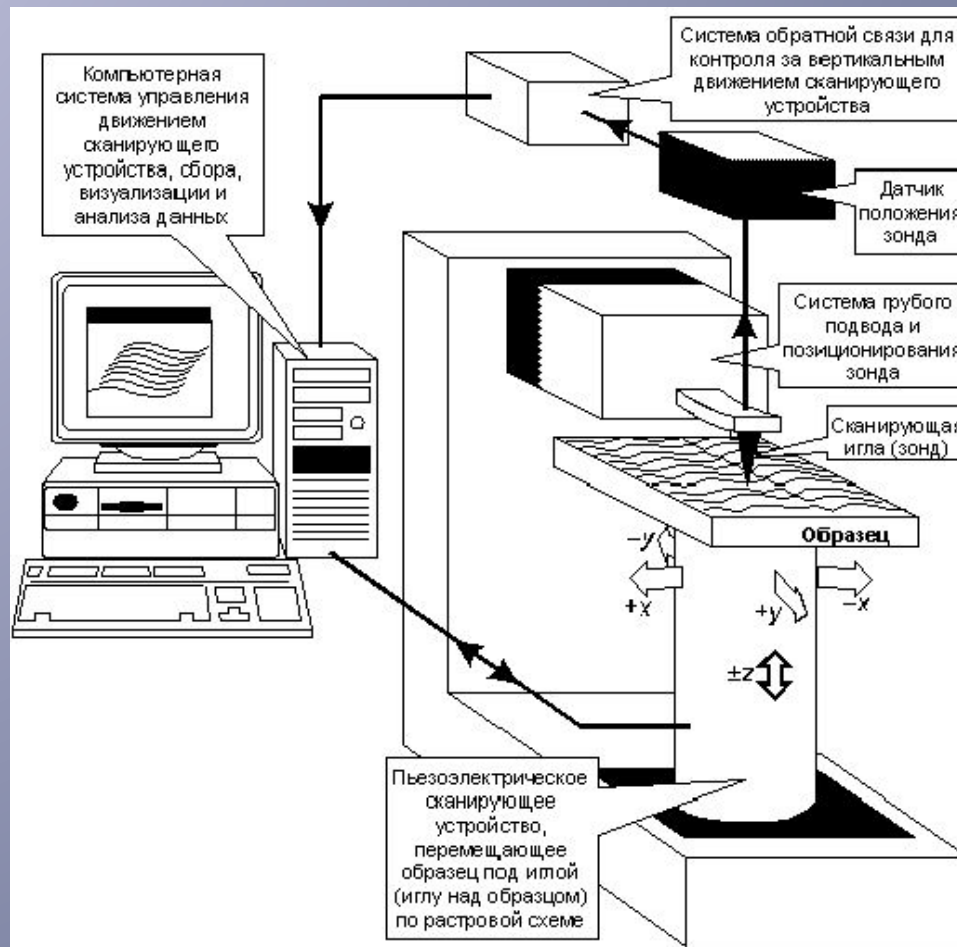




Современная зондовая микроскопия

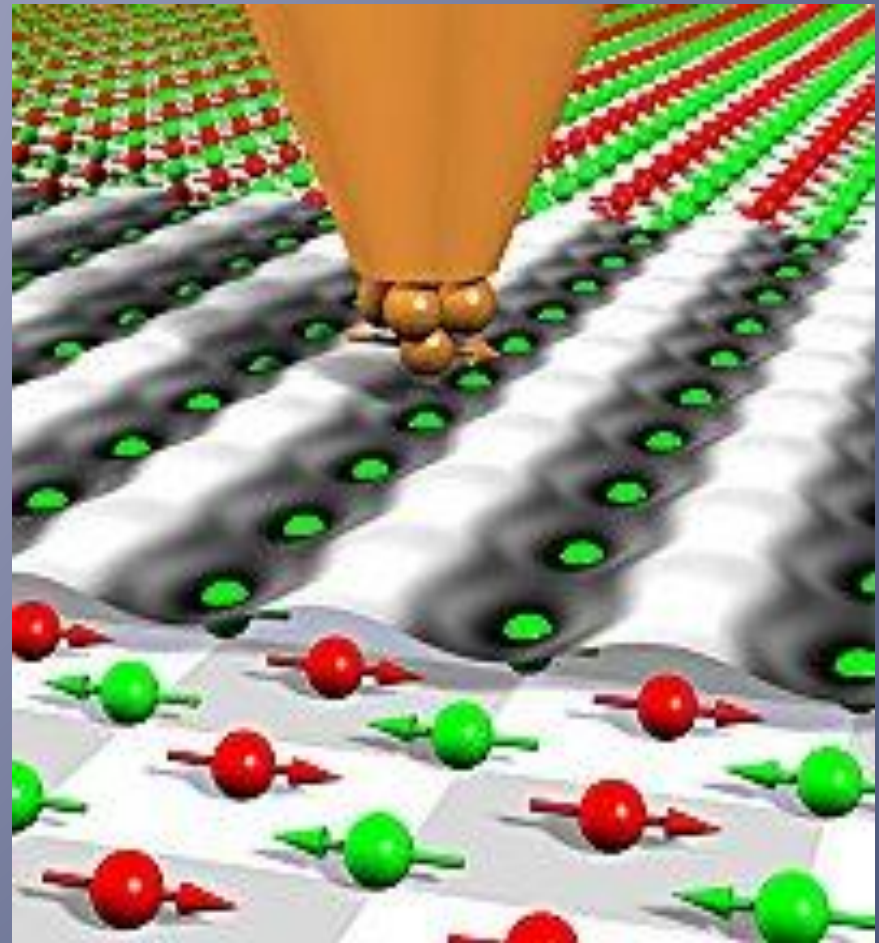
Теоретические основы



Обобщенная структурная схема сканирующего зондового микроскопа

Сканирующие зондовые микроскопы

- Общей чертой всех сканирующих зондовых микроскопов является способ получения информации о свойствах исследуемой поверхности. Микроскопический зонд сближается с поверхностью до установления между зондом и образцом баланса взаимодействий определенной природы, после чего осуществляется сканирование.



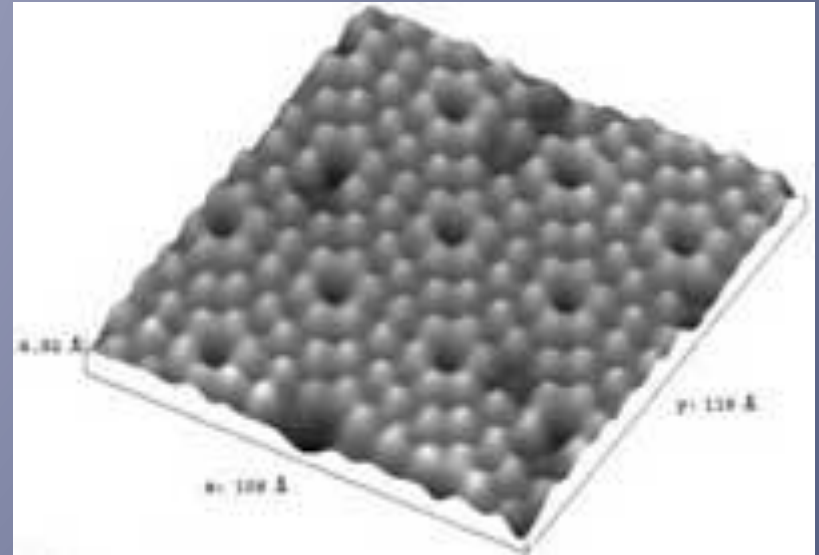
Немного истории...



**Цюрих Герхард
Биннинг**



Хайнрих Рёер



**STM изображение
поверхности
монокристаллического
кремния.
Реконструкция 7 x 7**

Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ)



а - промышленная консоль;
б - острие иглы.

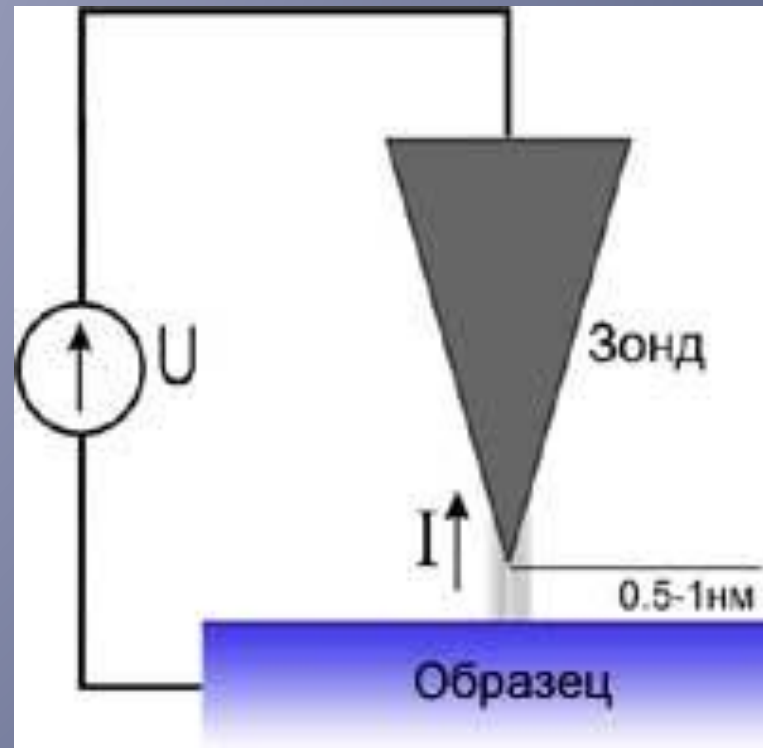
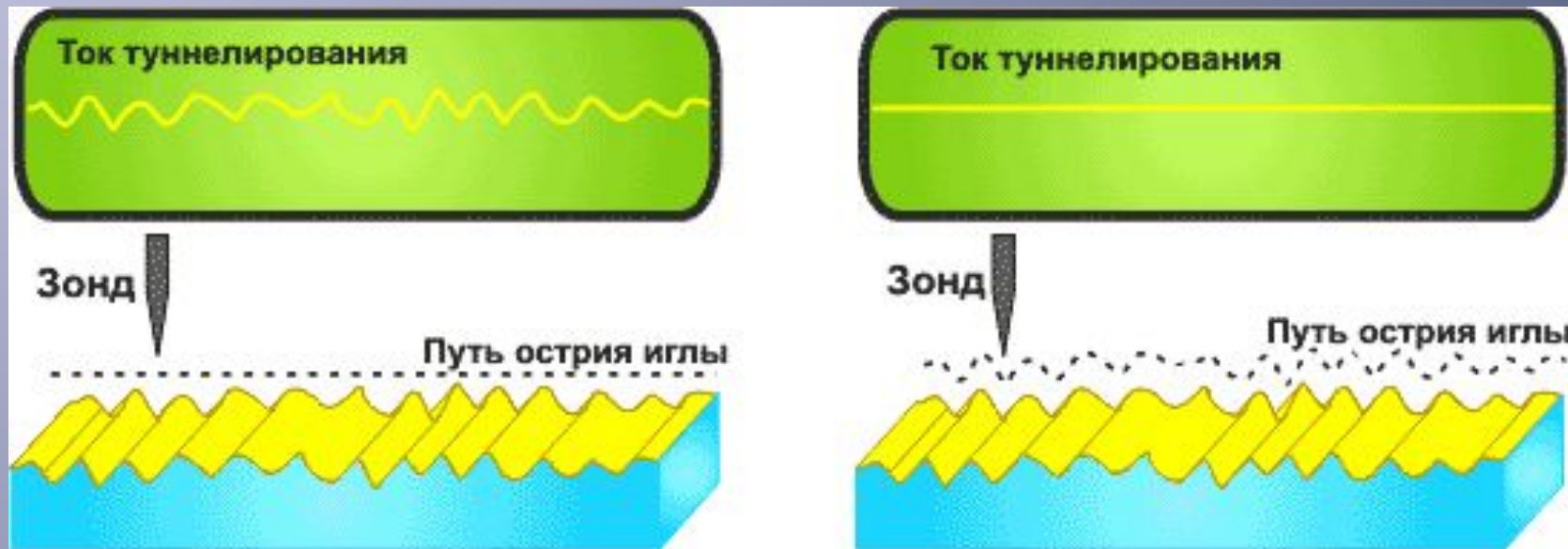


Схема работы сканирующего туннельного микроскопа

Режимы работы СТМ:



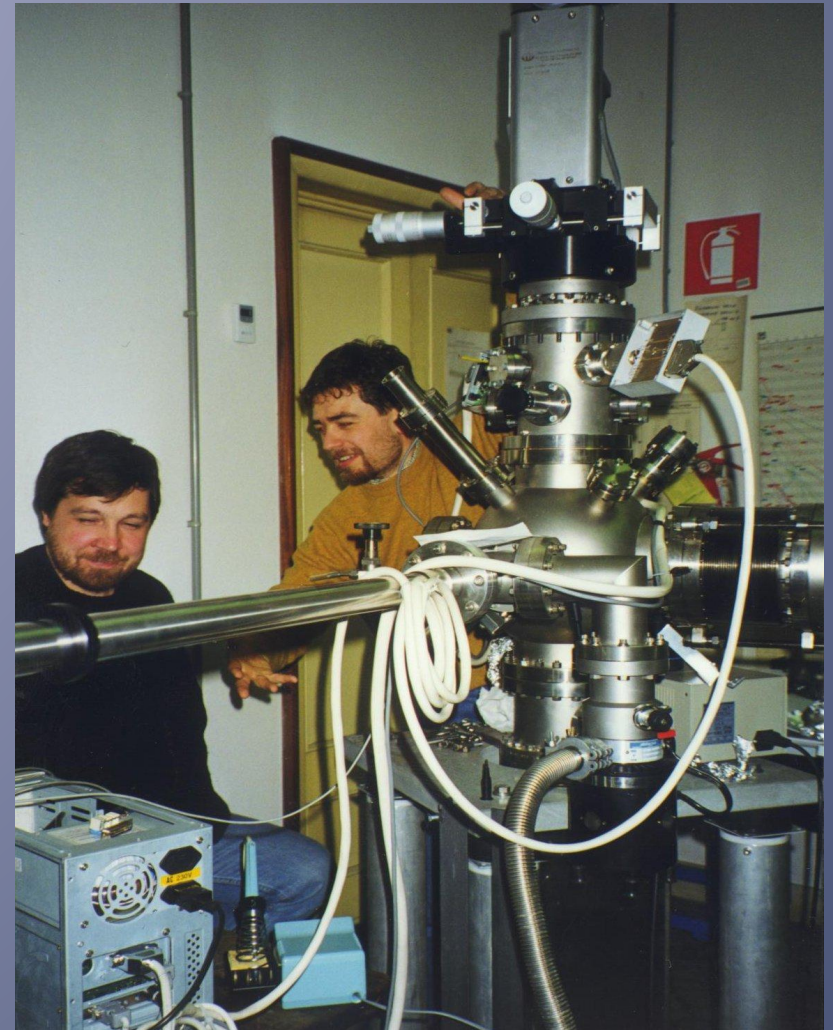
а

б

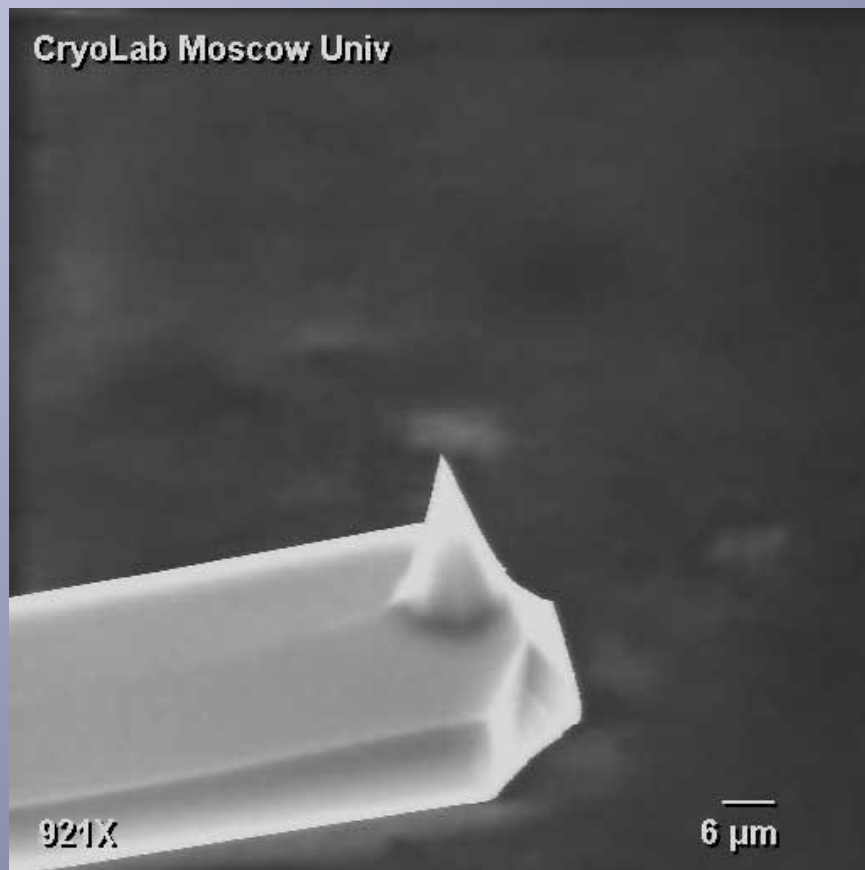
а - в режиме постоянной высоты; б - в режиме постоянного тока

СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНЫЙ СКАНИРУЮЩИЙ ТУННЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП GPI SPM-300

- сверхвысоковакуумный сканирующий туннельный микроскоп. Области применения:
 - химические и фотохимические реакции,
 - катализ,
 - напыление,
 - полупроводниковые технологии,
 - адсорбция,
 - модификация поверхности ионами, электронами и другими частицами,
 - нанотехнология, атомные манипуляции.



Атомно-силовой микроскоп



Изображение кантилевера NCS16 полученное в лаборатории МГУ физического факультета.

Важнейшей составляющей АСМ (Атомно-силового микроскопа) являются сканирующие зонды – кантилеверы, свойства микроскопа напрямую зависят от свойств кантилевера.

Частота собственных колебаний зонда

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

Атомно-силовой электронный микроскоп (АСМ)

В нем регистрируют изменения силы притяжения иглы к поверхности от точки к точке. Деформацию кантилевера регистрируют по отклонению лазерного луча, падающего на его тыльную поверхность, или с помощью пьезорезистивного эффекта, возникающего в самом кантилевере при изгибе;

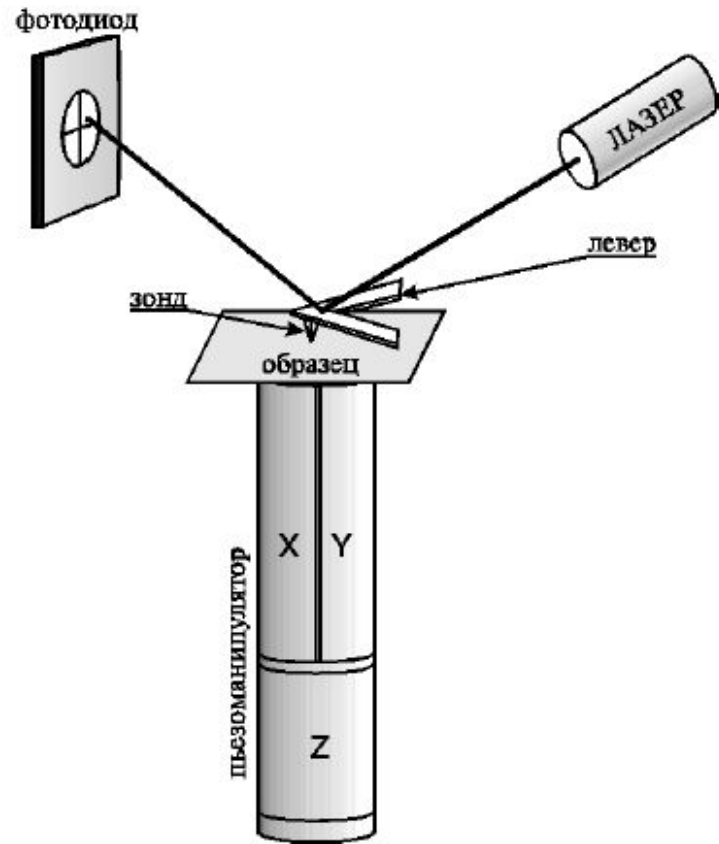
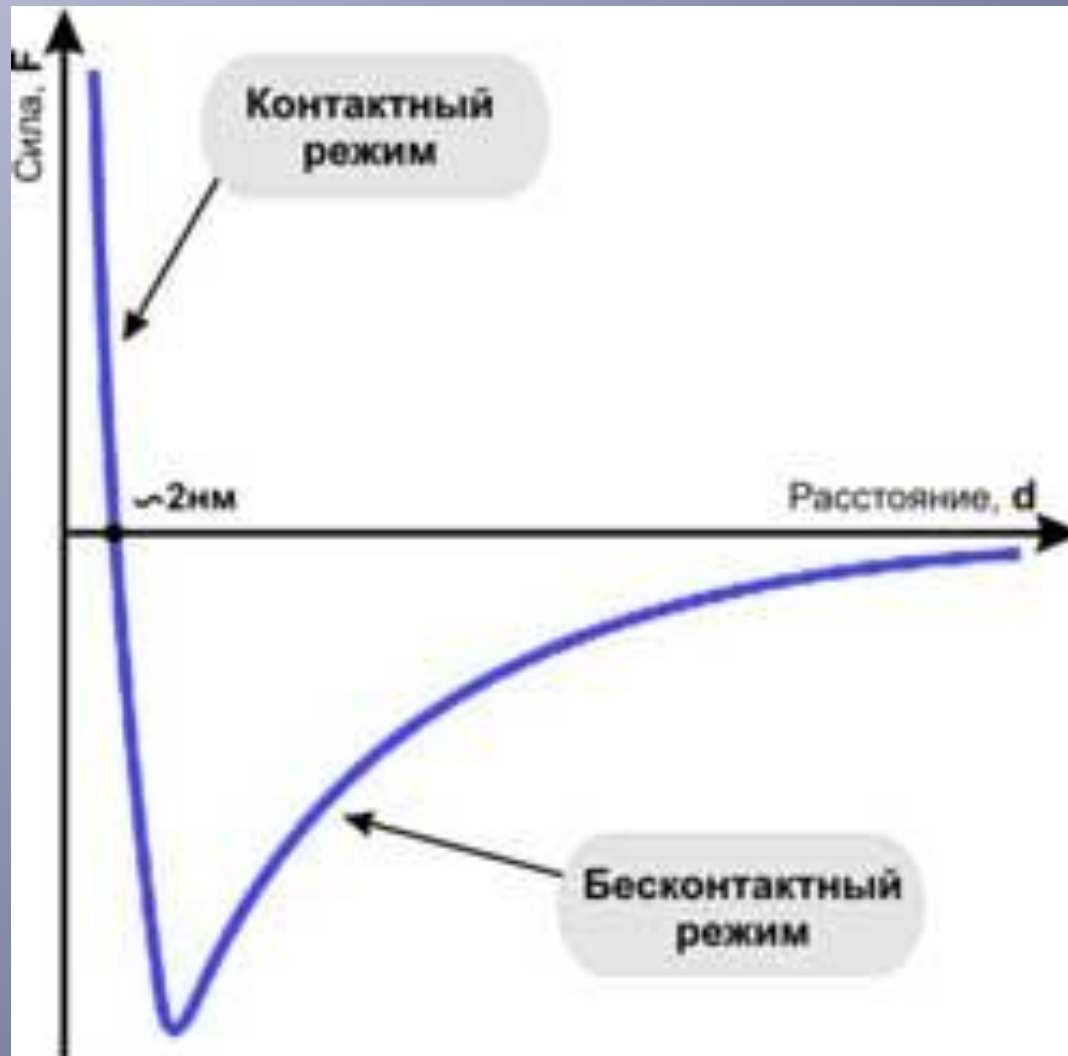
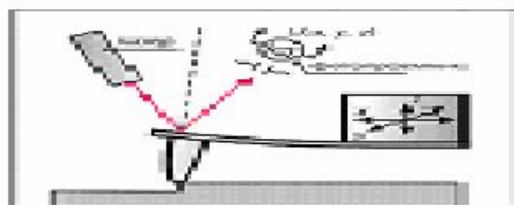
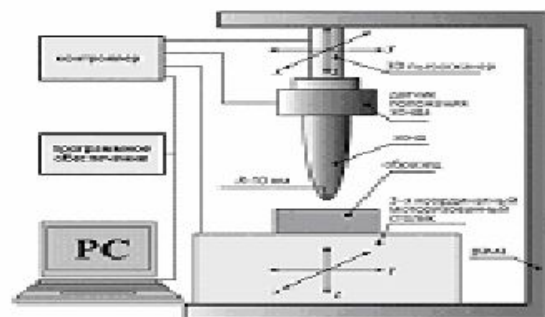


Рис. 1. Основные узлы механической части атомно-силового микроскопа

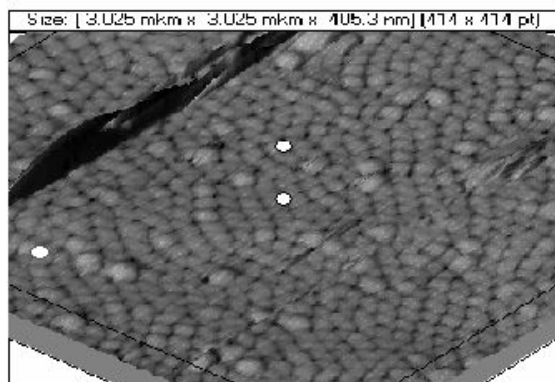
Зависимость силы межатомного взаимодействия от расстояния между острием и образцом



Метод исследования: атомная силовая микроскопия (АСМ)



Компьютерный анализ АСМ-изображений дает трехмерное изображение поверхности и информацию о профиле поверхности.



3D-изображение поверхности зерна металла после удаления оксида



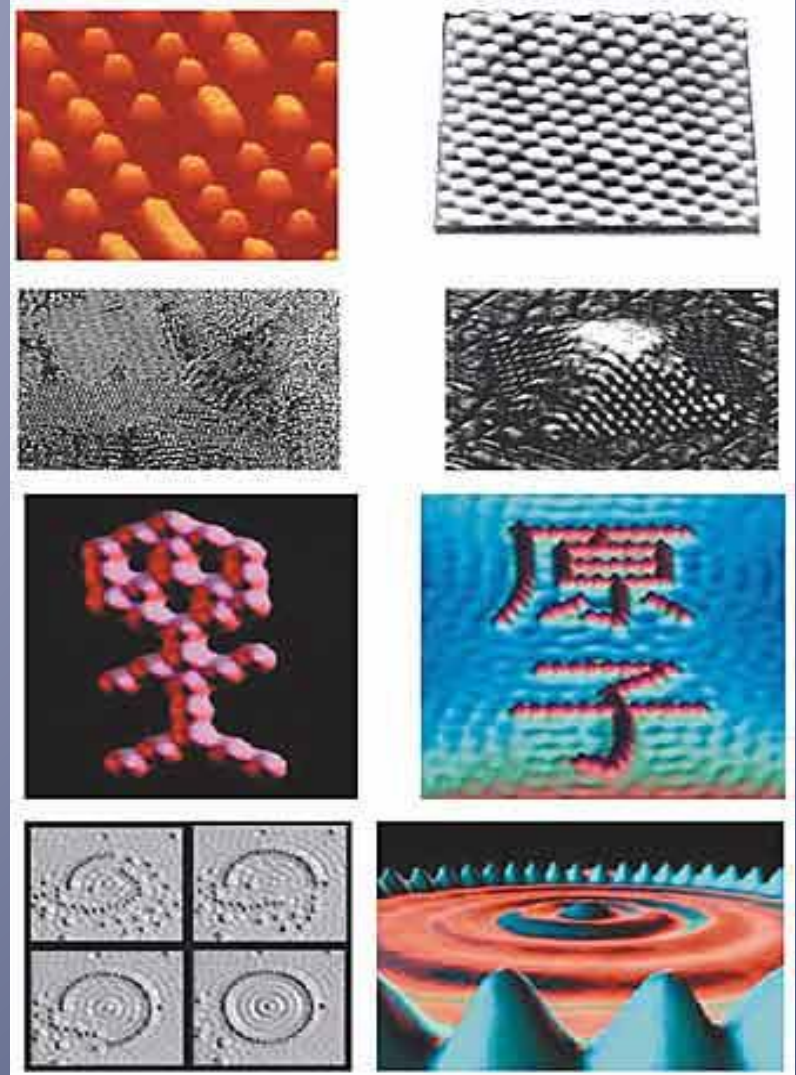
Профиль поверхности зерна.

Атомно-силовой микроскоп

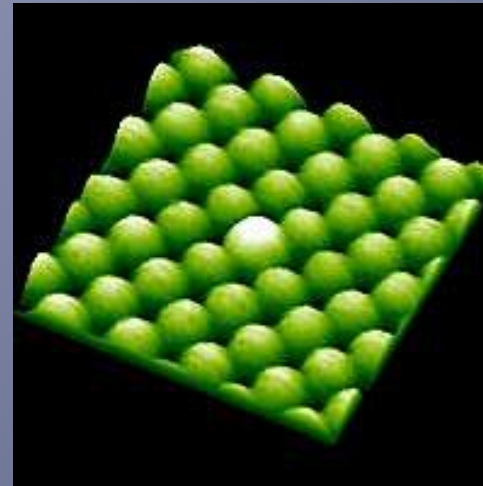
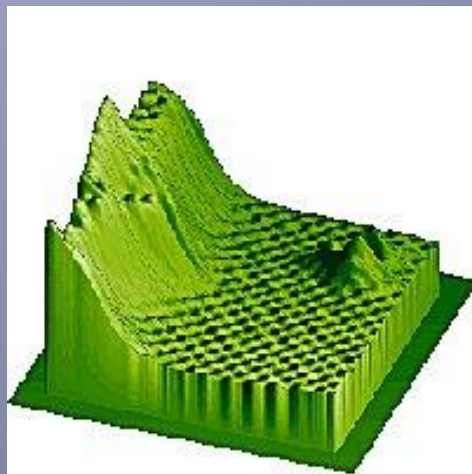
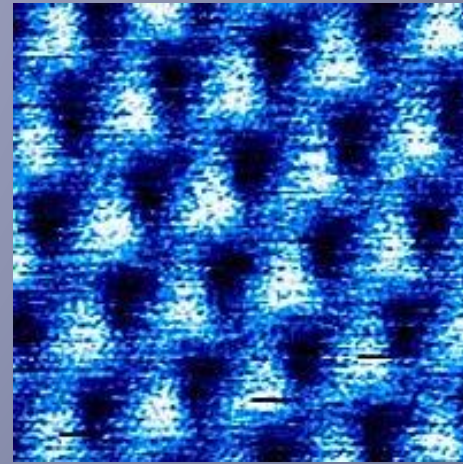
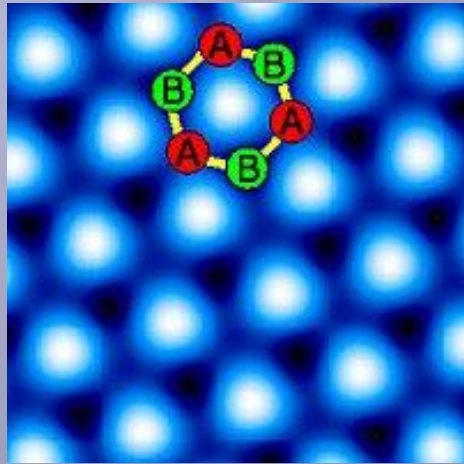


Возможности АСМ

- Атомно-силовой микроскоп успешно осваивает и профессию литографа.
- Локальное окисление (анодирование) поверхности, производимое острием атомно-силового или туннельного микроскопа, позволяет формировать различные наноструктуры.



Возможности СТМ



Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ)

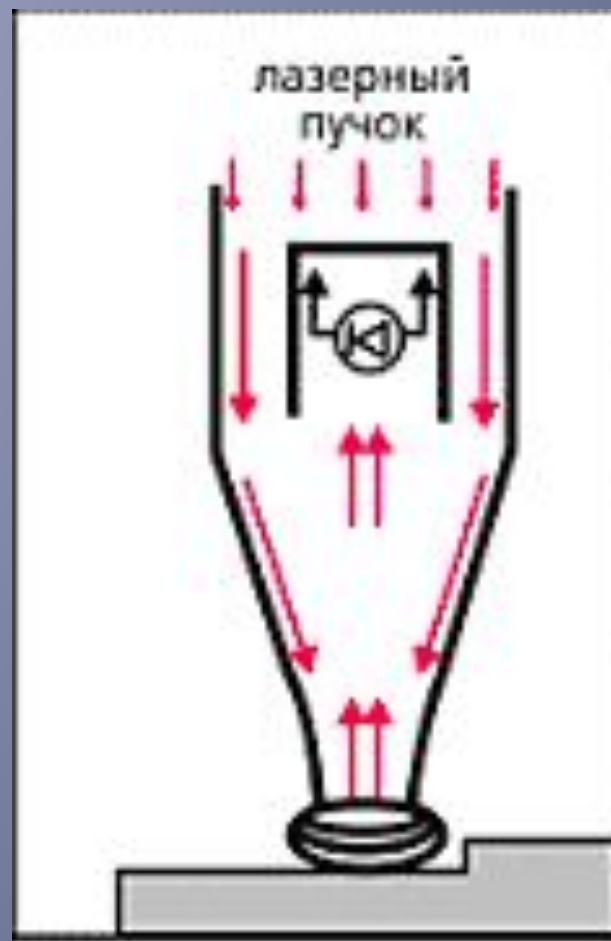
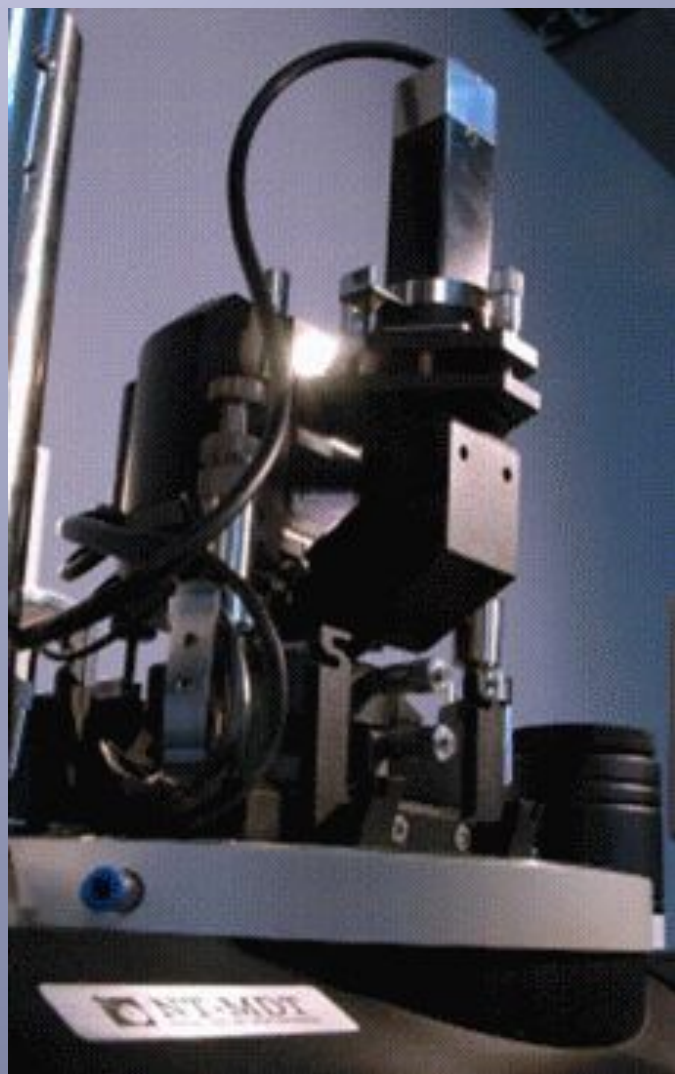
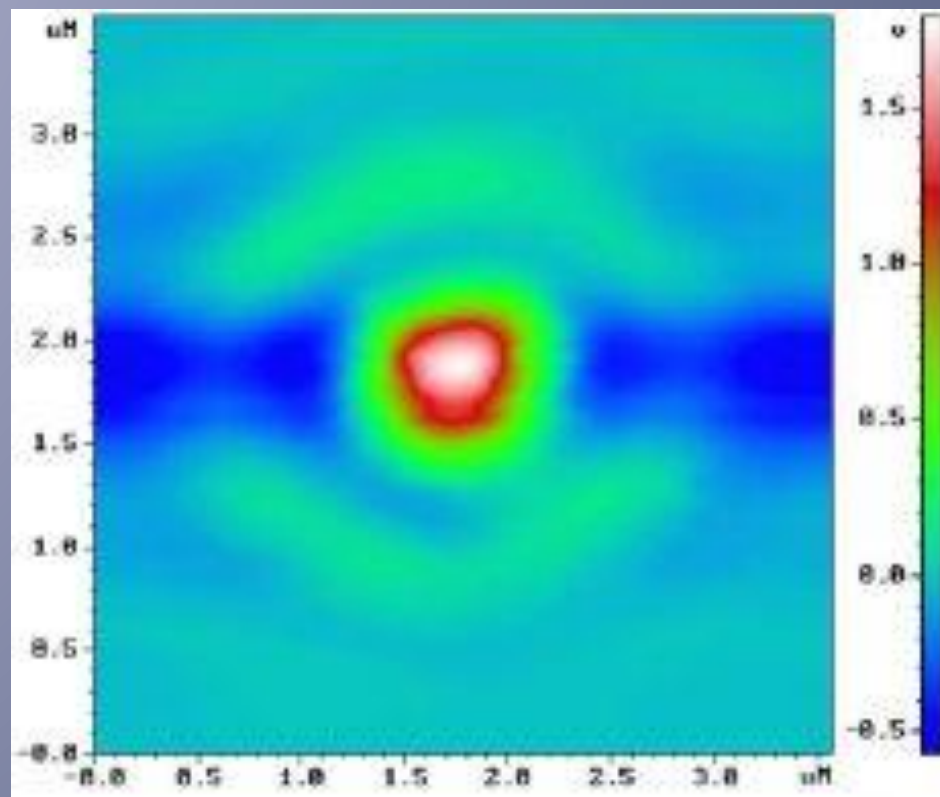
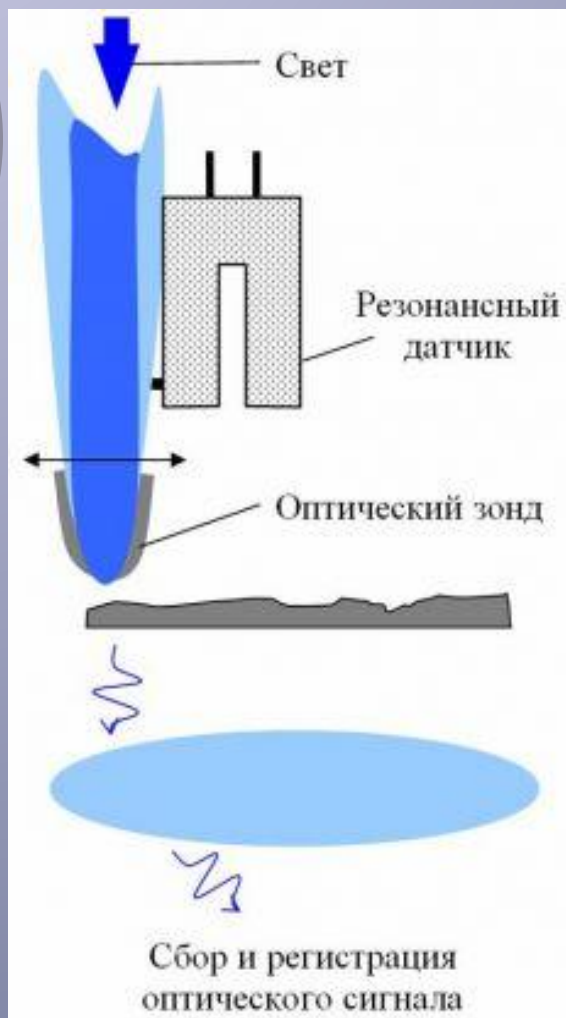


Схема ближнепольного оптического микроскопа

Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ)



Картина дифракции, возникающая при фокусировании света объективом обычного оптического микроскопа. Изображение получено с помощью СБОМ (Интегра Солярис, НТ-МДТ), распределение интенсивности оптического сигнала кодировано псевдоцветом (шкала показана справа).

Лаборатория сканирующей зондовой микроскопии

