

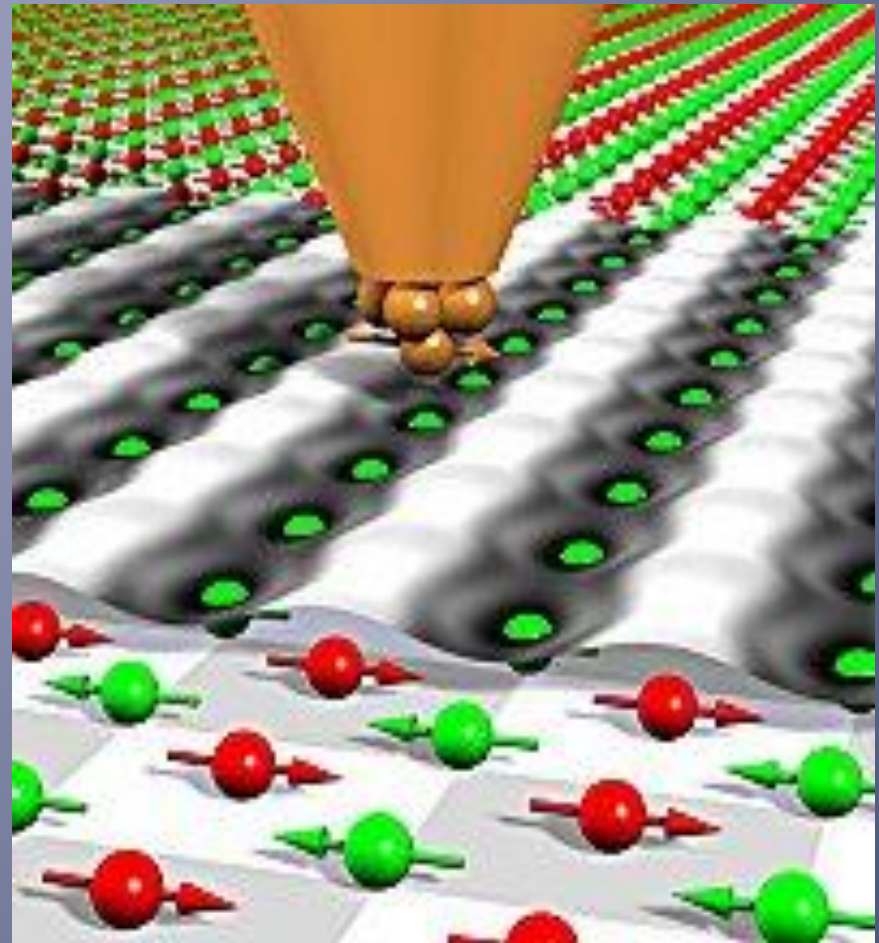


# Современная зондовая микроскопия



# 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.



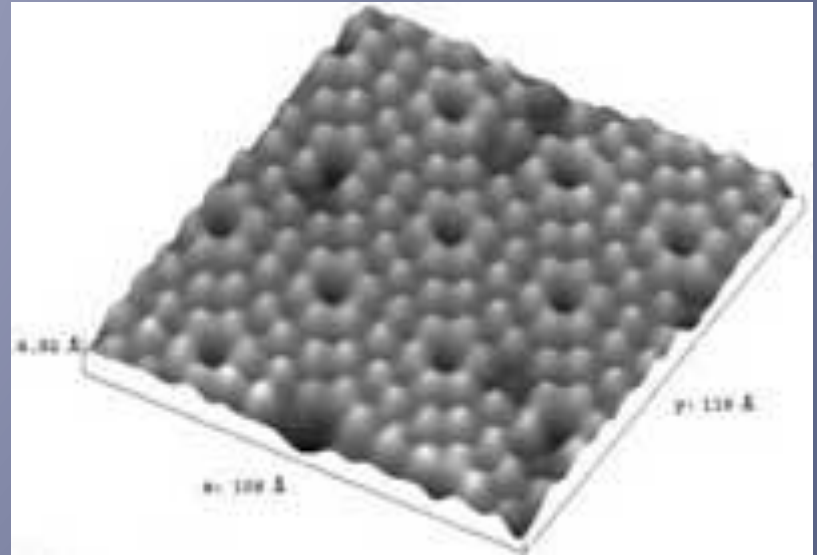
# Немного истории...



**Цюрих Герхард  
Биннинг**



**Хайнрих Рёер**



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

# Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ)



а - промышленная консоль;  
б - острие иглы.

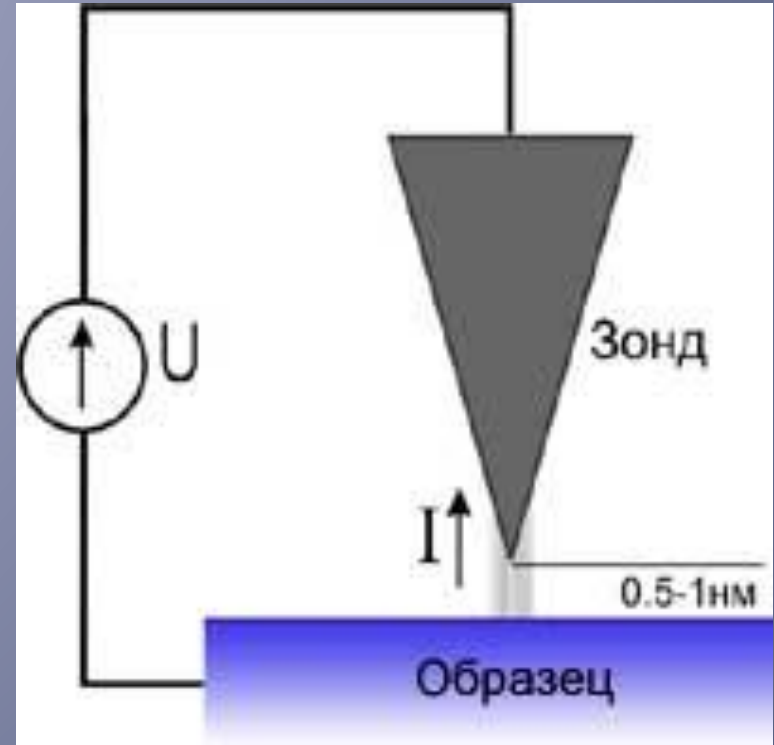
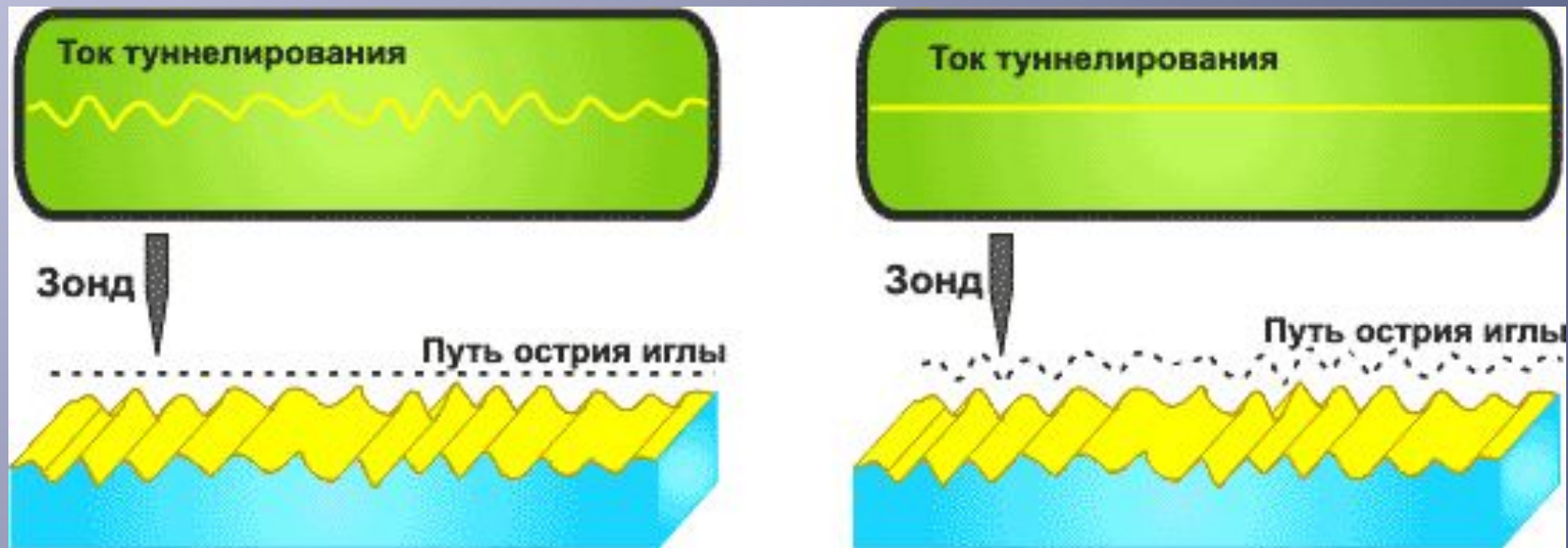


Схема работы сканирующего туннельного микроскопа



# Режимы работы СТМ:



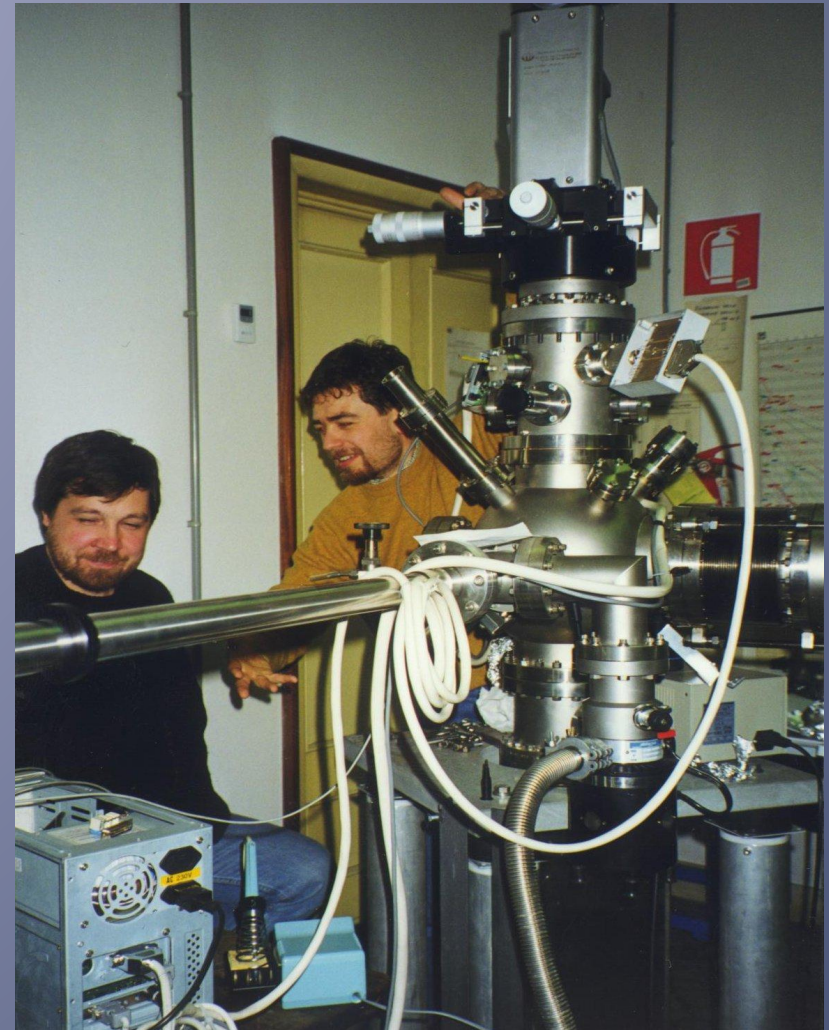
а

б

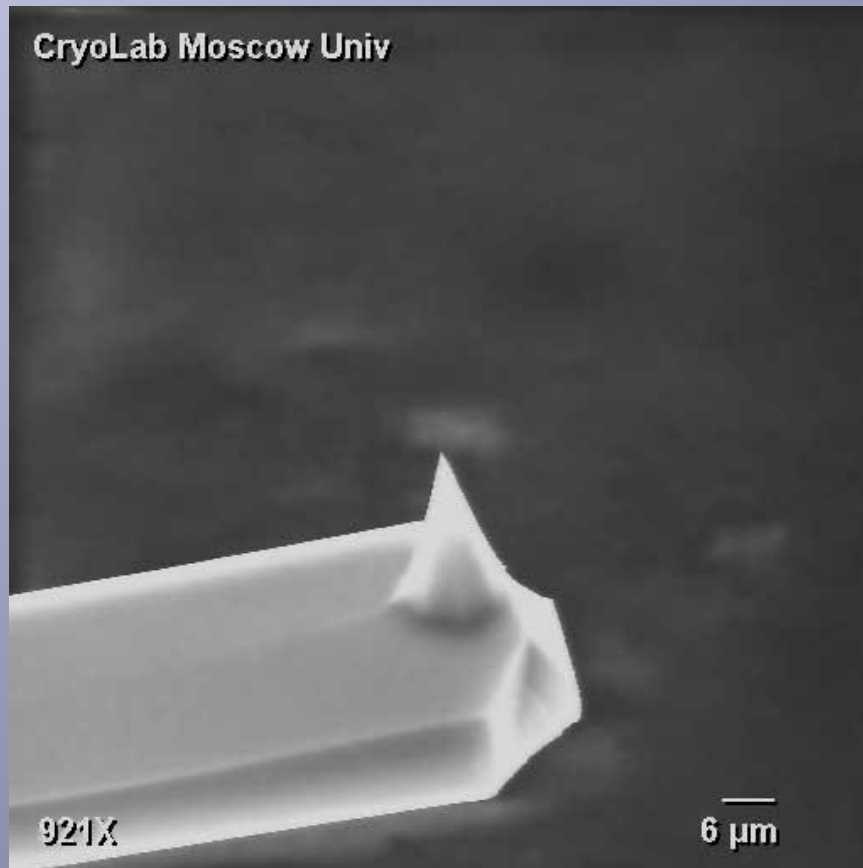
а - в режиме постоянной высоты; б - в режиме постоянного тока

# 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**

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



# 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;

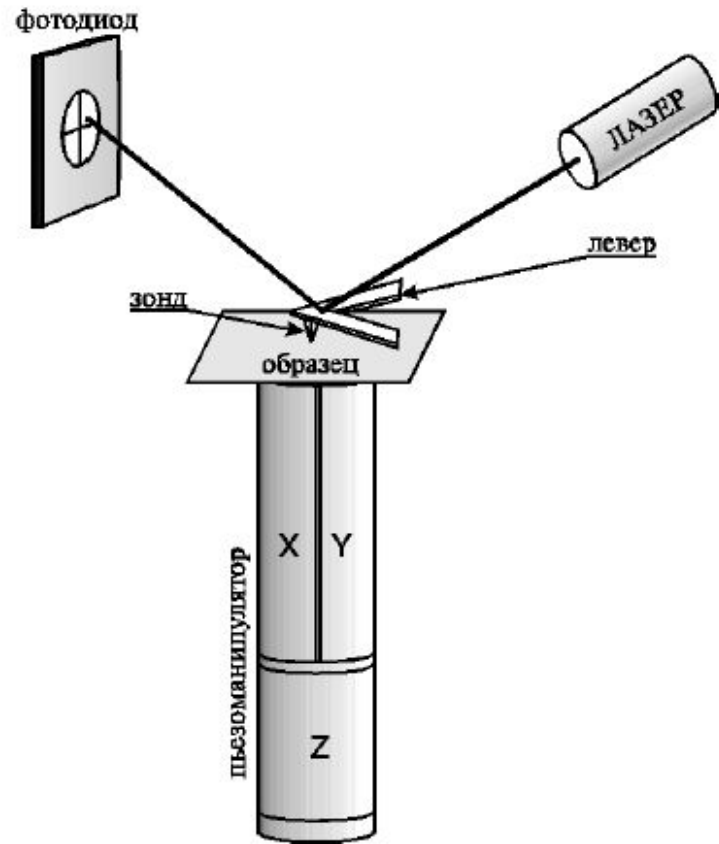
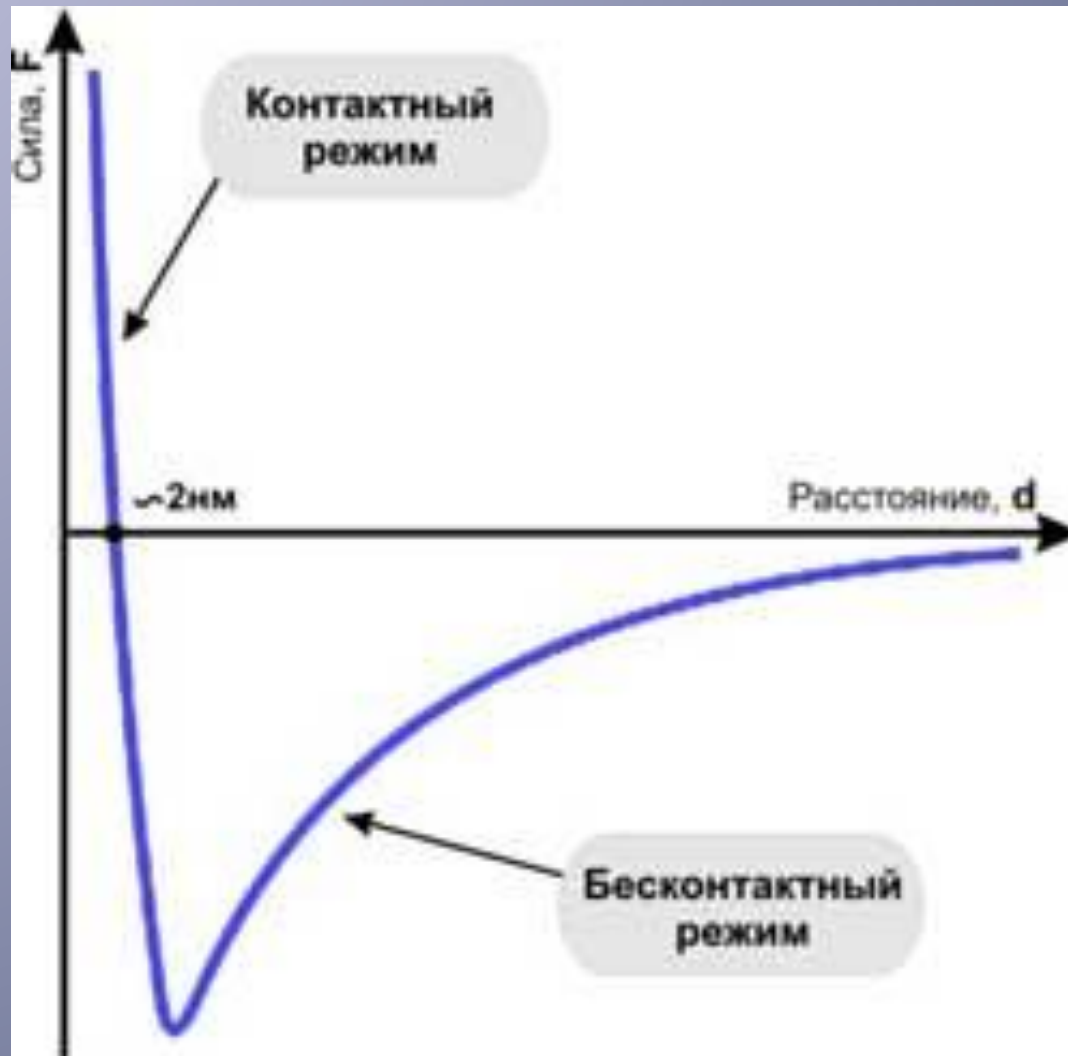
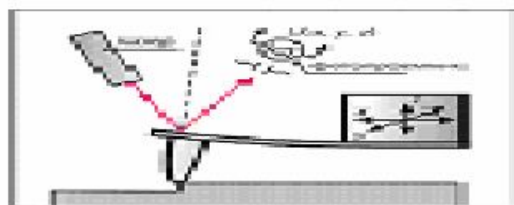
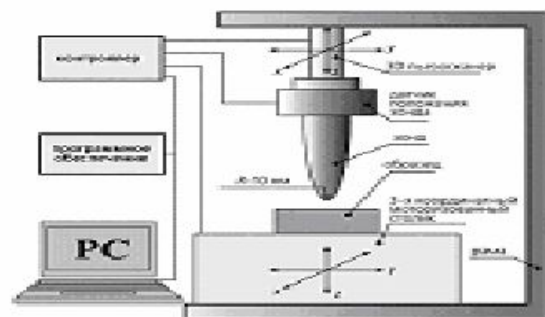


Рис. 1. Основные узлы механической части атомно-силового микроскопа

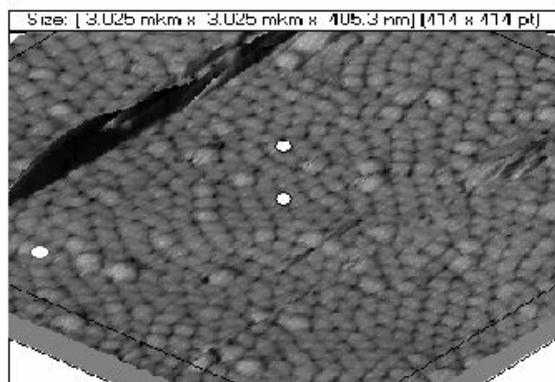
# Зависимость силы межатомного взаимодействия от расстояния между острием и образцом



# 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.

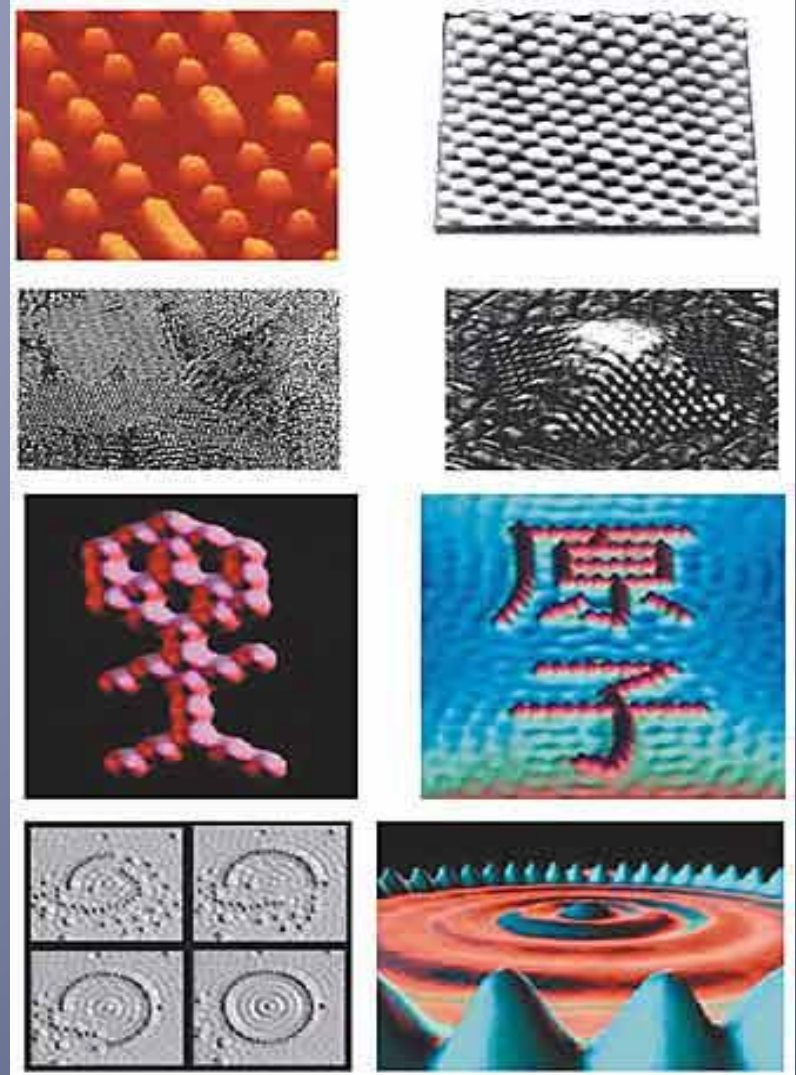
# Атомно-силовой микроскоп





# Возможности АСМ

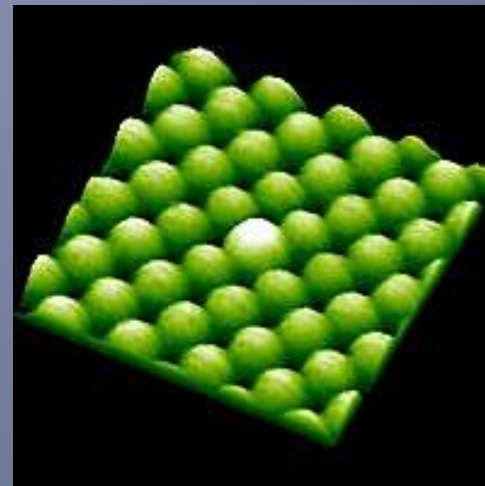
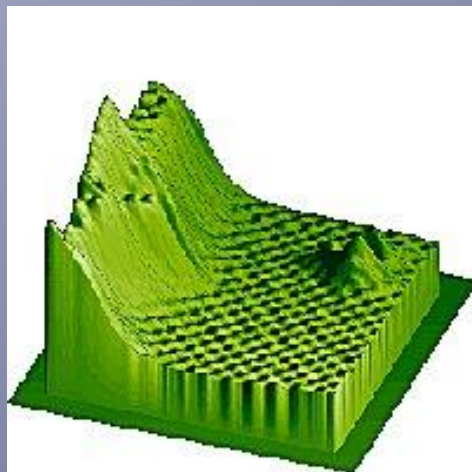
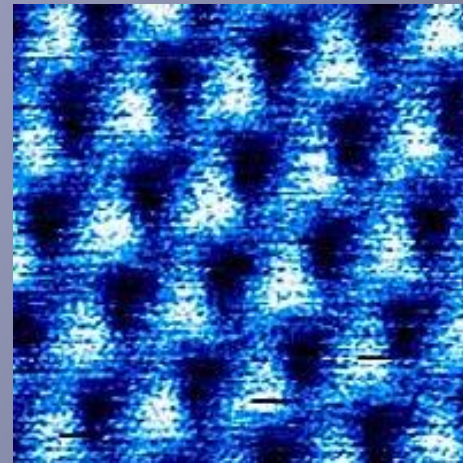
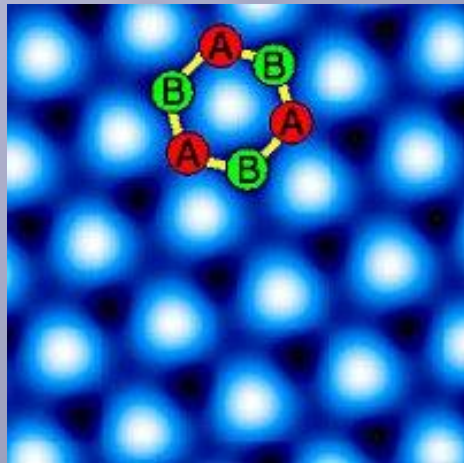
- Атомно-силовой микроскоп успешно осваивает и профессию литографа.
- Локальное окисление (анодирование) поверхности, производимое острием атомно-силового или туннельного микроскопа, позволяет формировать различные наноструктуры.





# Возможности СТМ

---



# Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ)

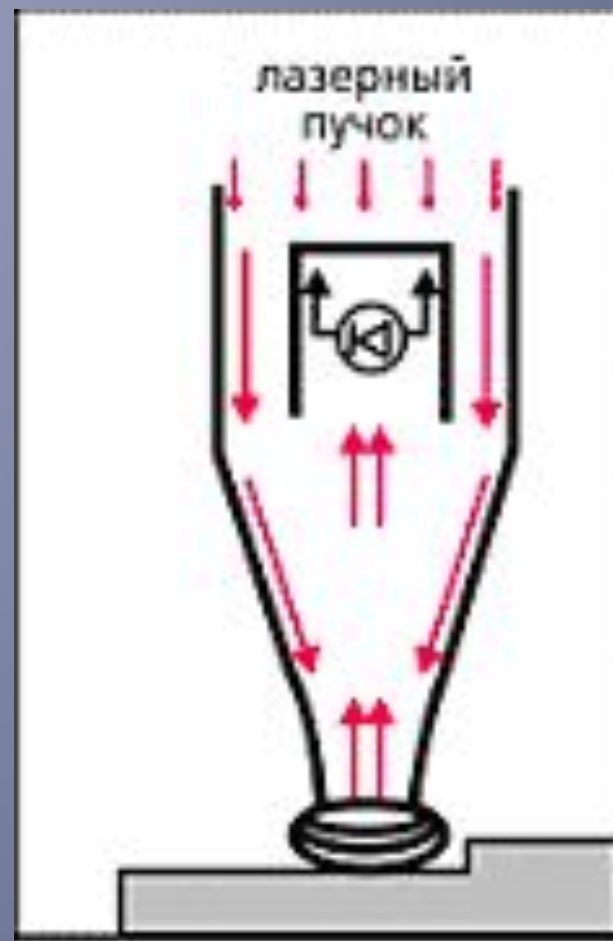
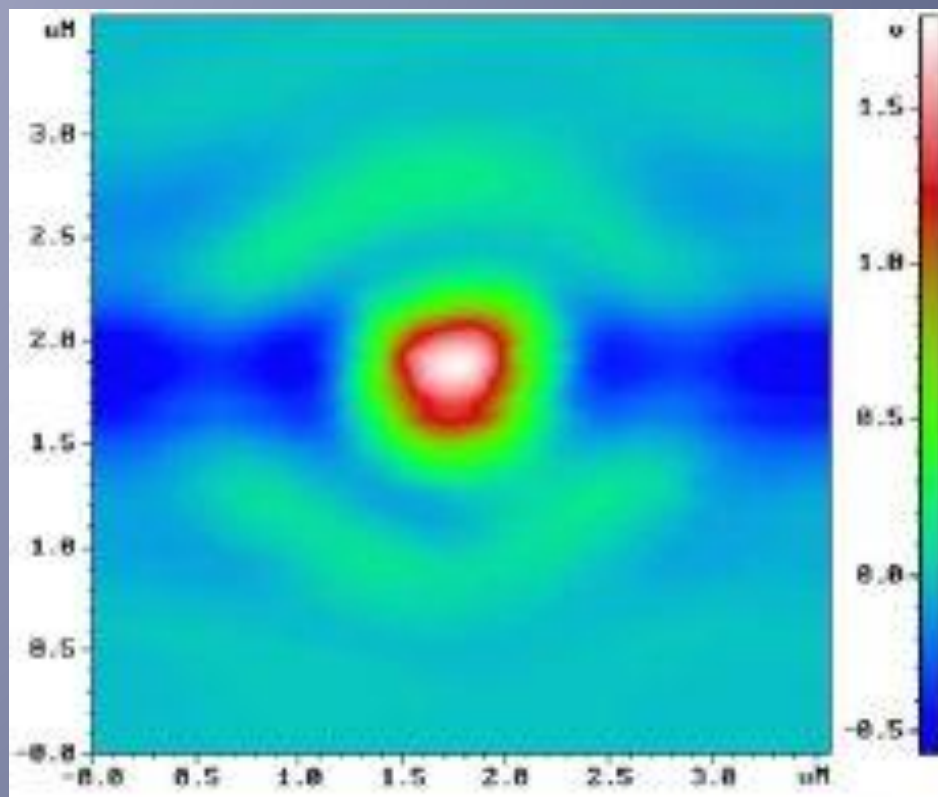
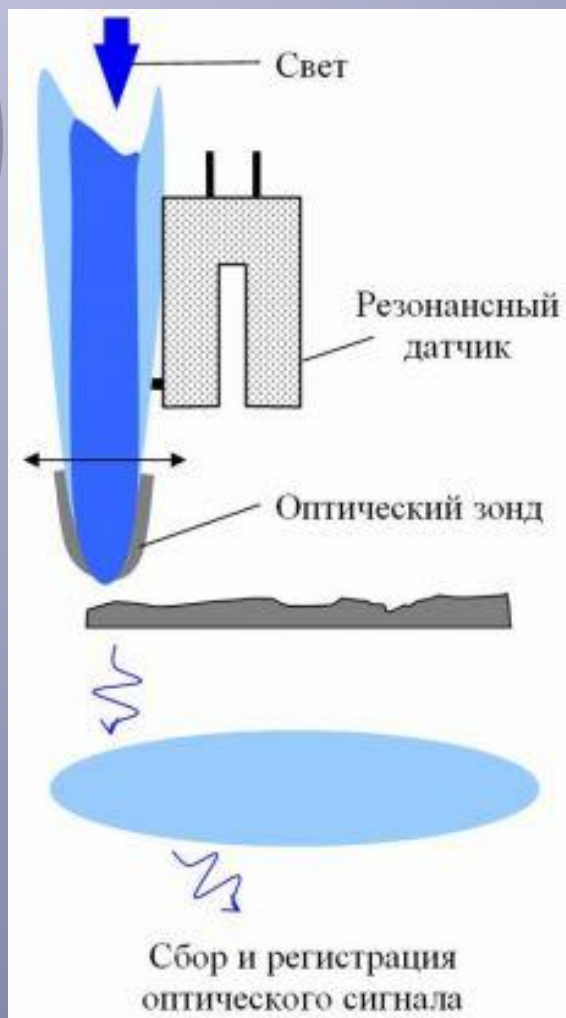


Схема ближнепольного оптического микроскопа

# 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

---

