

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

Сканирующий атомно-силовой микроскоп

Гимранова Карина

Кафедра квантовой электроники и
радиоспектроскопии

Казань 2014г

- **Атомно-силовой микроскоп** (АСМ, *AFM* — *atomic-force microscope*) — сканирующий зондовый микроскоп высокого разрешения. Используется для определения рельефа поверхности с разрешением от десятков ангстрем вплоть до атомарного. В отличие от сканирующего туннельного микроскопа, с помощью атомно-силового микроскопа можно исследовать как проводящие, так и непроводящие поверхности.

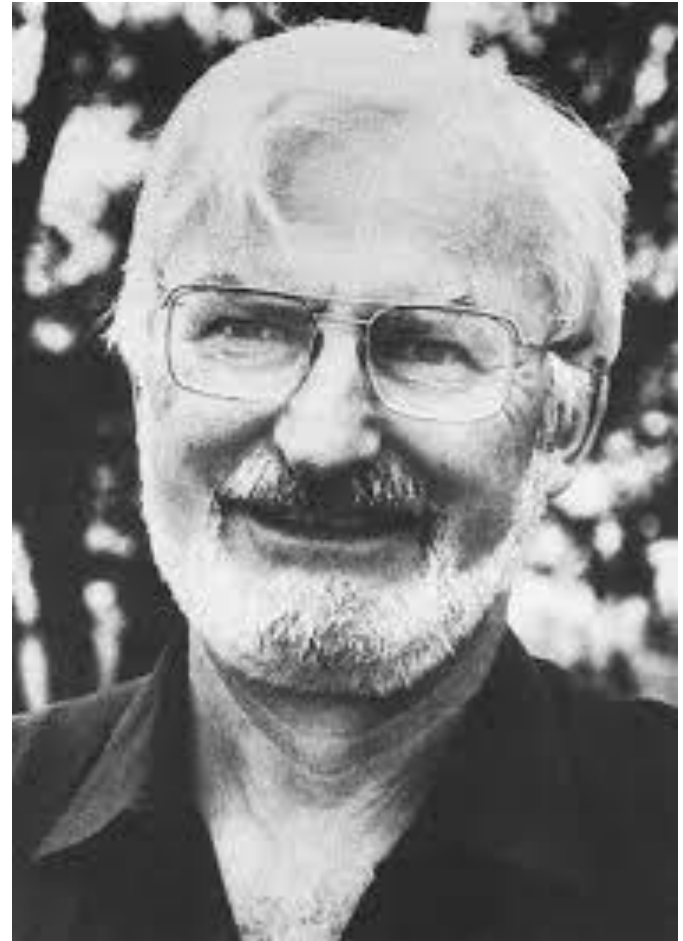


История

- **1981г.** Сканирующий туннельный микроскоп
- Герд Карл Бинниг и Генрих Рорер из лаборатории ИВМ в Цюрихе (Швейцария)
- **1982г.** Атомно-силовой микроскоп
- Герд Бинниг, Кельвин Куэйт и Кристофер Гербер в США, как модификация изобретённого ранее сканирующего туннельного микроскопа.

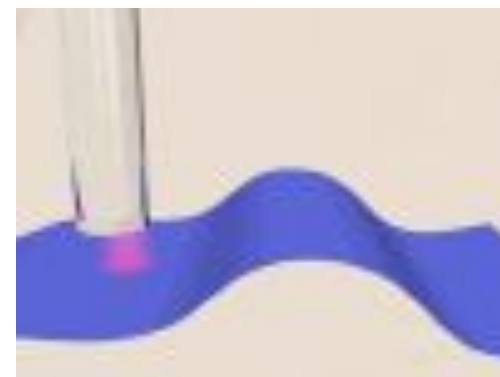
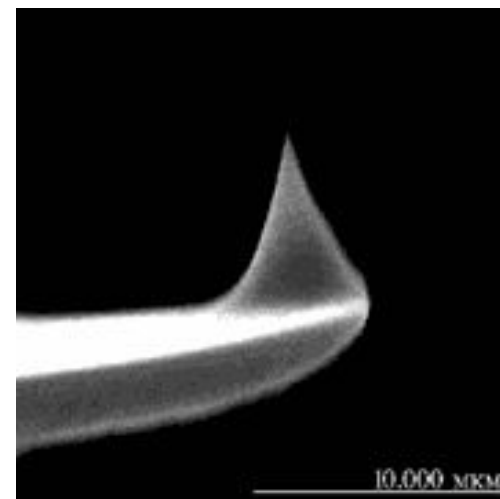
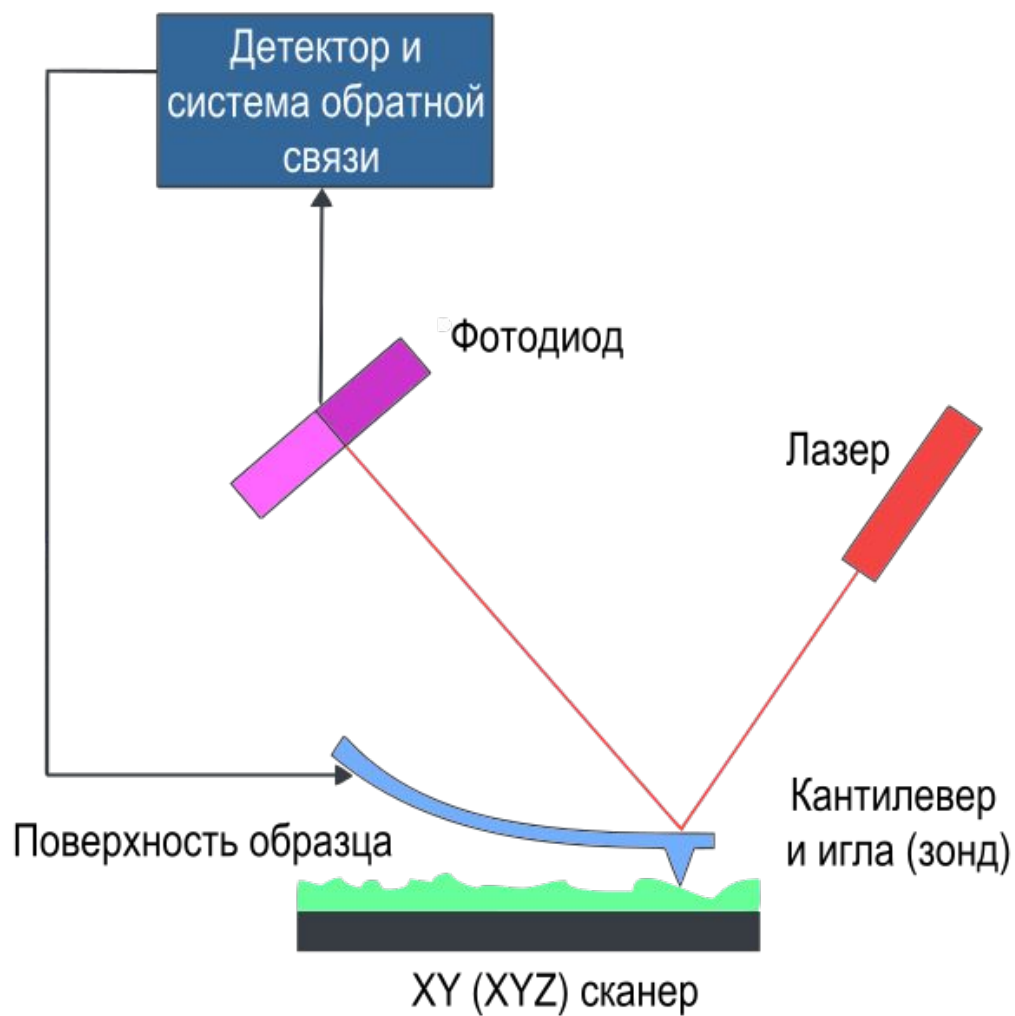


Герд Карл Бинниг



Генрих Рорер

Принцип работы

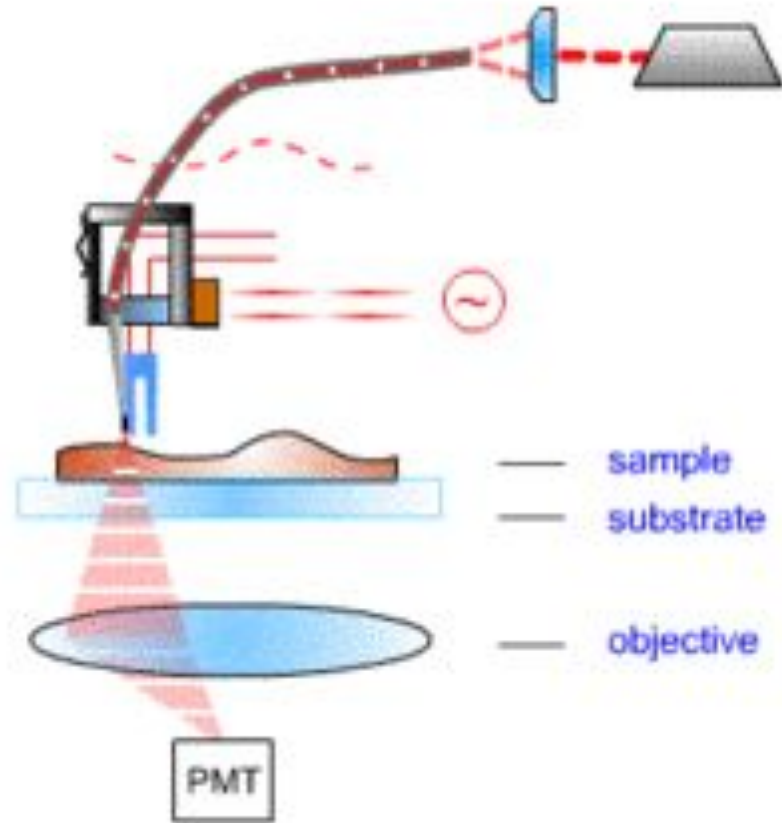


Режимы работы

1. Контактный
(*contact mode*)

2. Полуконтактный
(*semi-contact mode*)

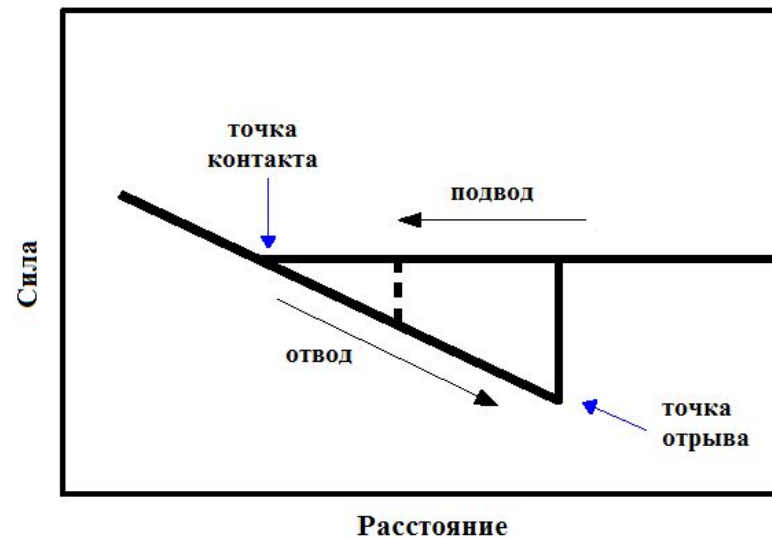
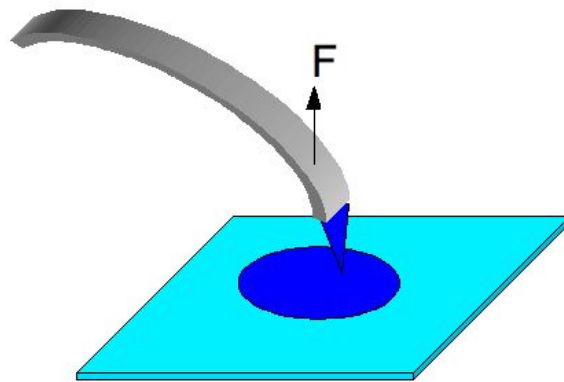
3. Бесконтактный
(*non-contact mode*)





Контактный режим работы атомно-силового микроскопа

- Остриё кантилевера находится в непосредственном контакте между образцом и поверхностью. Сканирование осуществляется, как правило, в режиме постоянной силы, когда система обратной связи поддерживает постоянной величину изгиба кантилевера. Изгиб консоли ΔZ , пропорциональный силе, действующей на зонд со стороны поверхности записывается для каждой точки. Изображение в таком режиме представляет собой пространственное распределение силы взаимодействия зонда с поверхностью.



Достоинства метода:

- Наибольшая, по сравнению с другими методами, помехоустойчивость
- Наибольшая достижимая скорость сканирования
- Обеспечивает наилучшее качество сканирования поверхностей с резкими перепадами рельефа

Недостатки метода:

- Наличие артефактов, связанных с наличием латеральных сил, воздействующих на зонд со стороны поверхности
- При сканировании в открытой атмосфере (на воздухе) на зонд действуют капиллярные силы, внося погрешность в определение высоты поверхности
- Практически непригоден для изучения объектов с малой механической жёсткостью (органические материалы, биологические объекты)

Бесконтактный режим работы атомно-силового микроскопа

- При работе в бесконтактном режиме пьезовибратором возбуждаются колебания зонда на некоторой частоте (чаще всего, резонансной). Сила, действующая со стороны поверхности, приводит к сдвигу амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик зонда, и амплитуда и фаза изменяют значения. Система обратной связи, как правило, поддерживает постоянную амплитуду колебаний зонда, а изменение частоты и фазы в каждой точке записывается. Однако возможно установление обратной связи путём поддержания постоянной величины частоты или фазы колебаний.

Достоинства метода:

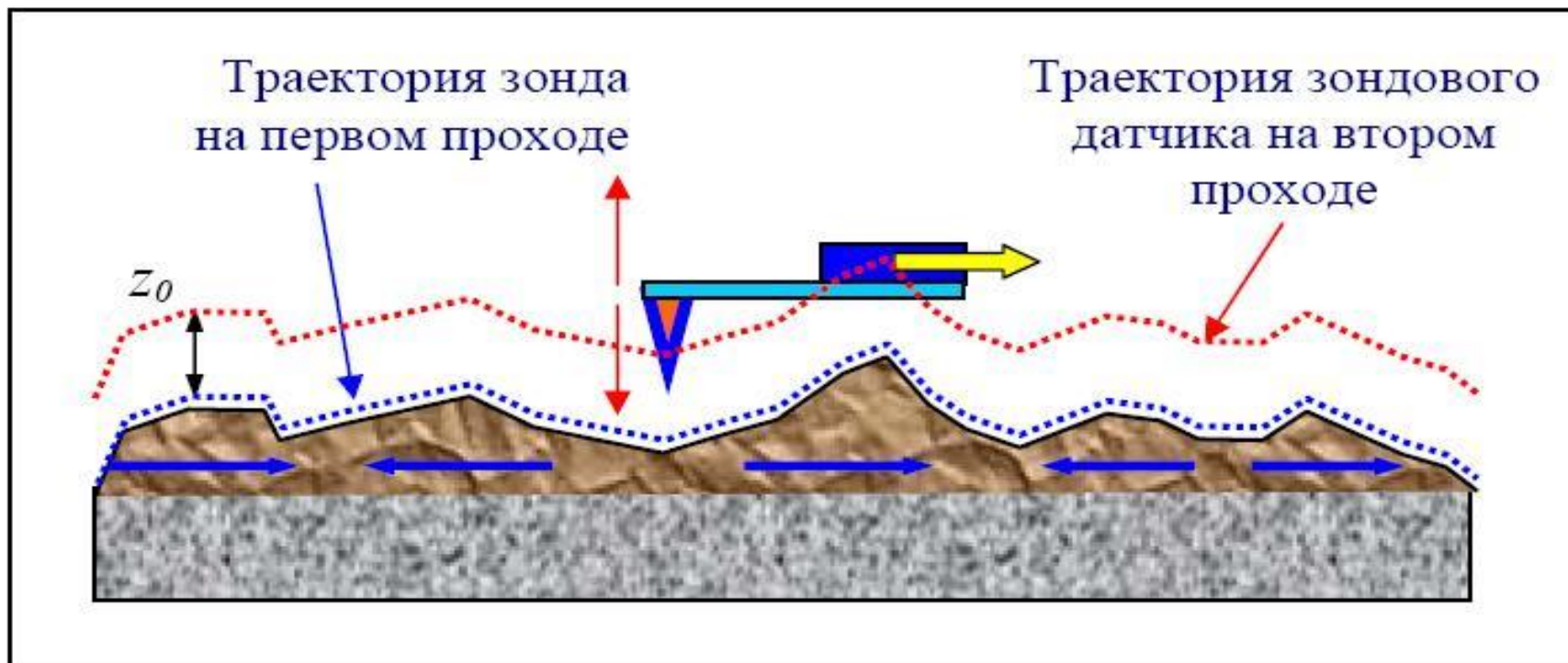
- Отсутствует воздействие зонда на исследуемую поверхность

Недостатки метода:

- Крайне чувствителен ко всем внешним шумам
- Наименьшее латеральное разрешение
- Наименьшая скорость сканирования
- Функционирует лишь в условиях вакуума, когда отсутствует адсорбированный на поверхности слой воды
- Попадание на кантилевер во время сканирования частички с поверхности образца меняет его частотные свойства и настройки сканирования "уходят"
- В связи с множеством сложностей и недостатков метода, его приложения в АСМ крайне ограничены.

Полуконтактный режим работы атомно-силового микроскопа

- При работе в полуконтактном режиме также возбуждаются колебания кантилевера. В нижнем полупериоде колебаний кантилевер касается поверхности образца. Такой метод является промежуточным между полным контактом и полным бесконтактом.



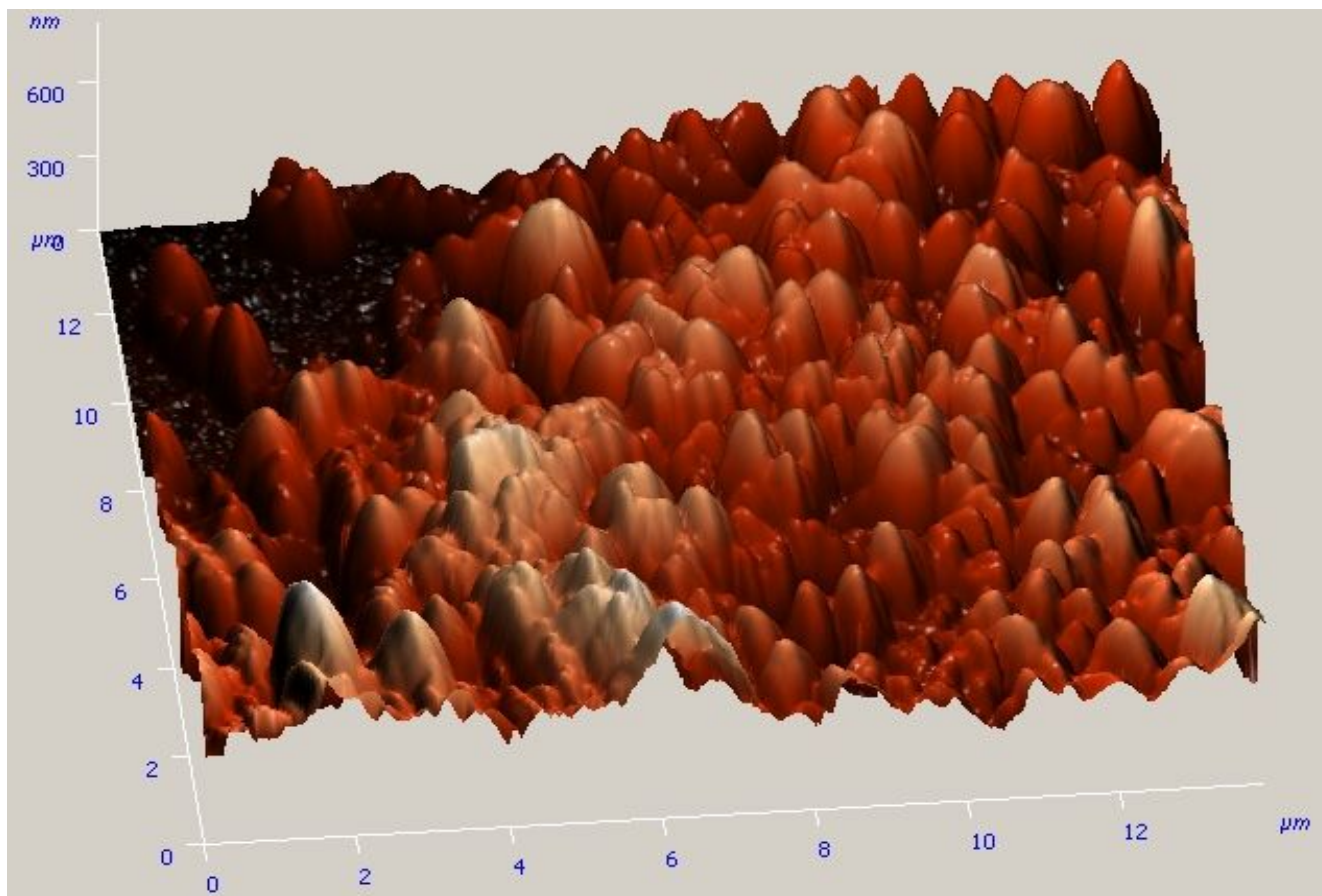
Достоинства метода:

- Наиболее универсальный из методов АСМ, позволяющий на большинстве исследуемых образцов получать разрешение 1-5 нм
- Латеральные силы, действующие на зонд со стороны поверхности, устранены - упрощает интерпретацию получаемых изображений

Недостатки метода:

- Максимальная скорость сканирования меньше, чем в контактном режиме

Применение

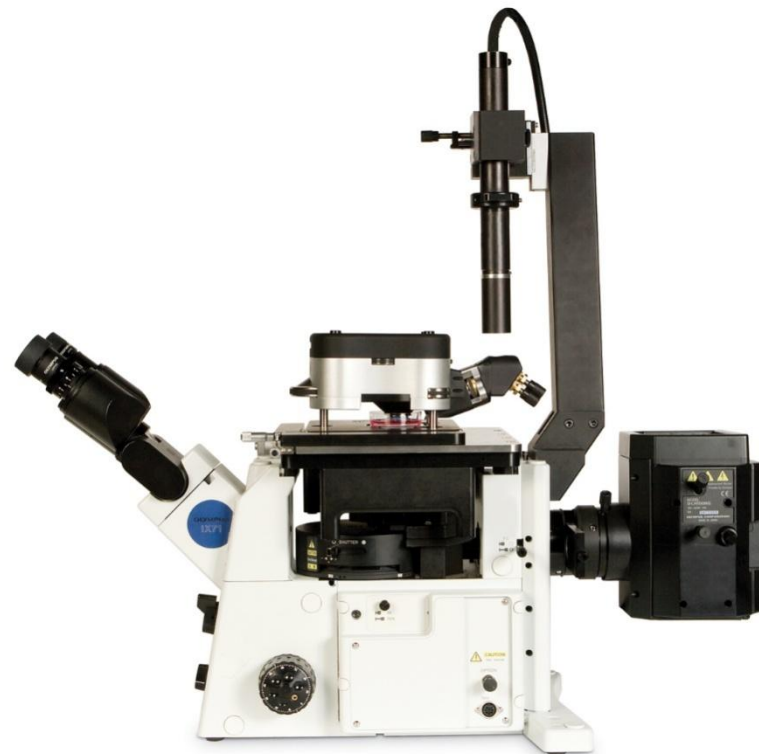


Пространственное АСМ-изображение стафилококков при площади сканирования $12 \times 12 \text{ мкм}^2$.

Современные АС микроскопы



Certus Optic U - интегрированные атомно-силовой (АСМ) и прямой оптический микроскопы



Совмещенный атомно-силовой MFP-3D-BIO и инвертированный оптический микроскоп

Литература

- В. Л. Миронов, Основы сканирующей зондовой микроскопии. Российская академия наук, Институт физики микроструктур г. Нижний Новгород, 2004 г. - 110 с.
- Суслов А. А., Чижик С. А. Сканирующие зондовые микроскопы (обзор) // Материалы, Технологии, Инструменты — Т.2 (1997), № 3, С. 78-8
- http://tradio-ru.org/wiki/Сканирующий_атомно-силовой_микроскоп