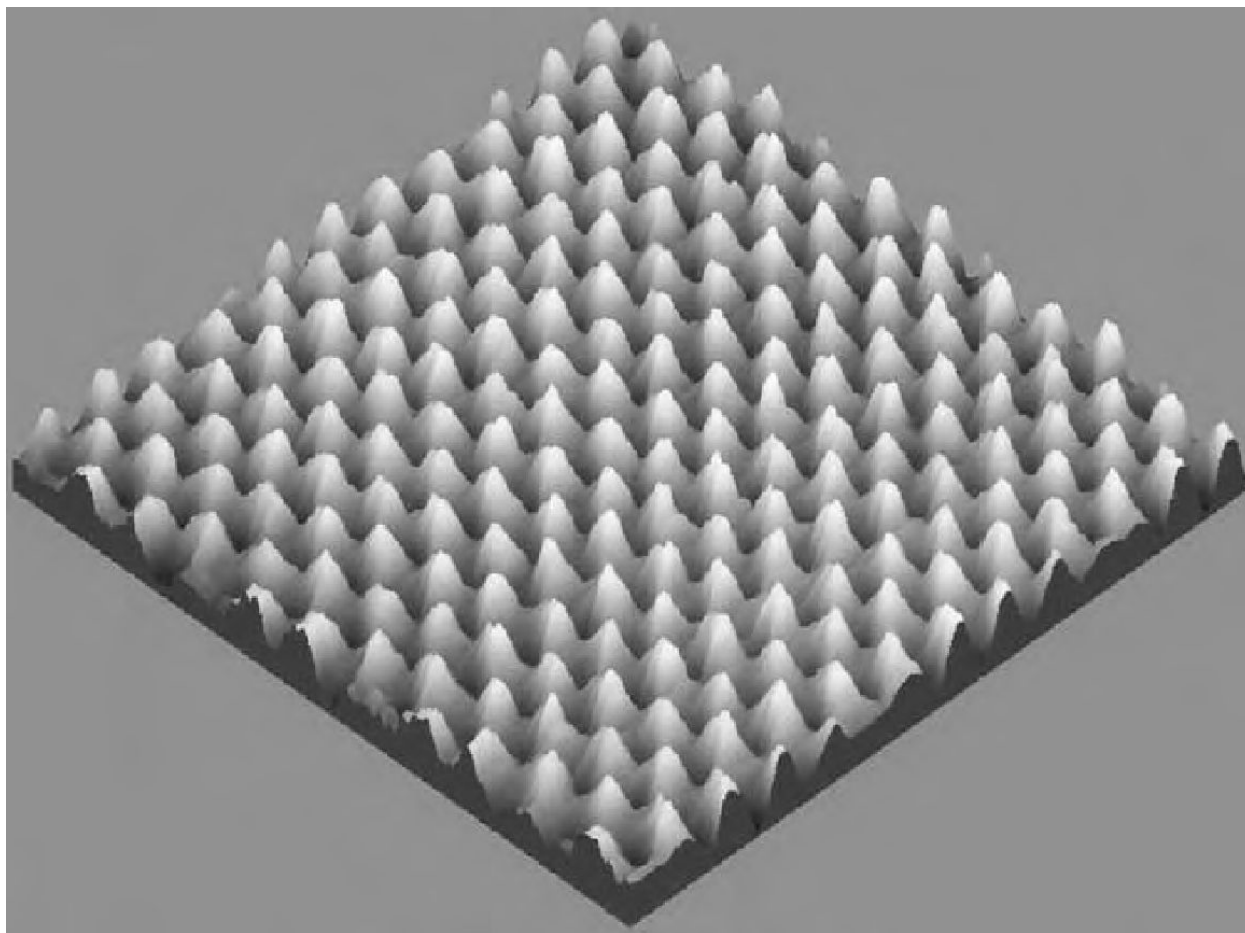


Зондовая микроскопия

Сканирующий туннельный
Микроскоп



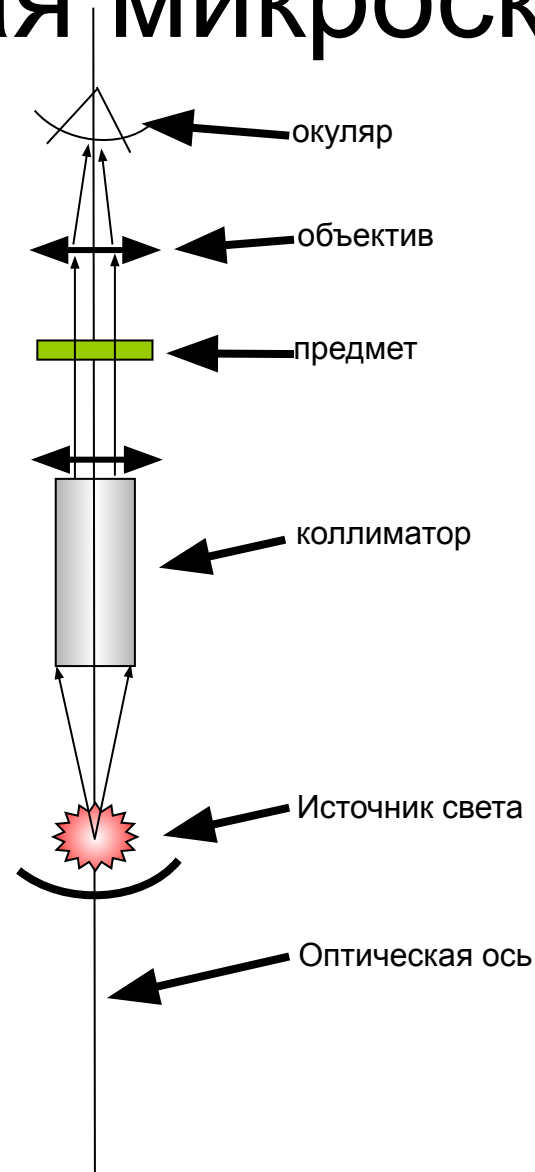
- **Трехмерное изображение поверхности высокоориентированного пиролитического графита с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)**

Виды микроскопии

- Оптическая
- Электронная
- Ионная
- Инфракрасная
- Микроконтактная
- Сканирующая туннельная
- Атомно-силовая

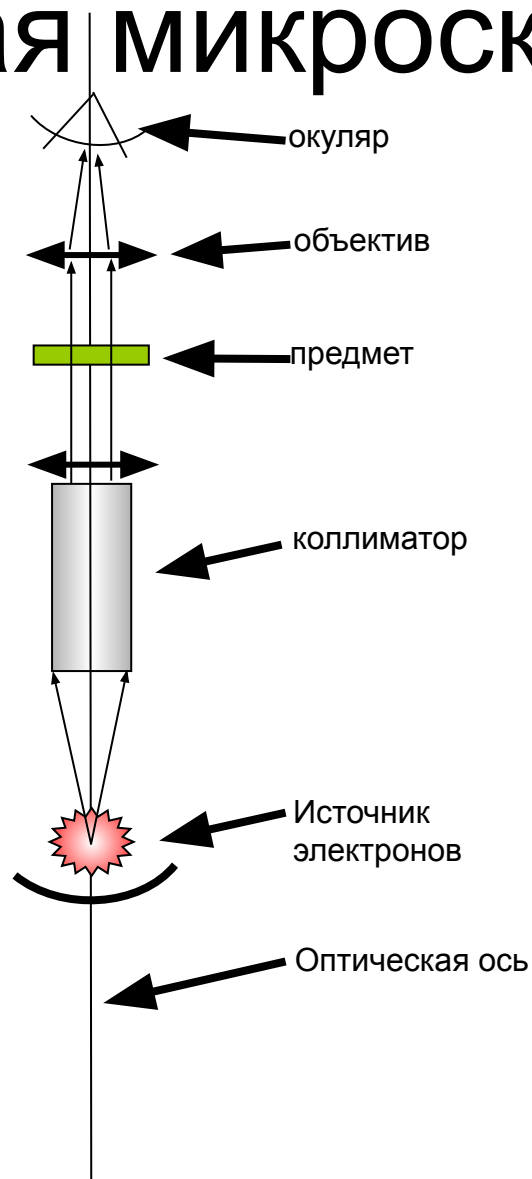
Оптическая микроскопия

- Оптические
- элементы -
- твердотельные
- Линзы



Электронная микроскопия

- Оптические
- элементы –
- «магнитная
- оптика»



История

Нанотехнология &

Сканирующая Зондовая Микроскопия

*Второй этап развития НТ –
Прямая манипуляция атомами
При помощи СЗМ. СЗМ в науке*

*От кантилверов к матричным
Микромеханическим механизмам*

*Нано Эра,
СЗМ в индустрии
Как основные
Метрологические
Приборы. От
Сенсоров к
Геральтивым ЗУ,
Мультимода и
Многозондовые
Устройства,
Нанороботы -> НТ*

Р.Фейнман, Идея нанотехнологии

Р.Янг, Идея СТМ – «Топографинер»

Р.Янг, Ж. Вайд, Ф. Скир первый СТМ

Н.Танигучи, введено понятие - НАНОТЕХНОЛОГИЯ

Г.Биннинг, Г. Рорер Идея СТМ с Атомарным разрешением

Г.Биннинг, Г. Рорер, UHV СТМ Si (111) 7×7 !!!

Г.Биннинг, Г. Рорер, Нобелевская премия, АСМ

Возникла первая фирма-производитель СТМ - DI

Более 500 статей в год !!!

Многоголодный СЗМ, СТАРТ

NT-MDT – реальный старт

Российское общество СЗМ&НТ

Более 2000 статей в год !!!

1959

1966

1971

1974

1979

1982

1986

1987

1990

1993

1995

1998

2000

Первый этап развития НТ

Конструкции & Методы

Применения СЗМ

- Начало эры нанотехнологий отсчитывают от 1959 года с идеи Фейнмана о миниатюризации функциональных элементов до атомарных размеров. Однако еще в 1940 году герой книги писателя Роберта Хейнлейна [1] с помощью мельчайшей управляемой руки занимался нейрохирургией. В книге были введены понятия микрохирургических инструментов, стерео сканера, позволявшие осуществлять перемещения и оперировать на нанометровых расстояниях.
- 1. Heinlein R.A., *Waldo and Magic, Inc.* (New York: Doubleday & Co.), 1940

На первом этапе (1959 – 1979 годы) рождались такие термины, как «ультраминиатюризация», «молекулярная инженерия», «молекулярная технология», «молекулярная электроника», «наномашинь», «молекулярные машинь», «нанокomпьютерь», «молекулярные электронные приборы», «квантовые компьютеры», «биочипь», «нанорепликаторы», «молекулярные репликаторь» и тому подобные. Все, относящееся к технологии получения устройств, исследования материалов, созданию материалов с заданными свойствами, созданию отдельных элементов и функциональных сред и интегрировалось в дальнейшем в понятие «НАНОТЕХНОЛОГИЯ». Появились также и направления связанные с отдельными перспективными изделиями, например, «БИОЧИПЫ», «КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ».

История

Нанотехнология & Сканирующая Зондовая Микроскопия

Второй этап развития НТ – Прямая манипуляция атомами При помощи СЗМ. СЗМ в науке

От кантилверов к матричным Микромеханическим механизмам

Нано Эра, СЗМ в индустрии Как основные Метрологические Приборы. От Сенсоров к Терабитным ЗУ, Мультимода и Многозондовые Устройства, Нанороботы -> НТ

Р.Фейнман, Идея нанотехнологии

Р.Янг, Идея СТМ – «Топографинер»

Р.Янг, Ж. Вард, Ф. Скир первый СТМ

Н.Танигучи, введено понятие - НАНОТЕХНОЛОГИЯ

Г.Биннинг, Г. Рорер Идея СТМ с Атомарным разрешением

Г.Биннинг, Г. Рорер, UHV СТМ Si (111) 7×7 !!!

Г.Биннинг, Г. Рорер, Нобелевская премия, АСМ

Возникла первая фирма-производитель СТМ - DI

Более 500 статей в год !!!

Многоголодный СЗМ, СТАРТ

NT-MDT – реальный старт

Российское общество СЗМ&НТ

Более 2000 статей в год !!!

1959

1966

1971

1974

1979

1982

1986

1987

1990

1993

1995

1998

2000

Первый этап развития НТ

Конструкции & Методы

Применения СЗМ

- 1966 – 1971 гг.
- В 1966 году Робертом Янгом была предложена идея, а в 1971 году изготовлен, испытан и писан первый сканирующий туннельный микроскоп – «Топографинер», на котором можно было контролируемо производить нанометровые перемещения и регистрировать на поверхности атомарные ступени. Однако атомарного разрешения и изображения поверхности им не было реализовано.

История

Нанотехнология & Сканирующая Зондовая Микроскопия

Второй этап развития НТ – Прямая манипуляция атомами При помощи СЗМ. СЗМ в науке

От кантилверов к матричным Микромеханическим механизмам

Нано Эра, СЗМ в индустрии Как основные Метрологические Приборы. От Сенсоров к Терабитным ЗУ, Мультимода и Многозондовые Устройства, Нанороботы -> НТ

Р.Фейнман, Идея нанотехнологии

Р.Янг, Идея СТМ – «Топографинер»

Р.Янг, Ж. Вард, Ф. Скир первый СТМ

Н.Танигучи, введено понятие - НАНОТЕХНОЛОГИЯ

Г.Биннинг, Г. Рорер Идея СТМ с Атомарным разрешением

Г.Биннинг, Г. Рорер, УНУ СТМ Si (111) 7×7 !!!

Г.Биннинг, Г. Рорер, Нобелевская премия, АСМ

Возникла первая фирма-производитель СТМ - DI

Более 500 статей в год !!!

Многоголодный СЗМ, СТАРТ

NT-MDT – реальный старт

Российское общество СЗМ&НТ

Более 2000 статей в год !!!

1959

1966

1971

1974

1979

1982

1986

1987

1990

1993

1995

1998

2000

Первый этап развития НТ

Конструкции & Методы

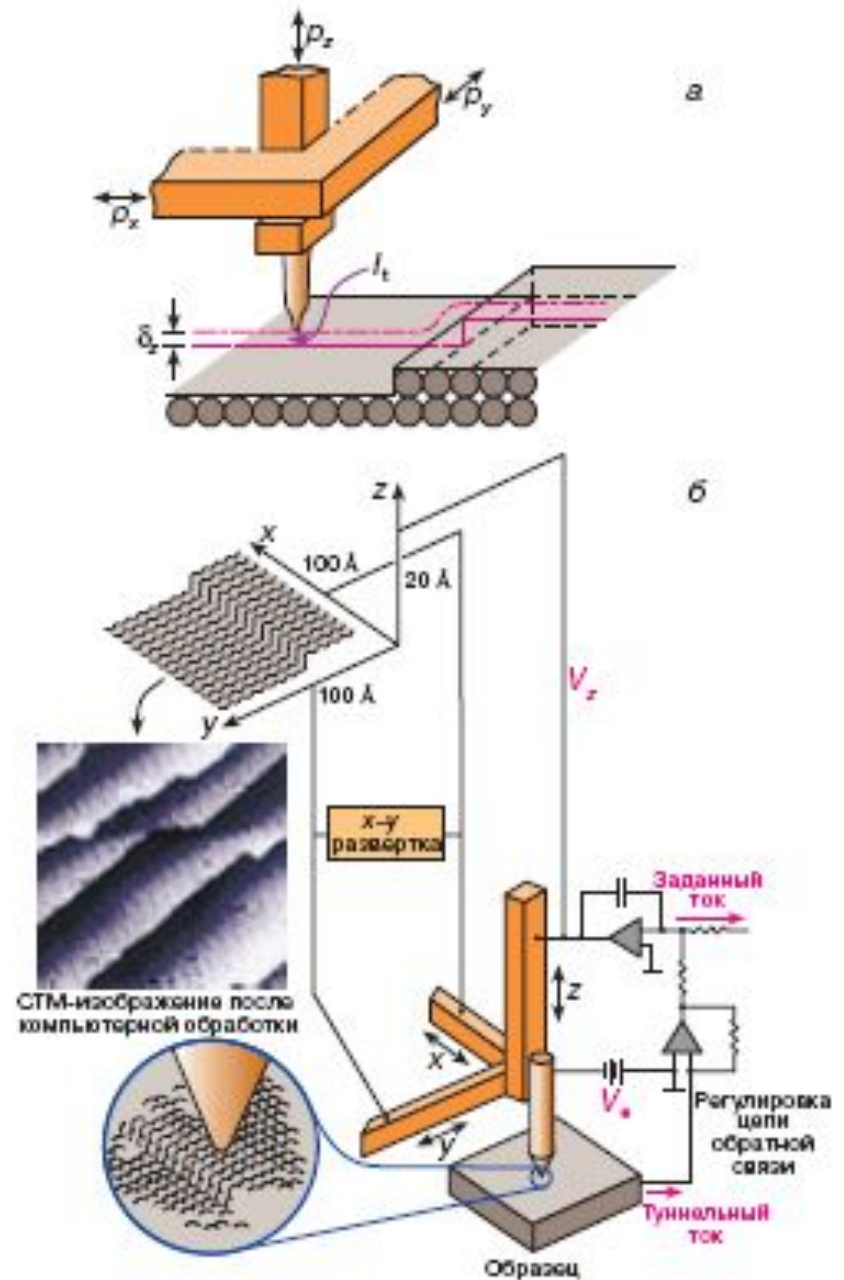
Применения СЗМ

1974

- Тезисы Танигучи:
- технологию, в которой размеры и допуски в диапазоне 0,1 – 100 нм (от атомных до длины волны фиолетового света) играют критическую роль
- Поле, которое покрывает нанотехнология, сводится к манипуляциям и обработке вещества внутри определенного выше диапазона размеров по вполне определенным, описанным и повторяемым алгоритмам, в противоположность производству искусства художника или творения мастера – ремесленника.
- Нанотехнология – это «образующая» технология, опирающаяся на достижения других технологий, техника и методы которой, с небольшими вариациями, могут быть применены в иных сильно различающихся направлениях...
- Нанотехнология просматривается в частности важной и немедленно востребованной в таких областях, как материаловедение, машиностроение, оптика и электроника

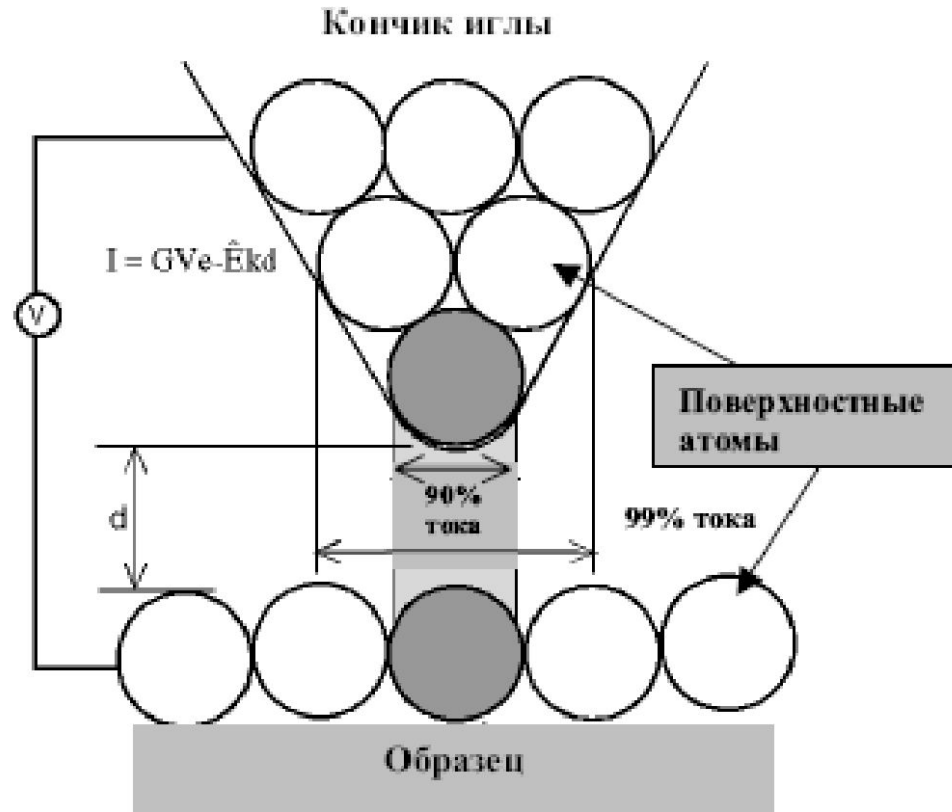
Принцип действия СТМ

- а - : ρ_x , ρ_y , ρ_z – пьезоэлементы; δ_z - туннельный промежуток между острием зондом и образцом, I_t - туннельный ток,
- б – схема, иллюстрирующая работу СТМ. Туннельный ток, возникающий при приложении напряжения V_e , поддерживается постоянным за счет цепи обратной связи, которая управляет положением острия с помощью пьезо элемента ρ_z .



- В качестве зонда в СТМ используется остро заточенная металлическая игла. Предельное пространственное разрешение СТМ определяется в основном радиусом закругления острия (которое может достигать долей нанометра) и его механической жесткостью. Если механическая жесткость в продольном и поперечном направлениях оказывается достаточно малой, механические, тепловые и квантовые флуктуации иглы могут существенно ухудшить разрешение СТМ. В качестве материала для зонда обычно используются металлы с высокой твердостью и химической стойкостью: вольфрам или платина.

Относительные вклады в туннельный ток локальных токов отдельных групп атомов зонда



Методы изготовления иглы

- Электрохимическое травление проволоки
- Ионное травление
- Метод косого среза

Режимы измерения

- 1. Режим постоянной высоты
- 2. Режим постоянного тока

Режим постоянной высоты

- $\delta_1 < \delta_2$, то $I_1 > I_2$



Режим постоянного тока

- $\bar{\delta}_1 = \bar{\delta}_2$, то $I_1 = I_2$



Требования к исследуемым поверхностям

- Шероховатости поверхности (неоднородности) должны быть сопоставимы с требуемым разрешением.

Задание №1

- Предложить образец какой-либо поверхности для наблюдения в СТМ

Литература

- Р.З.Бахтизин Туннельная сканирующая микроскопия – новый метод изучения поверхности твердых тел, Соросовский образовательный журнал 2000, т.6, №11, с 83-89;
 - Быков В.А. Приборы и методы сканирующей зондовой микроскопии. Докт диссертация, Москва, 2000.
157. Feynman R.P. There's plenty of room at the bottom// *Engrg. and Sci. (Cal. Inst. of Tech.)* Feb., p.p. 22 – 36 (1960a); also in: *Miniaturization*// Ed. H.D. Gilbert. - New York: Reinhold, 1961. P. 282 – 286
158. Feynman R.P. "The Wonders that Await a Micro-Microscope"// *Saturday Review* 43, p.p. 45-47 (1960b)
159. Taniguchi N. "On the Basic Concept of Nanotechnology" // *Proc. Int. Conf. Prod. Eng. Tokyo, Part 2 (Tokoyo: JSPE)*, p.p. 18 – 23 (1974)