

# Нанотехнологии

# История возникновения и развитие нанотехнологий

## Часть I

# Введение

*«Нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую произвели компьютеры в манипулировании информацией»*

*Ральф Меркле*

Особенность нанотехнологий заключается в том, что рассматриваемые процессы и совершаемые действия происходят в нанометровом диапазоне пространственных масштабов. Характерный размер атома составляет несколько десятых нанометра. В этом диапазоне размеров «сырьем» являются отдельные атомы, молекулы, молекулярные системы, а не привычные в традиционной технологии микронные или макроскопические объемы материала, содержащие, по крайней мере, миллиарды атомов и молекул.

*Нанотехнологией называется междисциплинарная область науки, в которой изучаются закономерности физико-химических процессов в пространственных областях нанометровых размеров с целью управления отдельными атомами, молекулами, молекулярными системами при создании новых молекул, наноструктур, наноустройств и материалов со специальными физическими, химическими и биологическими свойствами.*

# Направления нанотехнологии

- I. **Молекулярный дизайн.** Препарирование молекул и синтез новых молекул в сильно неоднородных электромагнитных поля;
- II. **Наноматериаловедение.** Создание «бездефектных» высокопрочных материалов, материалов с высокой проводимостью;
- III. **Наноприборостроение.** Создание сканирующих туннельных микроскопов, атомно-силовых микроскопов, магнитных силовых микроскопов, многоострийных систем для молекулярного дизайна, миниатюрных сверхчувствительных датчиков, нанороботов;
- IV. **Наноэлектроника.** Конструирование нанометровой элементной базы для ЭВМ следующего поколения, нанопроводов, полевых транзисторов, выпрямителей, дисплеев, акустических систем;

**V. Нанооптика.** Создание нанолазеров, синтез многоострийных систем с нанолазерами;

**VI. Нанокатализ.** Разработка катализаторов с наноструктурами для классов реакций селективного катализа;

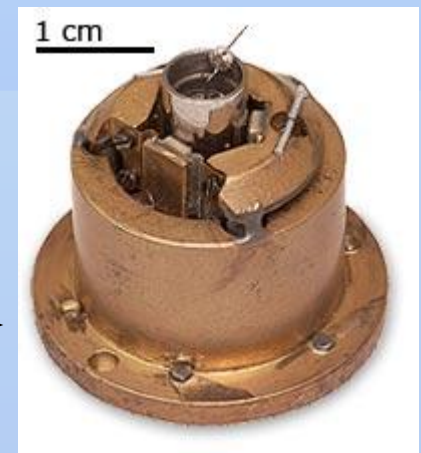
**VII. Наномедицина.** Проектирование наноинструментария для уничтожения вирусов, локального .ремонта. органов, высокоточной доставки доз лекарств в определенные места живого организма;

**VIII. Нанотрибология.** Определение связи наноструктуры материалов и сил трения и использование этих знаний для изготовления перспективных пар трения;

**IX. Управляемые ядерные реакции.** Наноускорители частиц, не статистические ядерные реакции.

# Краткая историческая справка

- 1931 г. – Кнолл и Руска создали электронный микроскоп, который в первые позволил исследовать нанообъекты;
- 1959 г. – Р. Фейнман научно доказал, что с точки зрения фундаментальных законов физики нет никаких препятствий к тому, чтобы создавать вещи прямо из атомов;
- 1968 г. – А. Чо, Д. Артур из компании BELL, разработали теоретические основы нанобработки поверхности;
- 1974 г. – Н. Танигучи ввел в научный оборот слово «нанотехника», предложив называть так объекты размером менее 1 микрона;
- 1981 г. – Г. Биннинг, Г. Рорер создали сканирующий туннельный микроскоп – прибор, позволяющий осуществляющий воздействие на вещество на атомарном уровне.



- 1986 г. – Г. Биннинг, К. Куатт, К. Гербер создали сканирующий атомно-силовой микроскоп;

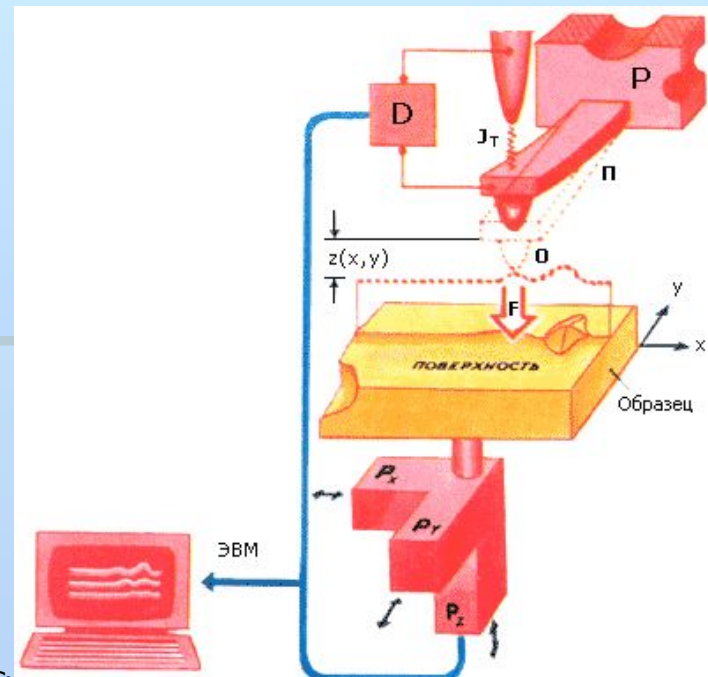
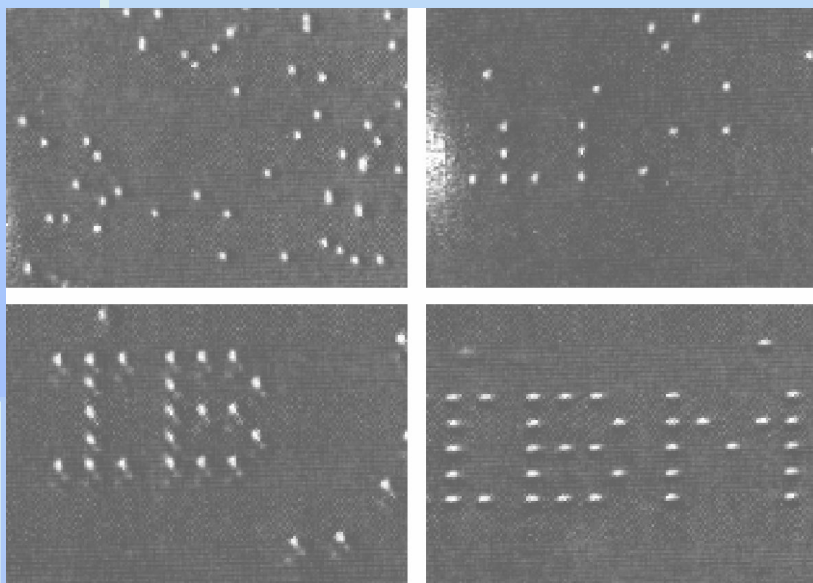
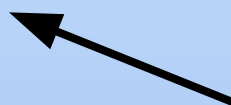


Схема сканирующего атомно-силового микроскопа



- 1989 г. – Д. Эйглер из фирмы IBM, выложил название своей фирмы атомами ксенона;

# Фуллерены и нанотрубки

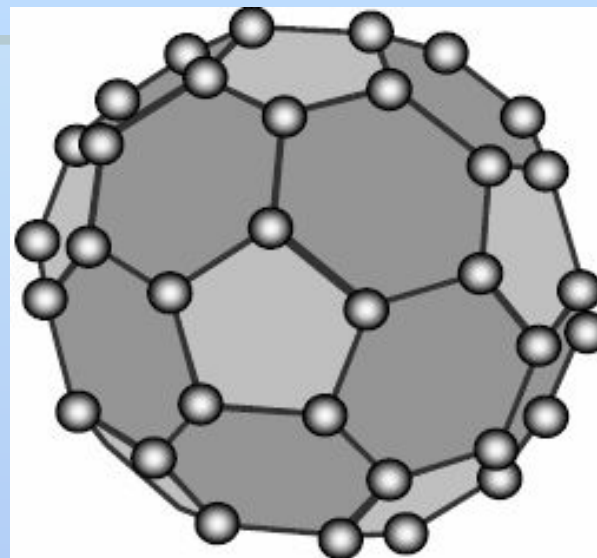
## Часть II



# Фуллерены

Фуллерены, как новая форма существования углерода в природе наряду с давно известными алмазом и графитом, были открыты в 1985 г. при попытках астрофизиков объяснить спектры межзвездной пыли. Оказалось, что новая молекула  $C_{60}$  состоит из 60 атомов углерода, расположенных на сфере (диаметр  $\approx 1$  нм) с высокой степенью симметрии и напоминает футбольный мяч

Атомы углерода образуют 12 правильных пятиугольников и 20 правильных шестиугольников в соответствии с теоремой Л. Эйлера. Молекула названа в честь архитектора Р. Фуллера, построившего дом из пятиугольников и шестиугольников. Первоначально,  $C_{60}$  получали в небольших количествах, а затем, в 1990 г., была открыта технология крупномасштабного производства.



Структура молекулы фуллерена интересна тем, что внутри него образуется полость, в которую благодаря капиллярным свойствам можно ввести атомы и молекулы других веществ, что дает, возможность их безопасной транспортировки.

По мере исследования фуллеренов были синтезированы и изучены их молекулы, содержащие различное число атомов углерода – от 36 до 540.

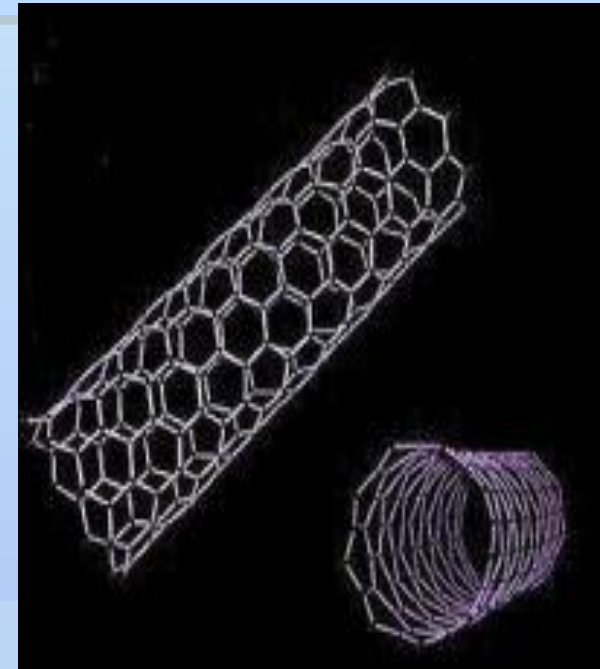
# Нанотрубки

В 1991 году профессор С. Иидзима обнаружил длинные углеродные цилиндры, получившие название нанотрубок.

Нанотрубка – это молекула из более миллиона атомов углерода, представляющая собой трубку с диаметром около нанометра и длиной несколько десятков микрон.

Они в 50-100 раз прочнее стали и имеют в 6 раз меньшую плотность! Модуль Юнга – уровень сопротивления материала деформации – у нанотрубок в двое выше, чем у обычных углеродных волокон. То есть трубки не только прочные, но и гибкие. Под действием механических напряжений, превышающие критические, трубки не ломаются и не рвутся, а перестраиваются.

В зависимости от конкретной схемы сворачивания графитовой плоскости (хиральности), нанотрубки могут быть как проводниками, так и полупроводниками.



# Наноэлектроника

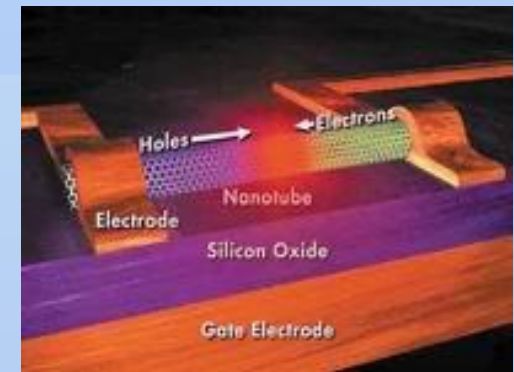
## Часть III

На данный момент получены у-транзистор на базе нанотрубки и нанодиод.

На основе нанотрубки учеными из Калифорнийского университета UCSD и университета Клемсона был построен у-транзистор. Для этого была разработана специальная технология выращивания нанотрубок: сначала ученые вырастили обычную нанотрубку, затем на ее поверхность были нанесены наночастицы титана. Они послужили катализатором, и в результате на уже сформированной трубке была выращена еще одна ветвь. При исследовании свойств такой нанотрубки выяснилось, что при подаче отрицательного потенциала на ствол нанотрубки протекание электронов между ветвями приостанавливается. И наоборот, при подаче положительного потенциала на ствол протекание возобновляется. в случае у-нанотрубки мы имеем транзистор, а в нем существуют два р-п перехода, сформированные двумя ветвями. Диод имеет один р-п переход. Если удастся сформировать отдельную трубку с характеристиками р-п перехода, то получим нанодиод. Эта проблема была решена в компании General Electric. Ученые воздействовали на нанотрубку специальным электрическим полем, в результате чего получился р-п переход.



Нанотрубка-транзистор



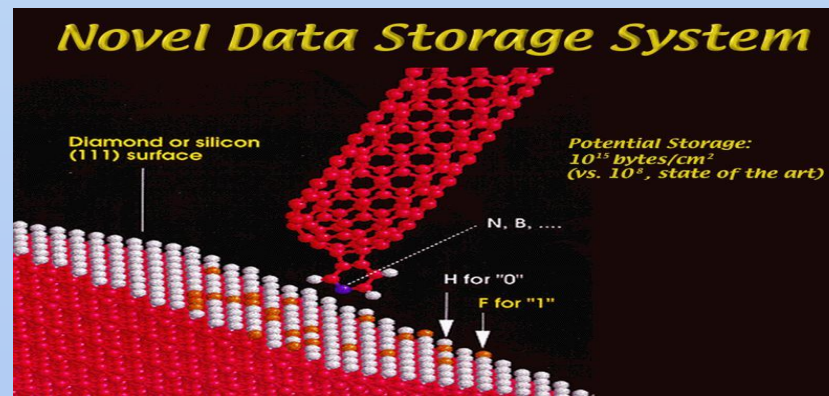
Диод на основе нанотрубки

# Применение нанотехнологий в различных сферах

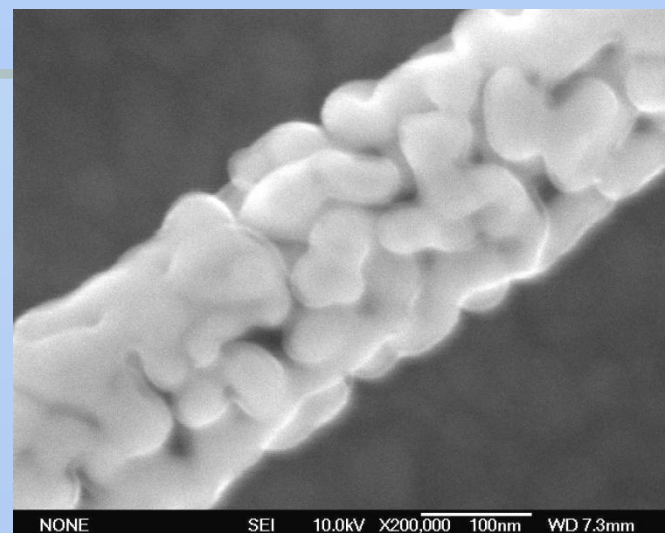
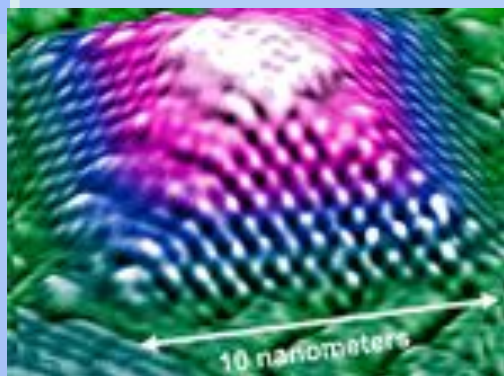
## Часть IV

**Молекулярные шестерни и насосы.** Модели наноустройств предложены *K. E. Drexler* и *R. Merkle* из IMM (Institute for Molecular Manufacturing, Palo Alto). Валами шестеренок в нанокоробке передач являются углеродные нанотрубки, а зубцами служат молекулы бензола. Характерные частоты вращения шестеренок составляют несколько десятков гигагерц. Устройства работают либо в глубоком вакууме, либо в инертной среде при комнатной температуре. Инертные газы используются для охлаждения устройства.

**Алмазная память для компьютеров.** Модель высокоплотной памяти разработана *Ch. Bauschlicher* и *R. Merkle* из NASA. Схема устройства проста и состоит из зонда и алмазной поверхности. Зонд представляет собой углеродную нанотрубку, заканчивающуюся полусферой C<sub>60</sub>, к которой крепится молекула C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N. Алмазная поверхность покрывается монослоем атомов водорода. Некоторые атомы водорода замещаются атомами фтора. При сканировании зонда вдоль алмазной поверхности, покрытой монослоем адсорбата, молекула C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N, согласно квантовым моделям, способна отличить адсорбированный атом фтора от адсорбированного атома водорода. Поскольку на одном квадратном сантиметре поверхности помещается  $\approx 10^{15}$  атомов, то плотность записи достигает  $\approx 10^5$  GB/cm<sup>2</sup>.



- Суспензии металлических наночастиц (обычно железа или его сплавов) размером от 30 нм используют как присадки к моторным маслам для восстановления изношенных деталей автомобильных и других двигателей непосредственно в процессе работы.
- квантовые точки и нанопроволоки





# Список литературы

1. М. Рыбалкина, «Нанотехнологии для всех. Большое в малом», 2005//  
<http://www.nanonewsnet.ru/index.php?module=Pagesetter&func=viewpub&tid=3&pid=170>
2. Г. Г. Еленин. НАНОТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА - МГУ им. М. В. Ломоносова
3. *J. Han, A. Globus, R. Jaffe, G. Deardorff. Nanotechnology, 1997*
4. А. ГУСЕВ. Нанотехнологии и наноматериаллы.
5. Елецкий А.В. .Углеродные нанотрубки//УФН, т.167(9), с.945, 1997
6. Лозовик Ю.В., Попов А.М. Образование и рост углеродных наноструктур – фуллеренов, наночастиц, нанотрубок и конусов//УФН, т. 167 (7), с. 151, 1997/