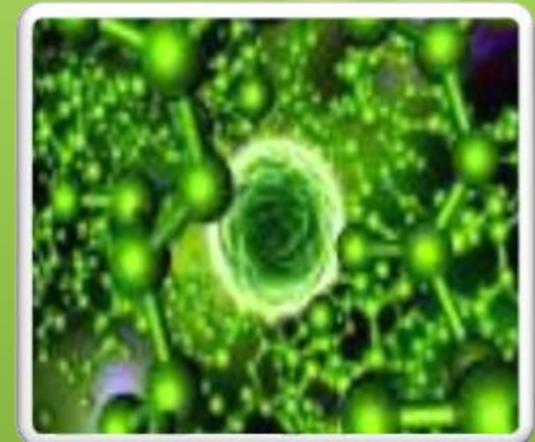
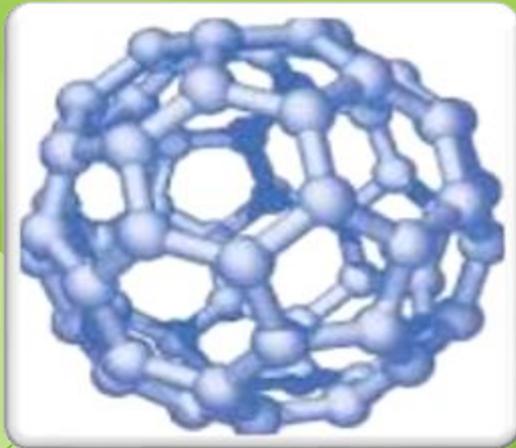


НАНОТЕХНОЛОГИЯ: СЕГОДНЯ И В БУДУЩЕМ

СЕЛОЎНУМ Д РАЎТАПЕУ



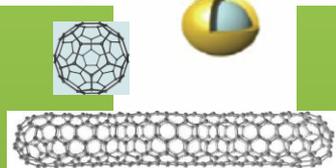
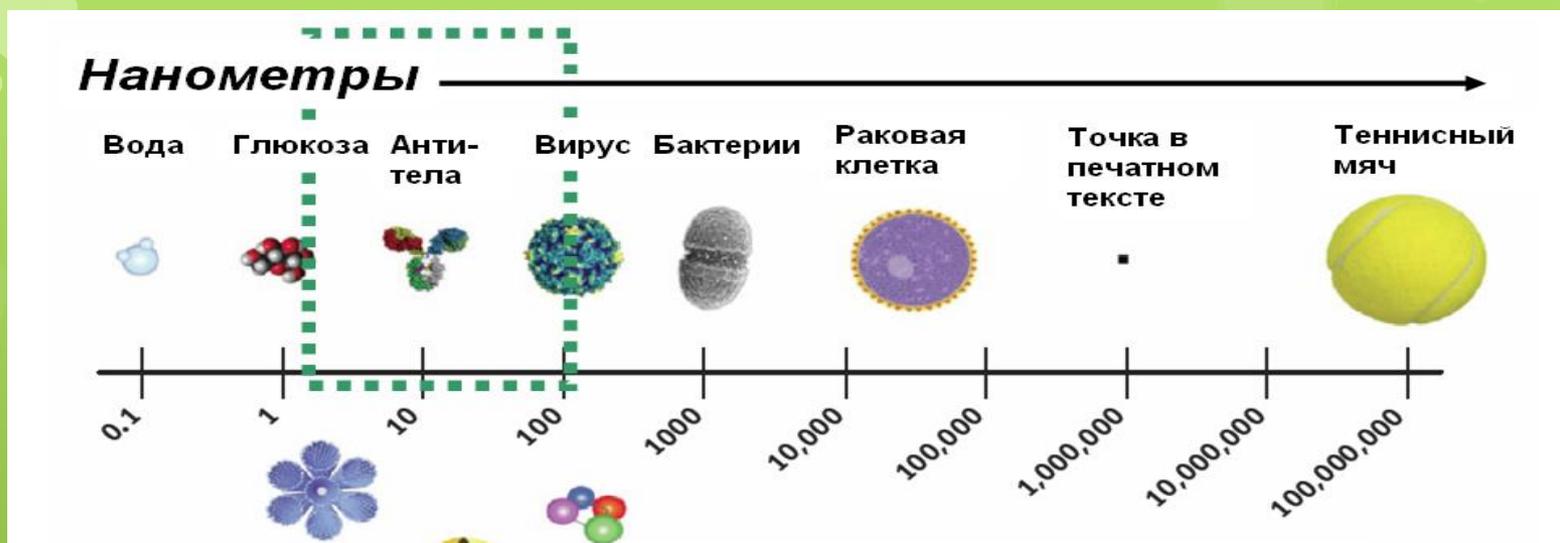
Проф. Умирзаков Б.Е.

Кафедра: Теоретическая электротехника и
электронные технологии

Нанотехнология

- Развитие нанотехнологий во всем мире приобретает все большее значение. Можно с уверенностью сказать, что 21 век будет веком наноматериалов и нанотехнологий. Нанотехнология – это есть прорыв в будущее (В.А.Садовничий).
- Нанотехнология это есть совокупность методов и способов получения наноразмерных материалов и создания на их основ новых электронных и других приборов с уникальными свойствами.
- Согласно рекомендации Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004 й) целесообразно выделить следующие типы наноматериалов: наночастицы; пленки; нанокристаллы и нанокластеры. Последние представляет собой частицы упорядоченного строения размером от 1 до 5 нм, содержащие до 1000 атомов. Собственно наночастицы диаметром от 5 до 100 нм состоят из 10^3 - 10^8 атомов.

Масштаб объектов в нанодиапазоне



Диапазон размеров наночастиц и наноструктур (1-100 нм)

“Проникновение в наномир — это бесконечный путь человека, потому что там он не ограничен материалами, и все зависит от его сообразительности”.
(Р. Фейнман, 1962)

- Следует отметить, что многие свойства материалов (в том числе магнитные, оптические, электрические) являются следствием коллективных взаимодействий в твердом теле и не сохраняются при переходе от объемного состояния к наноматериалу.
- Примерами могут служить такие явления, как образование квантовых точек, изменение ширины запрещенной зоны за счет локализации экситонов, переход ферромагнитных материалов в суперпарамагнитное состояние.
- Развитие нанотехнологии в первую очередь связано получением наноразмерных материалов: нанопленок, нанопроволок и наноточек.
- Уже сегодня различных областях народного хозяйства используются наноструктурные кристаллы, жидкие кристаллы, фотонные кристаллы, нанотрубки, а также ультрадисперсные материалы. Например, общий объем реализуемых нанопорошков 2006 году составлял более 25 тысяч тонн. 2010 году общий объем производства связано нанотехнологией составлял около 1 триллион долларов, из них 11 миллиард доллар пригодятся нанопорошкам.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев
1834-1907

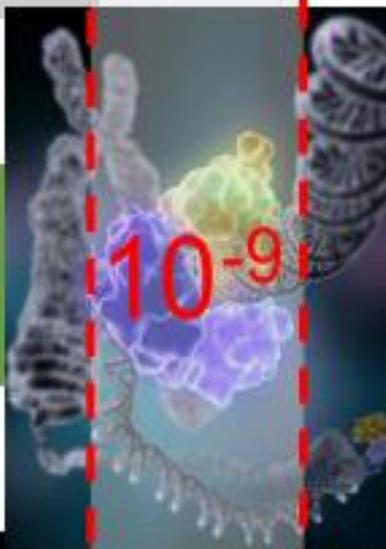
| № | ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ | | | | | | | |
|----|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|----|----|----|-----|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| 1 | H | | | | | | | He |
| 2 | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
| 3 | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| 4 | K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe |
| 5 | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru |
| 6 | Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os |
| 7 | Fr | Ra | | Rf | Db | Sg | Bh | Hs |
| 8 | Ra | Ac | Th | Pa | U | Np | Pu | Am |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| | K_2O NO K_2O_2 NO_2 H_2O_2 HO_3 K_2O_3 NO_3 | | | | | | | |
| | PH_3 BH_3 H_2K HCl | | | | | | | |
| | ЛАНТАНОИДЫ | | | | | | | |
| | La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu | | | | | | | |
| | АКТИНОИДЫ | | | | | | | |
| | Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md Nb Lr | | | | | | | |

■ s-элементы
■ p-элементы
■ d-элементы
■ f-элементы

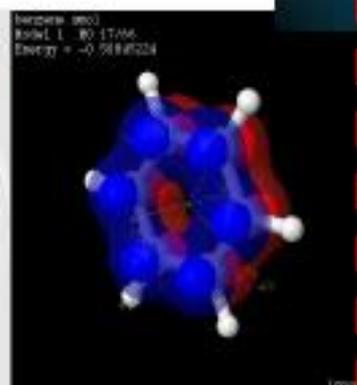
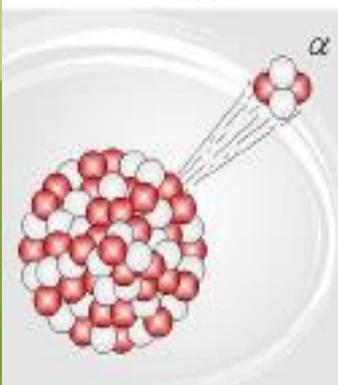
?



← 1 Ангстрем
 $10^{-10}M$



1 мкм $10^{-6}M$ 1 мм $10^{-3}M$

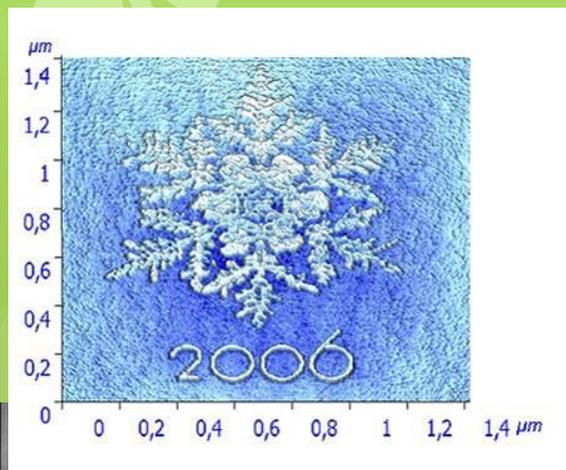


?

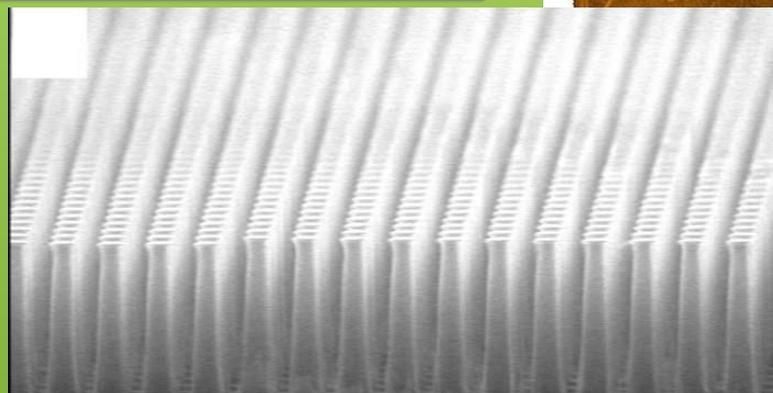
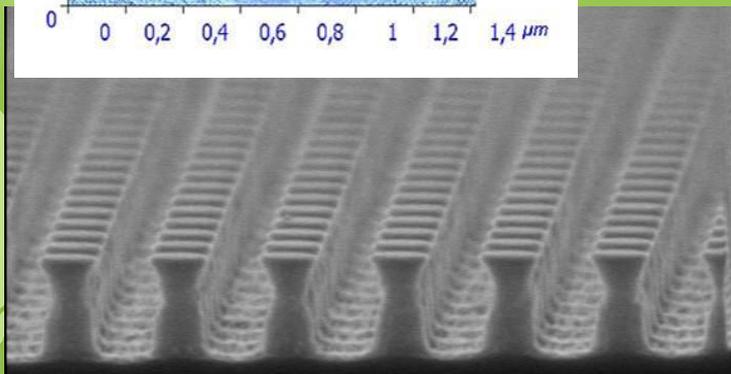
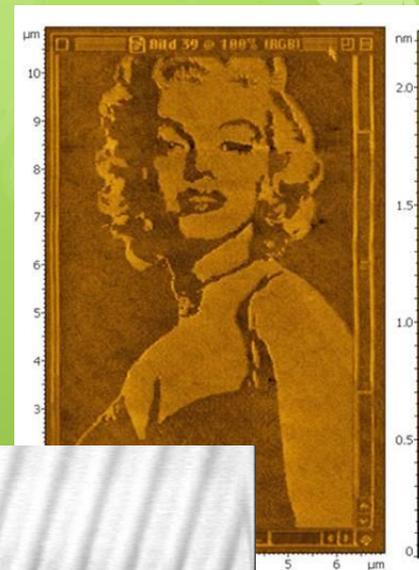


НАНОТЕХНОЛОГИИ

Нанотехнологии – технологии, позволяющие целенаправленно создавать и конструировать материалы и устройства на наноразмерном уровне.



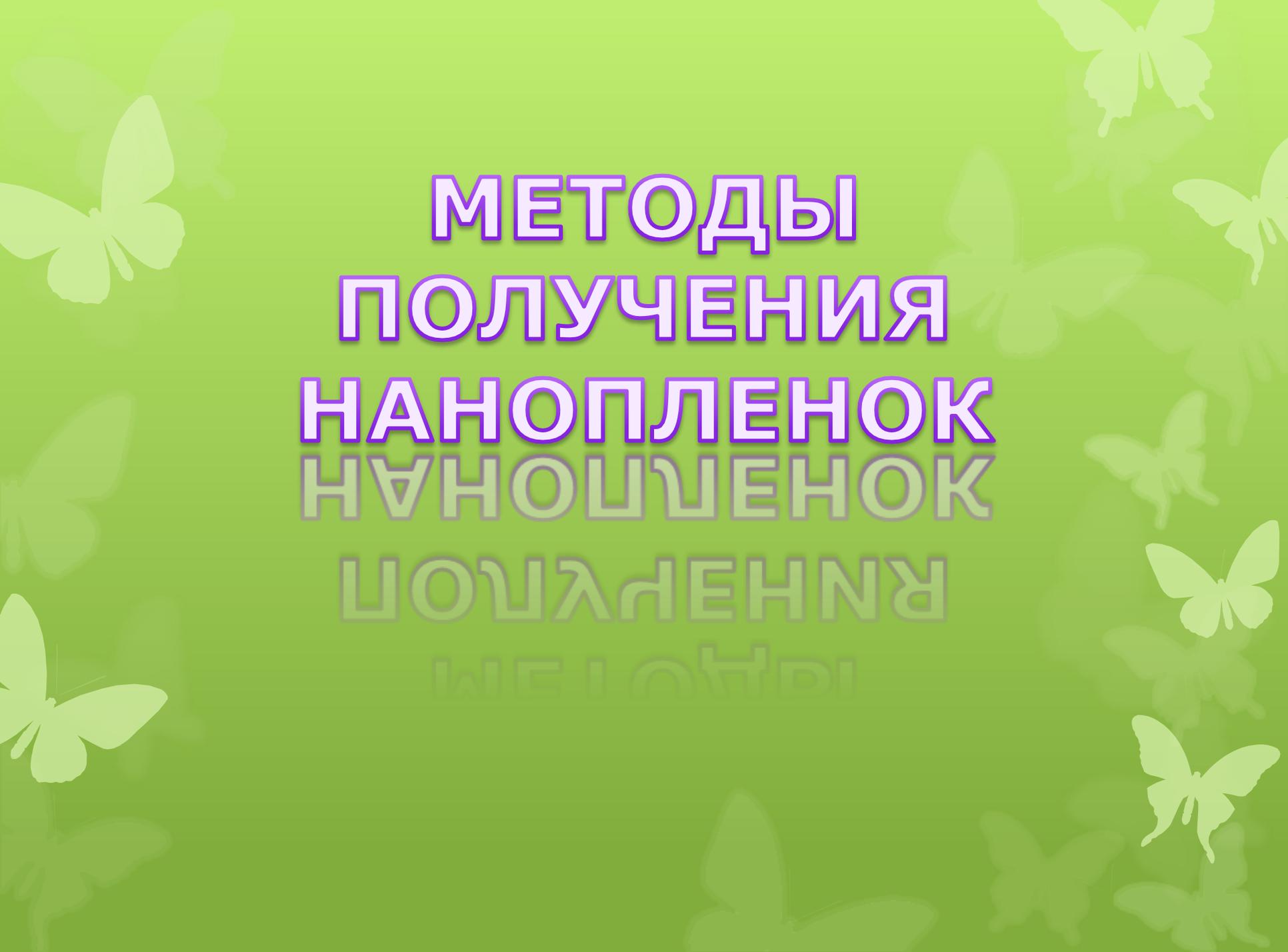
**Технология формирования
анизотропных микро- и
наноструктур на основе кремния**



**Увеличение рабочих частот до 300 ГГц
Снижение массогабаритных характеристик в 1,5 – 5 раз
Увеличение сроков работы до 15 лет**

N3 00000 1 μm

N1 06-14 00000 3 μm

The background is a light green gradient with several white butterfly silhouettes scattered across it. The text is centered and consists of five lines. The first two lines are in a large, bold, white font with a purple outline. The next three lines are in a smaller, bold, white font with a purple outline, but they are mirrored and appear to be a reflection of the text above them.

**МЕТОДЫ
ПОЛУЧЕНИЯ
НАНОПЛЕНОК
НАНОПЛЕНОК
ПОЛУЧЕНИЯ
МЕТОДЫ**

Молекулярно-лучевая эпитаксия

- Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) — эпитаксиальный рост в условиях сверхвысокого вакуума. Позволяет выращивать гетероструктуры заданной толщины с моноатомно гладкими гетерограницами и с заданным профилем легирования. В установках МПЭ имеется возможность исследовать качество плёнок «in situ» (то есть прямо в ростовой камере во время роста). Для процесса эпитаксии необходимы специальные хорошо очищенные подложки с атомарногладкой поверхностью.
- Технология молекулярно-пучковой эпитаксии была создана в конце 1960-х годов Дж. Р. Артуром (J. R. Arthur) и Альфредом Чо (Alfred Y. Cho).



Молекулярно-лучевая эпитаксия



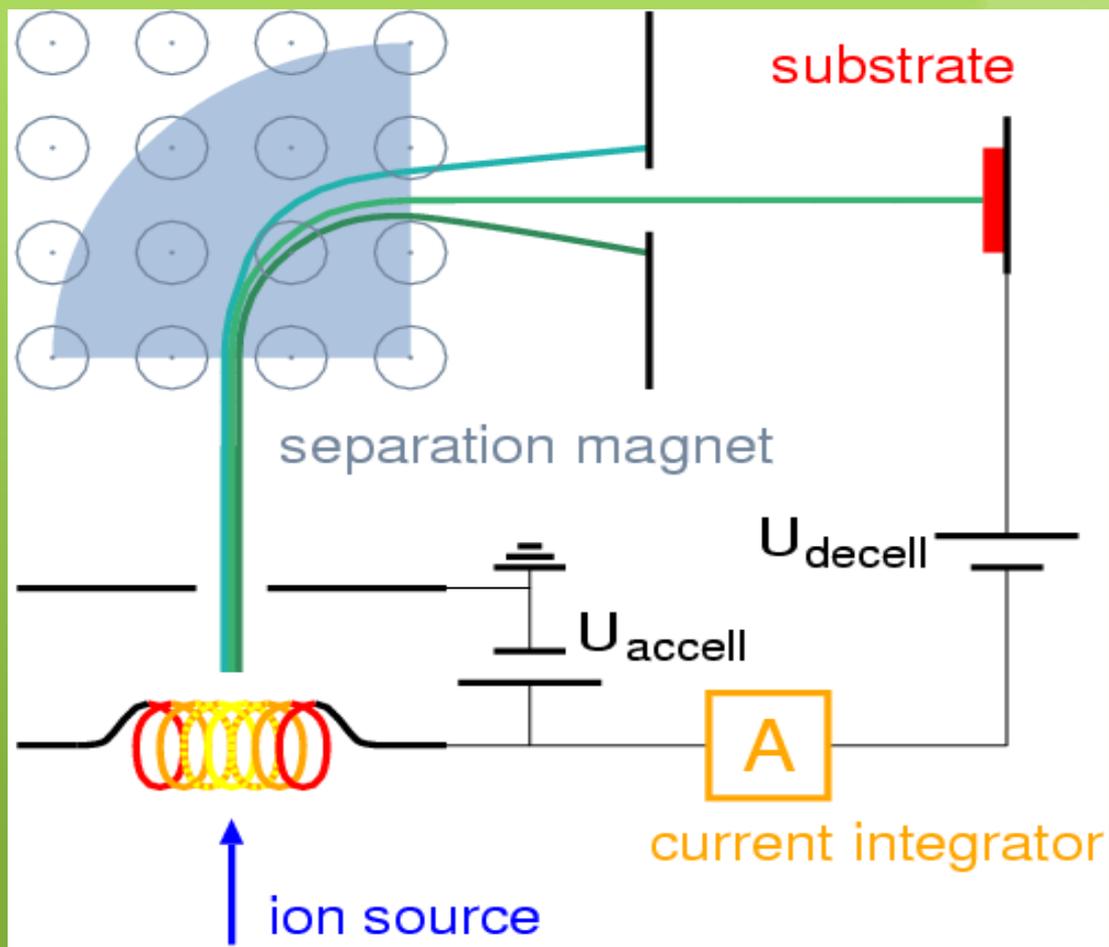
Гетероэпитаксиальный рост



Ионная имплантация

- **Ионная имплантация** — способ введения атомов примесей в поверхностный слой пластины или эпитаксиальной пленки путем бомбардировки его поверхности пучком ионов с высокой энергией (10—2000 КэВ).
- Широко используется при создании полупроводниковых приборов методом планарной технологии. В этом качестве применяется для образования в приповерхностном слое полупроводника областей с содержанием донорных или акцепторных примесей с целью создания p-n-переходов и гетеропереходов, а также низкоомных контактов.
- Ионную имплантацию также применяют как метод легирования металлов для изменения их физических и химических свойств (повышения твердости, износостойкости, коррозионной стойкости и т. д.).

Схема установки для ионной имплантации и селекции ионов по энергии.



Установка для ионной имплантации



The background is a light green gradient with several white butterfly silhouettes scattered across it. The text is centered and written in a bold, purple, sans-serif font.

**Нанотехнологический
комплекс (НТК) с
кластерной компоновкой
НАНОФАБ 100**

НТК НАНОФАБ 100



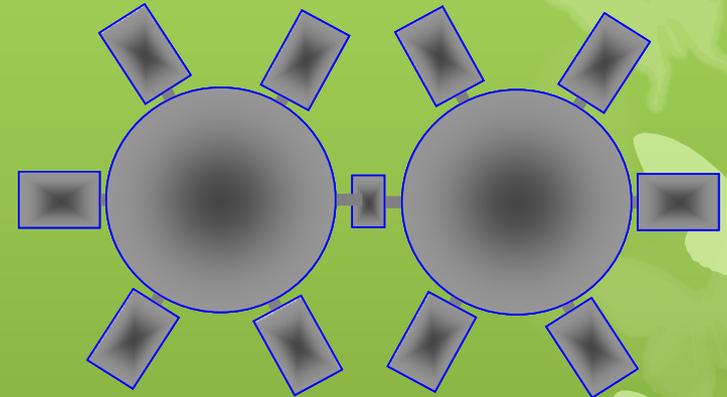
НТК НАНОФАБ 100 - уникальная сверхвысоковакуумная модульная технологическая платформа для создания, исследования и мелкосерийного производства элементов микро- и нанoeлектроники, наномеханики.

Сверх Высоковакуумное Технологическое оборудование, кластерная структура

Кластерная схема организации технологических модулей позволяет соединить в рамках единого автоматизированного комплекса практически неограниченное количество методов обработки и исследования.

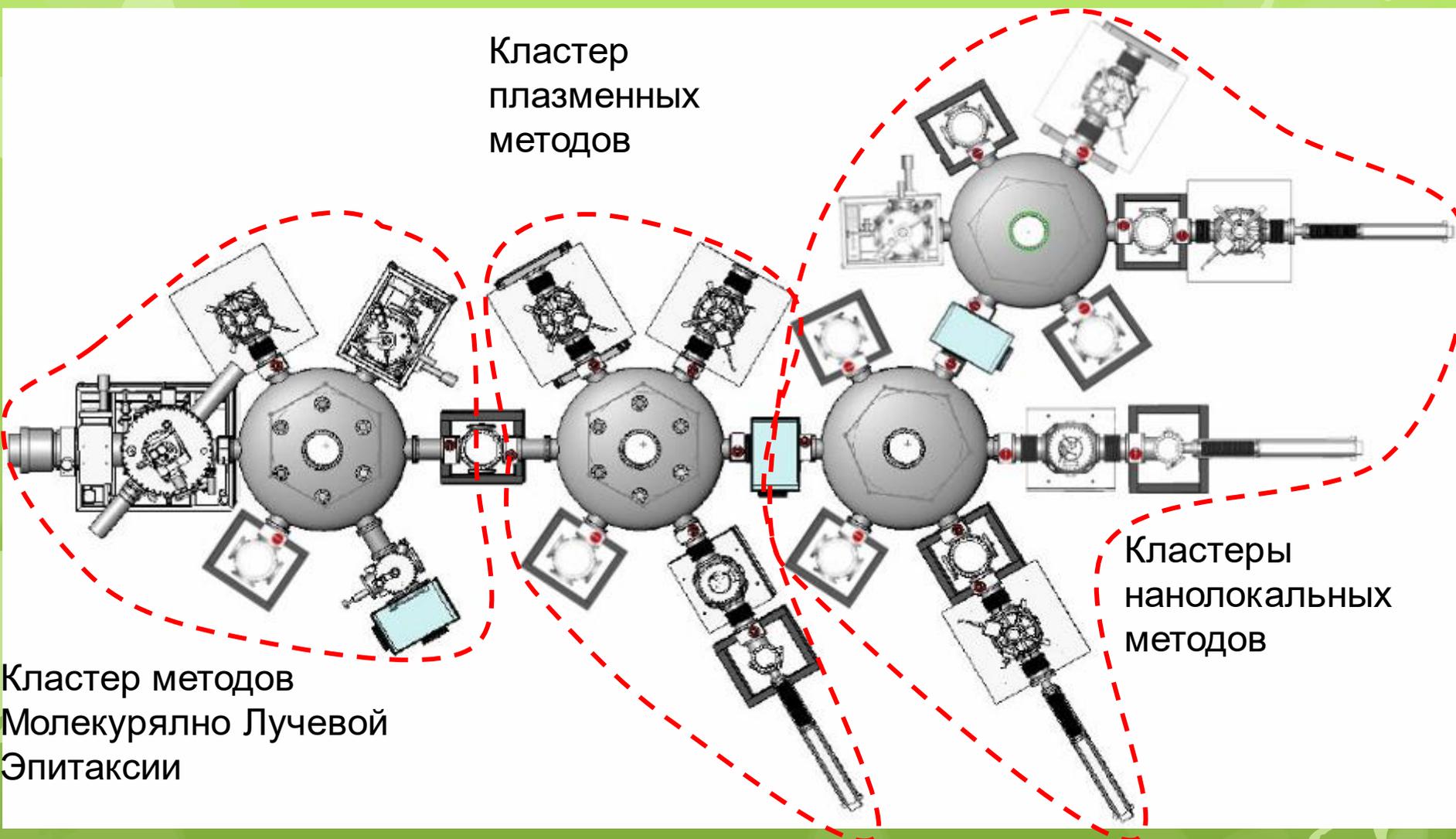


Два кластера с единой транспортной системой



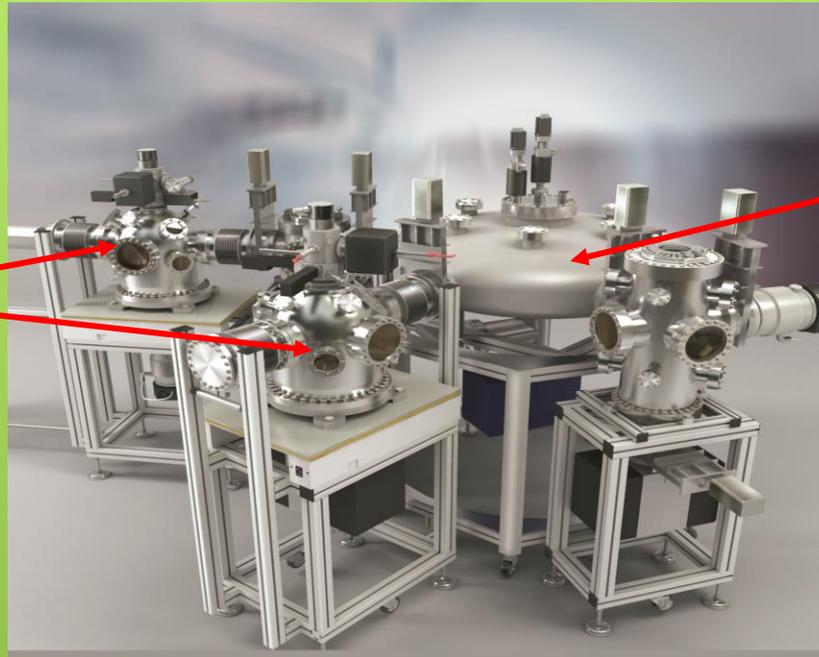
Кластерная организация – ключевое преимущество платформы НаноФаб-100

Сверх Высокоточное Технологическое оборудование, пример 4ех кластерного комплекса



Сверх Высоковакуумное Технологическое оборудование

Модули для разных методов обработки и исследования



Транспортно-распределительный модуль

Концепция платформы – объединить в едином комплексе несколько методов обработки и исследования полупроводников. Все процедуры производятся в автоматическом режиме в условиях высокого и сверхвысокого вакуума.

Сверх Высоковакуумное Технологическое оборудование



Обеспечивает возможность изготовления заданных планарных или 3-х мерных функциональных структур и их характеризацию с точностью в единицы нанометров

Сверх Высокowaкyумное Технологическое оборудование, пульт управления комплексом



Локальные (безмасковая литография)

- сканирующей зондовой микроскопии (исследование)
- сканирующей зондовой микроскопии (газо-фазное осаждение инициированное зондом СЗМ)
- сканирующей электронной микроскопии
- фокусированных ионных пучков (ФИП) (исследование/травление)
- ФИП с возможностью сепарации ионов и имплантации
- ФИП инициированное газо-фазное осаждение
- ФИП высокого разрешения (2,5 нм)

Групповые

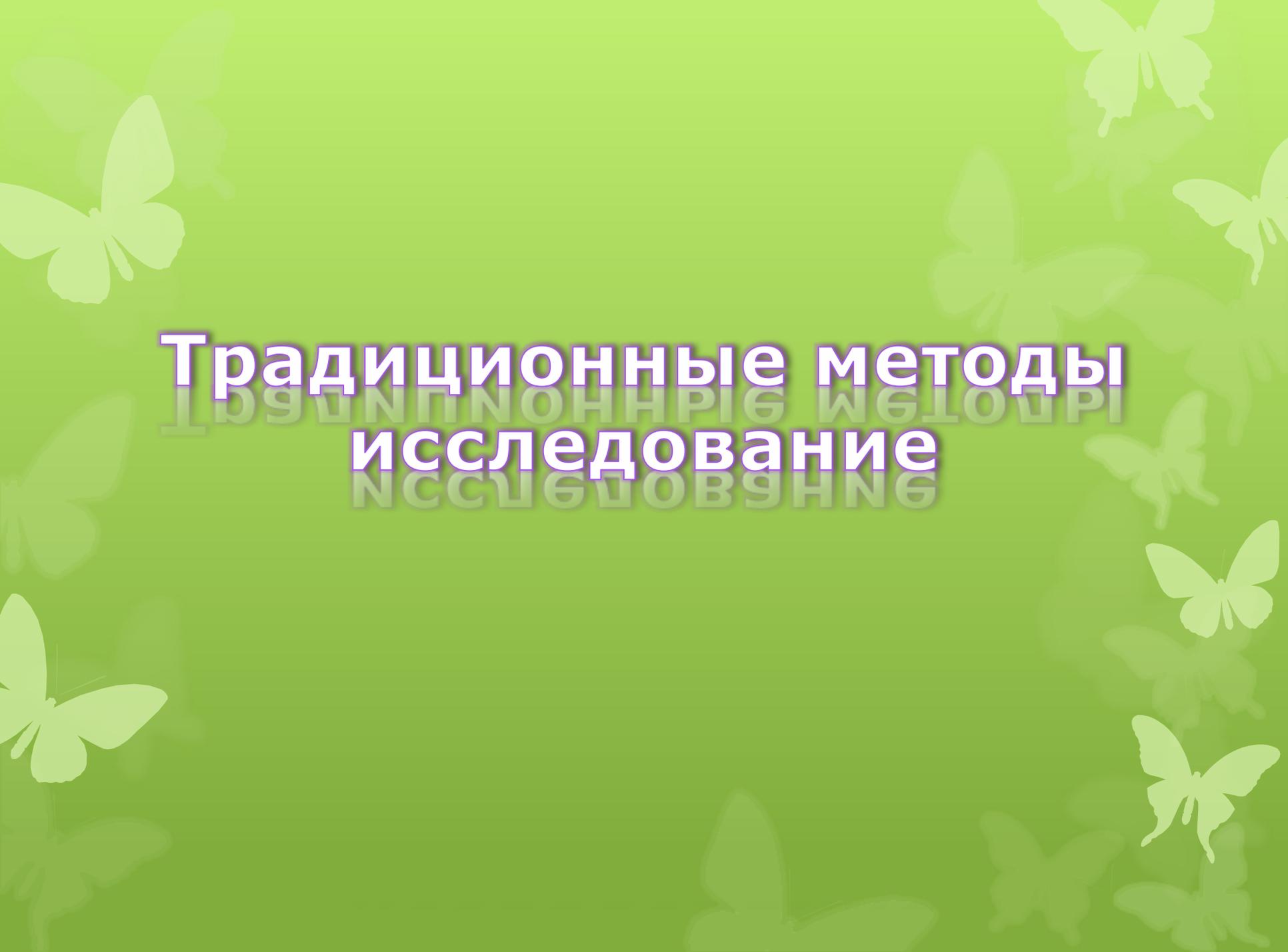
- молекулярно-лучевой эпитаксии GaInAlAs
- молекулярно-лучевой эпитаксии GaInAlN
- молекулярно-лучевой эпитаксии SiGe
- молекулярно-лучевой эпитаксии HgCdTe
- импульсного лазерного осаждения
- плазменного травления
- плазменного осаждения
- плазменной очистки
- масковые литографии

Литография



NANOTEXNOLOGIYA

MAHSULOTLARI

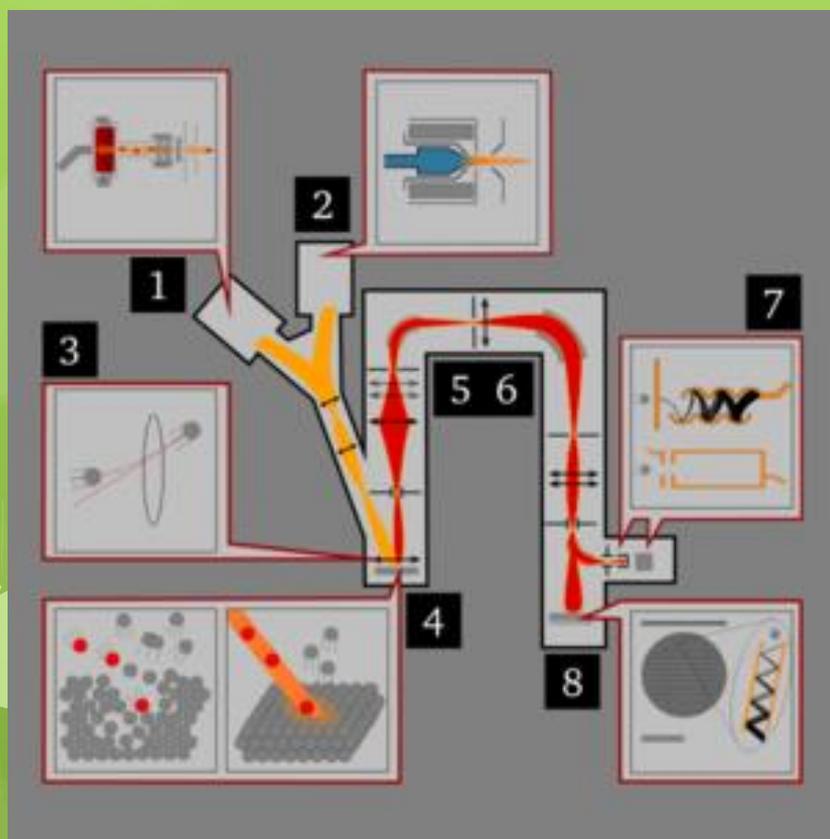
The background is a light green gradient with several white butterfly silhouettes scattered across it. The text is centered and has a white-to-yellow gradient with a drop shadow.

Традиционные методы исследование

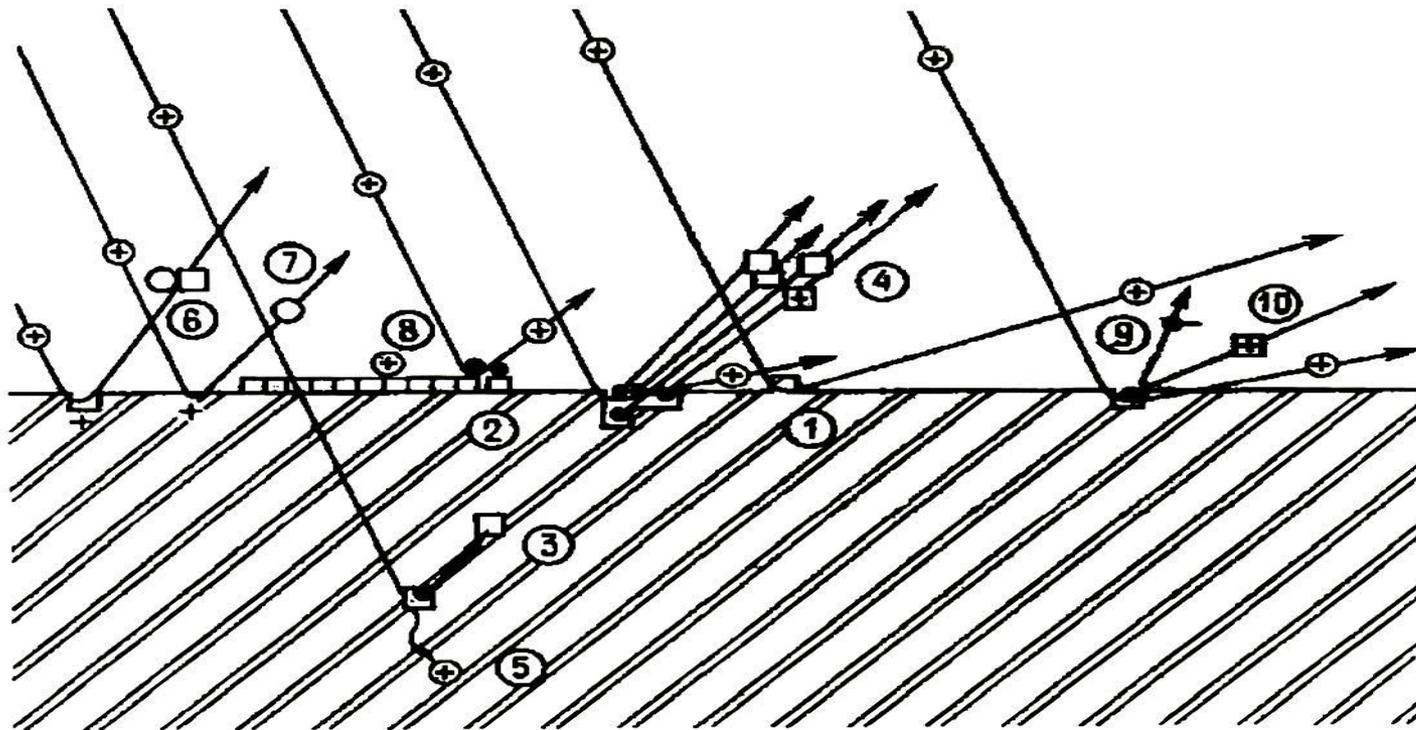
Вторичная ионная масс-спектрометрия (ВИМС)

- ВИМС является одним из физических методов исследования поверхности твердых тел. Анализ образца проводится в условиях высокого вакуума. Образец бомбардируется пучком первичных ионов с энергией 0.1 - 100 кэВ. Сталкиваясь с поверхностью, *первичные* ионы выбивают *вторичные частицы*, часть из которых, *обычно* менее 5%, покидают поверхность в ионизированном состоянии. Эти ионы фокусируются и попадают в масс-анализатор, где они разделяются в соответствии с отношением их массы к заряду. Далее они попадают на детектор, который фиксирует интенсивность тока вторичных ионов и передает информацию на ЭВМ.

Масс-спектрометр вторичных ионов САМЕСА IMS3f Magnetic.



Виды взаимодействий ионов с твердым телом



- ① Рассеяние ионов на атомах
- ② Поверхностные дислокации
- ③ Внутренние дислокации
- ④ Физическое распыления
- ⑤ Ионная имплантация

- ⑥ Химическое распыление
- ⑦ Перенос заряда
- ⑧ Адсорбция ионов
- ⑨ Эмиссия электронов
- ⑩ Эмиссия поверхностных ионизированных ионов

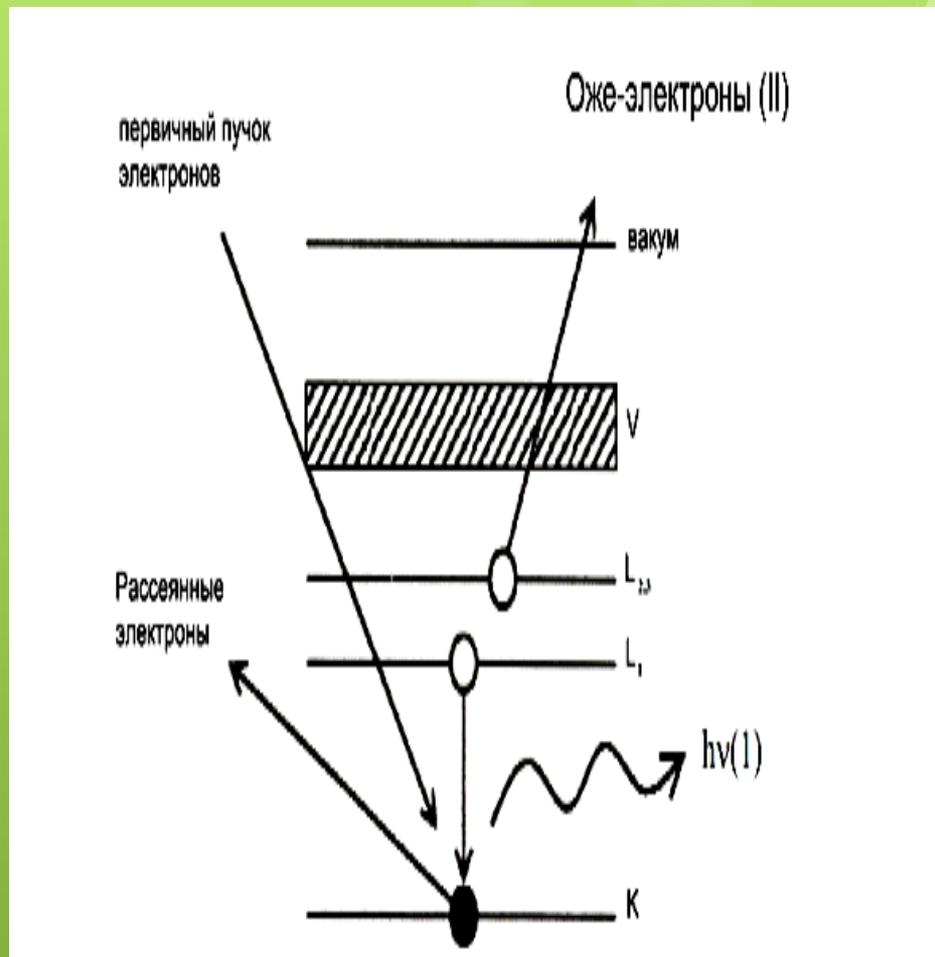
УСТАНОВКА ЭЛЕКТРОННОЙ ОЖЕ СПЕКТРОСКОПИИ

Scanning Auger Nanoprobe PHI-680 Physical Electronics



Оже-электронная спектроскопия

- Эффект, на котором основана ОЭС, был открыт в 1925 году французским физиком Пьером Оже (P.Auger). Раздел спектроскопии изучающий энергетические спектры оже-электронов, которые возникают при облучении исследуемого вещества электронным пучком. ОЭС широко используется для определения элементного состава газов и поверхности твердых тел. для изучения электронного строения и химического состояния атомов в образце. e



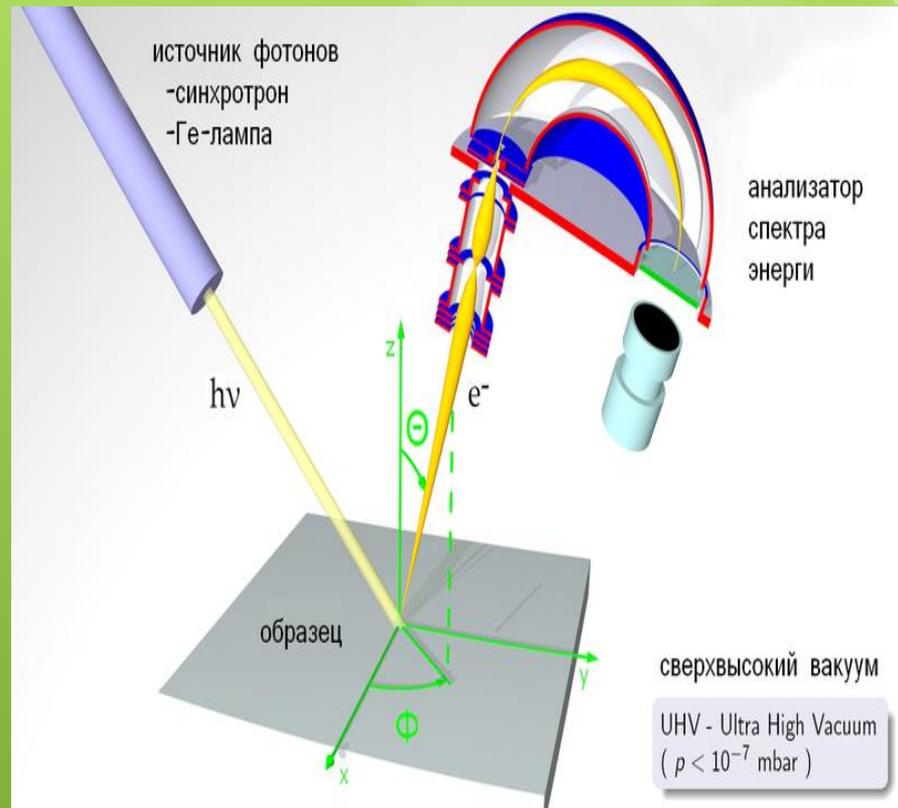
Ультрафиолетовая спектроскопия

- **Ультрафиолетовая (электронная) спектроскопия** — раздел оптической спектроскопии, который включает получение, исследование и применение спектров испускания, поглощения и отражения в ультрафиолетовой области.
- Энергия фотонов ультрафиолетового и видимого диапазонов спектра достаточно высока (1,7—100 эВ или примерно от 10 до 730 нм), чтобы перевести электроны органических молекул из основного состояния в возбужденное — со связывающей на разрыхляющие орбитали. Разность энергий между этими состояниями квантована, поэтому молекулы поглощают фотоны только строго определенной энергии.



Фотоэлектронная спектроскопия

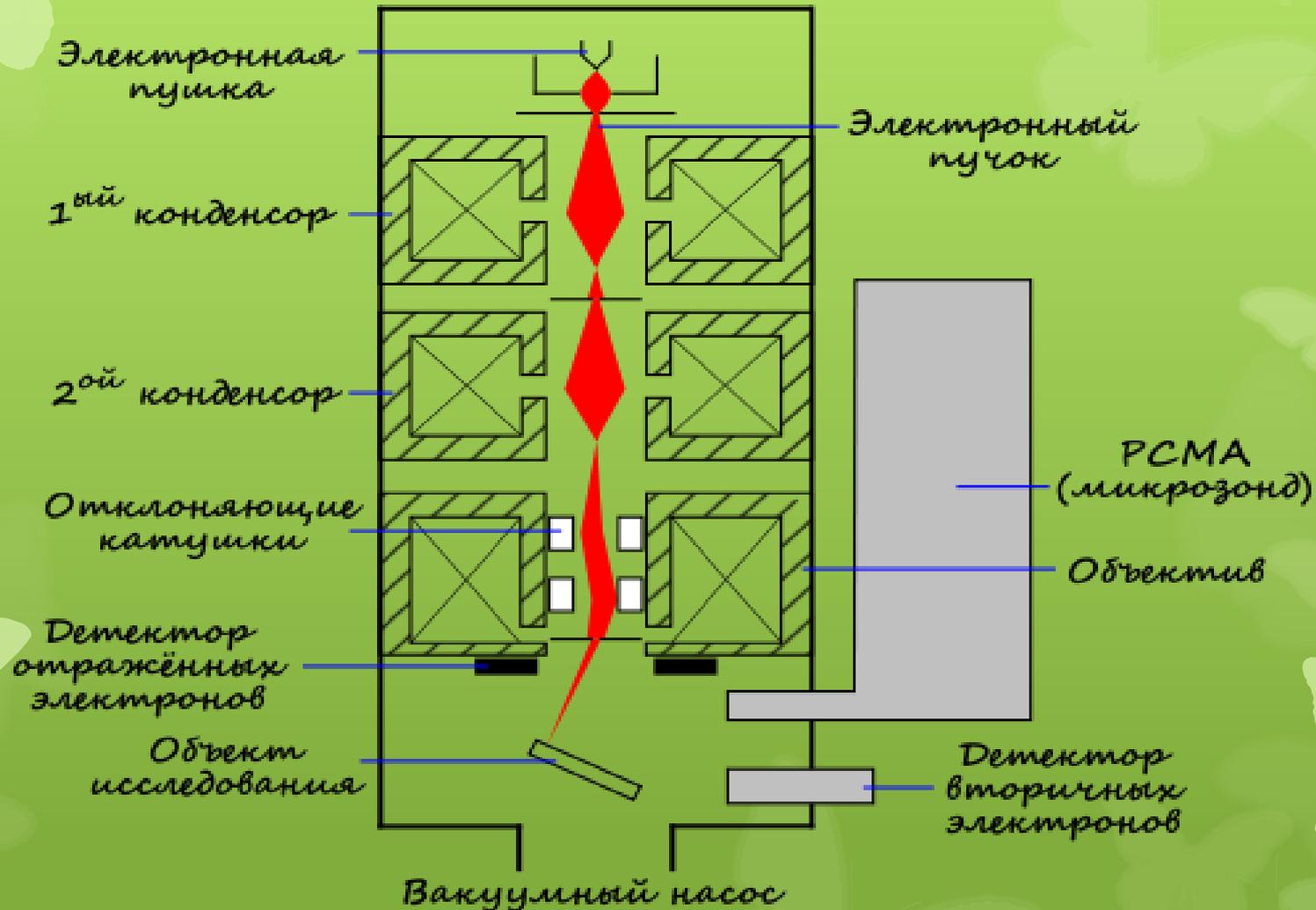
- **Фотоэлектронная спектроскопия** — метод изучения строения вещества, основанный на измерении энергетических спектров электронов, вылетающих при фотоэлектронной эмиссии.
- Согласно закону Эйнштейна, сумма энергии связи вылетающего электрона (работы выхода) и его кинетической энергии равна энергии падающего фотона $h\omega$ (h — постоянная Планка, ω — частота падающего излучения).



Растровый электронный микроскоп

- **Растровый электронный микроскоп (РЭМ, англ. Scanning Electron Microscope, SEM)** — прибор класса электронный микроскоп, предназначенный для получения изображения поверхности объекта с высоким (несколько нанометров) пространственным разрешением, также информации о составе, строении и некоторых других свойствах приповерхностных слоёв. Основан на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым веществом.
- Современный РЭМ позволяет работать в широком диапазоне увеличений приблизительно от 10 крат (то есть эквивалентно увеличению сильной ручной линзы) до 1 000 000 крат, что приблизительно в 500 раз превышает предел увеличения лучших оптических микроскопов.
- Сегодня возможности растровой электронной микроскопии используются практически во всех областях науки и промышленности, от биологии до наук о материалах. Существует огромное число выпускаемых десятками фирм разнообразных конструкций и типов РЭМ, оснащенных детекторами различных типов.

Схема РЭМ, оснащенного детектором рентгеновских лучей — «РСМА»



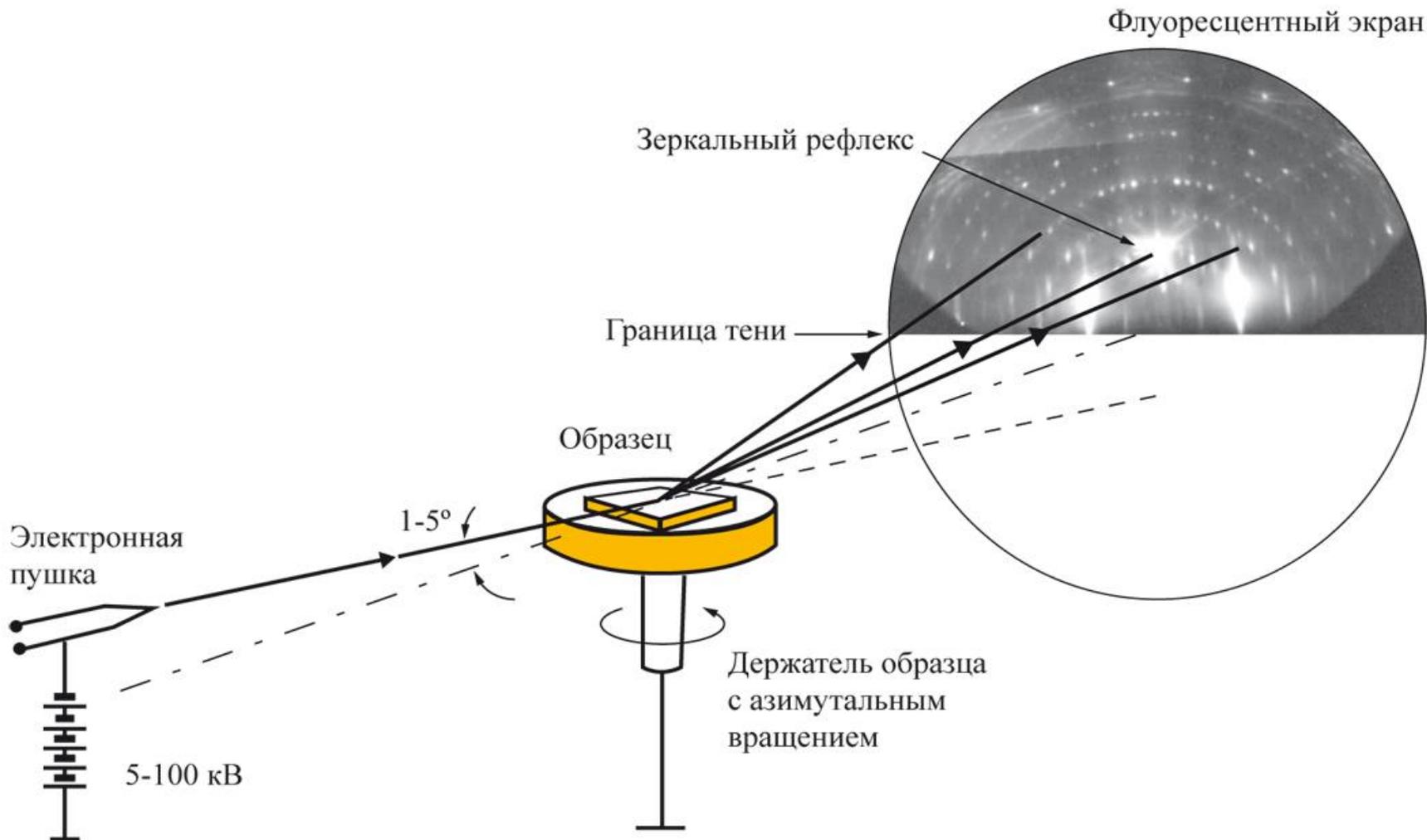
РЭМ JEOL JSM 6430F

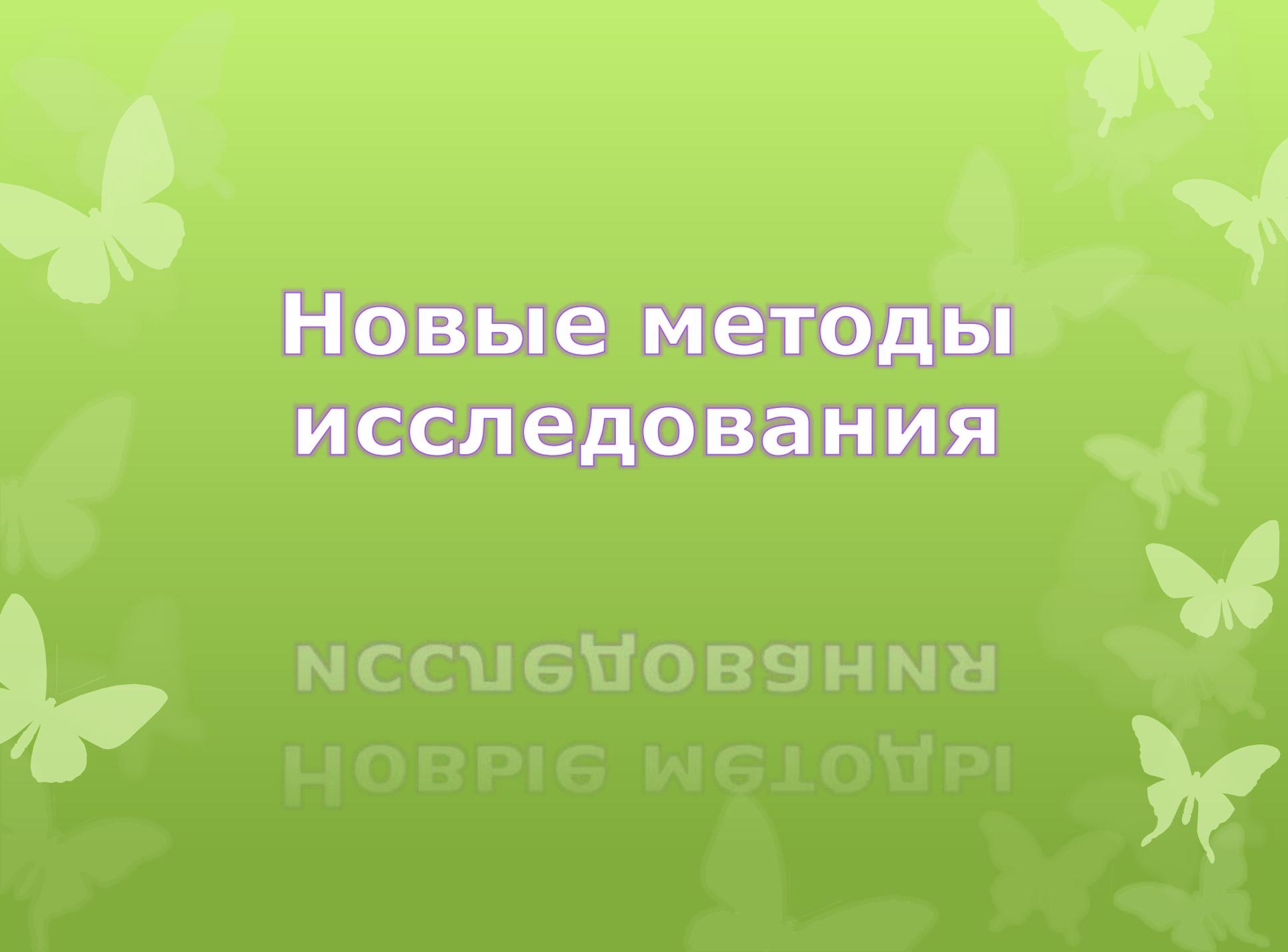


Дифракция быстрых электронов

- **Дифракция быстрых электронов** сокр., ДБЭ (англ. reflection high-energy electron diffraction сокр., RHEED) — метод исследования структуры поверхности твердых тел, основанный на анализе картин дифракции электронов с энергией 5–100 кэВ, упруго рассеянных от исследуемой поверхности под скользящими углами. Описание
- Чувствительность к структуре поверхности в ДБЭ достигается тем, что первичный пучок падает на исследуемую поверхность под малым скользящим углом порядка $1-5^\circ$, а также тем, что детектируются только дифракционные пучки, выходящие под малыми углами к поверхности. В результате на всем своем пути свободного пробега электроны остаются в тонкой приповерхностной области. Например, электроны с энергией 50–100 кэВ, имея длину свободного пробега порядка 100 нм, при угле падения порядка 1° проникают на глубину не более 1 нм.

Схема аппаратуры ДБЭ и картина ДБЭ от поверхности $\text{Si}(111)7\times7$.



The background is a light green gradient with several white butterfly silhouettes scattered across it. The butterflies are of various sizes and orientations, some appearing to fly towards the center.

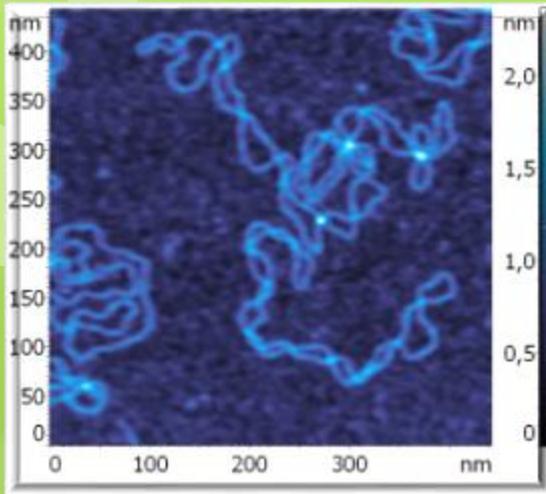
Новые методы исследования

ИССЛЕДОВАНИЯ
НОВЫЕ МЕТОДЫ

Новые методы исследования

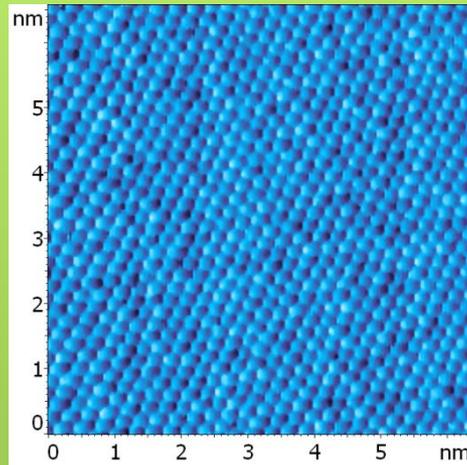
- В силу того, что нанотехнология — междисциплинарная наука, для проведения научных исследований используют те же методы, что и «классические» биология, химия, физика. Одним из относительно новых методов исследований в области нанотехнологии является **сканирующая зондовая микроскопия**. В настоящее время в исследовательских лабораториях используются не только «классические» зондовые микроскопы, но и СЗМ в комплексе с оптическими микроскопами, электронными микроскопами, спектрометрами комбинационного (рамановского) рассеяния и флуоресценции, ультрамикротоматами (для получения трёхмерной структуры материалов).

Естественные СЗМ тесты



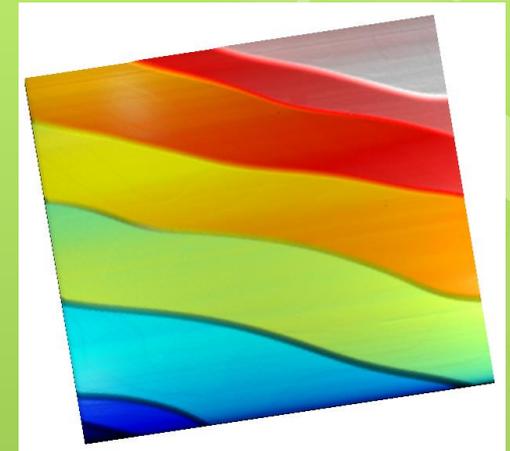
Тестовый образец ДНК

- деконволюция (оценка степени остроты зонда);
- оценка качества калибровки прибора (Z-resolution test)



Высокоориентированный пиролитический графит (HOPG)

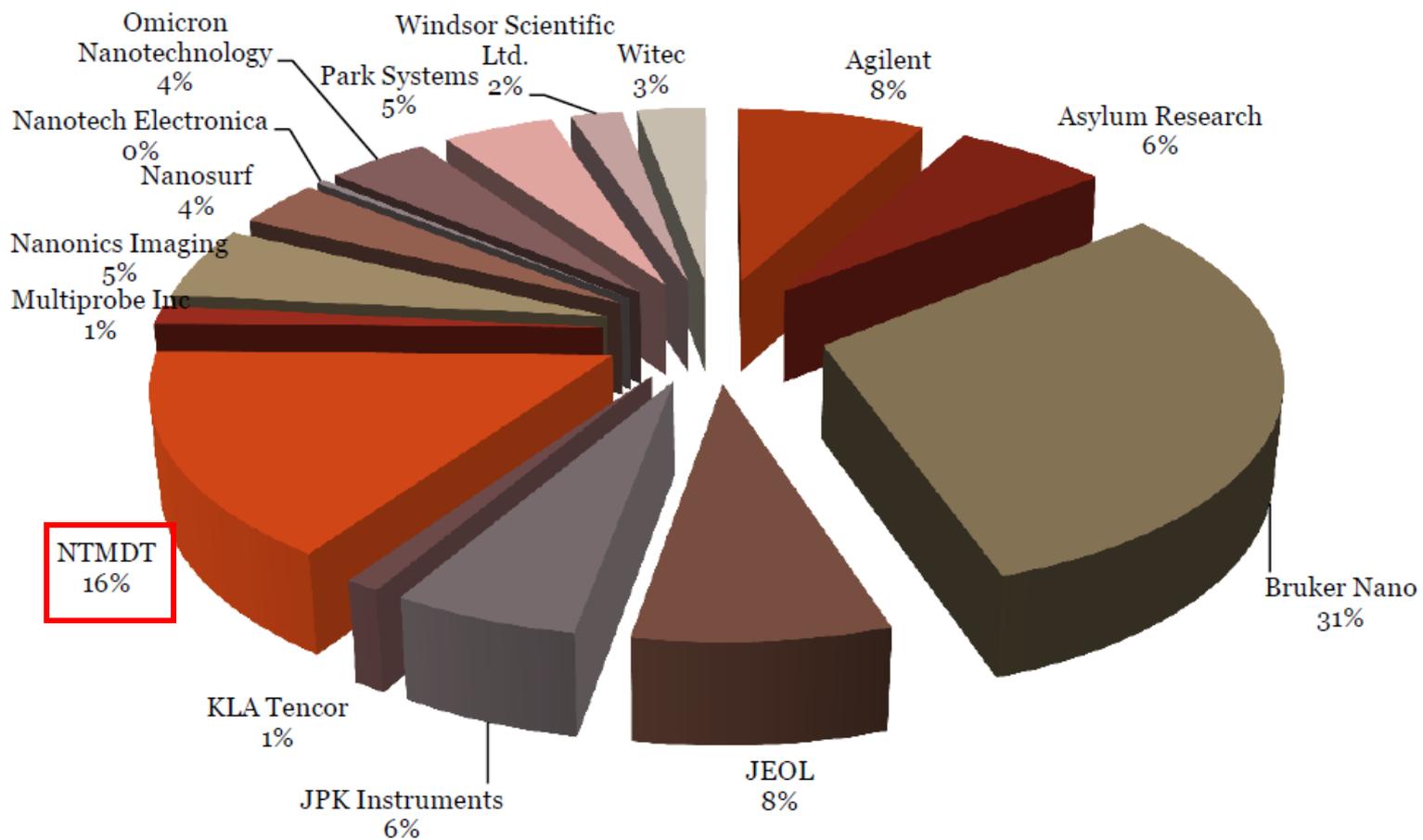
- оценка качества калибровки прибора;
- тестовый образец для получения атомарного разрешения;
- атомарно гладкая проводящая подложка



Моноатомные ступеньки на кремнии
STEPP On Si(111): 3,14 Å

- оценка качества калибровки прибора;
- атомарно гладкая подложка для биологических и других объектов

Мировой рынок СЗМ

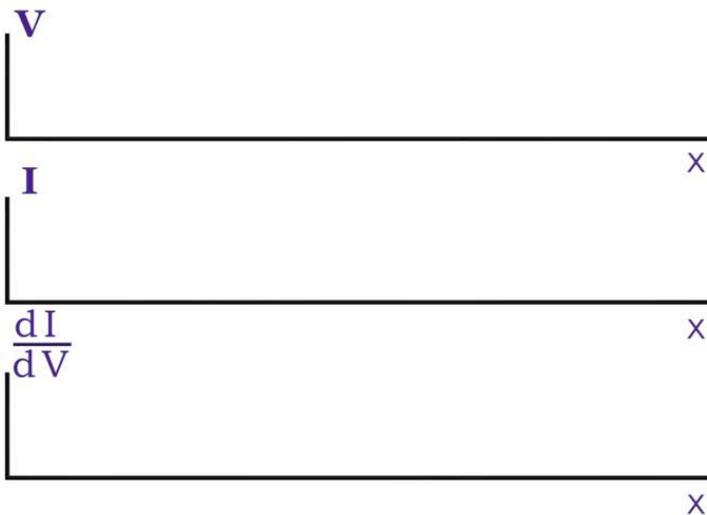
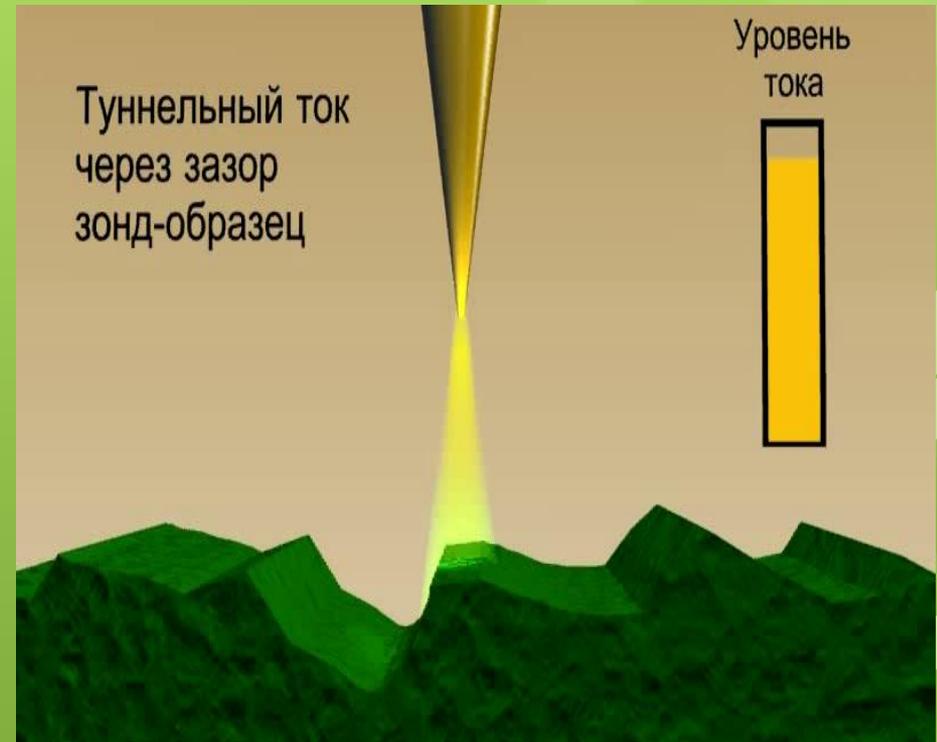
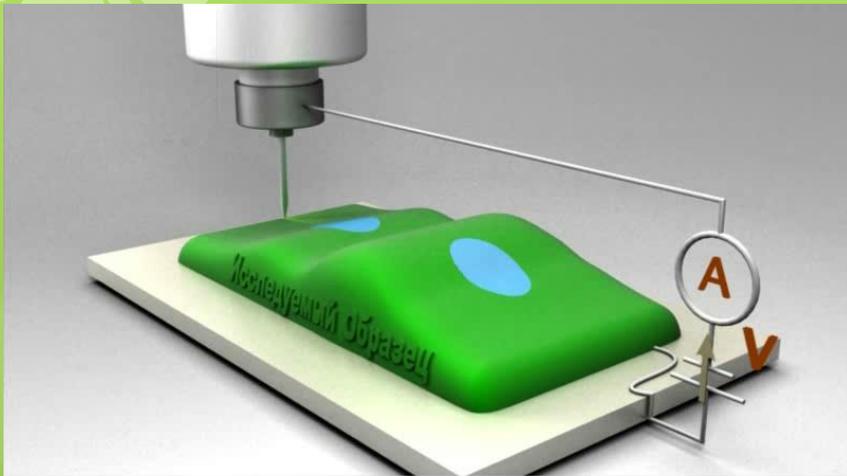


Сканирующий туннельный микроскоп

Центр "Инновационные Технологии"
Физико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Сканирующий туннельный микроскоп

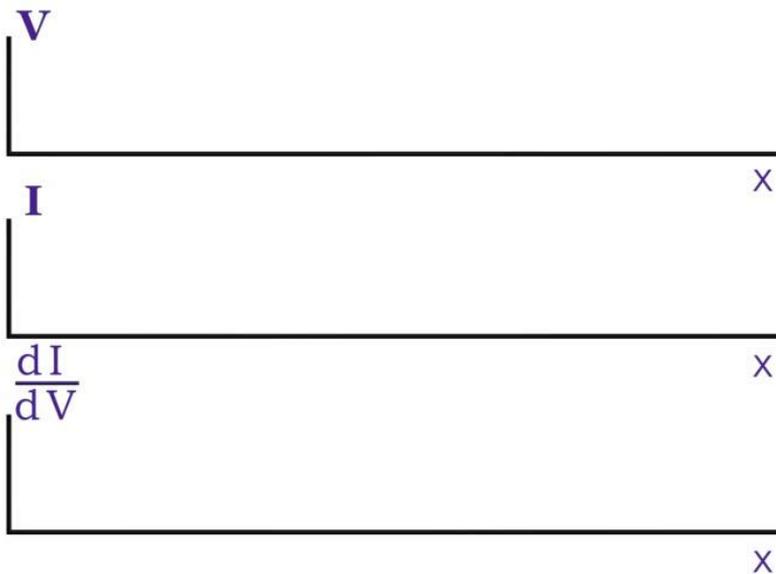
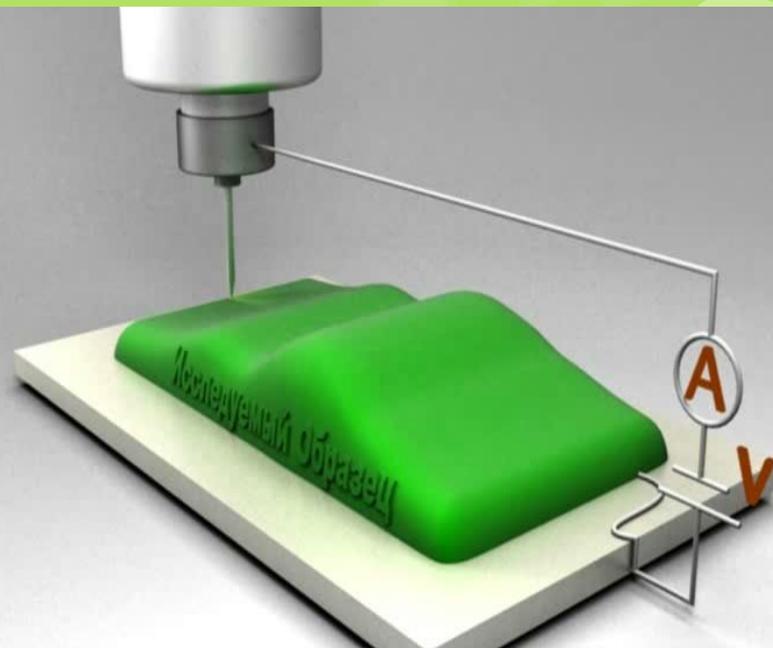
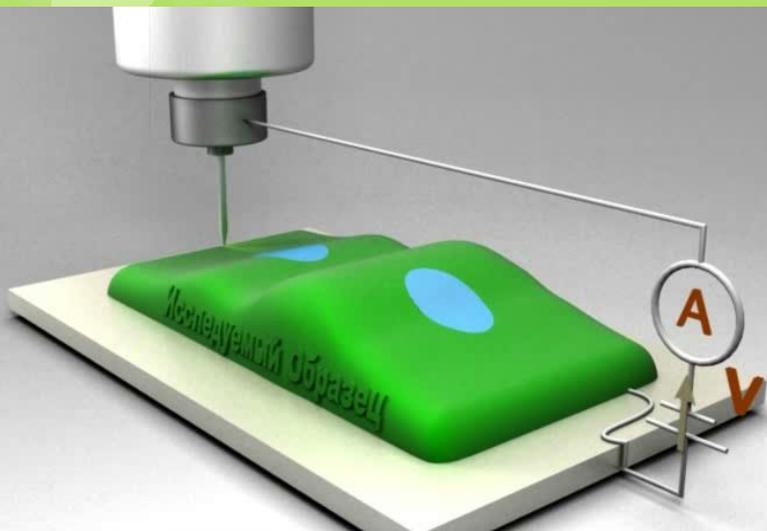


СКАНИРУЮЩИЙ ТУННЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП



Отображение Плотности Состояний

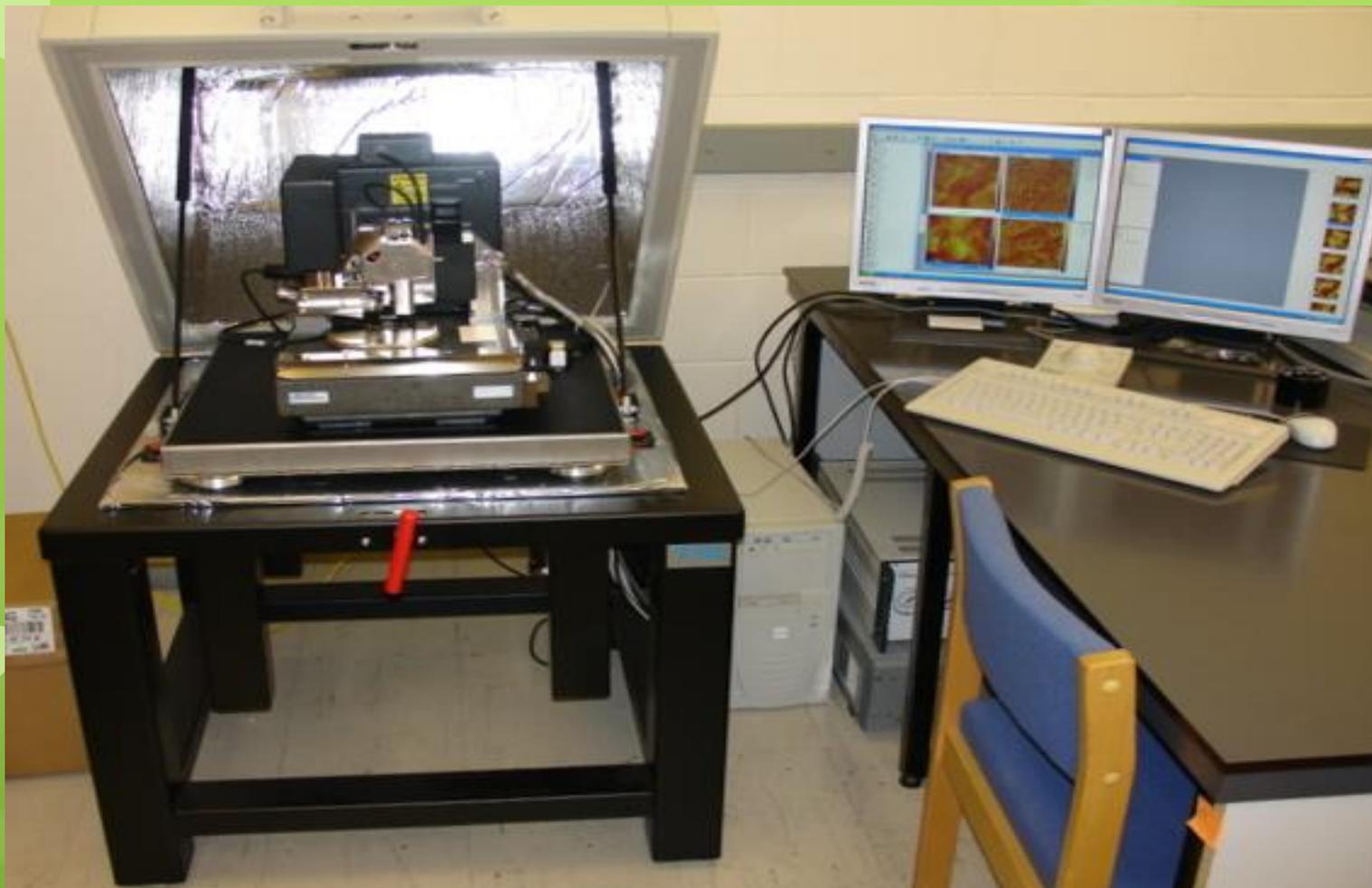
Метод постоянной высоты(АСМ)



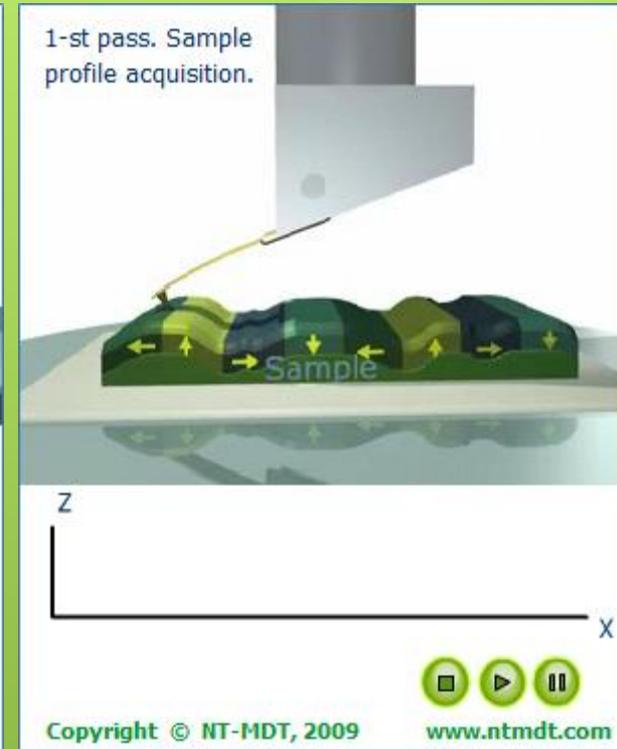
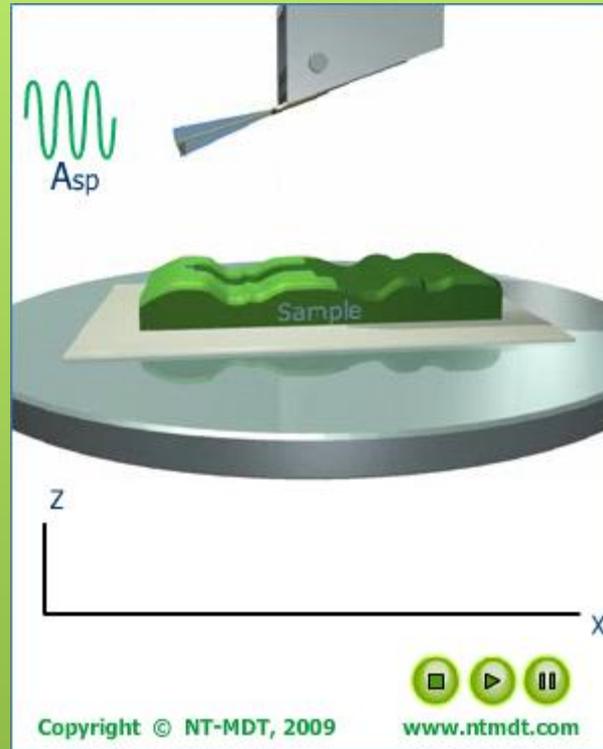
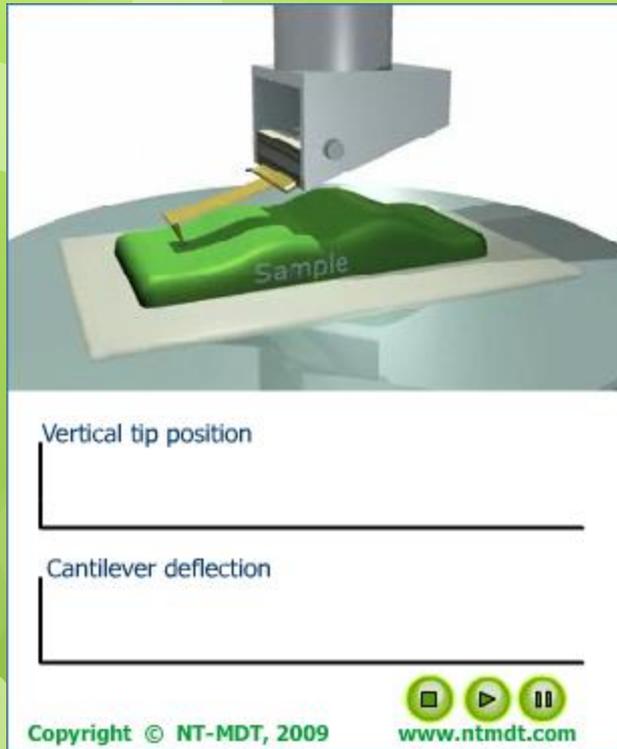
Атомно-силовой микроскоп

- **Атомно-силовой микроскоп** (АСМ, англ. 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.
- Атомно-силовая микроскопия может использоваться не только для визуализации клеток и субклеточных структур, но и для детекции молекулярных структур. Pereira (2001) использовал нанодатчик с иммобилизированной на поверхности кронштейна атомного силового микроскопа супероксиддисмутазой для обнаружения продукции супероксид-аниона клетками пекарских дрожжей. Иммобилизация каталазы в аналогичных условиях позволила определить продукцию перекиси водорода. Размещение на верхушке наконечника атомного силового микроскопа молекул блокаторов кальциевых каналов позволяет локализовать индивидуальные кальциевые каналы на поверхности клетки по выраженному отклонению сигнала, регистрируемому в этих точках. Метод атомно-силовой микроскопии является перспективным и в плане направленной доставки лекарственных препаратов, поскольку в этом случае препарат может быть доставлен не только в отдельную клетку, но и в определенный внутриклеточный компартмент.

Атомно-силовой микроскоп



Методики атомно-силовой микроскопии

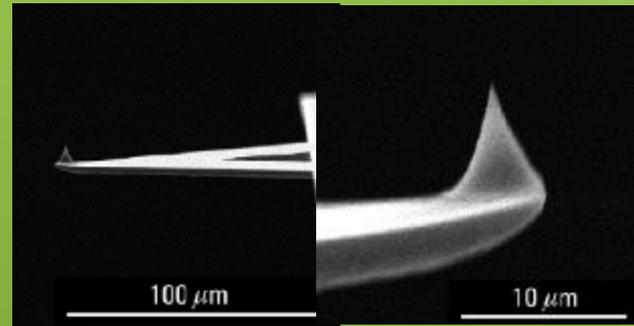
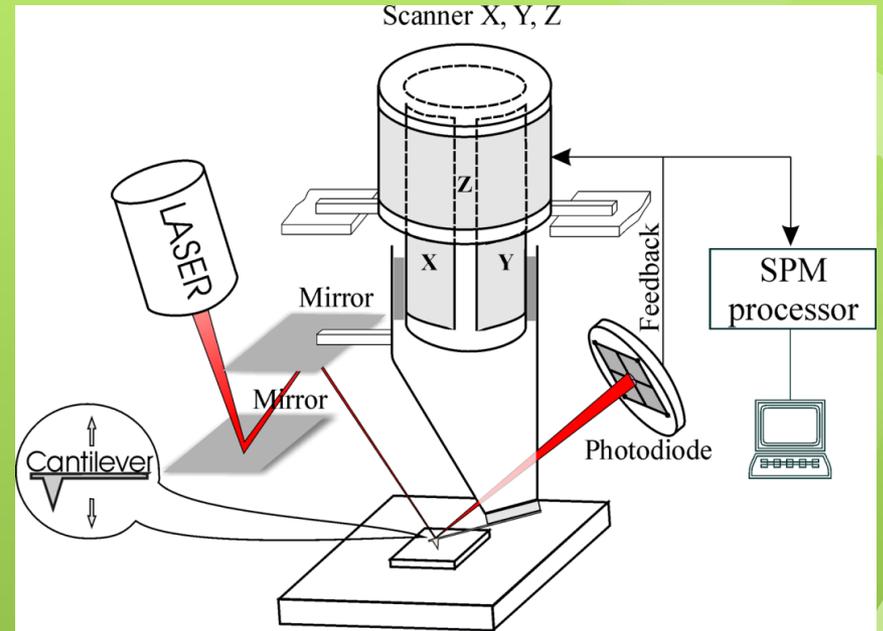
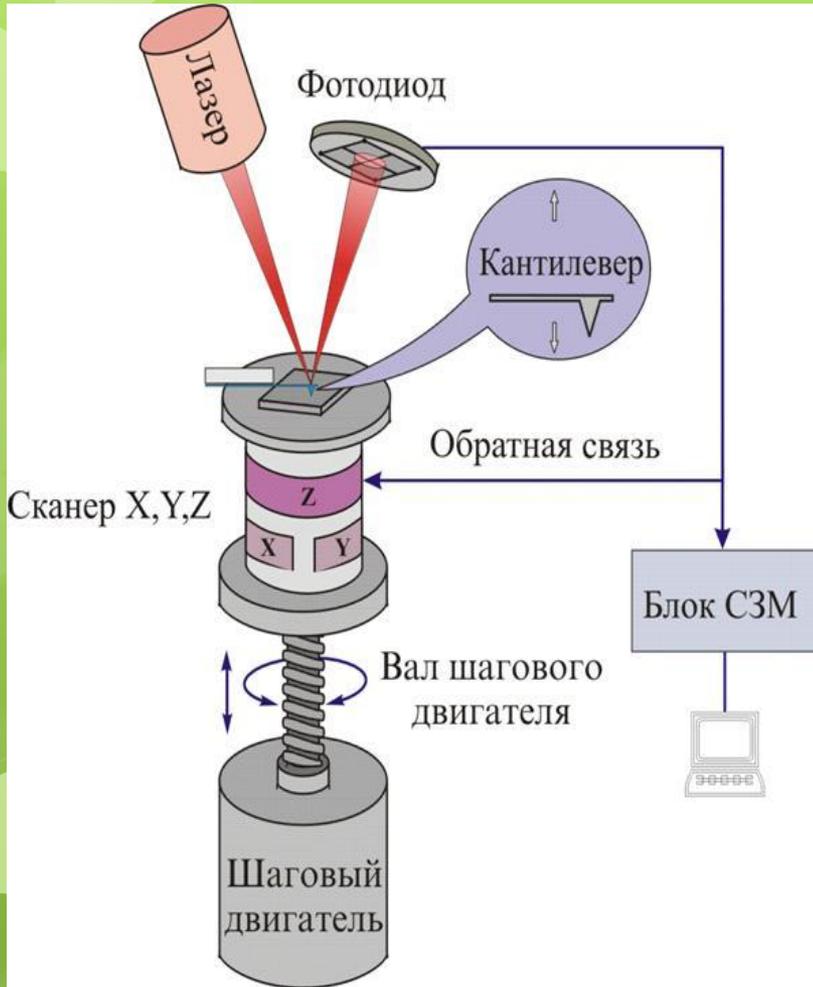


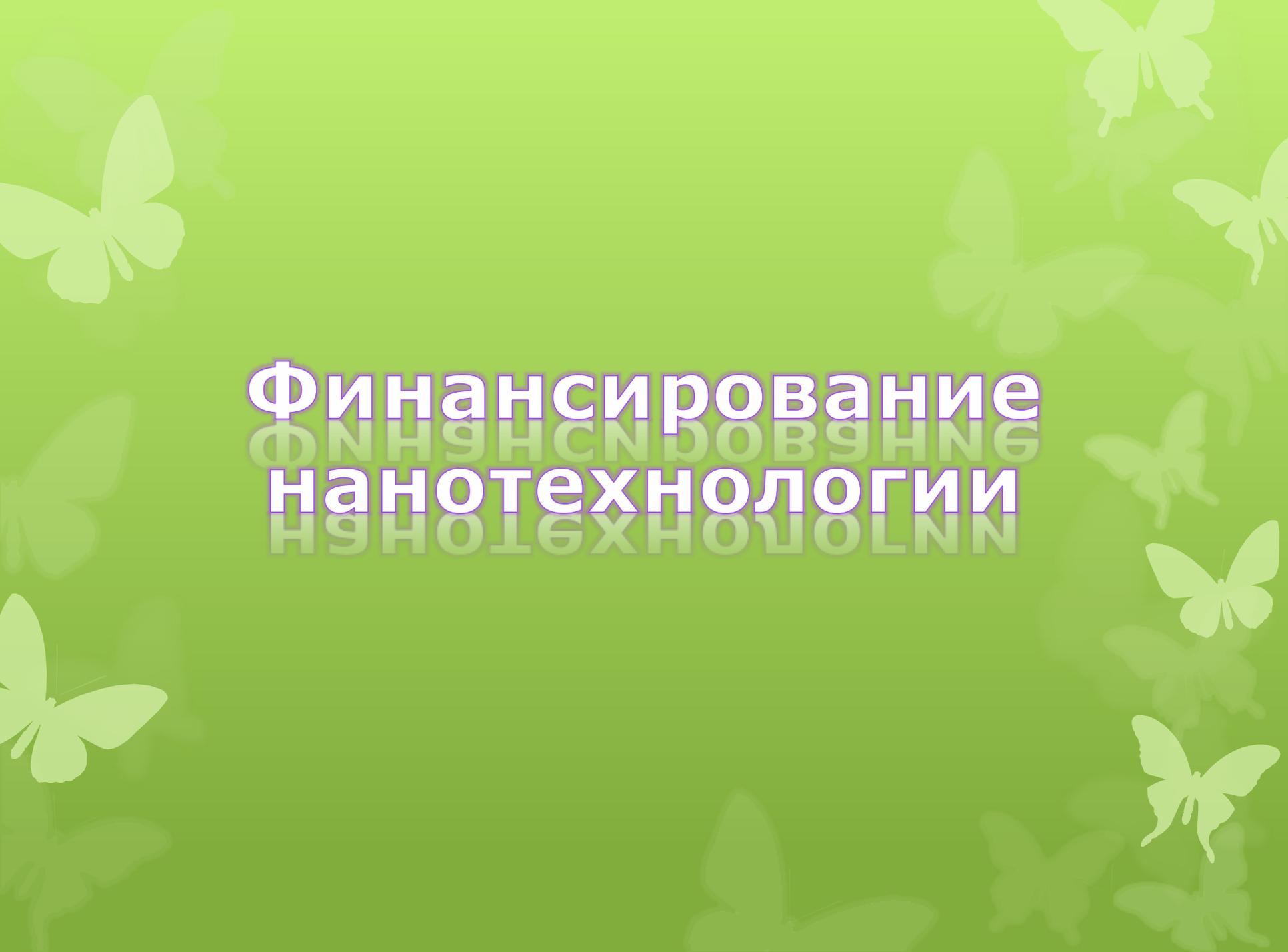
Контактные
методики

Полуконтактные
методики

Многoproходные
методики

Принцип работы АСМ



The background is a light green gradient with several white butterfly silhouettes scattered across it. The butterflies are of various sizes and orientations, some appearing to fly towards the center.

Финансирование нанотехнологии

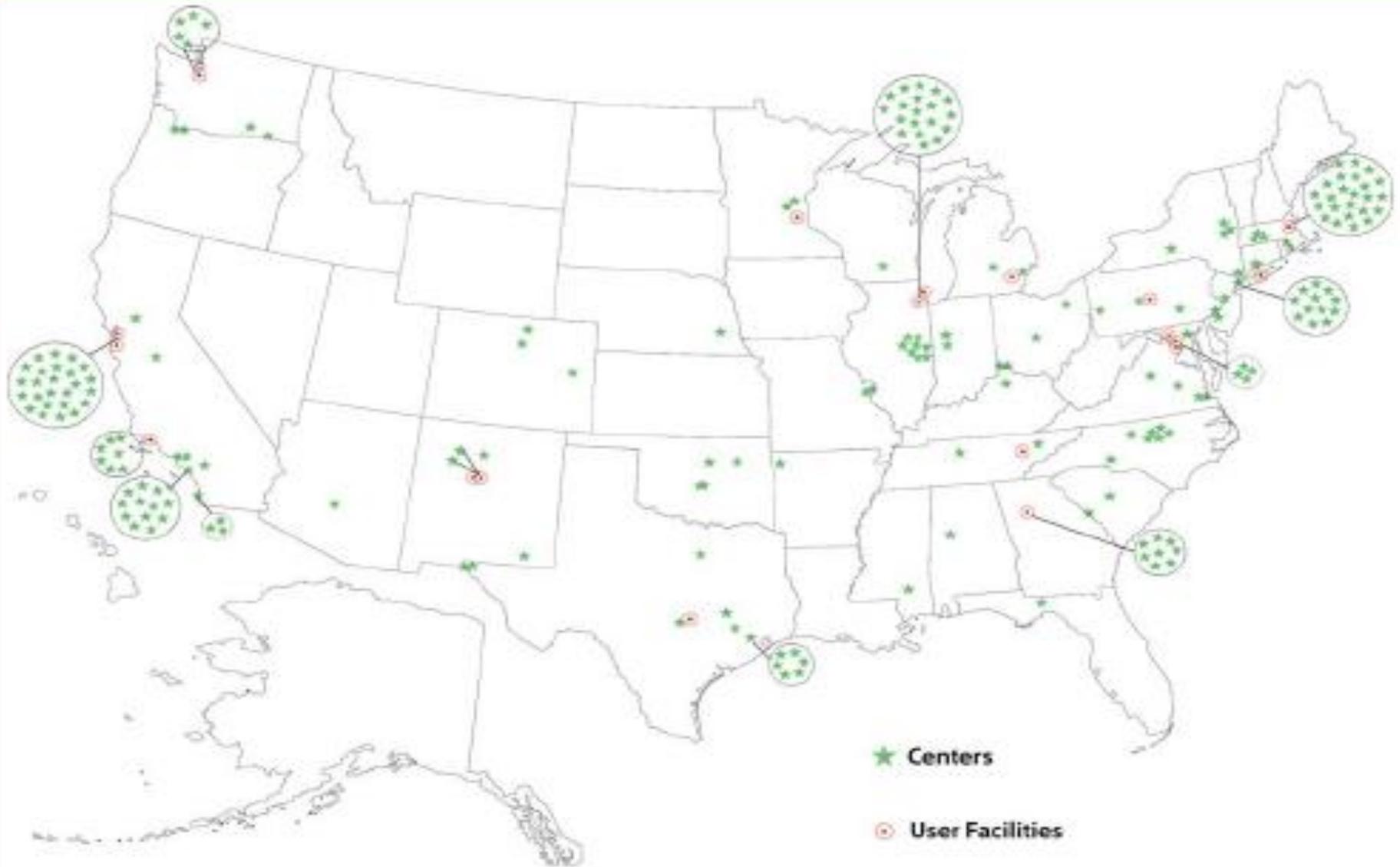
Развитие нанотехнологий в США.

В 2012 г. из федерального бюджета будет выделено **2,1 млрд. \$** на поддержку национальной программы развития нанотехнологий NNI.

Эта цифра отражает ежегодно растущие инвестиции в американские нанотехнологии. Совокупные инвестиции в данную область за период 2001 – 2012 гг. составят **16,5 млрд. \$**. При этом, в исследования потенциальных рисков нанообъектов для здоровья человека и окружающей среды уже вложено **575 млн. \$**. С 2005 г. суммарный вклад в образование и исследования этических, юридических и социальных аспектов нанотехнологий составил **390 млн. \$**.

США – не единственная страна, осознающая огромный потенциал нанотехнологий для развития экономики. Евросоюз и Япония уже инвестировали 1,7 млрд. \$ и 950 млн. \$ соответственно в исследования и разработки в области нанотехнологий. Инвестиции Китая, Кореи и Тайваня составили \$430 млн. \$, 310 млн. \$, 110 млн. \$

Спонсируемые центры и пользователи услуг NNI



Военные технологии США - от наноразведки до беспилотников

Продолжаются эффективные разработки военных нанотехнологий. Так ВВС США хотят получить **крошечные беспилотные аппараты**, которые смогут подкрадываться к противнику и помечать его **специальным порошком или слизью**.



Оценочный мировой объем финансирования нанотехнологий в период 1997–2007 г.г. в млн. долл./год.

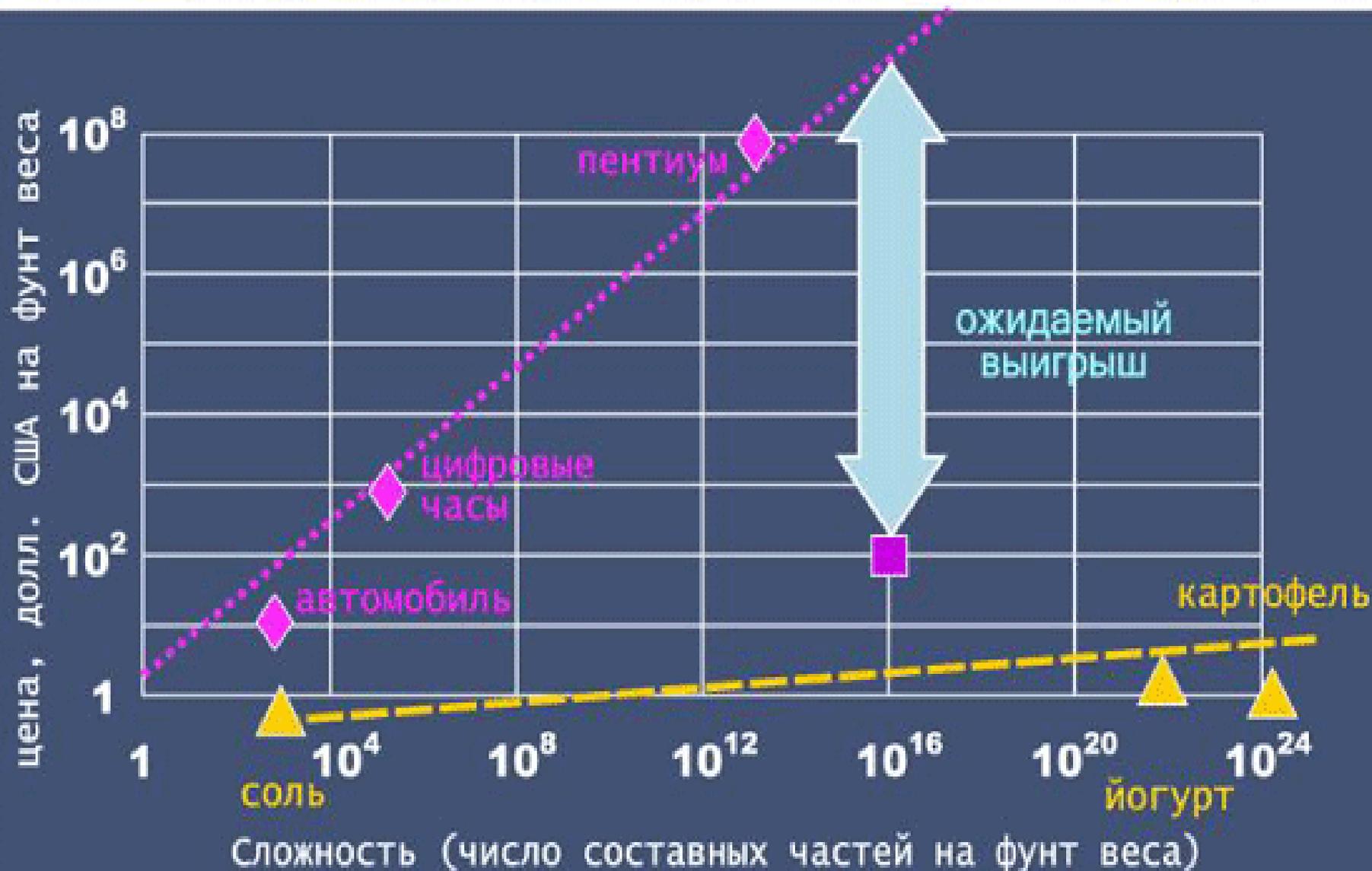
| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | Итого |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|--------------|
| Европа | 126 | 151 | 179 | 200 | 225 | 400 | 650 | 950 | 1050 | - | - | 3931 |
| Япония | 120 | 135 | 157 | 245 | 465 | 750 | 810 | 875 | 950 | - | - | 4507 |
| США | 116 | 190 | 255 | 270 | 422 | 604 | 862 | 989 | 1200 | 1351 | 1392 | 7651 |
| Другие ¹ | 70 | 83 | 96 | 110 | 380 | 520 | 511 | 900 | 1000 | - | - | 3670 |
| Итого | 432 | 559 | 687 | 825 | 1502 | 2274 | 2833 | 3714 | 4200 | - | - | 19759 |

Другие: Австралия, Корея, Канада, Тайвань, Китай, Россия, Сингапур, Восточная Европа

Финансирование наноразработок в мире в 2004 и 2012 г.г.

| Страна | Источник финансирования | Объем финансирования в 2004 г. (\$ млрд.) | Объем финансирования в 2011 г. (\$ млрд.) |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| США | Федеральный бюджет | 1,6 | 2.1 |
| Европейский Союз | Правительственное финансирование | 1,3 | 1,7 |
| Япония | Правительственное финансирование | 0,6 | 1 |
| Россия | Все правительственные каналы (Минпромэнерго, Минобрнауки, РАН, РФФИ и другие) | Несколько десятков млн. долл. | 1 |

Прогнозируемое удешевление продуктов при переходе от традиционных методов создания нанообъектов ("сверху - вниз") к методам молекулярной и атомной само-сборки ("снизу - вверх")



По оценкам **Global Industry Analysts**, лидером рынка наноматериалов являются США с уровнем доходов на 2008 год в размере **1.12 млрд. долл.**

Второй по величине сектор – Западная Европа, на которую приходится **30%**. Самым быстрорастущим и перспективным сегментом является **Азиатско-Тихоокеанский регион.**

Нанотехнология в России

- В российской науке уже есть научное суперведомство - Российская академия наук, которую пытаются реформировать уже несколько лет.

«Роснано», замахнувшийся почти на все научные сферы - от космоса до геномной инженерии, - обещает стать не менее сложной структурой. В условиях монополии велика вероятность ошибки - когда деньги будут потрачены на тупиковое или не слишком перспективное направление.

Средства «Роснано» получать не только из федерального бюджета - возможны еще добровольные пожертвования.

На развитие нанотехнологий в России до 2015 г. планируется потратить 200 млрд руб - т.е. около \$0,976 млрд в год. Примерно столько в 2006 г. году вложили в свою наноотрасль США.



Характеристики российского рынка нанотехнологий:

- доля России на рынке нанотехнологий – 0.04%;
- удельный вес российских изобретений на мировом рынке нанотехнологий – менее 0.2%;
- число нанотехнологических патентов – около 30 в 2008 году. При этом только в США количество выданных патентов в области наноиндустрии превышает 3000 единиц;
- Россия более чем в 10 раз уступает США по числу нанотехнологических центров;
- общее число российских предприятий, производящих и реализующих продукцию наноиндустрии - около 60. Аналогичное число предприятий на Европейском континенте достигает 300. В Азиатском регионе на рынке нанотехнологий работает порядка 250 компаний.

Рынок продукции наноиндустрии

- объем продаж российской продукции наноиндустрии — ~ 900 млрд. рублей;
- доля отечественной продукции на мировом рынке нанопродукции - ~3.0%;
- объем экспорта продукции наноиндустрии — 180 млрд. рублей;
- инвестиции в развитие производственно-технологической инфраструктуры — 180 млрд. рублей;
- *Исследования и разработки в области нанотехнологий*
- доля исследователей, работающих в области наноиндустрии — 50% от общего числа;
- стоимость лицензионных платежей при введении в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности в области наноиндустрии — 27 млрд. рублей.;
- общее число выданных в России патентов в области нанотехнологий на имя российских юр. лиц — 430 единиц;
- удельный вес российских публикаций в ведущих мировых журналах по наноиндустрии — 4%.

Нанотехнология в Японии

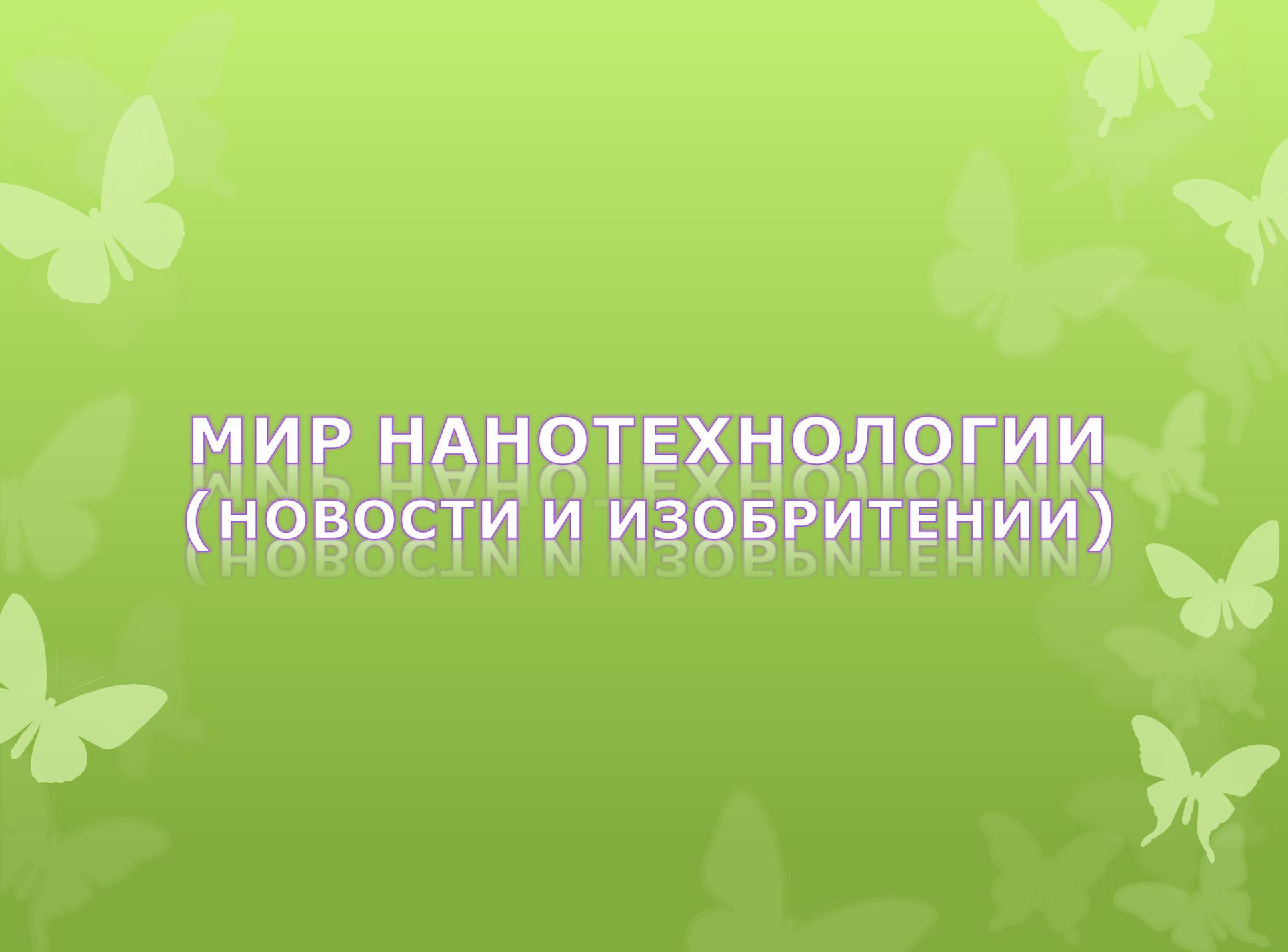
- Серьезное внимание при организации работ в сфере нанотехнологии в Японии уделяется обеспечению эффективного взаимодействия между учеными, промышленниками и чиновниками. Ведущей организацией Японии в области нанотехнологии является Национальный институт материаловедения (National institute for materials science) – НИМ, созданный в апреле 2001 года в результате слияния Национального исследовательского института металлов и Национального института исследования неорганических материалов. До конца марта 2006 года реализовывался первый этап среднесрочной программы развития института как независимого административного новообразования. С апреля 2006 года реализуется второй этап этой среднесрочной программы.

Основное направление деятельности НИМ – проведение фундаментальных исследований в области материаловедения. Стратегической целью НИМ является его превращение в международный открытый исследовательский центр посредством привлечения лучших интеллектуальных ресурсов и создания сети исследовательских учреждений внутри страны и в мире.

Место стран на нанотехнологичном рынке (с 2005 по 2007 г.)



стрелки показывают изменение положения страны за период с 2005 по 2007 год

The background is a light green gradient with several white butterfly silhouettes scattered across it. The text is centered in the middle of the page.

МИР НАНОТЕХНОЛОГИИ (НОВОСТИ И ИЗОБРИТЕНИИ)

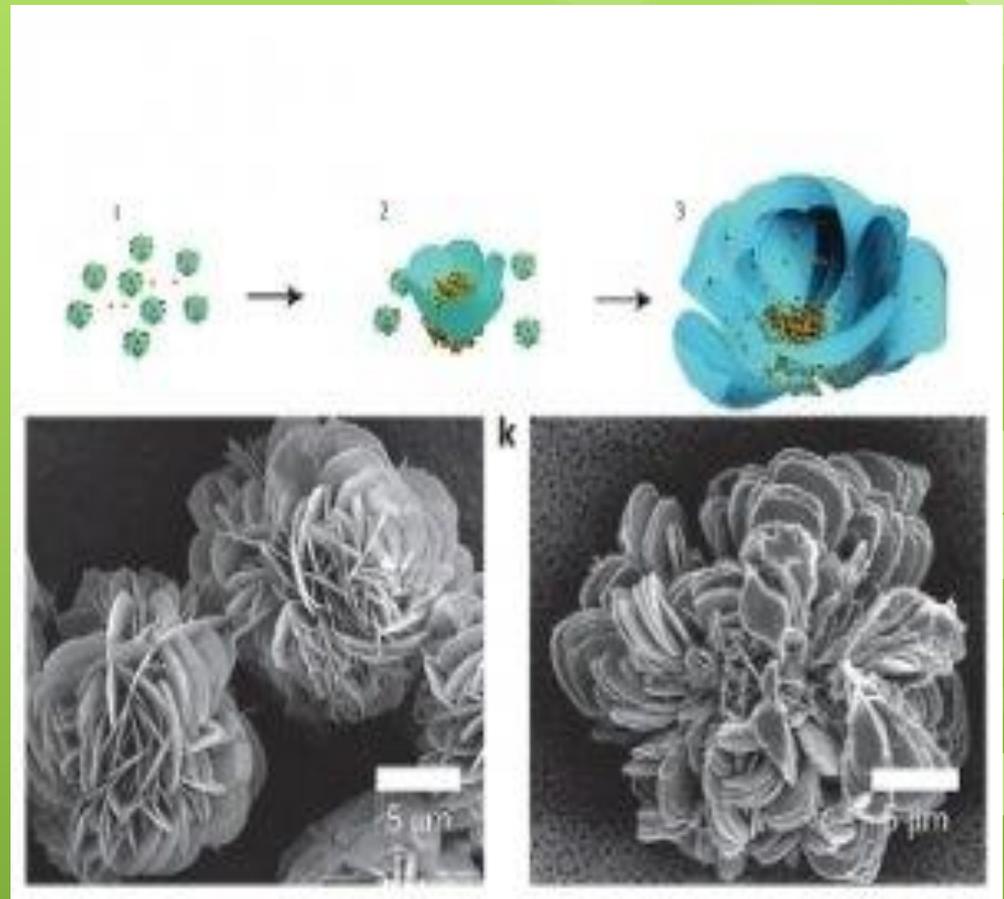
Очки позволяющие регулировать фокусное расстояние (видео)

- Британская компания выпустила очки, которые позволяют регулировать фокусное расстояние. Каждую линзу можно настраивать отдельно при помощи специального колесика, расположенного на дужке очков.



Наноцветы помогли ускорить работу ферментов

- Ученые улучшили работу ферментов, собрав их с помощью ионов меди в кристаллы «наноцветов». Работа опубликована в журнале *Nature Nanotechnology*, ее краткое описание приводит ScienceNow.



Эффективный нанофильтр за три копейки

- В гараже Германа после эксперимента с нанодоской еще осталась недоломанная мебель, но эксперимент перешел в другую плоскость: теперь здоровые мужики дымят в фильтр и проверяют его возможности на Свете.
- В устройстве используются наночастицы диоксида титана с добавлением платины и палладия. Под действием ультрафиолетового излучения (320–400 нм) все примеси в помещении (газ, пыль, вирусы, бактерии) разлагаются. При этом не остается никакого запаха.



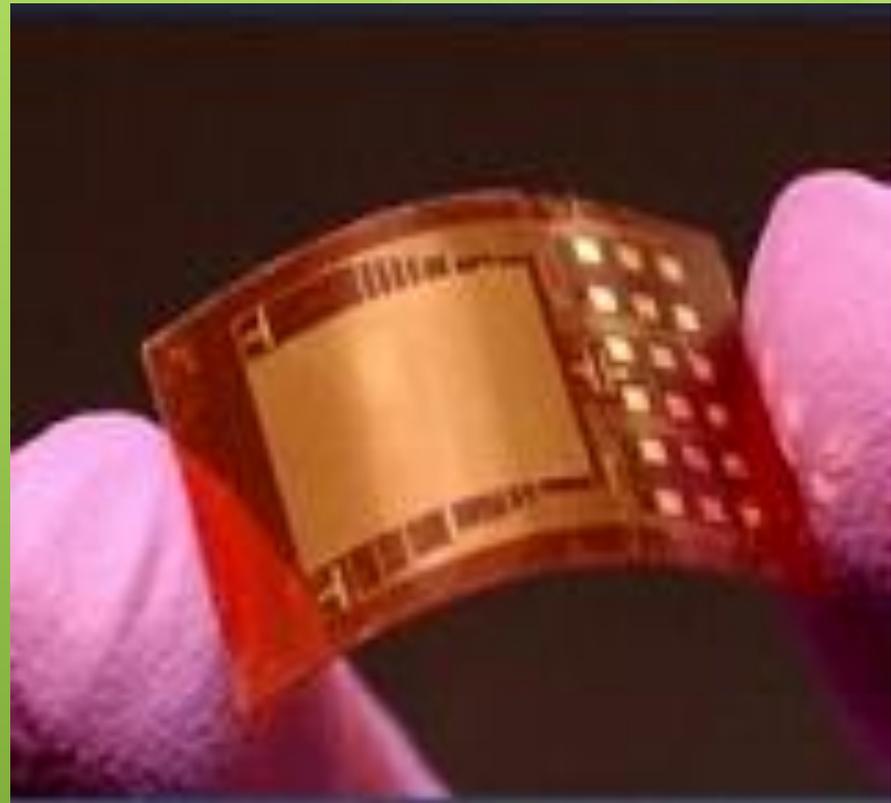
Нанокубики самособираются в световые антенны и линзы

- В Калифорнийском университете в Сан-Диего (США) создана технология, которая позволяет металлическим нанокристаллам самопроизвольно организовываться в более крупные и сложные материалы для постройки антенн и линз.



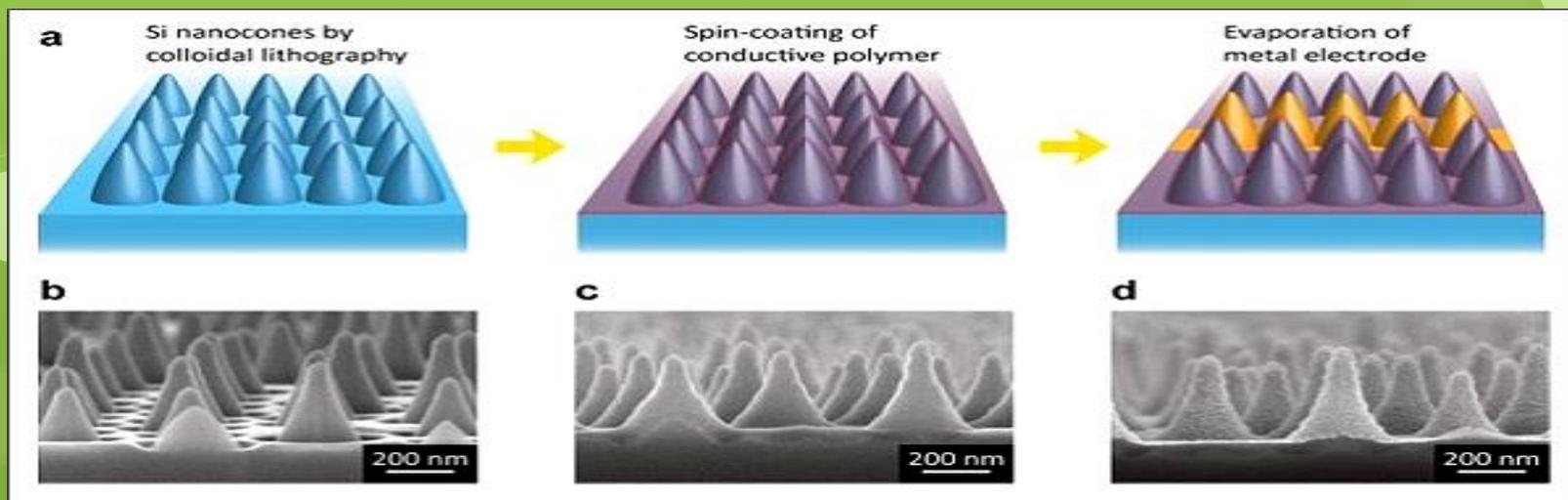
Создан пирозлектрический наногенератор, способный преобразовывать тепловые потери в электричество

- Наногенератор работает вне зависимости от того, нагревают его или охлаждают: любое изменение температуры ведёт к выработке электричества. Поэтому исследователи полагают, что даже суточные колебания температуры могут быть использованы такими устройствами для производства электроэнергии, которой хватит, чтобы питать удалённые датчики. Не менее эффективным может быть применение таких систем для охлаждения ДВС автомобилей и продуктов сгорания тепловых электростанций, что могло бы существенно повысить КПД как тех, так и других.



Наноконусы, возможно, сделают недорогие солнечные батареи былью

Основная проблема индустрии кремниевых фотогальванических элементов заключается в экономической несостоятельности солнечных батарей. Чтобы сдвинуться с мёртвой точки, надо попытаться по меньшей мере вдвое снизить себестоимость ячейки, которая сейчас составляет около доллара за ватт. Предложенная исследователями конфигурация новых гибридных батарей с применением наноразмерного текстурирования обладает сразу двумя преимуществами перед стандартными ячейками: она увеличивает светоабсорбционную эффективность и уменьшает количество необходимого для производства кремния.



Самолет на солнечных батареях начал заключительный этап межконтинентального перелета

- Solar Impulse имеет размах крыльев, сравнимый с Airbus A340 (63 метра). Его масса - 1,6 тонны, крейсерская скорость - 70 км/час. Максимальная высота полета - 8,5 тыс. метров. 12 тысяч солнечных батарей заряжают аккумуляторы в течение дня. Этой энергии хватает на полет ночью, поэтому одноместный самолет теоретически может постоянно находиться в воздухе.





**Новые информационные
технологии и их развития на
основе нанотехнологии**

**Самые мощные
суперкомпьютеры в мире**

Производительность суперкомпьютеров

| Название | год | FLOPS |
|-------------------|-------|-----------|
| флопс | 1941 | 10^0 |
| <u>килофлопс</u> | 1949 | 10^3 |
| <u>мегафлопс</u> | 1964 | 10^6 |
| <u>гигафлопс</u> | 1987 | 10^9 |
| <u>терафлопс</u> | 1997 | 10^{12} |
| <u>петафлопс</u> | 2008 | 10^{15} |
| <u>эксафлопс</u> | ~2016 | 10^{18} |
| <u>зеттафлопс</u> | – | 10^{21} |
| <u>йоттафлопс</u> | – | 10^{24} |

○ **FLOPS** (также **flops**, **flop/s**, **флопс** или **флоп/с**) (акроним от англ. *Floating point **O**perations per **S**econd*,

произносится как *флопс*) —

внесистемная единица, используемая для измерения производительности компьютеров, показывающая, сколько операций с плавающей запятой в секунду выполняет данная вычислительная система.

Планы:

- [IBM Sequoia \(2012\)](#) — 20 Пфлопс¹
- [Fujitsu FX-10 \(2012\)](#) — 23 Пфлопс
- [Intel](#) планирует к 2020 году создать суперкомпьютер производительностью 4 Эфлопс
- По личному мнению Ректора [МГУ](#) Садовниченко, высказанного в октябре 2011 года, в МГУ через пару лет (к 2014 году) может появиться суперкомпьютер производительностью до 10 Эфлопс. В декабре появилось сообщение о начале проектирования 10 ПФлопс компьютера для МГУ.
- К 2018—2020 годам планируется увеличить мощность суперкомпьютера [Саровского ядерного центра](#) до 1 эксафлопс.

Производительность Суперкомпьютеров (XX век)

- Компьютер ЭНИАК, построенный в 1946 году, при массе 27 т и энергопотреблении 150 кВт обеспечивал производительность в 300 флопс
- IBM 709 (1957) — 5 Кфлопс
- БЭСМ-6 (1968) — 1 Мфлопс
- Cray-1 (1974) — 160 Мфлопс
- БЭСМ-6 на базе Эльбрус-1К2 (1980-х) — 6 Мфлопс
- Эльбрус-2 (1984) — 125 Мфлопс
- Cray-2 (1985) — 1,9 Гфлопс
- Cray Y-MP (1988) — 2,3 Гфлопс
- Электроника СС БИС (1991) — 500 Мфлопс
- ASCI Red (1993) — 1 Тфлопс

Производительность Суперкомпьютеров (XXI век)

- Fujitsu FX-1 (2008) — 121 Тфлопс
- Blue Gene/L (2006) — 478,2 Тфлопс
- Jaguar (2008) — 1,059 Пфлопс
- IBM Roadrunner (2008) — 1,042 Пфлопс^[9]
- Ломоносов (2011) — 1,3 Пфлопс
- Jaguar (2009) — 1,759 Пфлопс
- Fujitsu K (2010) — 11 Пфлопс
- Тяньхэ-1А (2010) — 2,507 Пфлопс
- K computer (2011) — 10,51 Пфлопс

О Японский суперкомпьютер K computer (10,51 петафлопс). Он находится в Институте физико-химических исследований (RIKEN) в Кобе.



- **Китайский Tianhe-1A. В ходе теста Linpack он показал результат 2,566 петафлопс, то есть 2,56 квадриллиона операций с плавающей точкой в секунду.**



- Jaguar из Oak Ridge National Labs (ORNL).
(результат 1,759 петафлопс)



Самые мощные суперкомпьютеры в мире (2009)

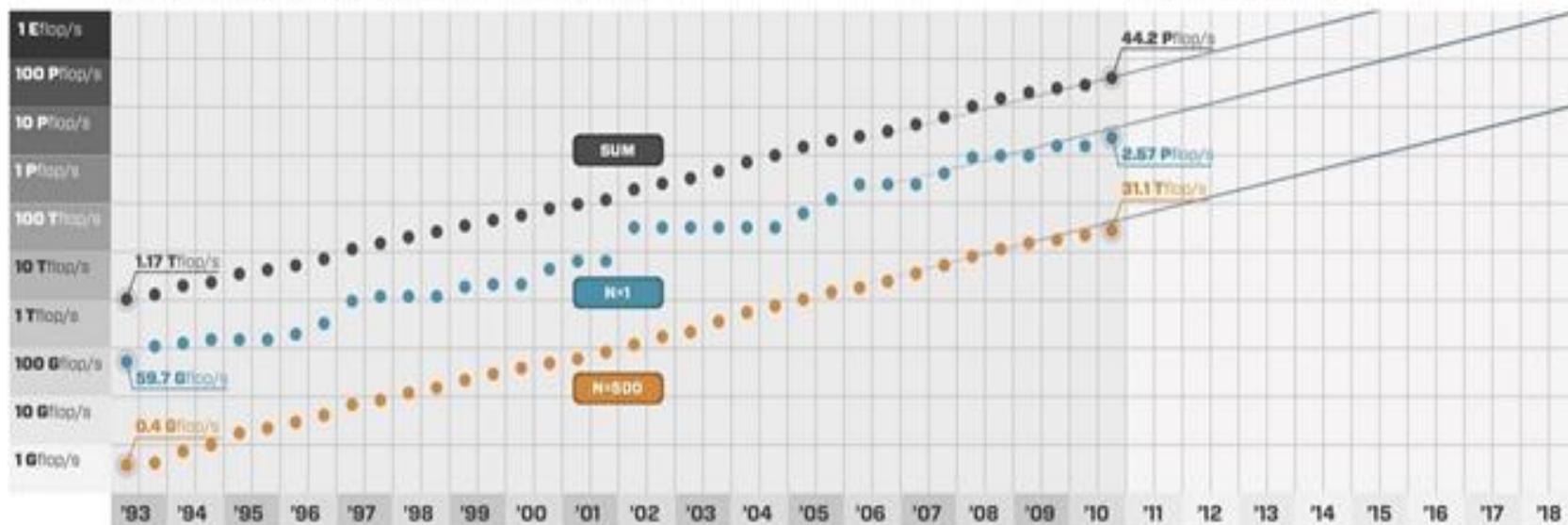
| № | Место установки | Компьютер/ год/ вендор | Число ядер | Производительность, Тфлопс | |
|----|-----------------|-----------------------------------------|------------|----------------------------|---------|
| | | | | Реальная | Пиковая |
| 1 | United States | Jaguar - Cray XT5-HE Opteron | 224162 | 1759.00 | 2331.00 |
| 2 | China | Nebulae - Dawning TC3600 Blade | 120640 | 1271.00 | 2984.30 |
| 3 | United States | Roadrunner - BladeCenter QS22/LS21 IBM | 122400 | 1042.00 | 1375.78 |
| 4 | United States | Kraken XT5 - Cray XT5-HE Opteron | 98928 | 831.70 | 1028.85 |
| 5 | Germany | JUGENE - Blue Gene/P Solution / IBM | 294912 | 825.50 | 1002.70 |
| 6 | United States | Pleiades - SGI | 81920 | 772.70 | 973.29 |
| 7 | China | Tianhe-1 - NUDT TH-1 Cluster, Xeon NUDT | 71680 | 563.10 | 1206.19 |
| 8 | United States | BlueGene/L - IBM | 212992 | 478.20 | 596.38 |
| 9 | United States | Intrepid - IBM | 163840 | 458.61 | 557.06 |
| 10 | United States | Red Sky - Sun Microsystems | 42440 | 433.50 | 497.40 |

TOP 500[®] NOVEMBER 2010

| | NAME/MANUFACTURER/COMPUTER | LOCATION | COUNTRY | CORES | R _{max} P flop/s |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------|---------|------------------------------|
| 1 | Tianhe-1A NUDT 6-core Intel X5670 2.93 GHz + Nvidia M2050 GPU w/custom interconnect | NUDT/NSCC/Tianjin | China | 186,368 | 2.57 |
| 2 | Jaguar Cray XT-5 6-core AMD 2.6 GHz w/custom interconnect | DOE/SC/ORNL | USA | 224,162 | 1.76 |
| 3 | Nebulae Dawning TC3600 Blade Intel X5650 2.67 GHz, NVidia Tesla C2050 GPU w/ Iband | NSCS | China | 120,640 | 1.27 |
| 4 | Tsubame 2.0 HP Proliant SL390s G7 nodes (Xeon X5670 2.93GHz) , NVIDIA Tesla M2050 GPU w/Iband | TITech | Japan | 73,278 | 1.19 |
| 5 | Hopper Cray XE-6 12-core AMD 2.1 GHz w/custom interconnect | DOE/SC/LBNL | USA | 153,408 | 1.05 |

PERFORMANCE DEVELOPMENT

PROJECTED



Самые мощные суперкомпьютеры в мире (2011)

Самые мощные суперкомпьютеры в мире

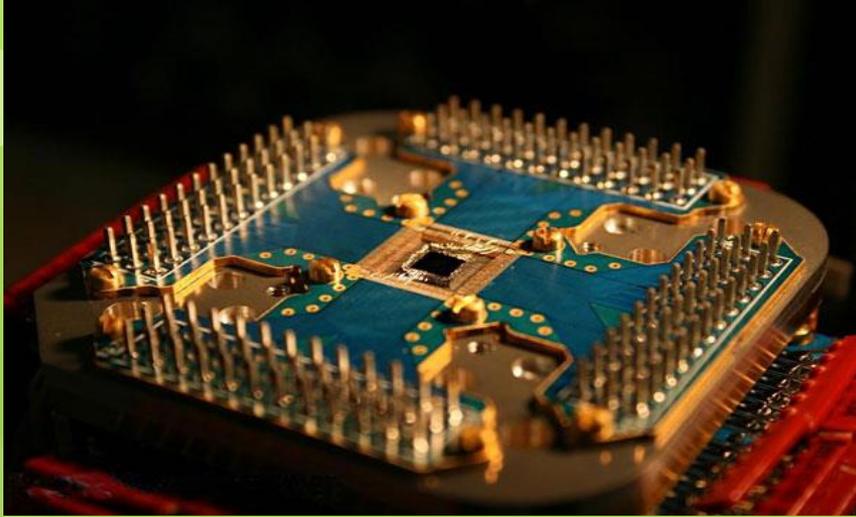
| Место | Название | Производитель | Страна | Производительность на тесте (терафлопс в секунду) | Энергопотребление (КВт) |
|-------|-------------|---------------|---------|---------------------------------------------------|-------------------------|
| 1 | K computer | Fujitsu | Япония | 8 162 000 | 9898 |
| 2 | Tianhe-1A | NUDT | Китай | 2 566 000 | 4040 |
| 3 | Jaguar | Cray | США | 1 759 000 | 6950 |
| 4 | Nebulae | Dawning | Китай | 1 271 000 | 2580 |
| 5 | Tsubame | NEC/HP | Япония | 1 192 000 | 1398 |
| 6 | Cielo | Cray | США | 1 110 000 | 3980 |
| 7 | Pleiades | SGI | США | 1 088 000 | 4102 |
| 8 | Hopper | Cray | США | 1 054 000 | 2910 |
| 9 | Tera-100 | Bull | Франция | 1 050 000 | 4590 |
| 10 | Roadrunner | IBM | США | 1 042 000 | 2345 |
| ... | | | | | |
| 13 | «Ломоносов» | «Т-Платформы» | Россия | 674 105 | 2800 |

Источники: TOP500.org, НИВЦ МГУ

КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ СТАЛИ НА ШАГ БЛИЖЕ К РЕАЛЬНОСТИ

- В понимании фундаментальных проблем квантовой механики разрешена очередная задача, которая блокировала усилия разработчиков по созданию квантовых компьютеров, обладающих скоростью процессора намного превосходящей таковую у современных компьютеров.
- Теоретические и экспериментальные исследования были посвящены изучению того, как микроскопические объекты теряют свои квантово-механические свойства в результате взаимодействия с окружающей средой: частицами видимого света – фотонами, молекулами воздуха, вибрацией кристаллов и прочими.
- Эти неконтролируемые взаимодействия действуют разрушающе на квантовые состояния, на способность частиц сохранять когеренцию между различными квантовыми состояниями, которая играет главную роль в компьютерах будущего.
- Теперь показано, что степень такого взаимодействия можно контролировать с помощью наложения небольшого магнитного поля.

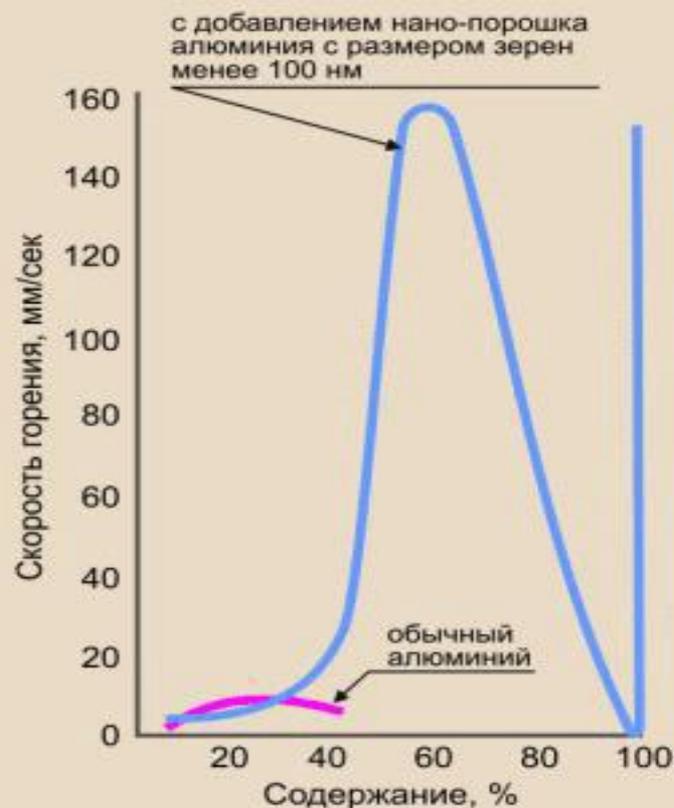
Наноэлектроника. Нанокomпьютеры



Нанотехнология в космонавтике

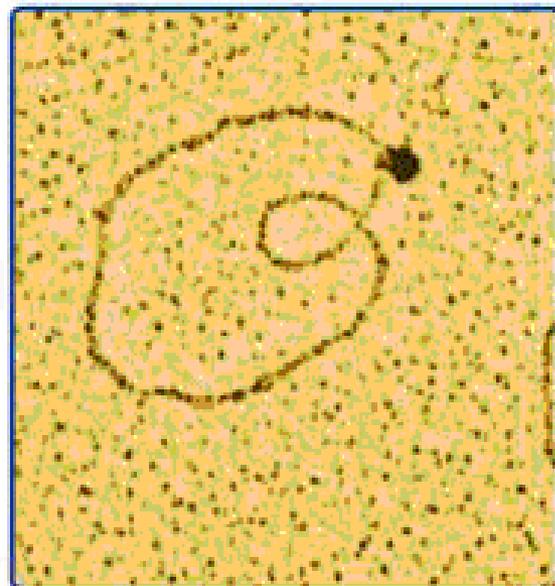
НАНО-АЛЮМИНИЙ В РАКЕТНОМ ТОПЛИВЕ

Порошок Al с размером зерен менее 100 нм

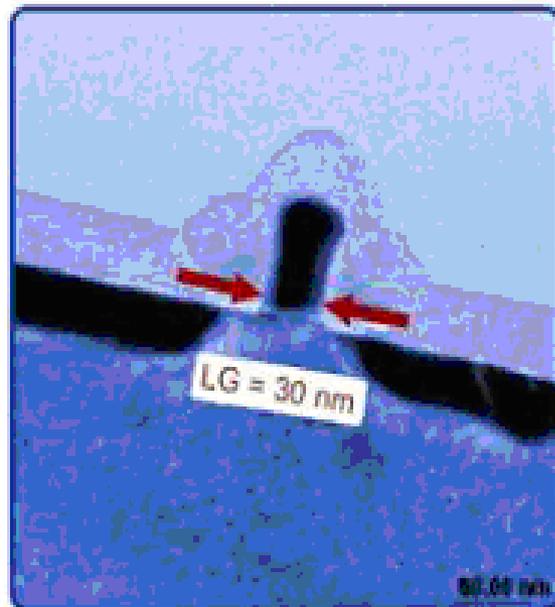


ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ ДОСТИГАЮТ РАЗМЕРА ДНК

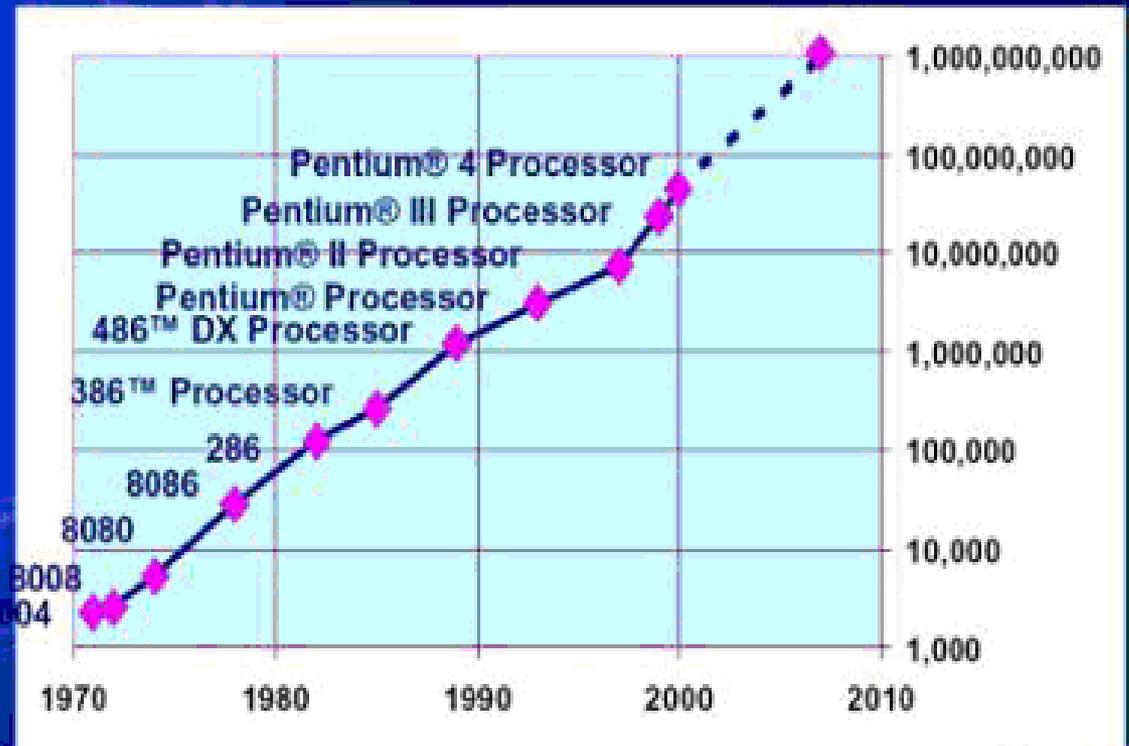
Закон Мура: удвоение числа транзисторов каждые два года
ведет к созданию микропроцессора с 1 миллиардом транзисторов



Декорировано частицами золота (10 нм)
молекулы ДНК



Полевой транзистор с длиной затвора
30 нм (Intel)



Intel Labs

Заключения

- Настоящая время материалы созданные на основе нанотехнологии повисилась на 15000 и прибыл состоит примерно 1 триллион доллар.
- Нанотехнологии невозможно однозначно отнести к той или иной дисциплине: это сочетание фундаментального и прикладного аспектов в различных разделах физики, химии и биологии. На сегодняшний день, не смотря на то, что научный мир лишь приоткрыл завесу тайны над нанометровыми масштабами, предложена масса практических применений сделанных открытий.



The background is a light green gradient with several white butterfly silhouettes scattered across it. The text is centered in a bold, dark grey font.

**СПОСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!!**