

# Нанотехнологии



Наношнуры ZnO

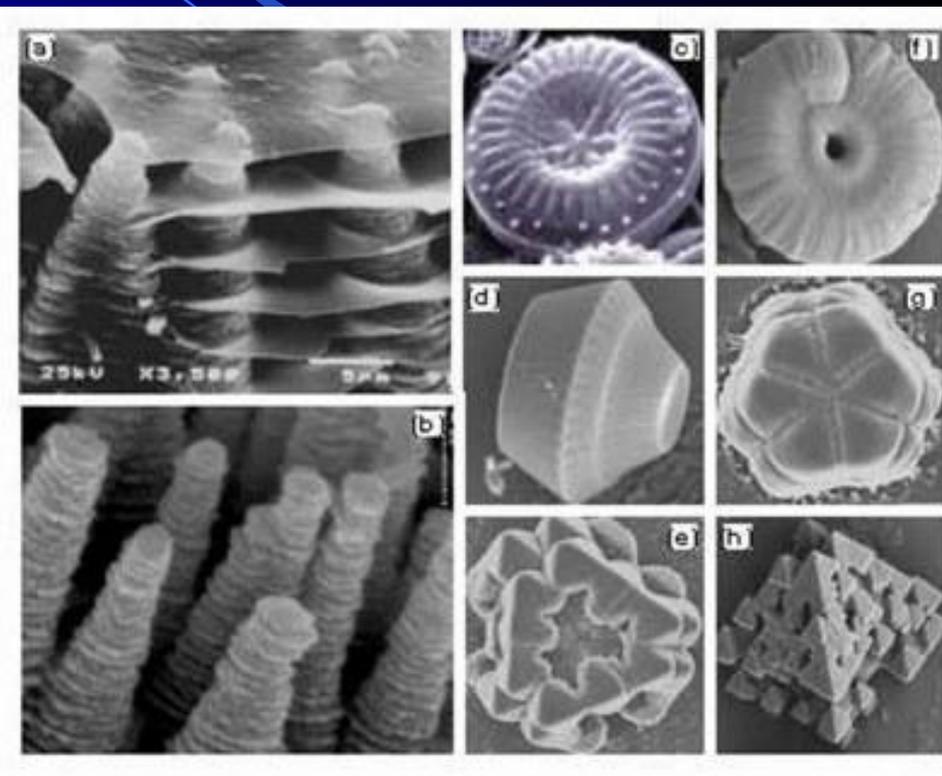
*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



Нанотехнологии — это обобщающее понятие для индустрии, оперирующей понятием "нанометр" (одна миллиардная часть метра). В широком смысле речь идет о создании уникальных **неприродных материалов** и механических систем, способных выполнять задачи, недоступные человеку.

Нанотехнологии включают создание и использование материалов, устройств и технических систем, **функционирование которых определяется наноструктурой**, а именно:

- ее упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм,
- зависимостью свойств материалов от размеров,
- проявлением квантовых эффектов



Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского

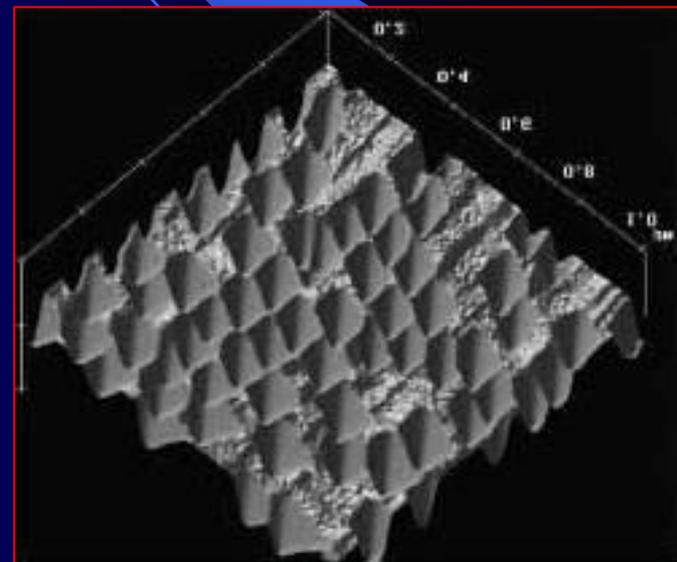
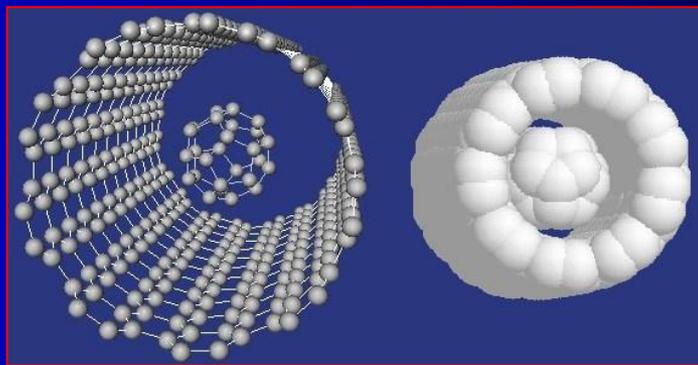
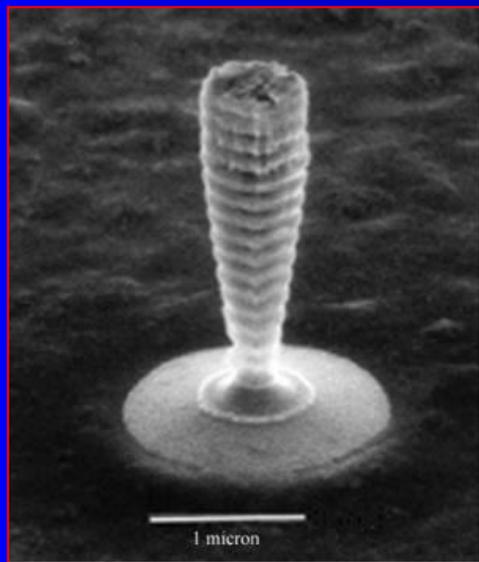


**Основные направления применения нанотехнологий:  
создание наноматериалов,  
разработка технологических нанопроцессов,  
нанoeлектроника,  
нанобиология и медицина,**



Согласно рекомендации 7-ой Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004 г) выделяют следующие типы наноматериалов:

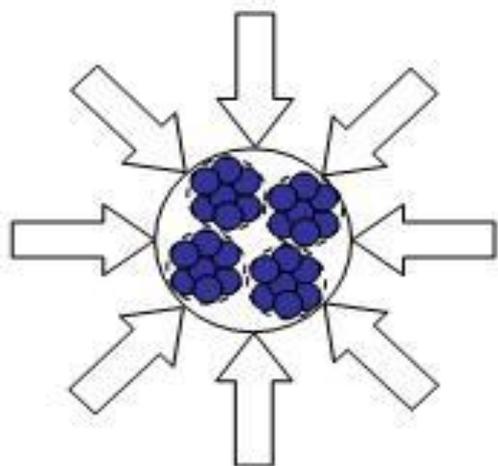
- ◆ нанопористые структуры;
- ◆ наночастицы;
- ◆ нанотрубки и нановолокна;
- ◆ нанодисперсии (коллоиды);
- ◆ наноструктурированные поверхности и пленки;
- ◆ нанокристаллы и нанокластеры.



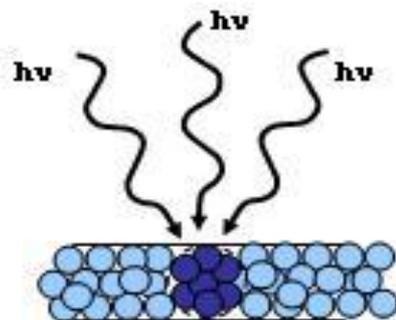
*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



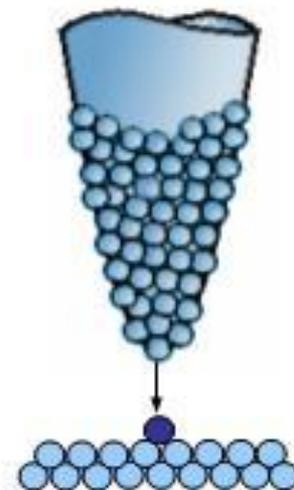
# Для создания наноструктурных материалов используются известные и новые технологии



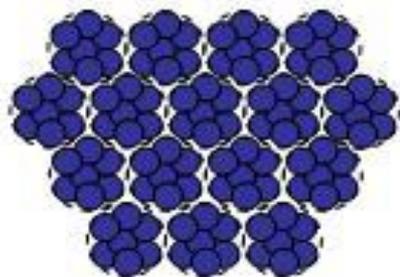
Дуговой разряд, взрывное осаждение, травление



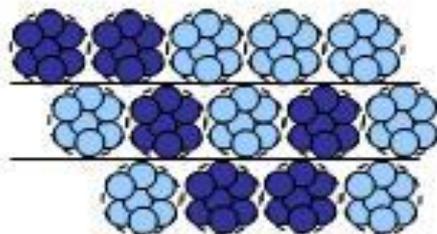
Групповые процессы, напыление, эпитаксия, электронно-лучевая и ионная литография, плазмохимические методы



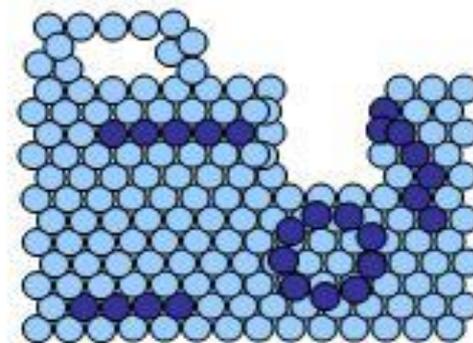
Управляемая сборка вещества зондовыми методами



Нанопорошки – кластеры, фуллерены, нанотрубки

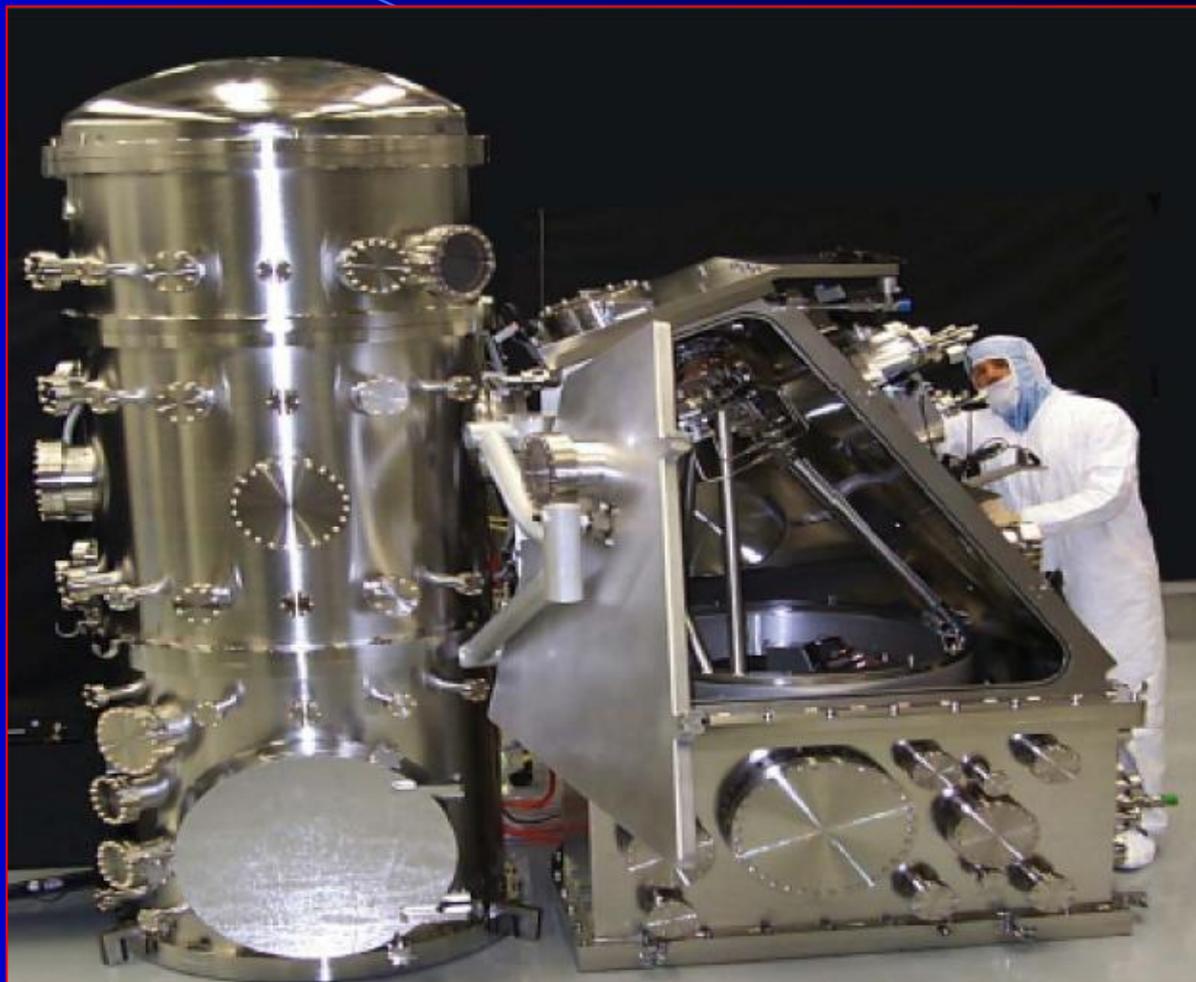


Субмикронные структуры с нанометровыми толщинами, ансамбли нанозерен



Трехмерный синтез вещества с заданными характеристиками

## Установка для EUV (Extreme Ultraviolet) литографии



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



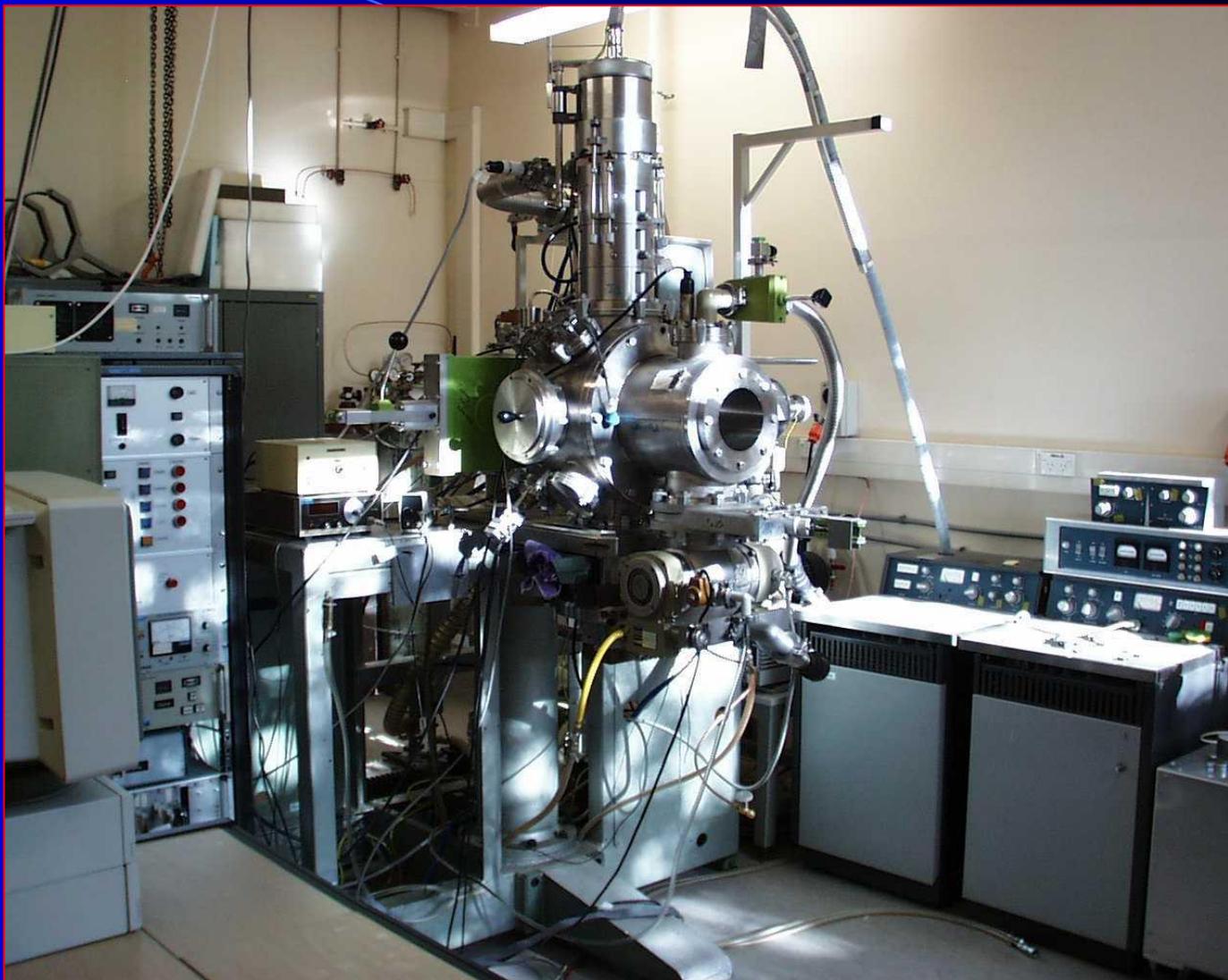
# Фабрика нанотрубок



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

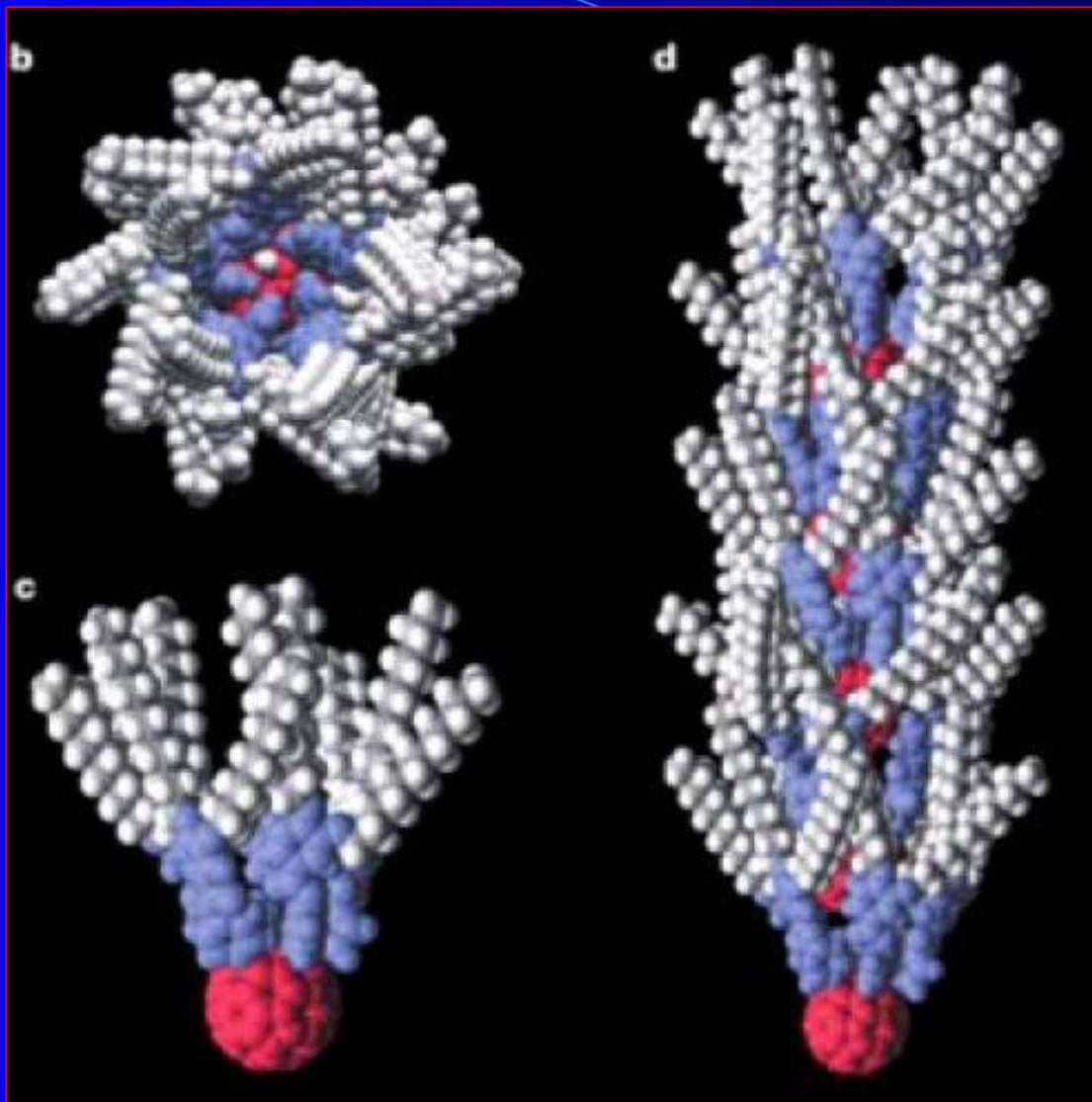


# Нанотехнологическая лаборатория

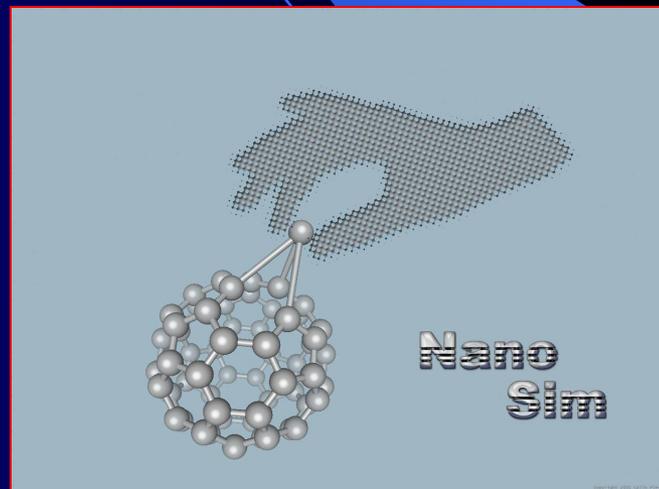


*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



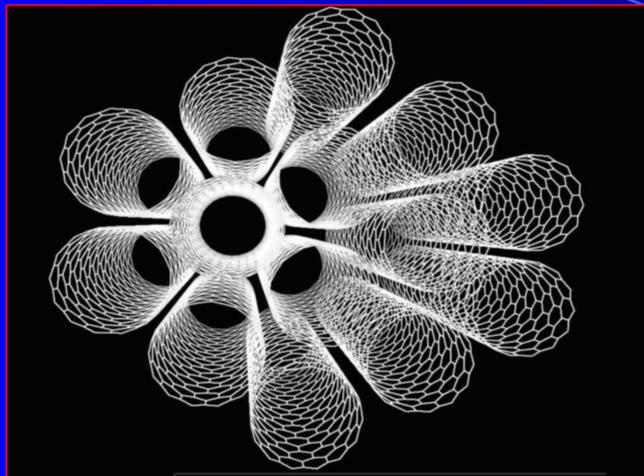


# Структуры на основе фуллеренов

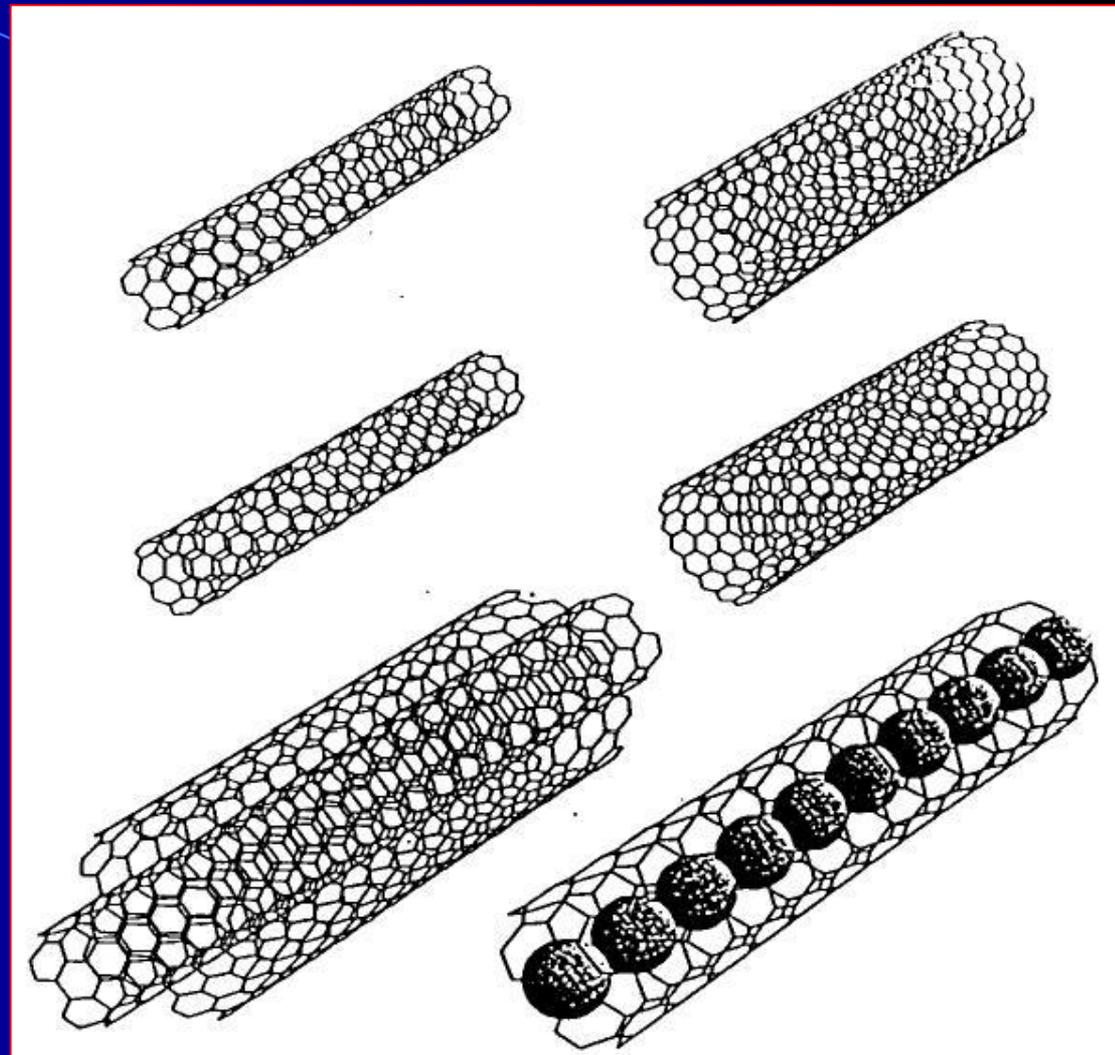


*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

# Нанотрубки



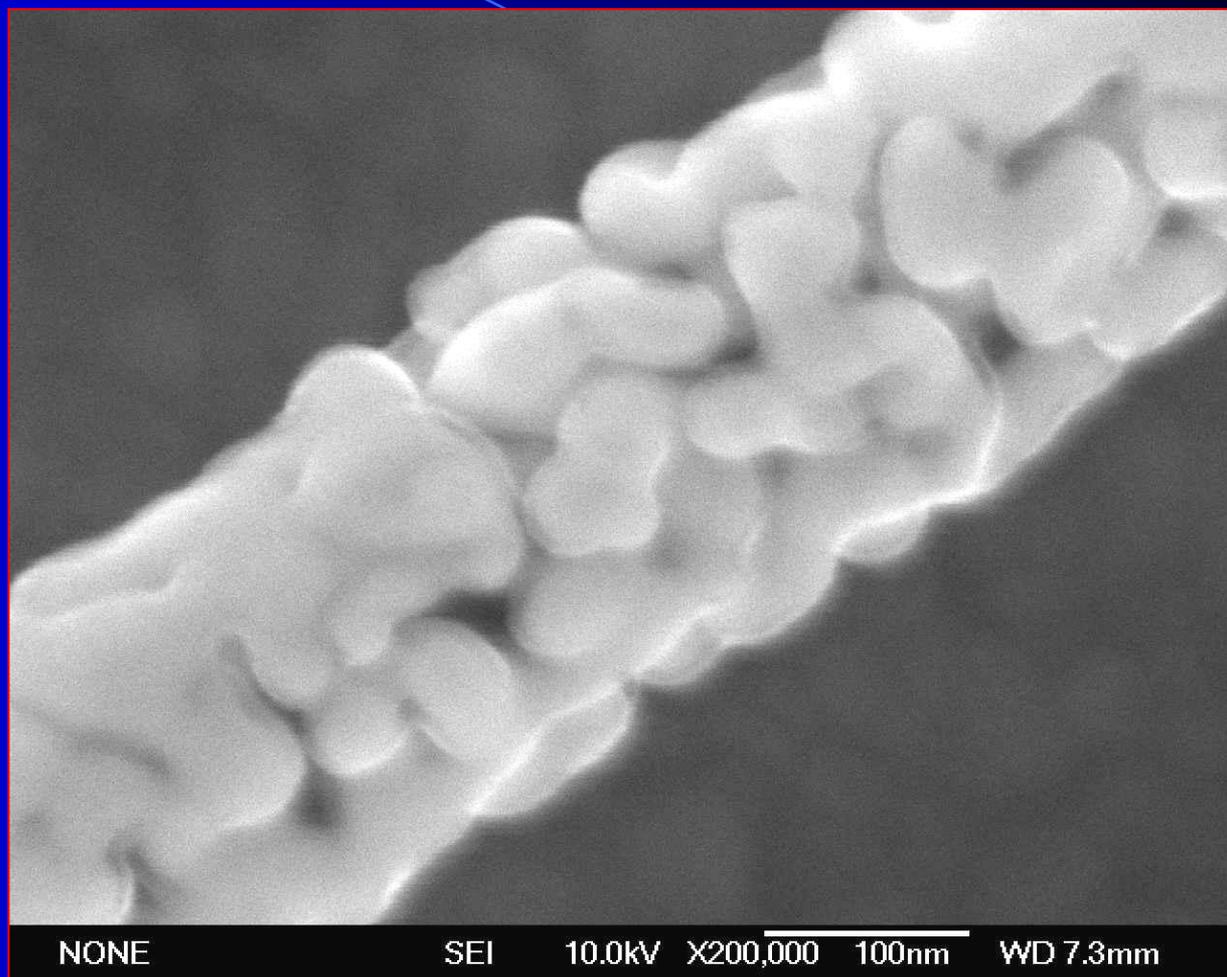
# Виды нанотрубок



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



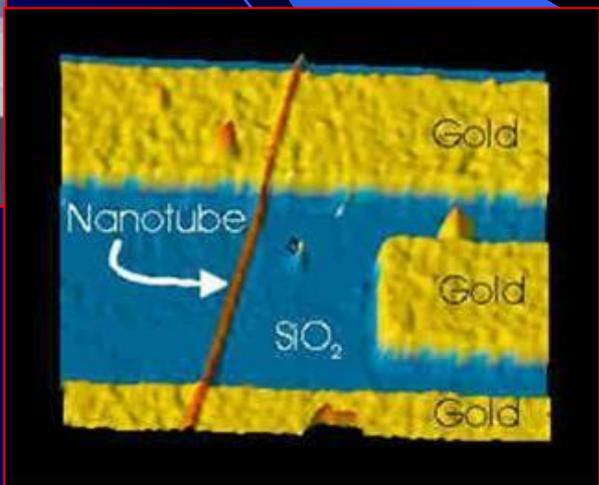
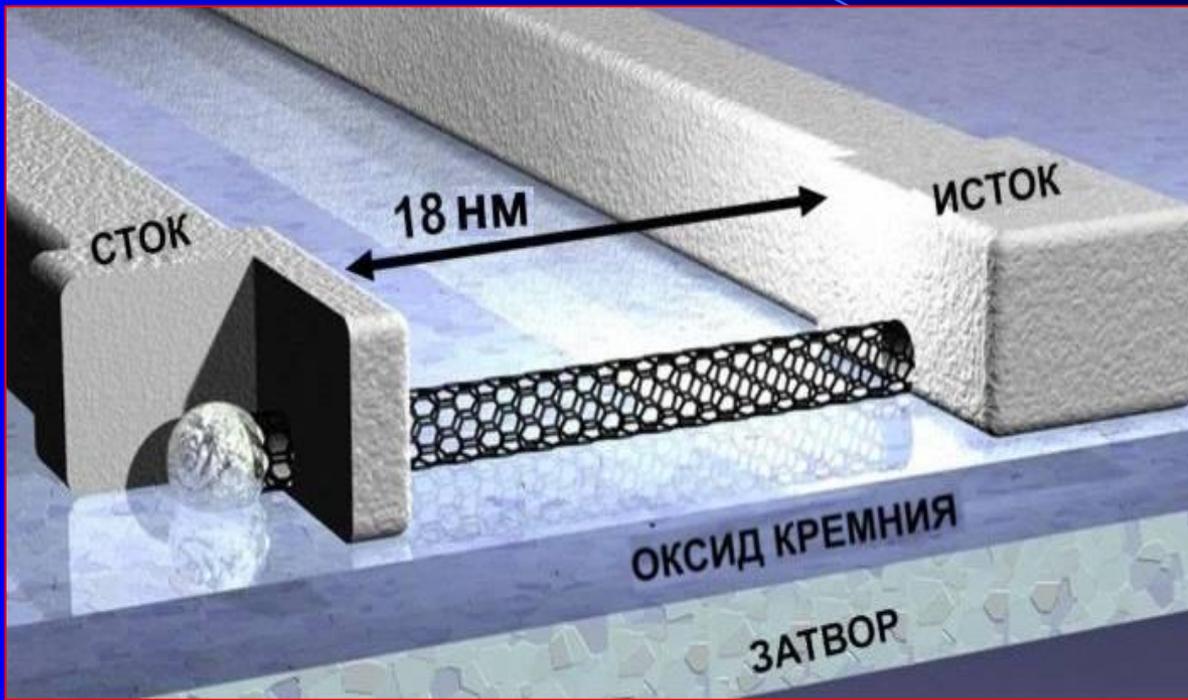
# Нанопровод, способный проводить электричество



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



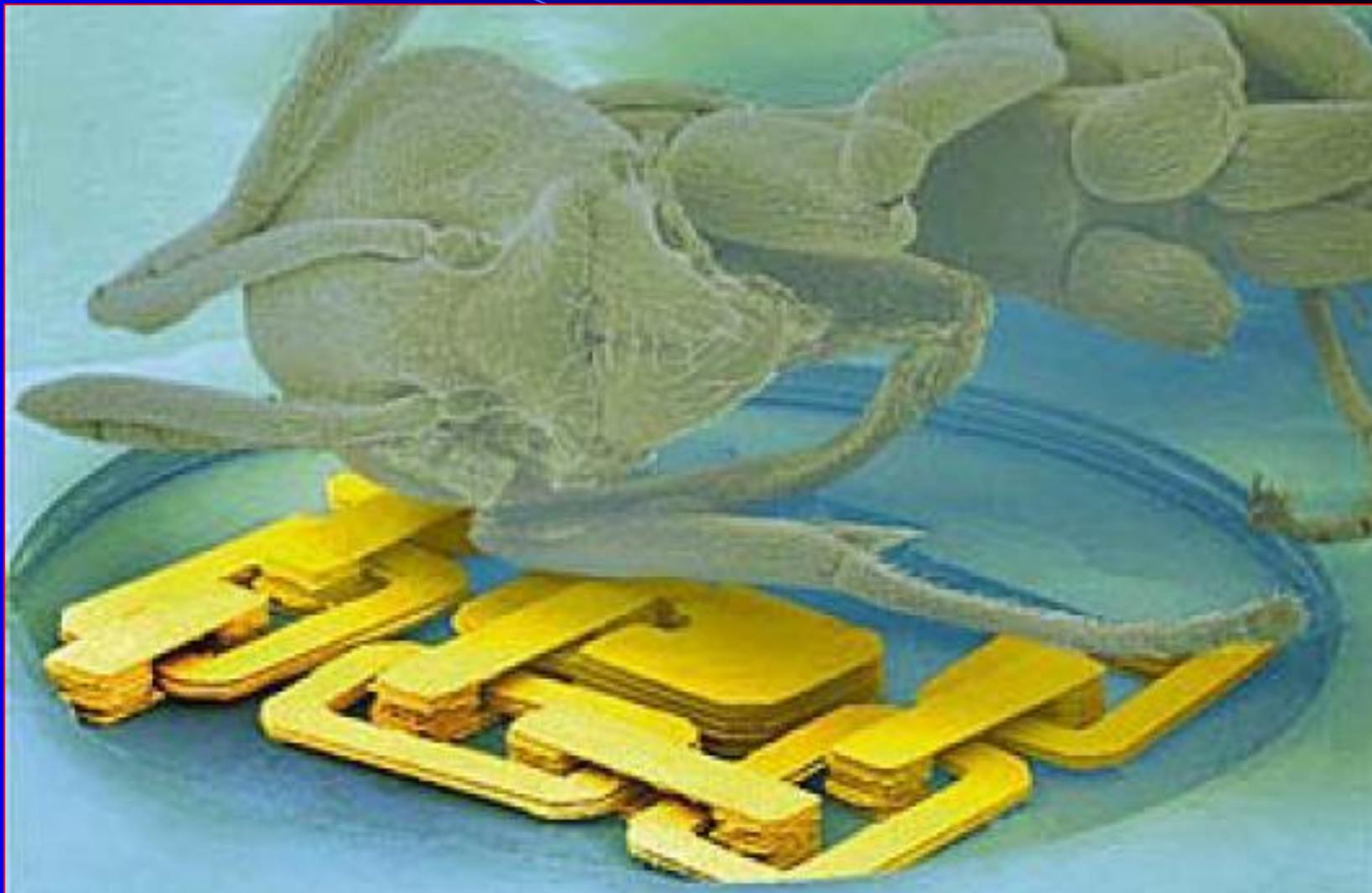
# Полевой нанотранзистор на основе нанотрубки



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

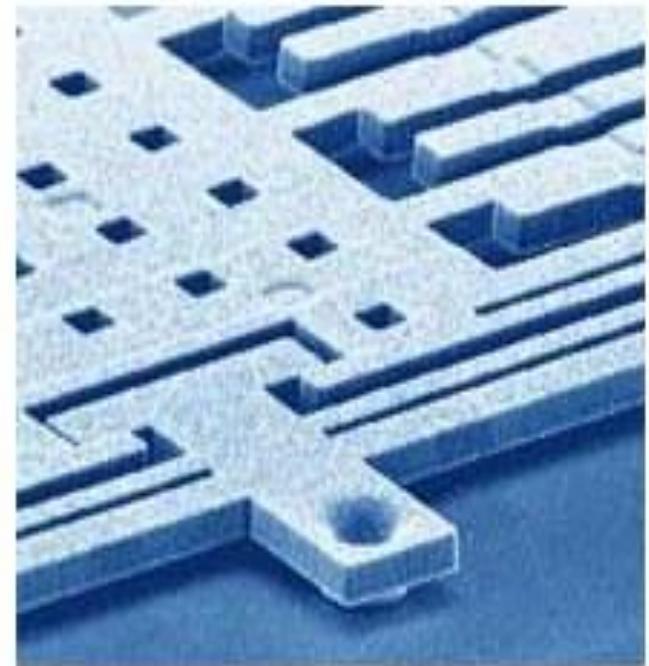
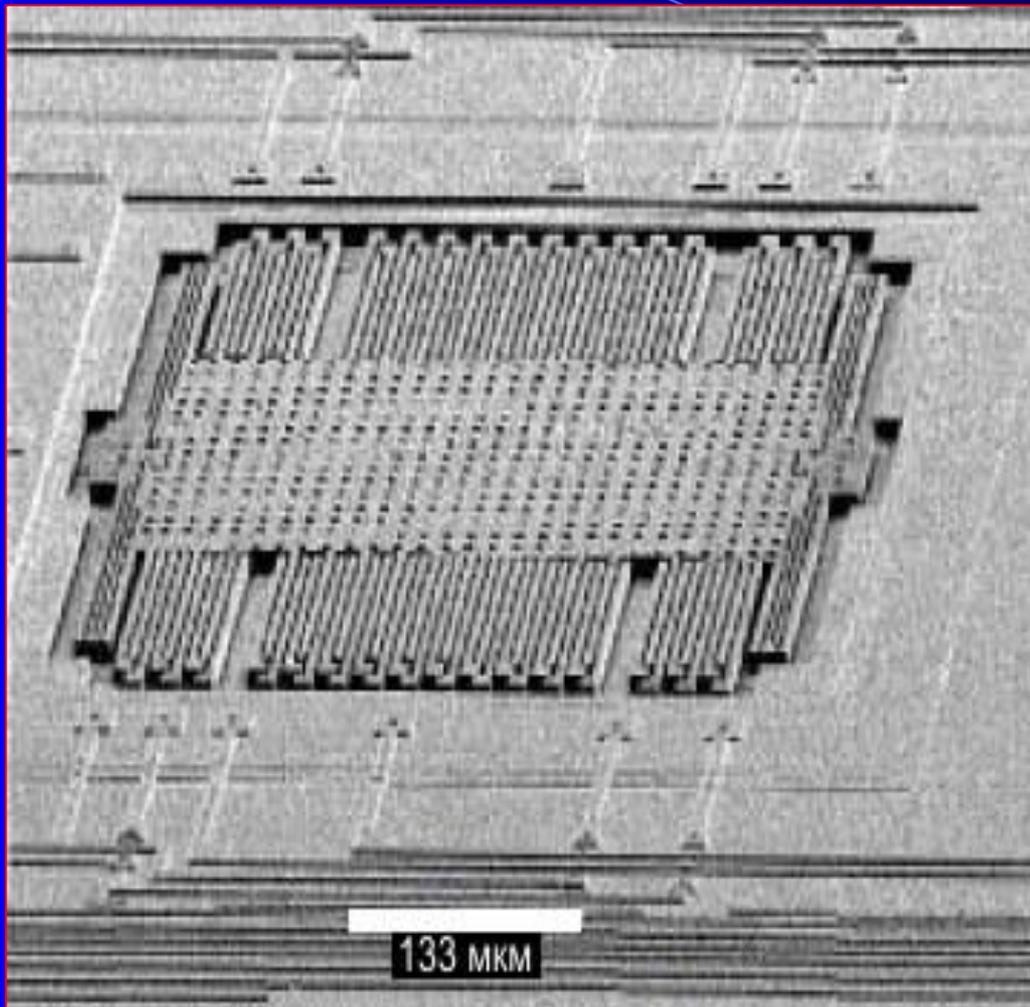


# Блоха на МЭМС



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

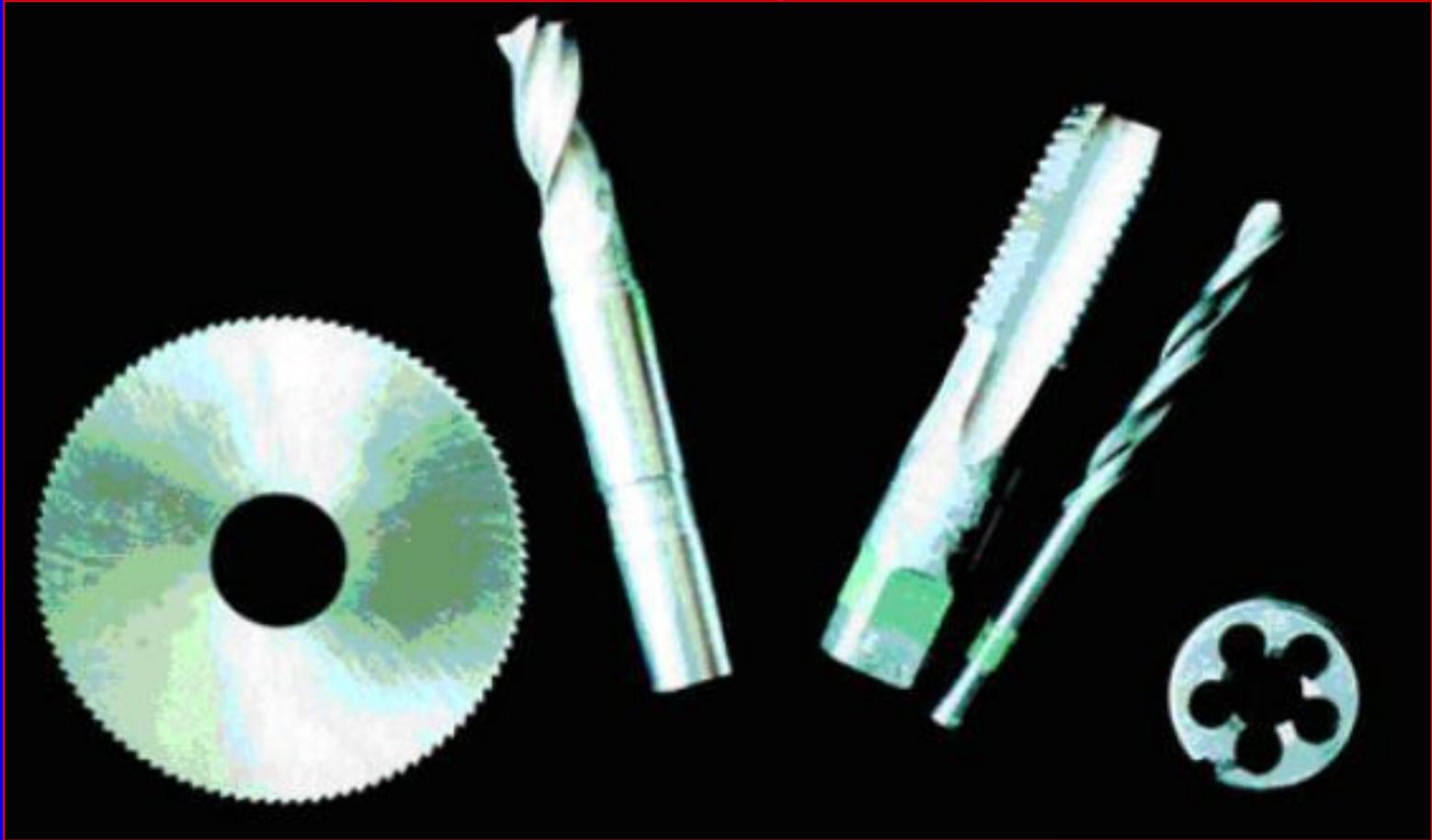
# МЭМС-акселерометр



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

# НАНОТЕХНОЛОГИИ

## Сверхпрочные нанокластерные углеродные покрытия металлических поверхностей



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

# Концерн "Наноиндустрия" (генеральный директор М.А. Ананян)

Российский опыт преодоления барьеров на пути от нанонауки к промышленному созданию и коммерческому сбыту нанопродуктов пока невелик.

Одним из немногих примеров такой деятельности является концерн "Наноиндустрия" (генеральный директор М.А. Ананян), организовавший производство наноразмерных порошков на основе серпентитов - так называемых ремонтно-восстановительных составов (РВС), предназначенных для ремонта и восстановления до первоначальных параметров изношенных узлов и механизмов, работающих в режиме трения (двигатели внутреннего сгорания, металлорежущие станки, топливные насосы, турбокомпрессоры, все виды горношахтного и металлургического оборудования).

Созданный по РВС-технологии модифицированный высокоуглеродный защитный слой на поверхности трения при эксплуатации приводит к снижению потребления энергии, показателей вибрации и шума, а у двигателей - также содержания СО и сажи в выхлопных газах.

Другим коммерческим продуктом деятельности концерна являются коллоидные растворы наночастиц серебра, обладающие высокой антибактериальной активностью и придающие биоцидные свойства краскам, лакам, пастам, моющим и дезинфицирующим средствам.

*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



# Госкорпорация «Российская корпорация нанотехнологий»



Новый глава корпорации «Российская корпорация нанотехнологий» Анатолий Чубайс заявил, что воспринимает свое назначение как масштабный и интересный вызов, связанный с исторической задачей перевода России на инновационный путь развития.

По словам Чубайса, объем продаж российской nanoиндустрии должен сравняться с нынешним оборотом энергокомпаний бывшего РАО «ЕЭС России» (речь идет о сумме, приближающейся к одному триллиону рублей в год).

# Нанотехнологии в авиации и космонавтике

Применение нанотехнологии в аэрокосмической технике способно обеспечить:

Снижение массы и объема:  $10^3$

Снижение линейных размеров:  $10^1$

Снижение энергопотребления:  $10^4$

Снижение вибрации и шума:  $10^2$

Повышение быстродействия:  $10^6$

Повышение емкости памяти:  $10^6$

Повышение КПД солнечных батарей:  $10^1$

Повышение чувствительности датчиков:  $10^6$

Повышение времени автономной работы:  $10^4$

Повышение надежности:  $10^2$

Повышение стойкости к радиации:  $10^1$

Повышение стойкости к перегрузкам:  $10^2$

*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



# Условная классификация основных направлений применения нанотехнологии в аэрокосмической технике

## МАТЕРИАЛЫ

### Нанокompозиты

Нанокерамические материалы

Наноструктурные сплавы

Нанопористые материалы

Нанопокрyтия

Антикоррозионные

Радиопоглощающие

Электрохромные

«Липкие»

Сенсорные

Нецарапающиеся

Теплоотражающие

Самоочищающиеся

Самовосстанавливающиеся

Наномембраны

Углеродные нанотрубки

Наночастицы металлов

Наночастицы оксидов

Фуллерены

Биополимеры

Пленки Ленгмюра-Блоджетт

Электропроводные

микроорганизмы

Нанокapsулы

Жидкие наноматериалы

Ферромагнитные жидкости

Электрореологические

жидкости

## СИСТЕМЫ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ

Средства навигации

МЭМС-акселерометры

Квантовые гироскопы

Нанoeлектроника

Кремниевая электроника

Электроника на  
механотранзисторах

Электроника на нанотрубках

Молекулярная электроника

Одноэлектроника

Спинтроника

Квантовая электроника

Многoзондовые системы

Нанофотоника

Наномагнитоэлектроника

Бионика

Нейроинтерфейсы

Нейрокомпьютеры

Телеуправление

Биоэлектроника

## СЕНСОРЫ

Гироскопы и акселерометры

Акустические и вибрационные

МЭМС-датчики

Газовые датчики

Датчики деформации

Гравитационные

Инфракрасные датчики

Видеосенсоры

МЭМС-сейсмометры

Меторологические

наносенсоры

Электронный нос

Сканирующие зондовые

лаборатории

Микрожидкостные чипы

Биосенсоры

## ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Усовершенствование топлив

Нанокатализаторы сгорания

Нанокompозитные топлива

Нанокатализаторы Наногели

Усовершенствование систем подачи  
топлива

Усовершенствование камер сгорания

Усовершенствование систем управления  
газовыми потоками

**Исследования в области нанотехнологий активно финансируются правительствами различных стран.**

**Например, в США на эти цели в 2005 г. с учетом частных вложений потрачено \$3,7 млрд, в Японии — \$1,3 млрд. По данным Национального научного фонда США, количество научных работников, занятых в сферах нанотехнологий, составляет около 25 000, а к 2018 г. их число вырастет до 2 млн. Согласно оценке исследовательского центра Plunkett Research, на конец 2005 г. количество компаний, работающих в области нанотехнологий, превышало тысячу.**

**Эксперты прогнозируют, что к 2015 г. объем глобального рынка нанотехнологических продуктов должен превысить \$1 трлн.**

*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



Минобрнаукой с участием представителей заинтересованных ведомств в 2005 г. была разработана концепция развития нанотехнологий в России, далее была подготовлена рамочная "Программа развития в РФ работ в области нанотехнологий и наноматериалов до 2015 года (национальная технологическая инициатива по развитию nanoиндустрии)" и, наконец, составлен проект Федеральной целевой программы "Развитие исследовательской, инновационной и технологической инфраструктуры для nanoиндустрии РФ на 2007-2009 годы".

В общей сложности на развитие нанотехнологий в России планируется выделить около 300 миллиардов рублей.

*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



# СГУ выиграл грант в сто одиннадцать миллионов руб.

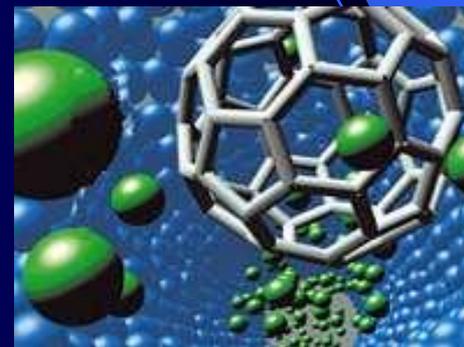
СГУ включен в число исполнителей федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008 – 2010 годы».

На проект «Оснащение современным учебным и научно-технологическим оборудованием для создания научно-образовательного центра по направлению нанотехнологии» Саратовскому государственному университету выделено 111,5 миллионов рублей. Эта сумма должна быть освоена за 2009 год.

Этот грант стал логическим продолжением финансирования инновационного проекта, по которому СГУ получит 716 млн. руб.

Эта победа ставит Саратовский государственный университет в один ряд с ведущими вузами мира, позволяет стать одним из лидеров научно-технического прогресса.

Появление в СГУ несколько лет назад факультета нано- и биомедицинских технологий доказывает, что в университете уже сложилась своя научная школа в этой области



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



**Саратовский университет, открытый в 1909 году, стал десятым в России императорским университетом.**

**В кратчайшие сроки университет стал мощным катализатором экономического, культурного и духовного развития Нижнего Поволжья. К 1917 году в университете было уже 58 кафедр с общим количеством преподавателей свыше 200 человек, 4 факультета (медицинский, историко-филологический, физико-математический и юридический), позднее – факультеты, развивавшие агрономическое, инженерное и другие направления науки и техники. Университет явился «стволовой клеткой», из которой получила свое начало и развитие вся система высшего образования Саратова.**

**Саратовскому государственному университету им. Н.Г. Чернышевского в 2009 году исполняется 100 лет.**

**Сегодня в составе университетского комплекса функционирует 15 факультетов, обучается 30 тысяч студентов и работает свыше 4 тысяч преподавателей и сотрудников. В составе преподавателей около 300 докторов и 900 кандидатов наук.**

**В 2006 году команда студентов и аспирантов Саратовского государственного университета стала победителем чемпионата мира по программированию в Сан-Антонио штат Техас (США).**

**Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского**





## Факультеты СГУ

Биологический факультет

Географический факультет

Геологический факультет **Геологический факультет**

Исторический факультет **Исторический факультет**

Механико-математический факультет **Механико-математический факультет**

Социологический факультет **Социологический факультет**

Факультет компьютерных наук и информационных технологий **Факультет компьютерных наук и информационных технологий**

Факультет nano- и биомедицинских технологий **Факультет nano- и биомедицинских технологий**

Факультет нелинейных процессов **Факультет нелинейных процессов**

Физический факультет **Физический факультет**

Факультет филологии и журналистики **Факультет филологии и журналистики**

Факультет философии и психологии **Факультет философии и психологии**

Химический факультет **Саратовский государственный университет**

Экономический факультет **Экономический факультет**

Юридический факультет **Юридический факультет**



## Современные зондовые наноскопы



*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*



## Оборудование для нанотехнологии

Директор  
В.А. Быков,  
Группа предприятий "НТ-МДТ"

[www.ntmdt.com](http://www.ntmdt.com)



# NT-MDT

*Molecular Devices and Tools for NanoTechnology*

Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского



# Техника сканирующей зондовой микроскопии

Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) - один из мощных современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением

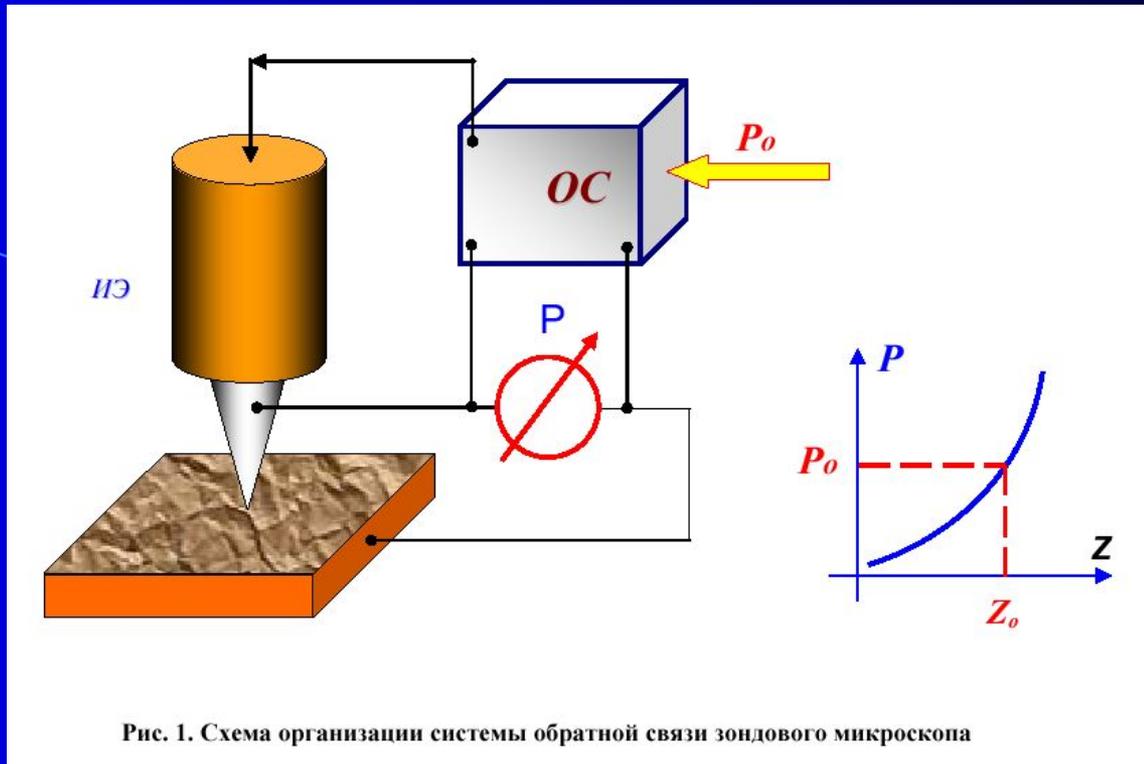


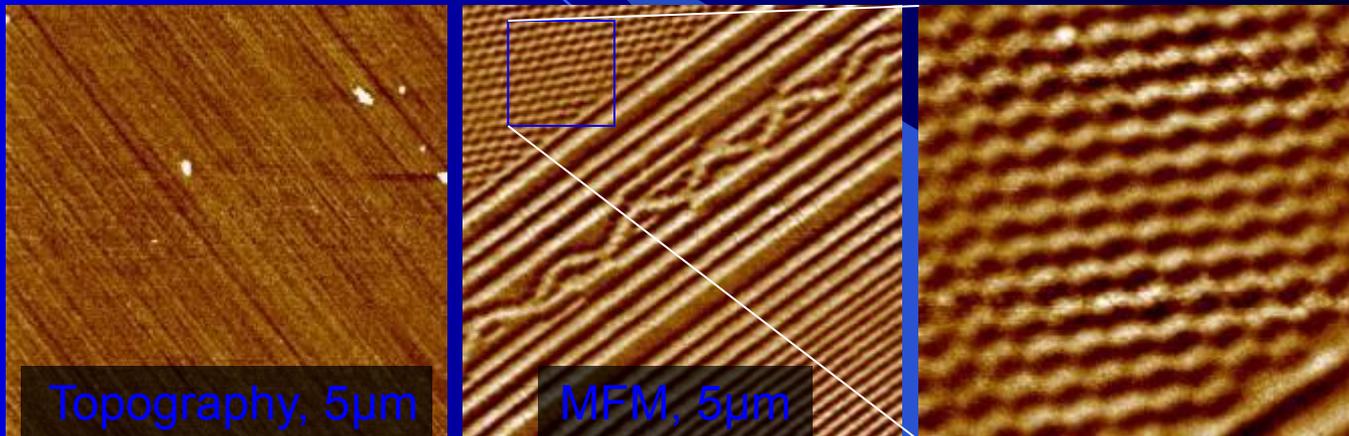
Рис. 1. Схема организации системы обратной связи зондового микроскопа

Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) – первый из семейства зондовых микроскопов - был изобретен в 1981 году швейцарскими учеными Гердом Биннигом и Генрихом Рорером]. В своих работах они показали, что это достаточно простой и весьма эффективный способ исследования поверхности с пространственным разрешением вплоть до атомарного. Настоящее признание данная методика получила после визуализации атомарной структуры поверхности ряда материалов и, в частности, реконструированной поверхности кремния. В 1986 году за создание туннельного микроскопа Г. Биннигу и Г. Рореру была присуждена Нобелевская премия по физике

Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского

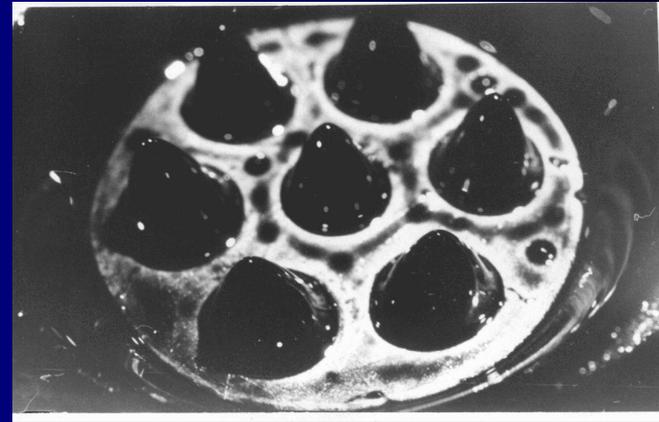
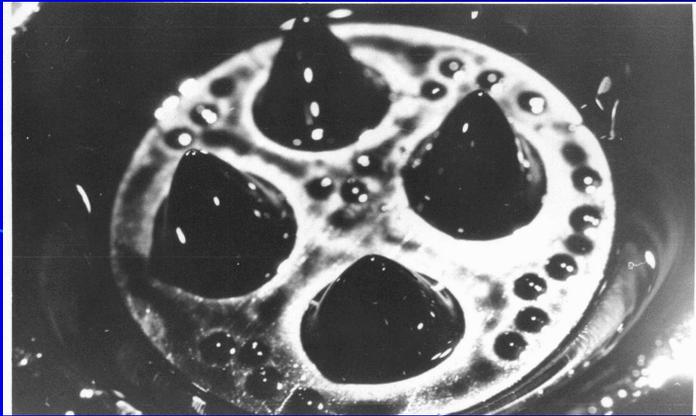


Визуализация СЗМ кадров производится средствами компьютерной графики, в основном, в виде трехмерных (3D) и двумерных яркостных (2D) изображений.



Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского

## Ферромагнитные наноструктуры



### Применения

Магнитожидкостные уплотнители

Смазочные материалы с регулируемой вязкостью

Зондовые магнитные структуры

Магнитная доставка компонент и управляемый транспорт лекарственных препаратов

Высокоградиентная сепарация коллоидных сред

Левитация в магнитной жидкости

*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

# Автодинный СВЧ-измеритель толщин nano- и микрослоёв СИТ-40 М



Принцип действия СВЧ-измерителя толщины СИТ-40 М основан на эффекте автодинного детектирования в полупроводниковых СВЧ-генераторах.

Разработанные измерители позволяют контролировать толщину металлических пленок, нанесенных на полупроводниковую или диэлектрическую подложку, в диапазоне значений 0.01–10 мкм.

## Технические характеристики

- Диапазоны толщин металлических слоев, нм
  - 5 – 200
  - 100-5000
- Погрешности измерений, %
  - ±10 (в диапазоне толщин 20–200 нм)
  - ±5 (в диапазоне толщин 200–5000 нм)
- Материал подслоя
  - Si, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>
- Габаритные размеры, мм
  - 300x300x150
- Диапазоны толщин диэлектрических слоев, мкм
  - 1.0 – 10
  - 10-100
- Диэлектрической проницаемости
  - 1–100
- Режимы функционирования:
  - калибровочный
  - измерительный (с возможностью создания базы измерений).

# Измеритель параметров нанометровых плёнок «МИИ-4 Видео»



Диапазон контролируемых  
проводящих покрытий –  
0.01–3.0 мкм

непроводящих покрытий –  
1–10 мкм

Погрешность определения  
толщины – 10%

Разрешающая способность –  
2 нм

Материал проводящей пленки  
Al, Cu, Ag, Au

Материал подложки - стекло,  
кварц

Время обработки  
видеоизображения  
не более 5 сек

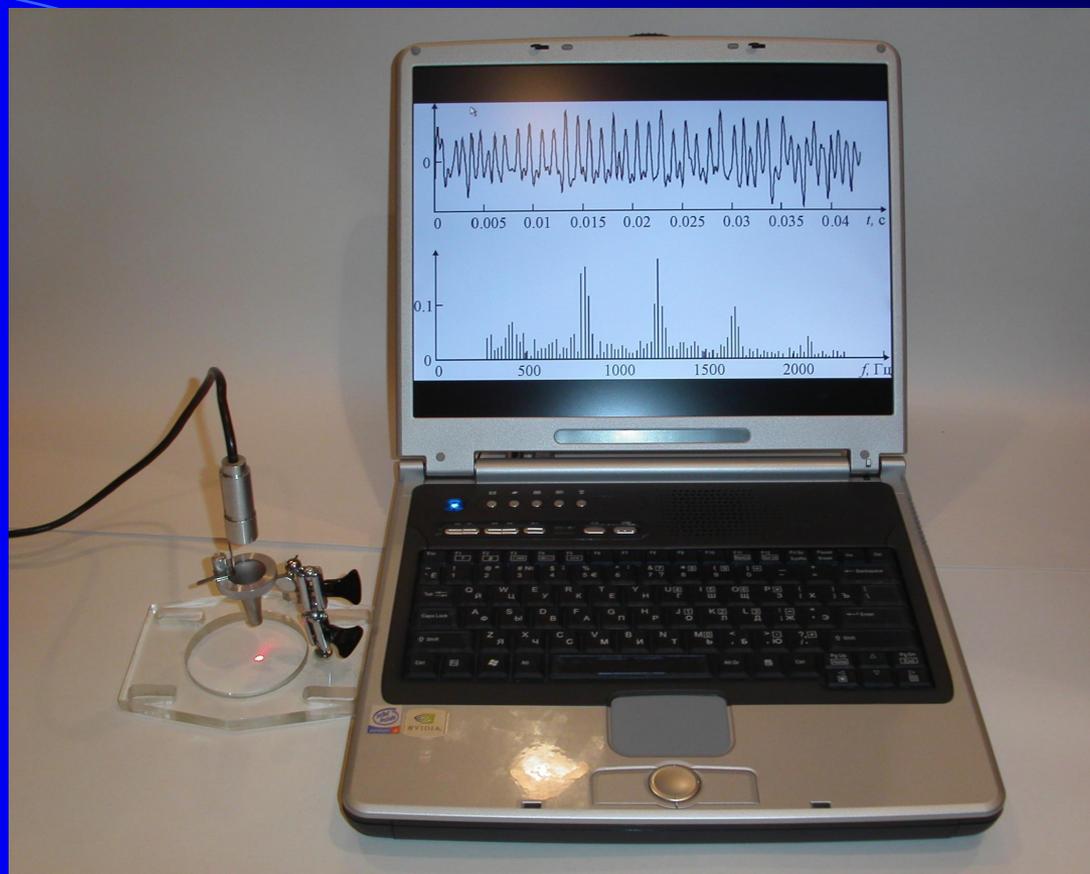
Устройство обеспечивает ввод изображения высокого разрешения, его анализ и сохранение результатов измерений в цифровом формате.

Измеритель разработан с целью повышения точности измерений и расширения диапазона контролируемых значений толщин плёнок. Он позволяет, также, значительно ускорить процесс проведения измерений и снизить его трудоёмкость.

# Нанометрия нановибраций и наноперемещений

- Контроль качества многоэлементных преобразователей.
- Мониторинг колебаний барабанной перепонки.
- Измерение сверхмалых скоростей движения, в том числе
  - теплового расширения твердых тел,
  - тектонических перемещений с целью мониторинга и прогнозирования землетрясений.

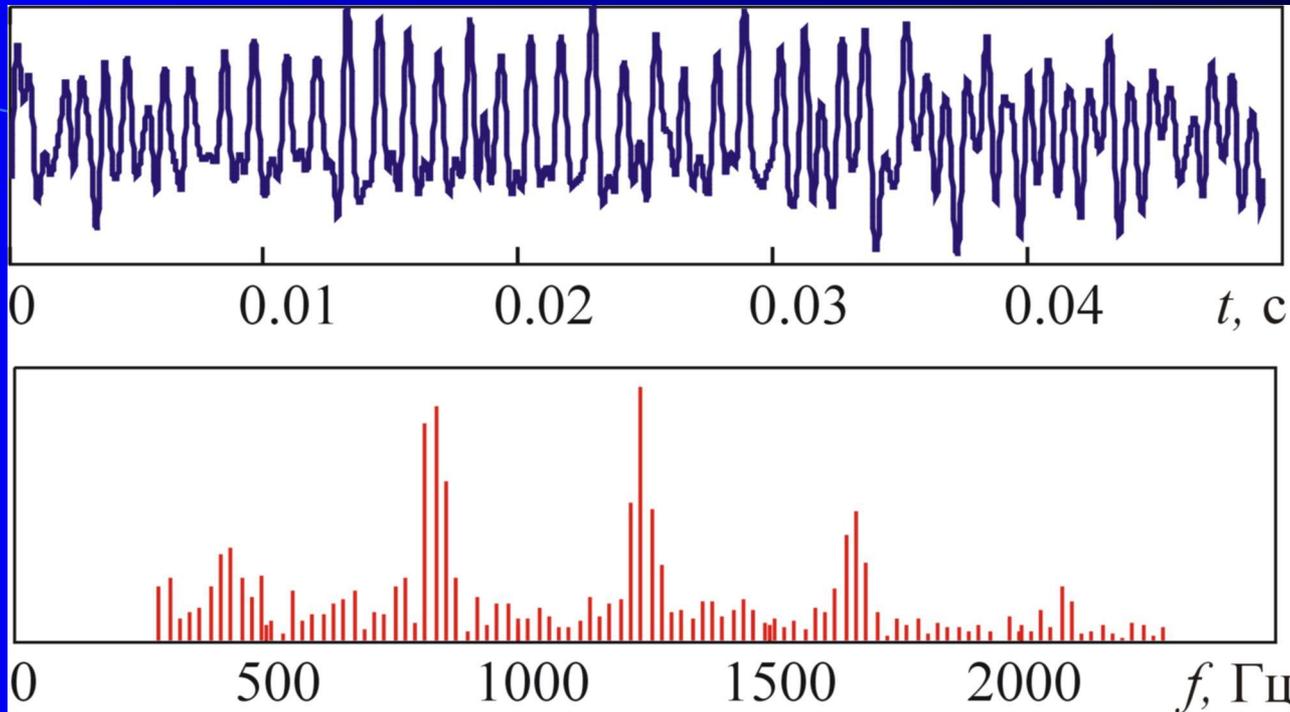
## ЛАЗЕРНЫЙ АВТОДИН



Лазерный автодин предназначен для бесконтактного контроля параметров нановибраций и наноперемещений, сложных перемещений отдельных участков объектов в широком диапазоне значений частот и амплитуд.

*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

## Решена проблема абсолютного измерения амплитуды и частоты микро- и нановибраций объекта



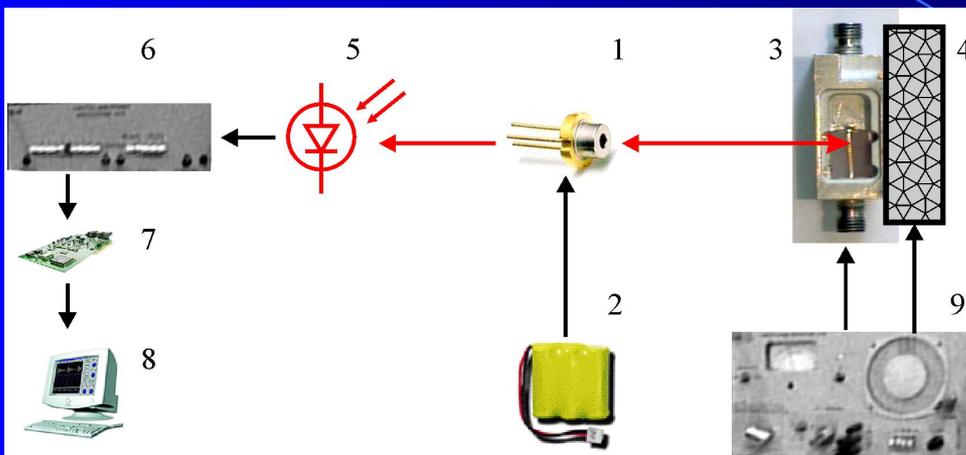
Широкий диапазон контролируемых значений от 10 нм до 500 мкм

Автодинный сигнал (а) и его спектр (б): амплитуда колебаний 200 нм, частота 420 Гц.

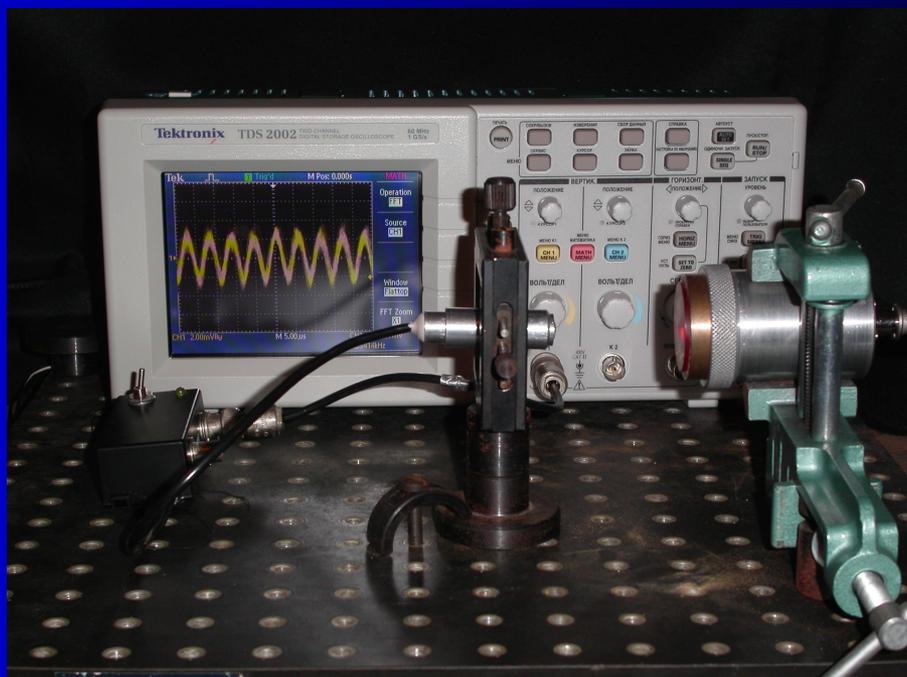
Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского



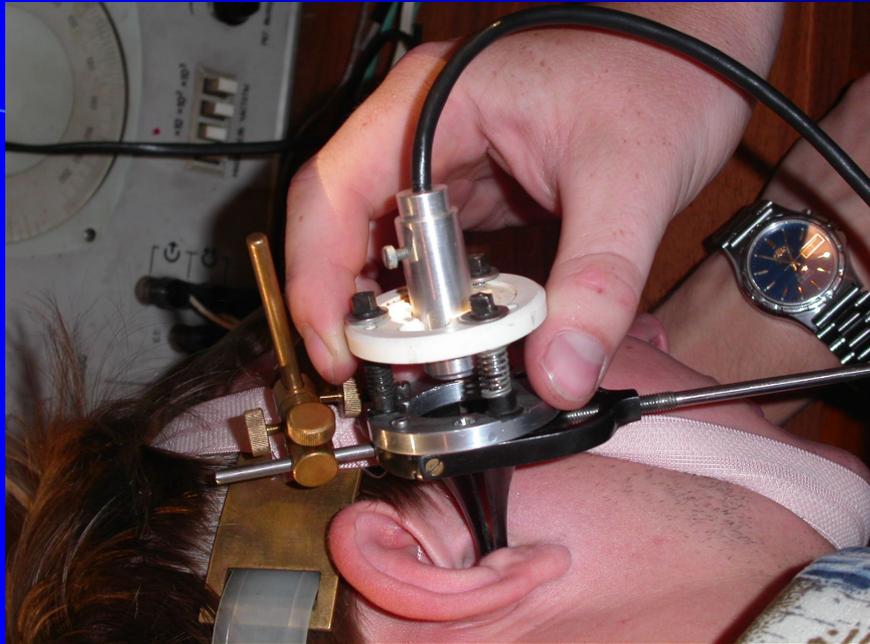
# Контроль качества многоэлементных пьезопреобразователей



1 — полупроводниковый лазер,  
2 — источник тока, 3 — многоэлементный пьезопреобразователь акустической линии задержки СВЧ диапазона, 4 — пьезокерамика,  
5 — фотодетектор, 6 — усилитель с фильтром, 7 — аналого-цифровой преобразователь, 8 — компьютер, 9 — генератор звуковых колебаний.

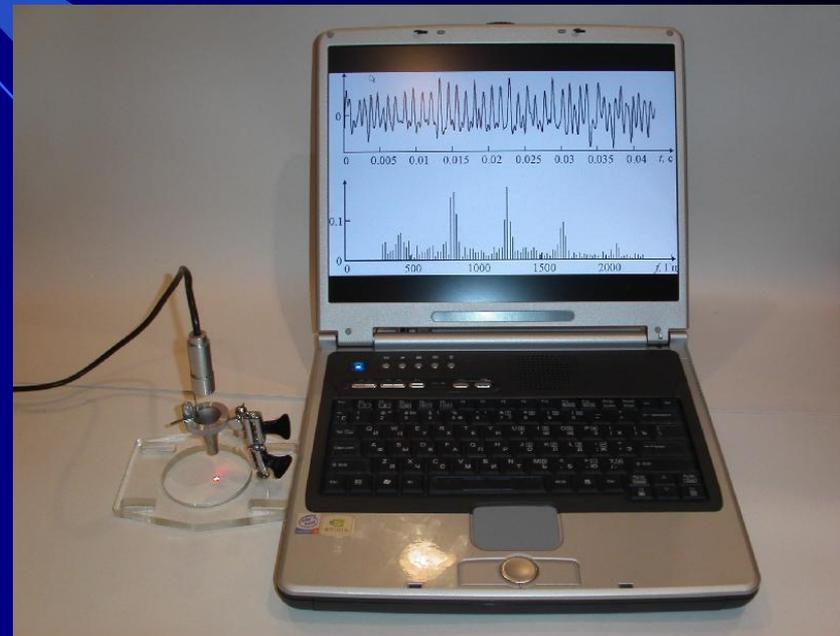


# Измерение отклика барабанной перепонки на звуковой сигнал



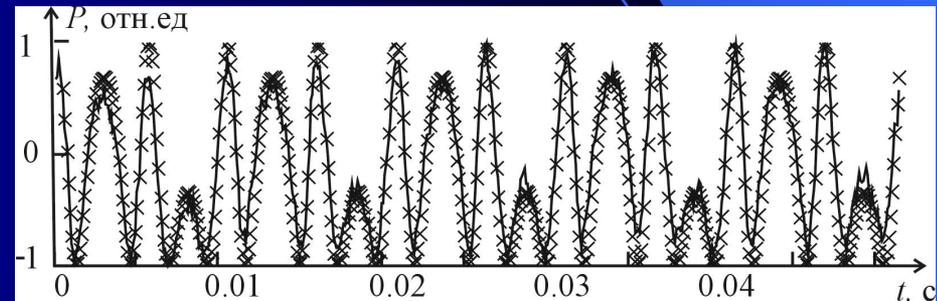
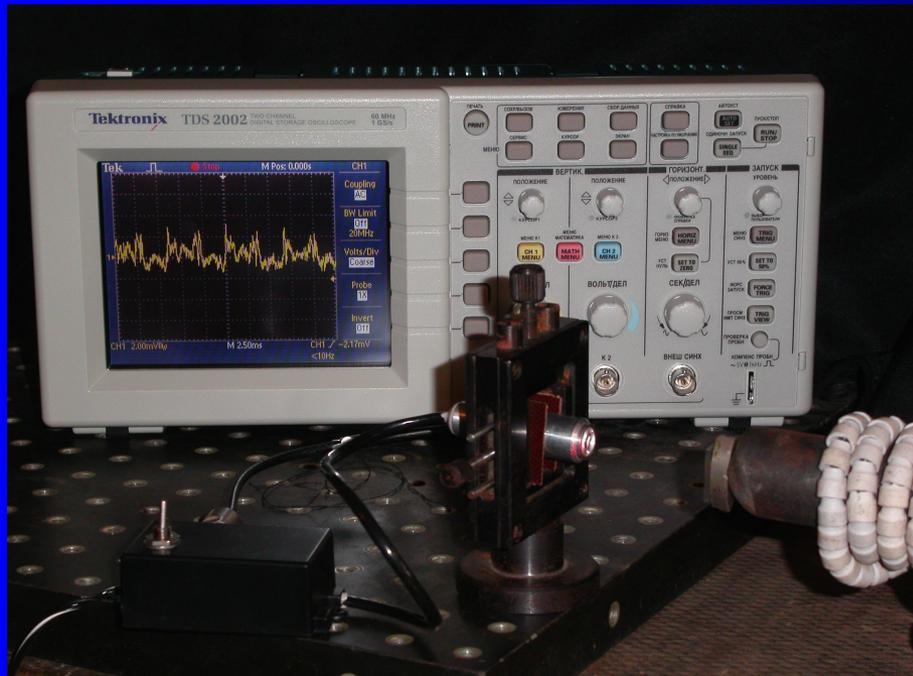
Созданный лазерный автодин на квантово-размерных структурах позволяет проводить измерения микро- и нановибраций биологической ткани *in vivo*. Его хорошие эргономические характеристики позволяют закреплять всю измерительную систему на голове пациента, обеспечивая тем самым подвижность пациента и устраняя влияние произвольных движений головы на результат измерений.

Предложенный метод и созданная аппаратная реализация позволяют определять вибрационные характеристики барабанной перепонки во всем диапазоне звуковых частот и открывают возможность диагностировать отклонения ее упругих свойств от нормы.



# Измерение сверхмалых скоростей движения

С помощью квантоворазмерного полупроводникового лазера, работающего в режиме автодинного генератора, возможно контролировать движение объектов со сверхмалыми скоростями (несколько десятков нм/с)



Измеритель сверхмалых скоростей движения позволяет контролировать тектонические перемещения с целью мониторинга и прогнозирования землетрясений.

**В завершение приведем оптимистическое предсказание Артура Кларка:**

**“2040 год: будет усовершенствован “Универсальный репликатор”, основанный на нанотехнологиях; может быть создан объект любой сложности при наличии сырья и информационной матрицы. Бриллианты и деликатесная еда могут быть сделаны в буквальном смысле слова из грязи. В результате за ненужностью исчезнут промышленность и сельское хозяйство, а вместе с ними и недавнее изобретение человеческой цивилизации - работа. После чего последует взрывное развитие искусств, развлечений, образования”.**

*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского*

