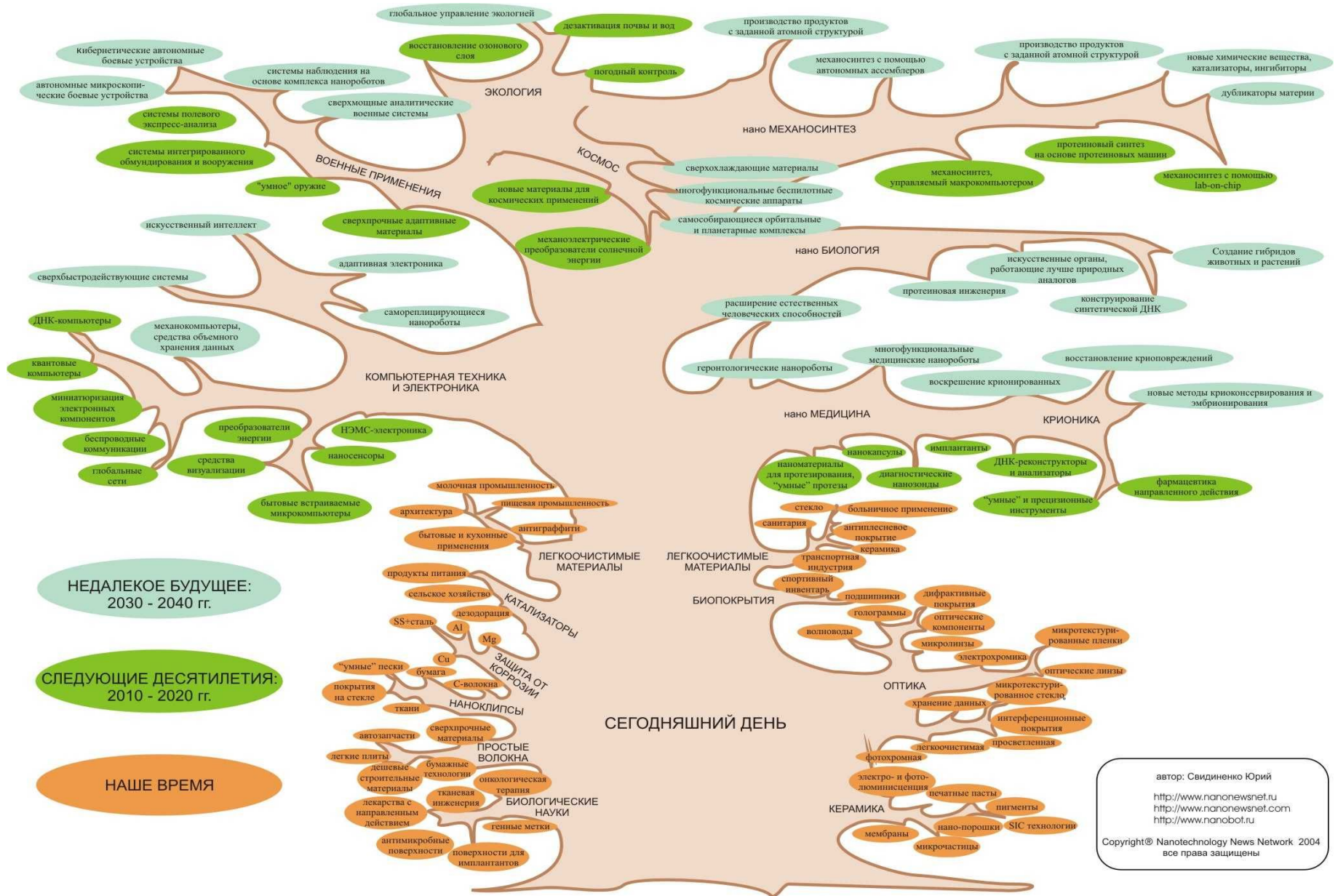


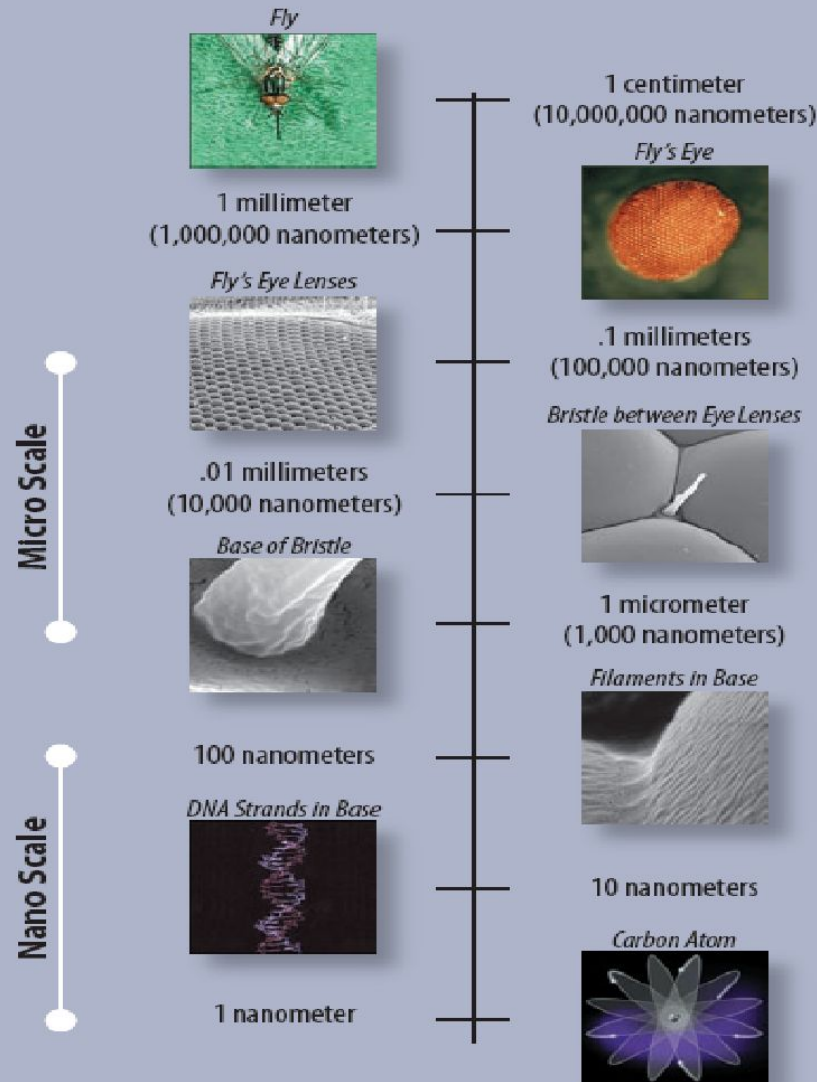
Введение в нанотехнологии и материаловедение



автор: Свиденко Юрий
<http://www.nanonewsnet.ru>
<http://www.nanonewsnet.com>
<http://www.nanobot.ru>
 Copyright© Nanotechnology News Network 2004
 все права защищены

Nanotechnology in Perspective

Nanotechnology refers to research and technology development on the scale of approximately 1-100 nanometers. This is the smallest scale at which we can meaningfully study and manipulate matter. One nanometer is the size of a group of atoms, as shown at the bottom of the spectrum below.



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

Классификация НТ

- **Физика наноструктур** содержит следующие подразделы: электронные состояния
- и квантовый транспорт; неравновесные электронные состояния и коллективные явления; нанофотоника; спинтроника;
- сверхпроводимость и низкие температуры;
- физические основы технологий квантовых наноструктур; наноуглеродные материалы.

Классификация НТ

- **Нанoeлектроника** включает в себя пять подразделов: элементы, устройства и функциональные системы нанoeлектроники;
- физические принципы и создание нового поколения устройств нанoeлектроники;
- развитие технологий, создание технологического оборудования, получение материалов нанoeлектроники; разработка методов
- диагностики и создание диагностического оборудования; разработка методов вычислительного моделирования в нанoeлектронике и создание инфраструктуры суперкомпьютерных вычислений.

Классификация НТ

- **Наноматериалы.** Здесь содержится
- четыре подраздела: конструкционные
- наноматериалы и наноматериалы со специальными свойствами; функциональные
- наноматериалы (катализаторы, сорбенты, мембраны, полимеры); энергонасыщенные
- наноматериалы; наноматериалы для электроники, магнитных систем и оптики.

Классификация НТ

- **Нанобиотехнологии.** Раздел состоит из пяти подразделов: наноконструирование биологических узнающих систем (нанодетекция и диагностика); наноконструирование новых лечебных препаратов (нанолекарства); наноконструирование иммуногенов, миниантител, наноантител (нановакцины); трансгенное наноконструирование (нанотрансгенез); наноконструирование замещающих систем и регуляторных компонентов тела (нанобионика).

Классификация НТ

- **Нанодиагностика** включает в себя пять
- подразделов: методы с использованием
- рентгеновского, синхротронного излуче-
- ний, нейтронов и частиц; зондовая и элек-
- тронная микроскопия, электронография;
- оптическая микроскопия и спектроскопия;
- физические и физико-химические методы;
- нанометрология.

Классификация НТ

- **НаноОбразование** к настоящему времени детально проработаны направления, связанные с подготовкой специалистов различной квалификации в области нанотехнологий.

Начало эры нанoeлектроники относят к **1999** году когда впервые в производственных условиях были реализованы интегральные схемы на МДП транзисторах с длинами канала **100 нм**. Как следует из прогноза длина канала МДП-транзистора в промышленных интегральных схемах достигнет

- **10 нм** в 2015 году и **7 нм** в 2018 г. Плотность размещения логических элементов для таких схем достигнет **$5 \cdot 10^8 - 10^9 \text{ см}^{-2}$** , а размер кристалла **10^{-20} см^2** при плотности рассеиваемой мощности около **50-100 Вт/см²** на рабочих частотах переключения
- **10-40 ГГц**.

Проблемы, связанные с уменьшением размеров:

1. Высокие напряженности электрического поля, которые могут приводить к локальным пробоям
2. Рассеяние тепла транзисторами ограничивает увеличение плотности элементов
3. Исчезновение полезных объемных свойств и возрастание роли дефектности полупроводников
4. Уменьшение размеров приводит к квантово механическому туннелированию электронов от истока к стоку.
5. Неоднородность окисного слоя приводит к перетеканию электронов из затвора в область канала.

Парадоксы наноэлектроники:

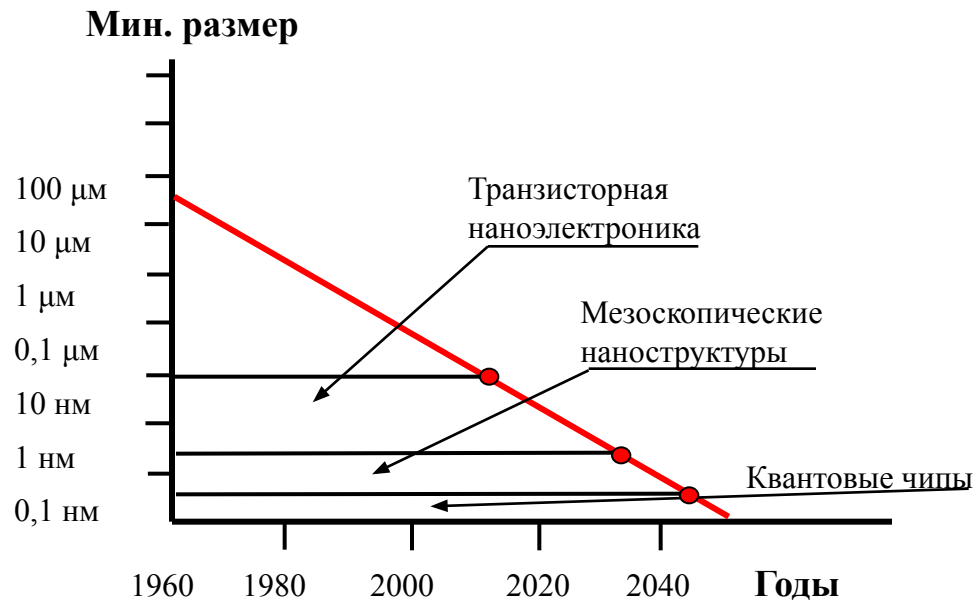
два требования к диэлектрикам:

- 1. Требуются материалы с БОЛЬШОЙ диэлектрической проницаемостью
- 2. Требуются материалы с маленькой диэлектрической проницаемостью

Прогнозируемое уменьшение минимального размера топологического элемента интегральной схемы

(длины затвора для транзистора)

- Закон Мура (Moore)

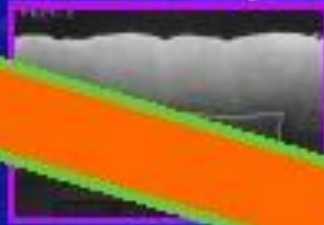


Intel ETOX® (NOR) Technology Scaling

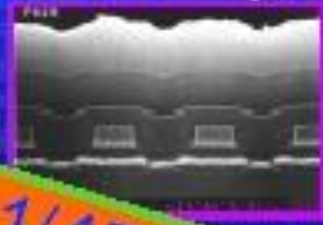
1986 / 1.5µm



1988 / 1.0µm



1991 / 0.8µm



1993 / 0.6µm



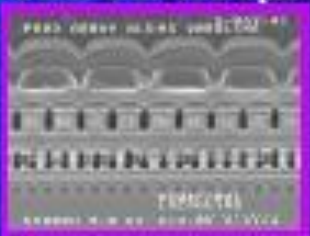
1996 / 0.4µm



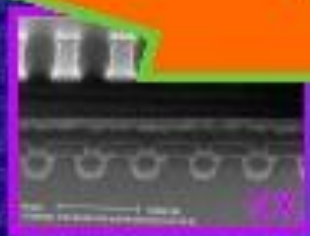
1998 / 0.25µm



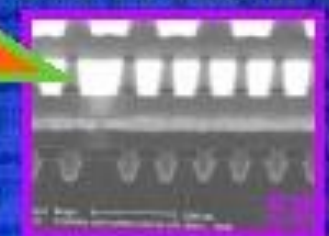
2000 / 0.18µm



2002 / 0.15µm



2004 / 90nm

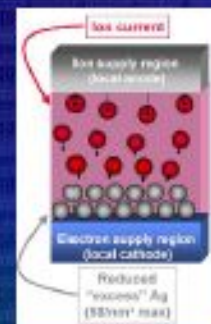
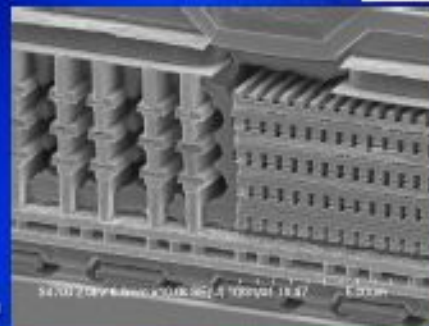
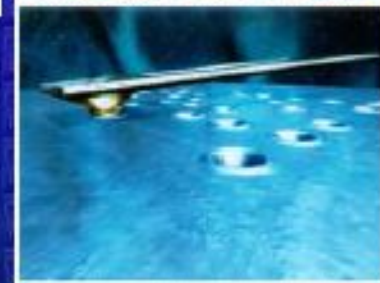
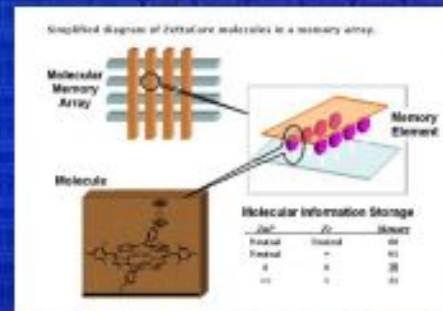
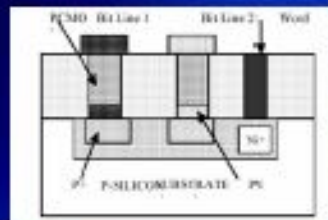
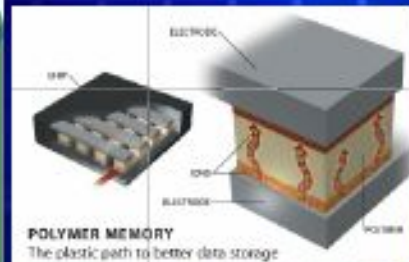
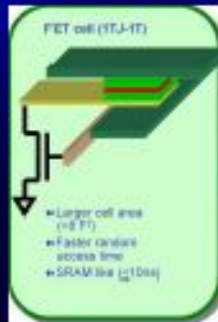


1/476

Volume Production Year / Technology Generation

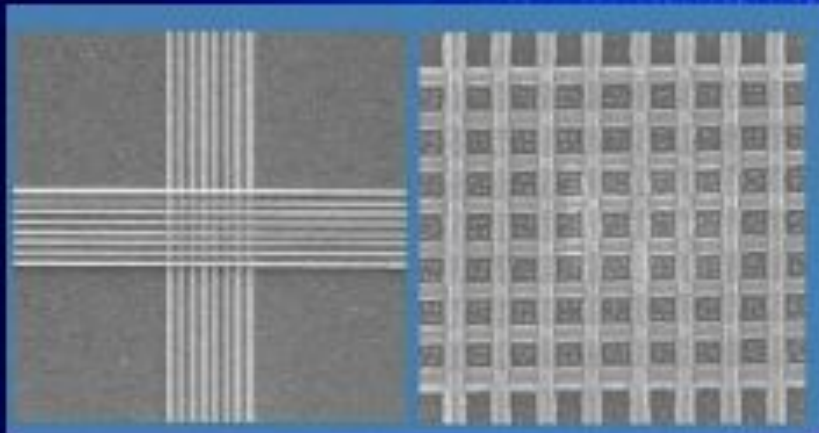
- **16+ years & 8 Generations of ETOX® (Intel NOR) High Volume Production to 0.13 µm**
- **5+ years and 4 Generations of Intel StrataFlash™ (Multi Level Cells 2bit / cell) memory**

Examples of new memory technologies

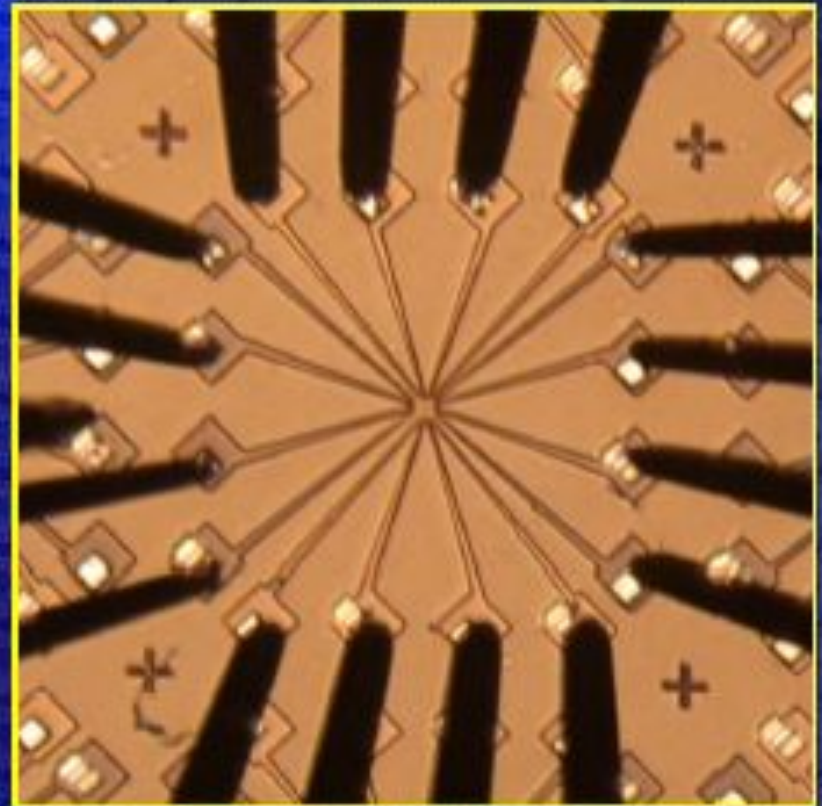


intel

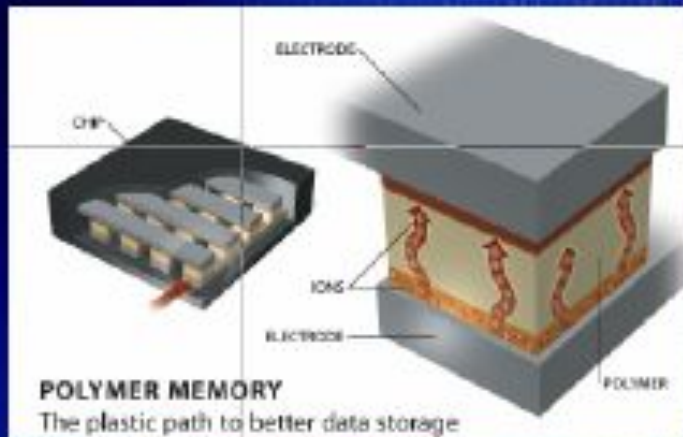
Small is not that small



- X-Y addressable memory is always limited by the limiting lithography steps: have to connect to the real world circuits
- Either self assembled circuits at the smaller geometry or new innovative architecture



Multi-layer is smaller

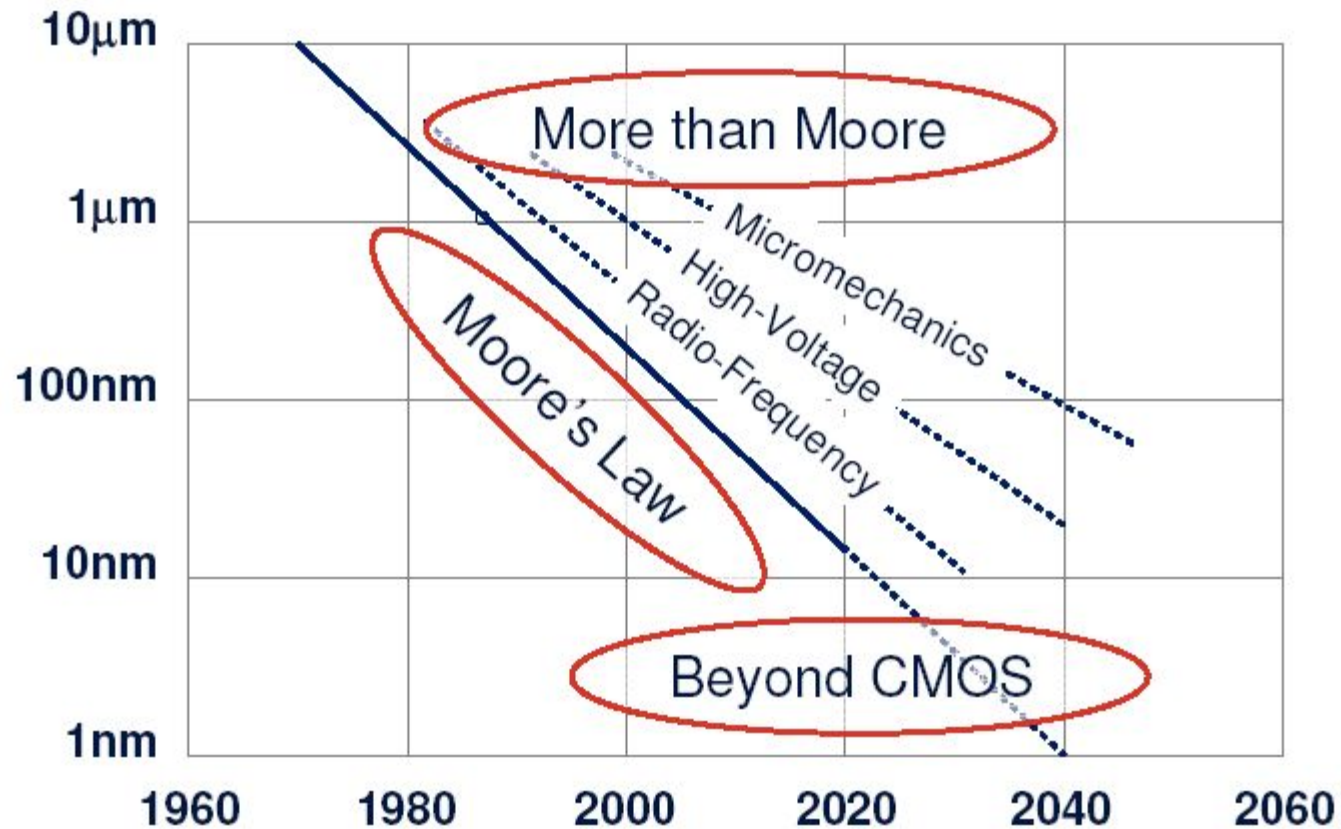


Single Layer cell area =
 $4 \lambda^2$

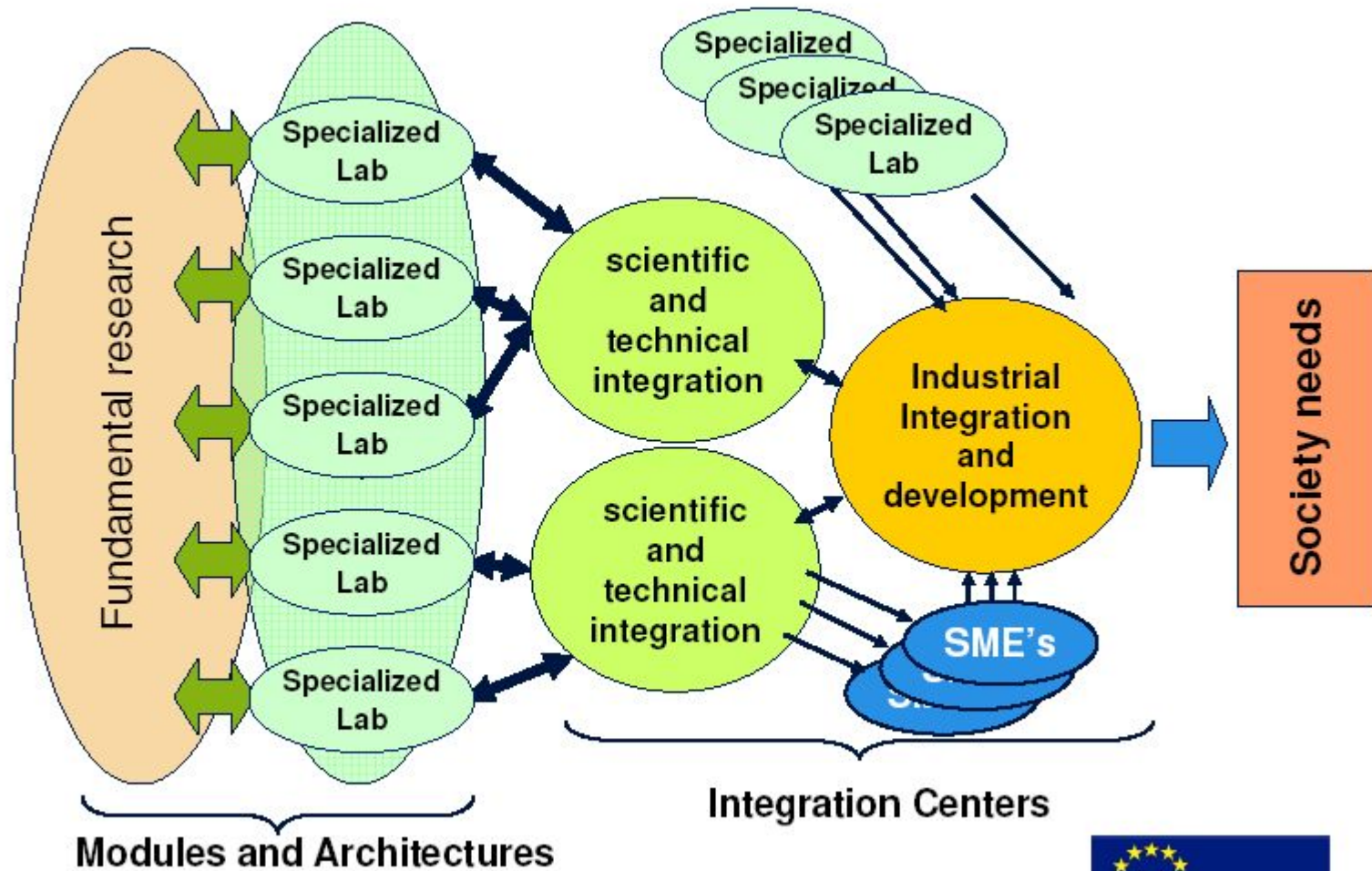


Multi Layer cell area =
 $4 \lambda^2 / N$ (number of
layers)

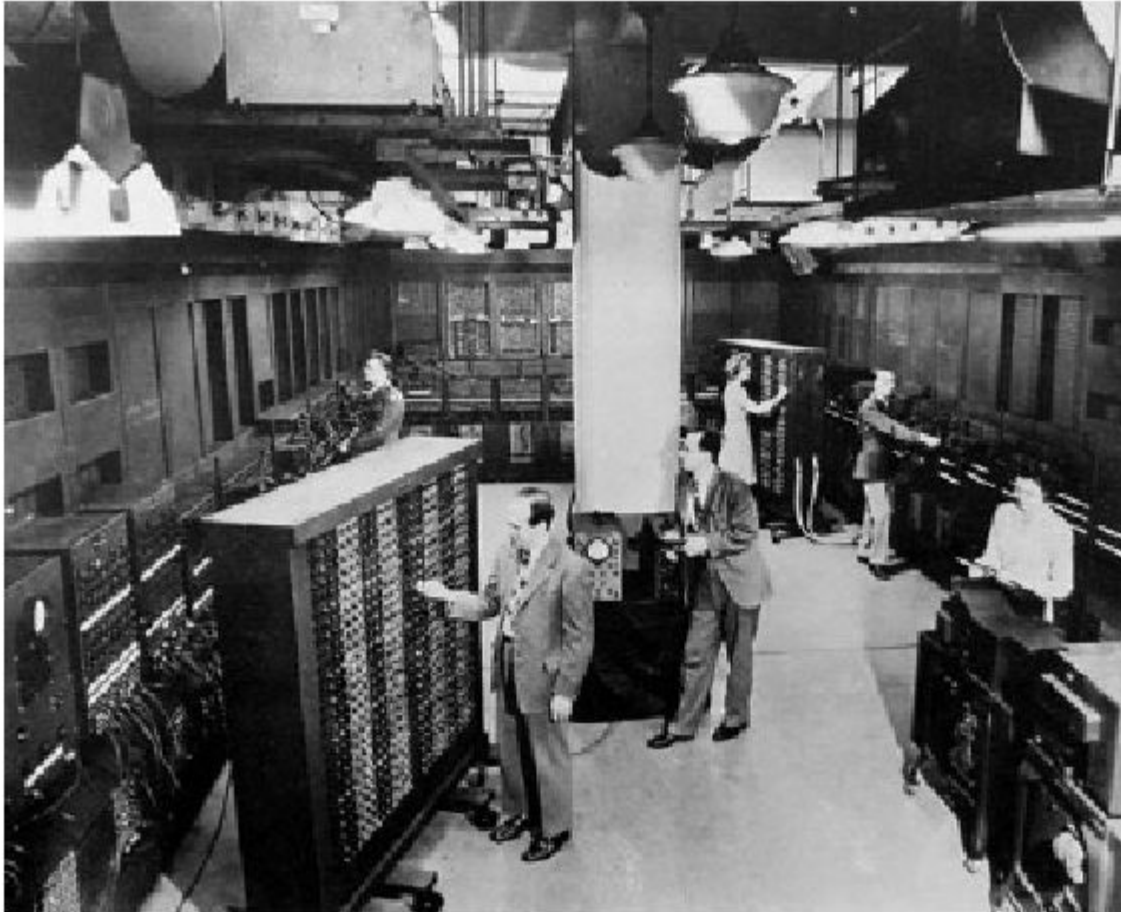
Multi-dimensional technology roadmap



Focused research organization



ENIAC in 1946: the first electronic computer ...



ETP Nanoelectronics, Fred van Roosmalen, Wien, May 5, 2006



Базовые элементы

1. Полевой транзистор

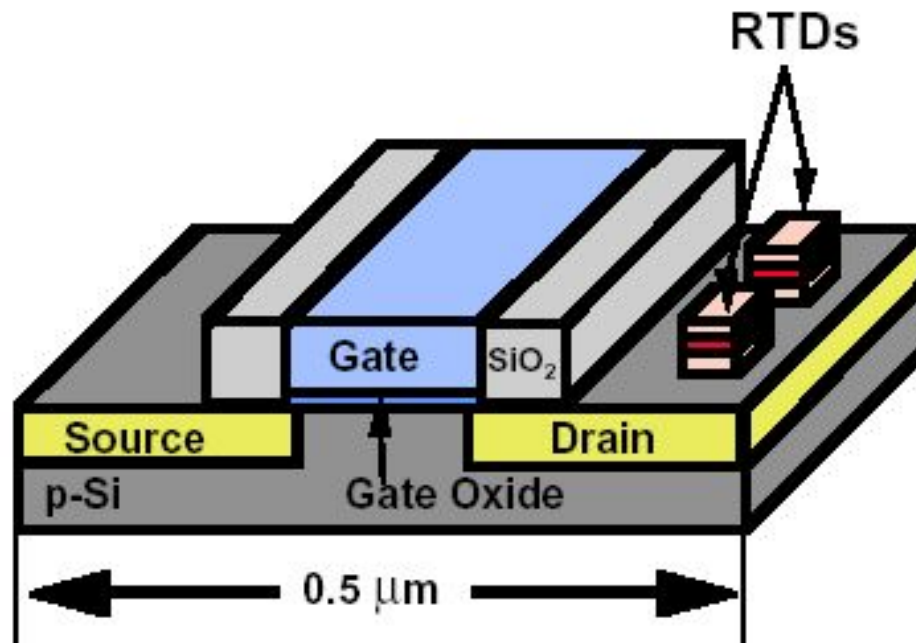
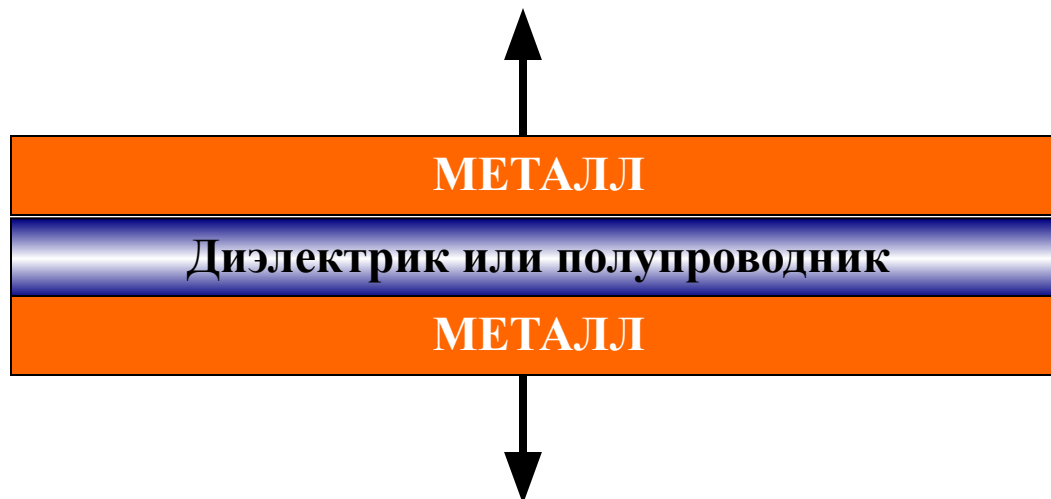


Figure 3. "Hybrid"
Microelectronic-Nanoelectronic
Resonant Tunneling Transistor

Базовые элементы

1. Диодная структура (МДМ, МДП)



Взаимосвязь электроники и материаловедения

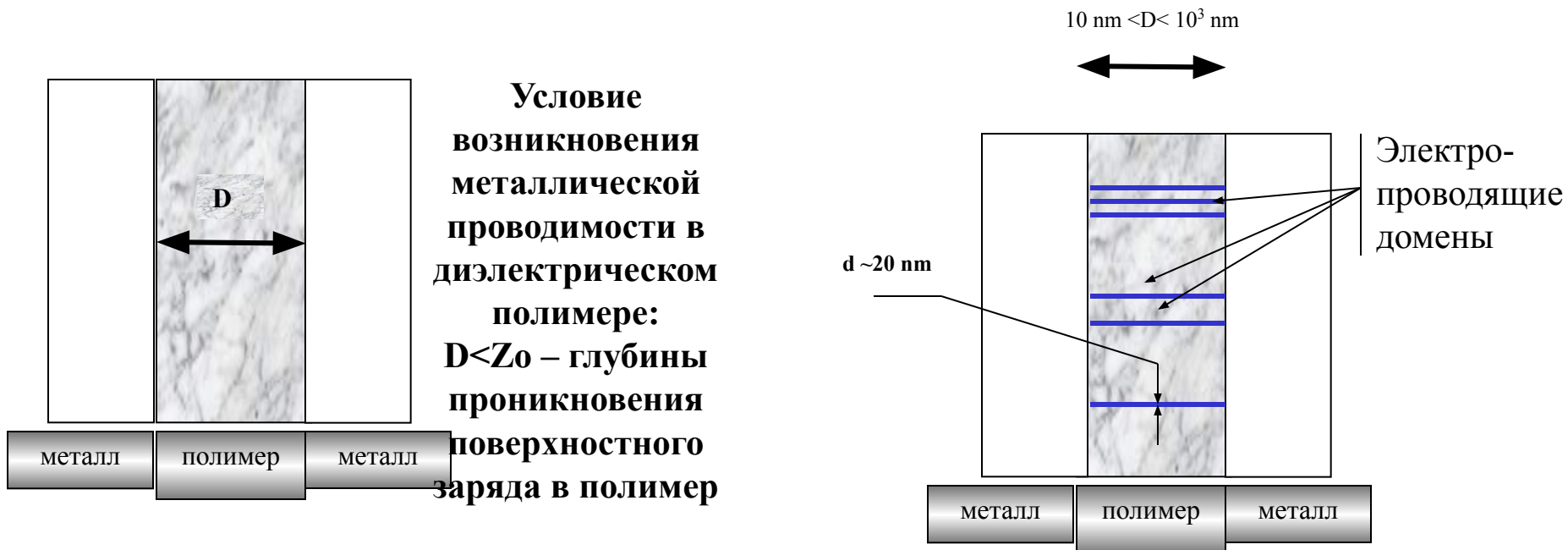
- Определение:
- Электроника это наука о физических процессах в различных материалах и средах обусловленных движением электронов и их взаимодействием как между собой так и со средой их пребывания

ОДИНОКИ ЛИ МЫ?

- 1. УГАТУ – кафедра нанотехнологий (материаловедение), Институт физики перспективных материалов;
- 2. БГУ – кафедра микроэлектроники и нанофизики
- 3. Институт физики молекул и кристаллов Уфимского научного центра РАН

Почему нанотехнологии в БГПУ?

Размерный (нано?) эффект в полимерных пленках



$10 \text{ nm} < D < 10^3 \text{ nm}$

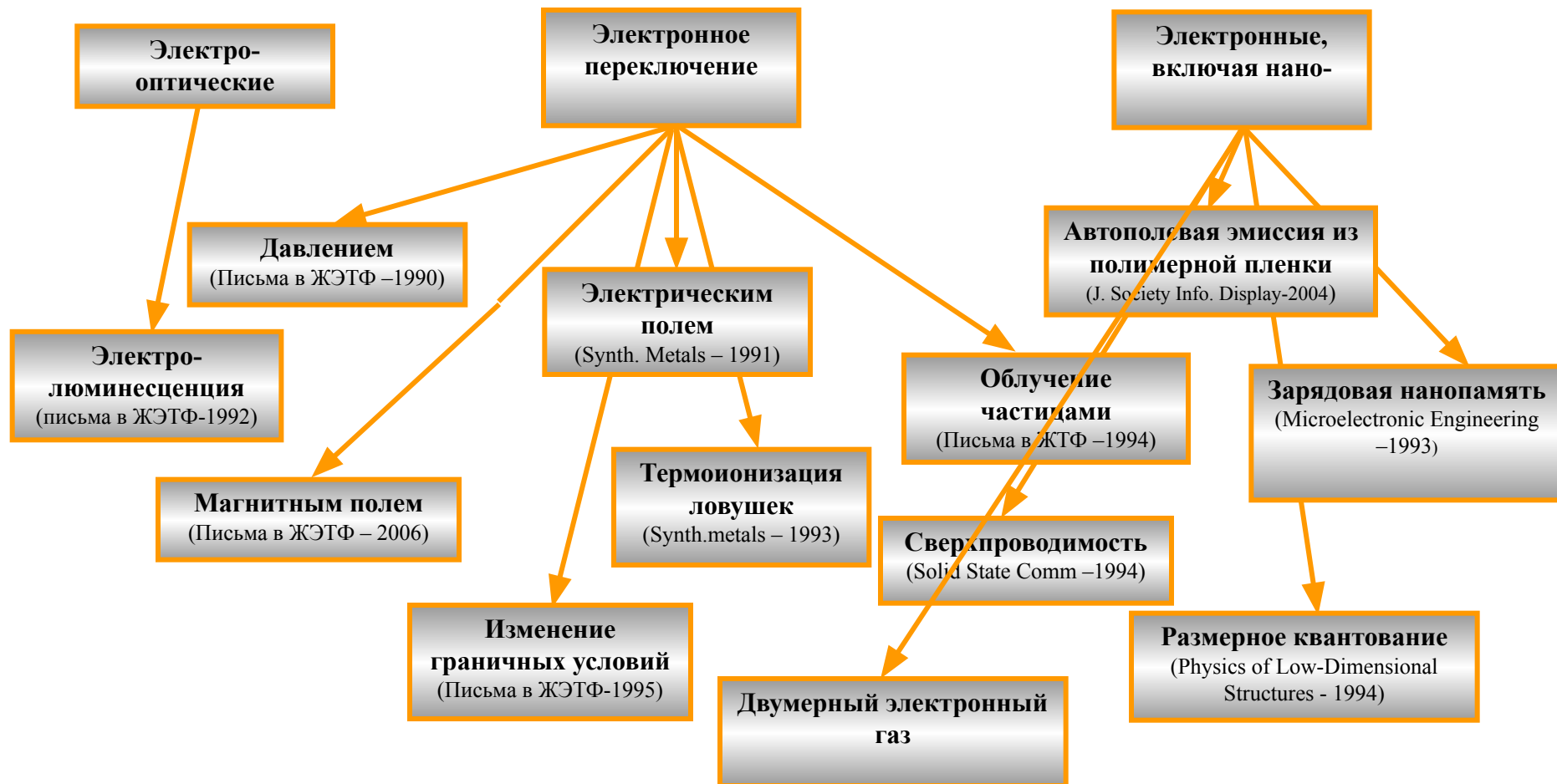
Полимерная пленка до и после перехода в металлическое состояние

Особенности транспорта заряда в тонких пленках

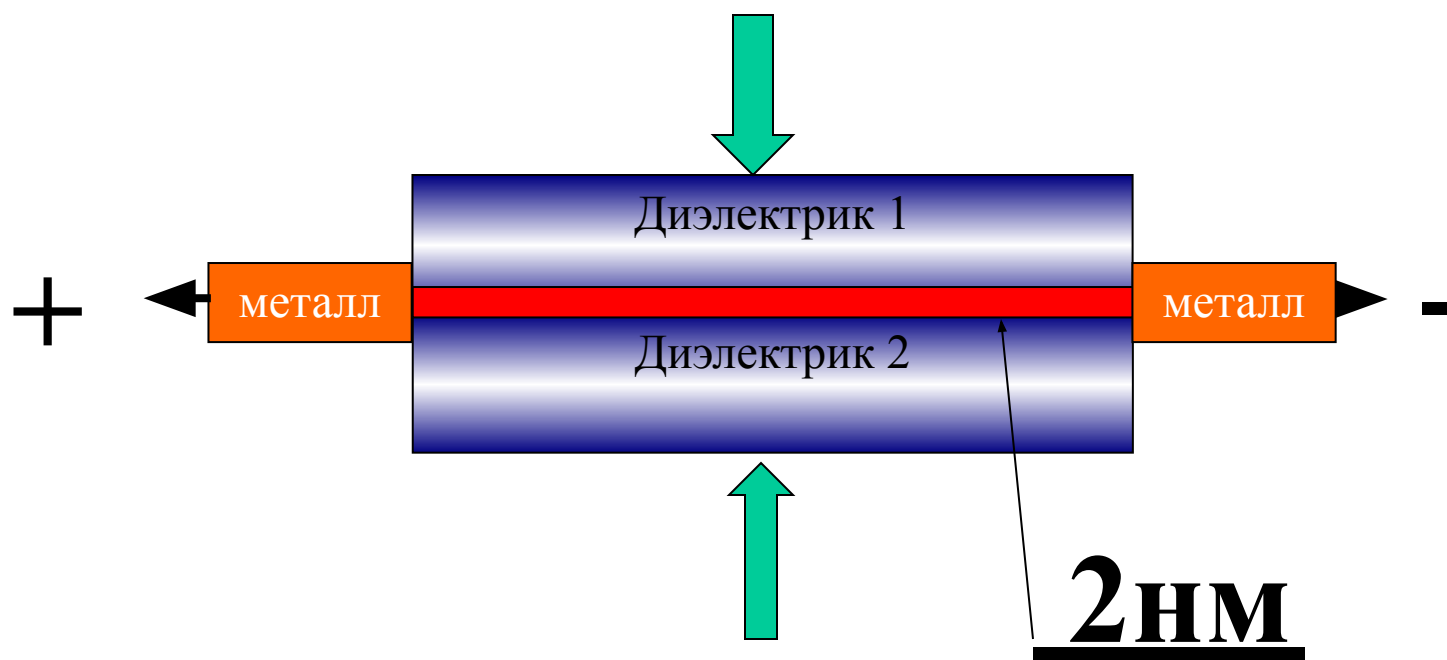
- 1. Локальная электропроводность
 - До 10^5 и более $\Rightarrow 10^{11}(\text{Ohm}\cdot\text{cm})^{-1}$
- 2. Максимальная плотность тока до $10^6\text{A}/\text{cm}^2$
- 3. Металлический тип проводимости
- 4. Анизотропия проводимости
- 5. Малые величины инициирующих полей
- 6. Обратимость эффектов

• (ЖЭТФ 1992, т.102, 187; 2006, т. 129, 728)

Обнаруженные и изучаемые явления



Двумерный электронный газ



Диэлектрики – из органических полимерных материалов

Применения двумерного газа

- Сенсоры: физические, химические, биологические (в планах создание искусственного носа!)
- Транзисторы: планарные, вертикальные
- Логические элементы
- Возможно и квантовый кубит???

Управление транспортом
электронов без воздействия на
их заряд
СПИНТРОНИКА

Спиновый клапан

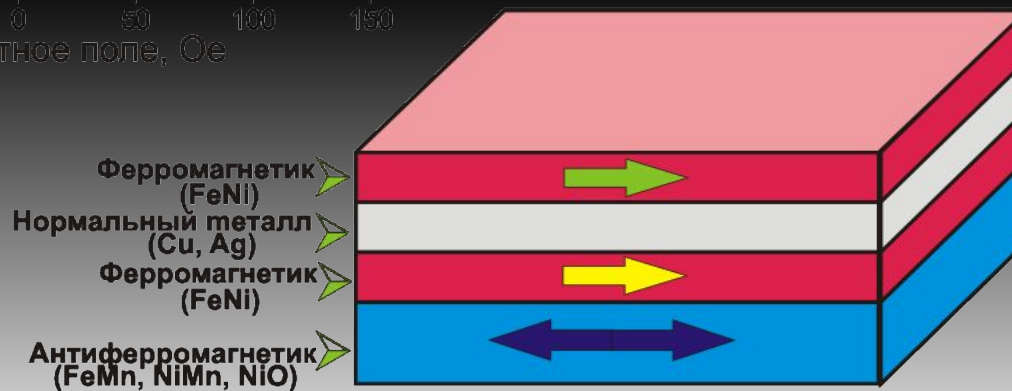
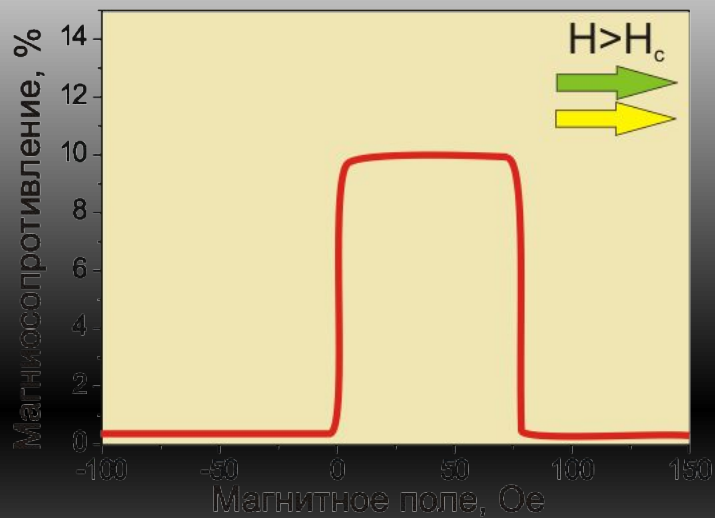
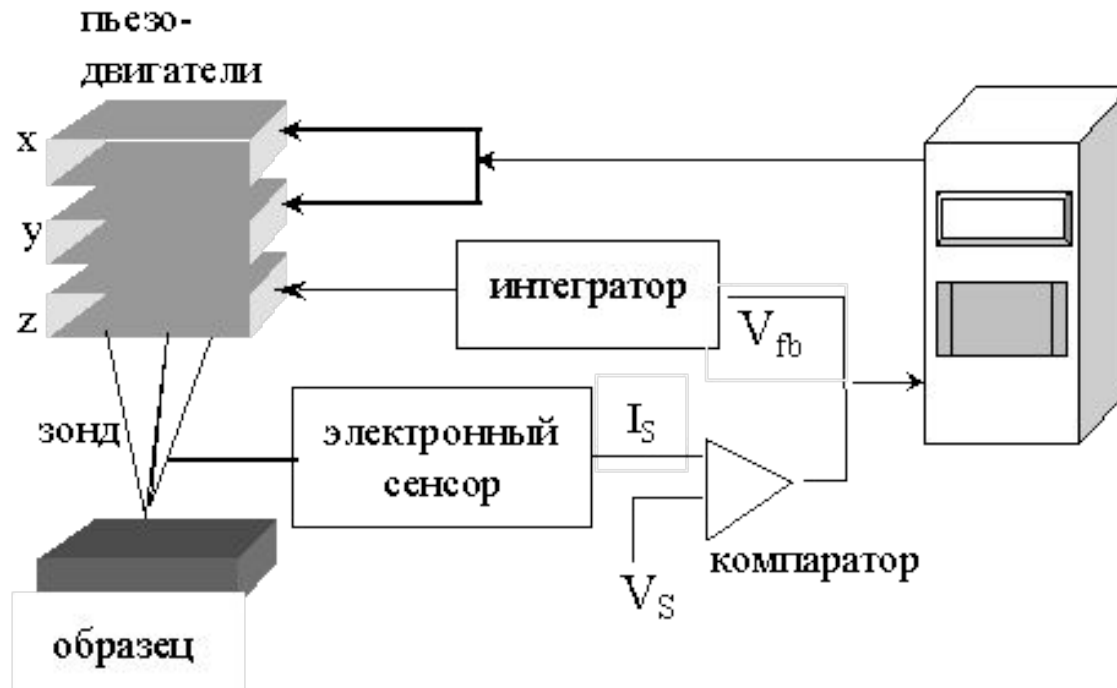


Схема сканирующего зондового микроскопа



Что вас ожидает!

1. Зондовые технологии
2. Основы вакуумной техники
3. Основы вакуумной электроники
4. Электротехника и электроника
5. Микроэлектроника
6. Методы диагностики и анализа микро и наносистем
7. Элементы и приборы наноэлектроники
8. Физико-химия наноструктурированных материалов
9. Компьютерное моделирование
10. Инженерная и компьютерная графика

Литература

1. www.nanonewsnet.ru
2. Н.Кобаяси, Введение в нанотехнологию. Москва, Бином. Лаборатория знаний, 2008 г.
3. В.Лозовский и др. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие СПб.: Издательство «Лань», 2008.