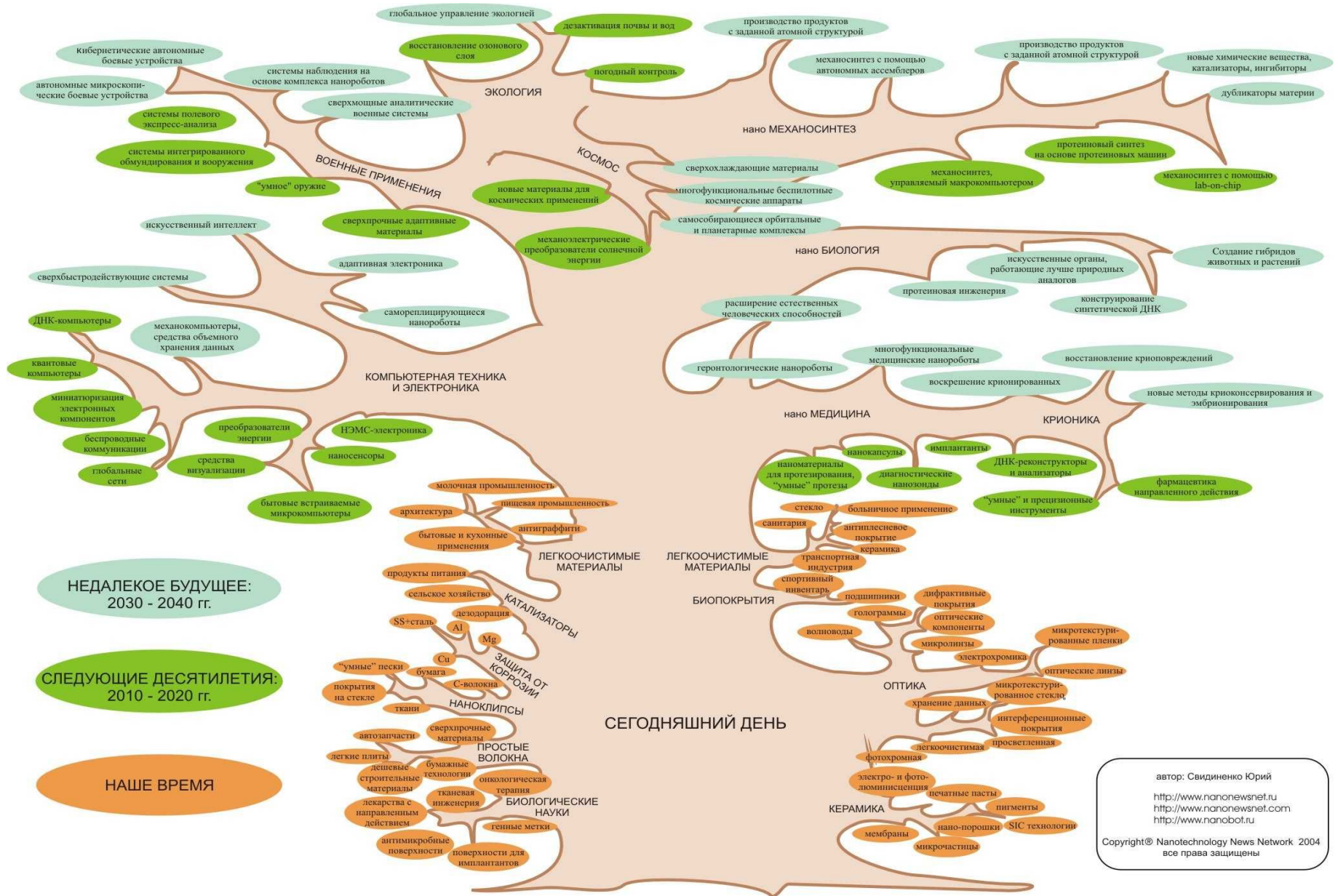


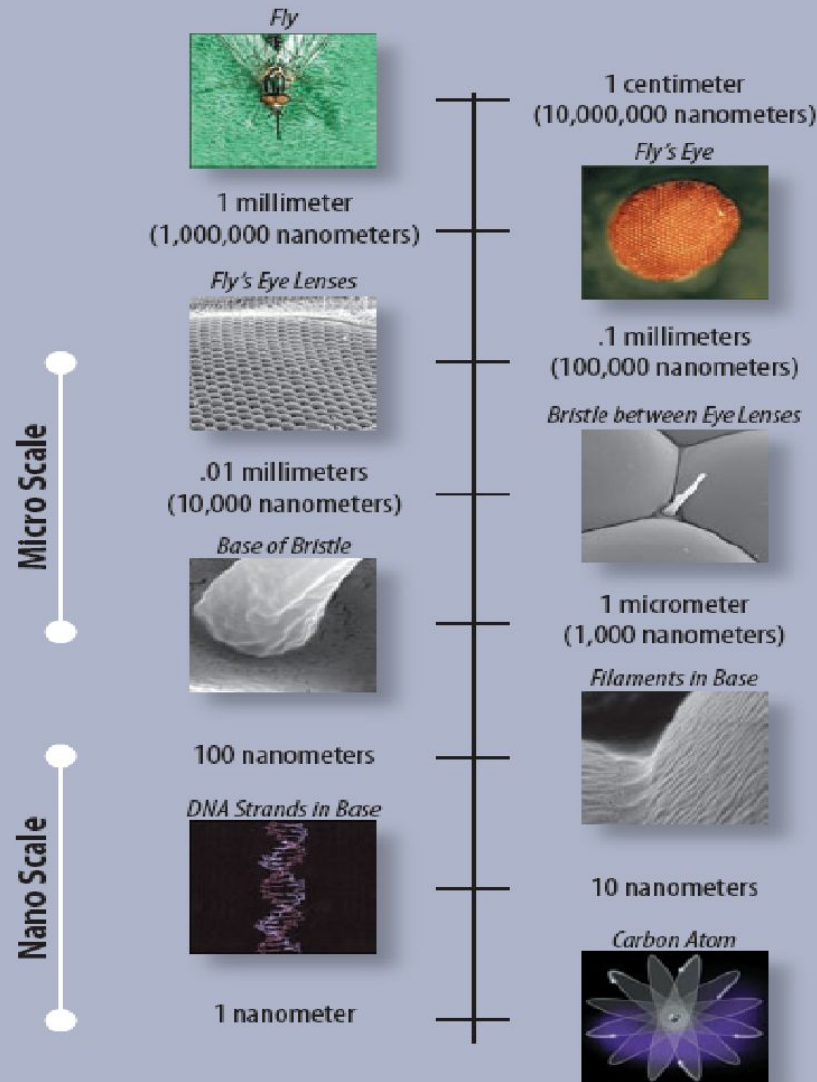
# Введение в нанотехнологии и материаловедение



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 наноэлектроники 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  **$10^{-20} \text{ см}^2$**  при плотности рассеиваемой мощности около **50-100 Вт/см<sup>2</sup>** 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:

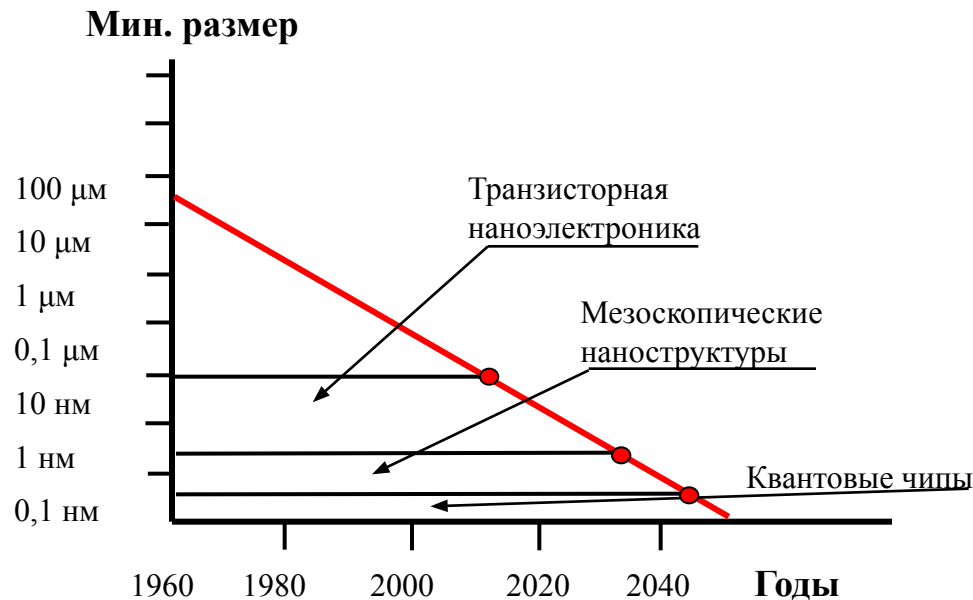
два требования к диэлектрикам:

- 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)

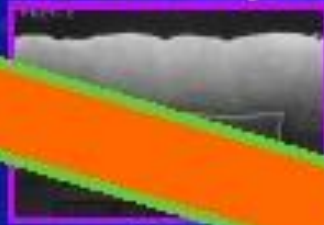


# Intel ETOX® (NOR) Technology Scaling

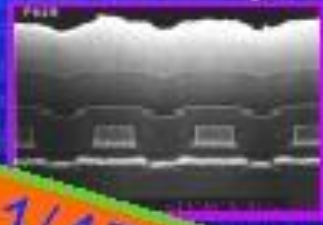
1986 / 1.5µm



1988 / 1.0µm



1991 / 0.8µm



1993 / 0.6µm



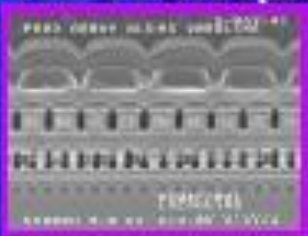
1996 / 0.4µm



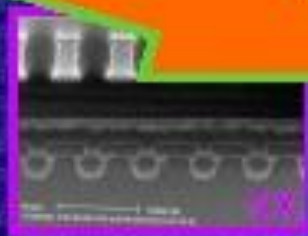
1998 / 0.25µm



2000 / 0.18µm



2002 / 0.15µm



2004 / 90nm

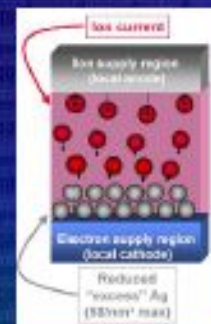
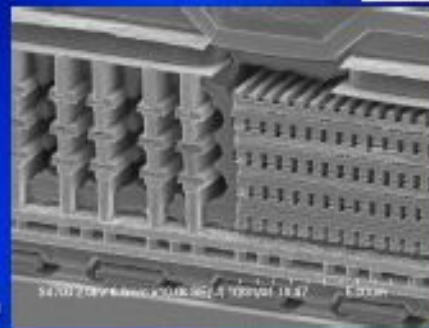
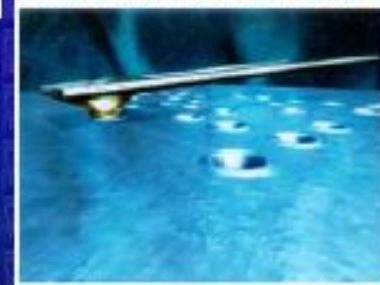
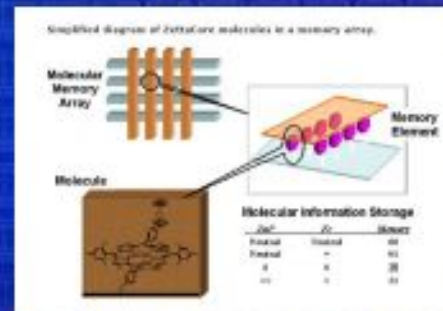
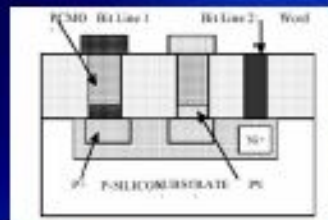
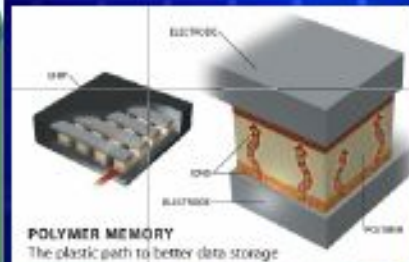
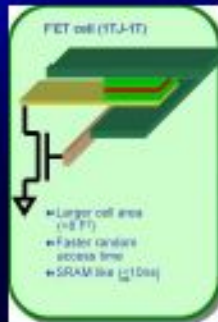


1/476

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**

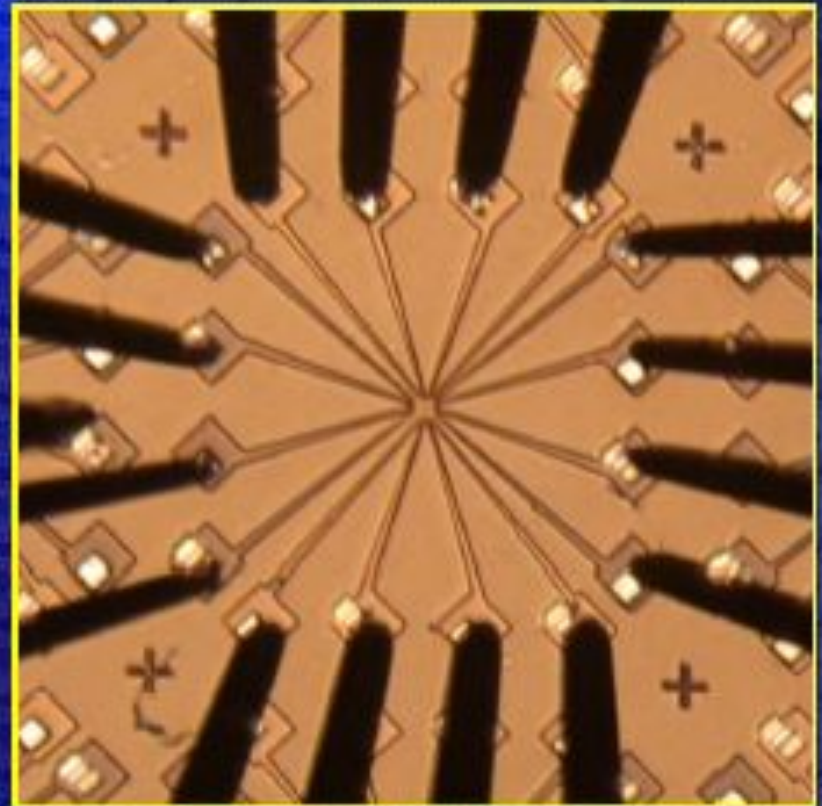
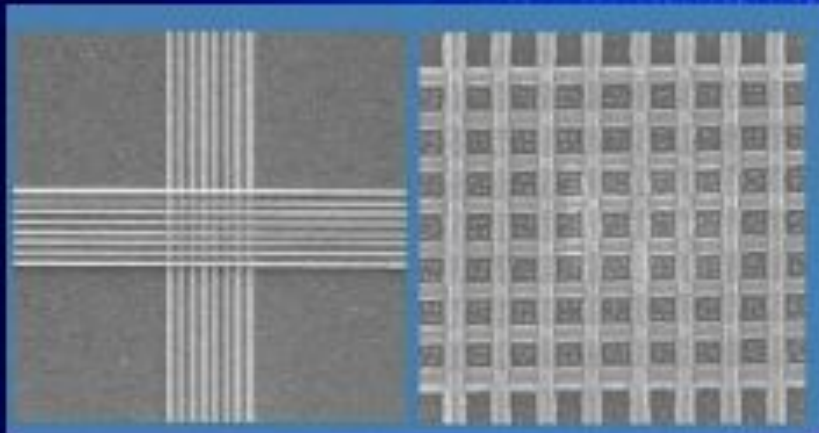
# Examples of new memory technologies



intel

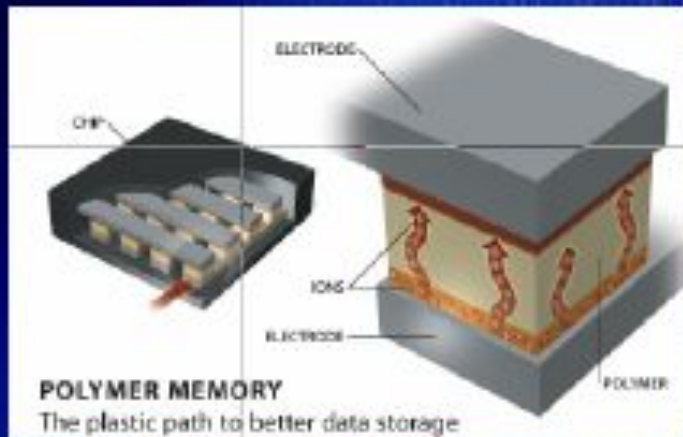


# Small is not that small



- 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

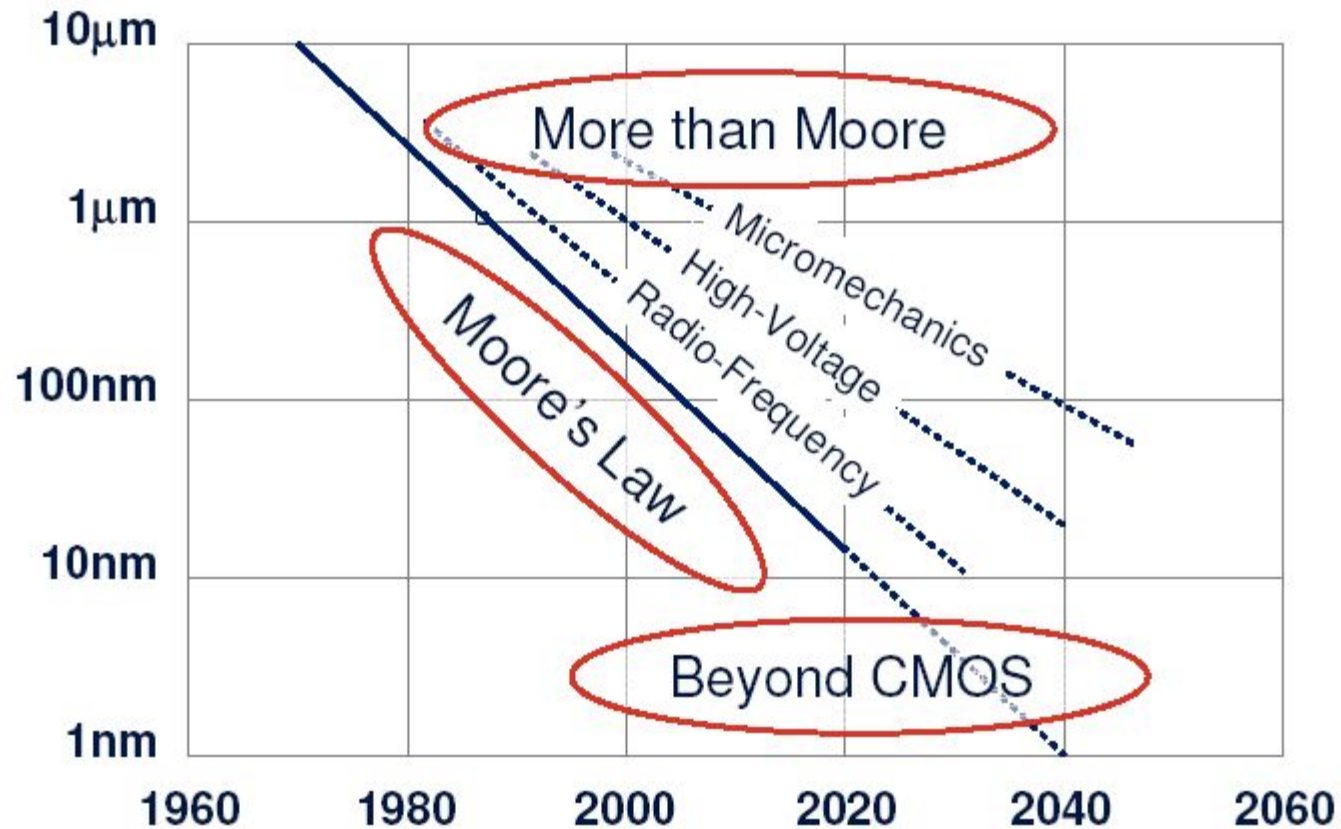
# Multi-layer is smaller



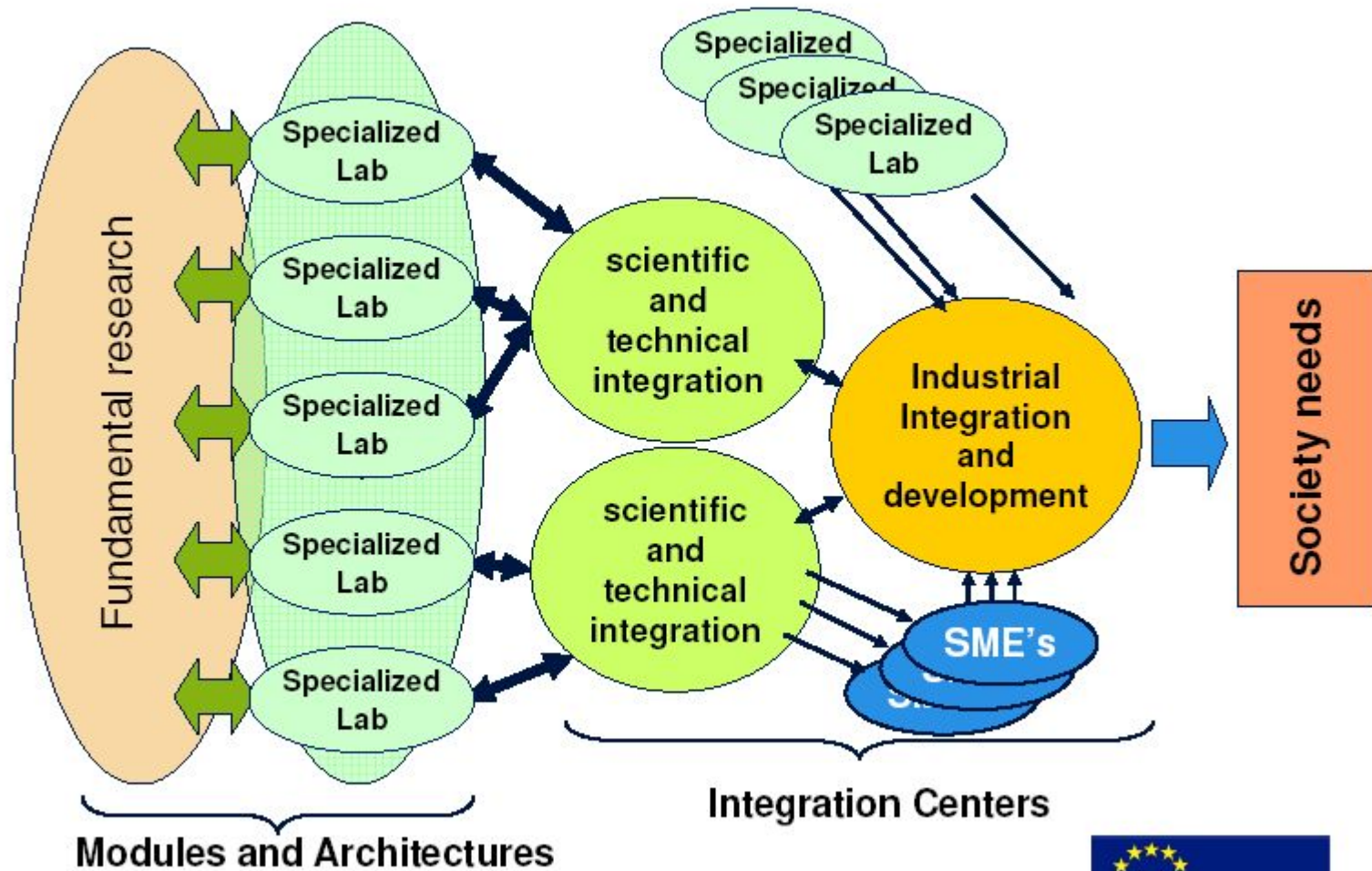
Single Layer cell area =  
 $4 \lambda^2$

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

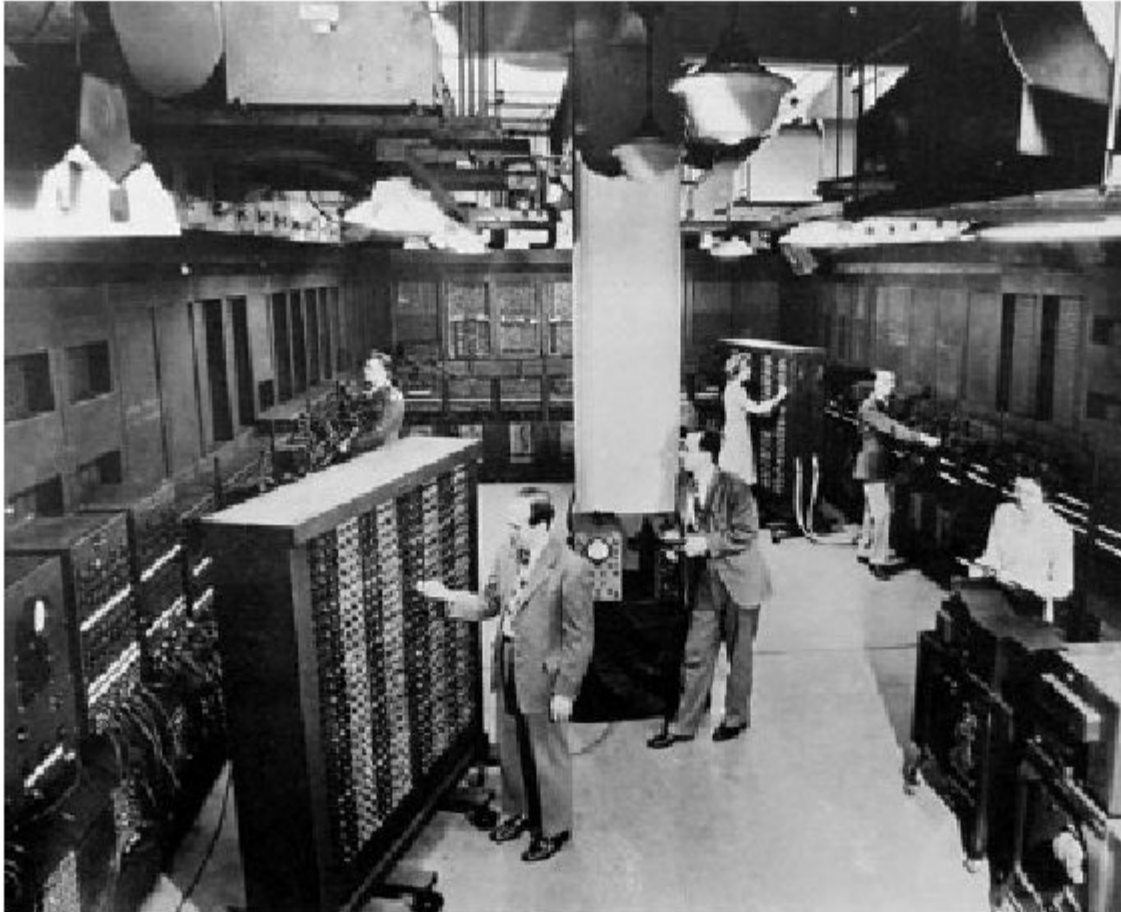
# Multi-dimensional technology roadmap



# Focused research organization



# ENIAC in 1946: the first electronic computer ...



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



# Базовые элементы

## 1. Полевой транзистор

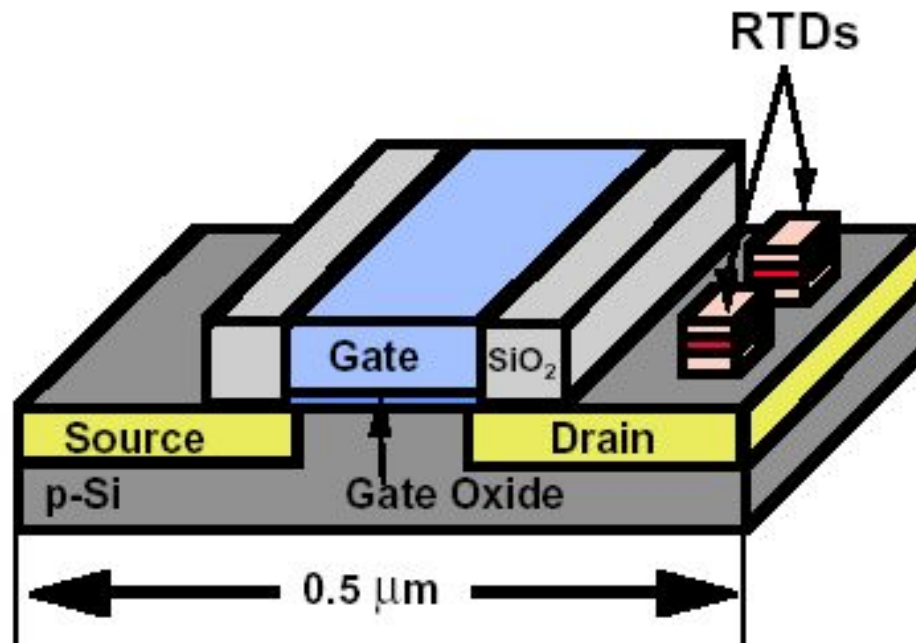
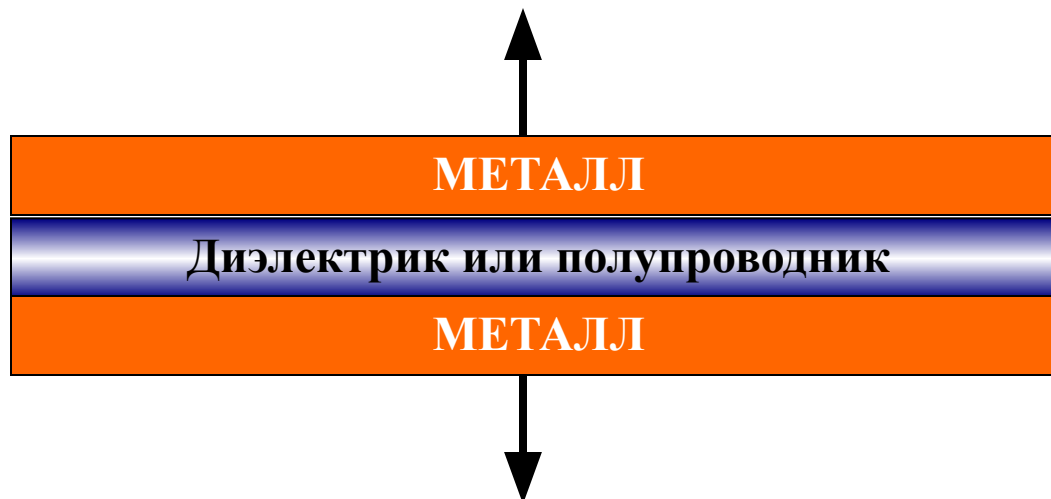


Figure 3. "Hybrid"  
Microelectronic-Nanoelectronic  
Resonant Tunneling Transistor

# 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

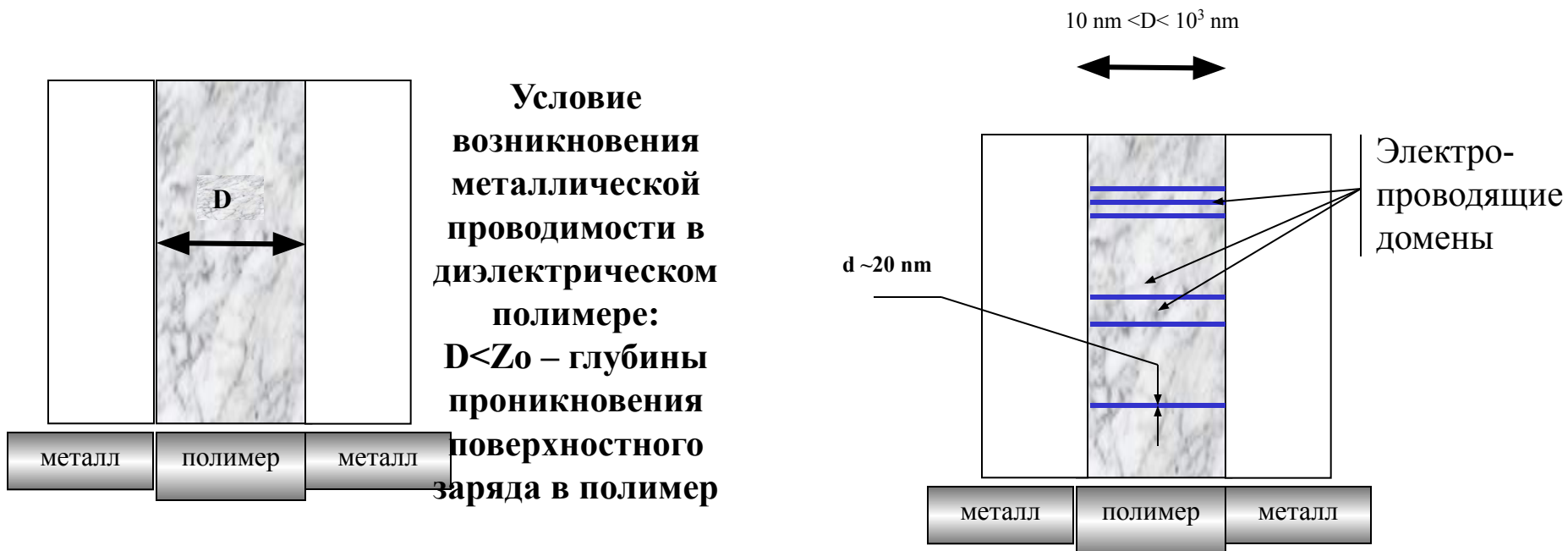


# ОДИНОКИ ЛИ МЫ?

- 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



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

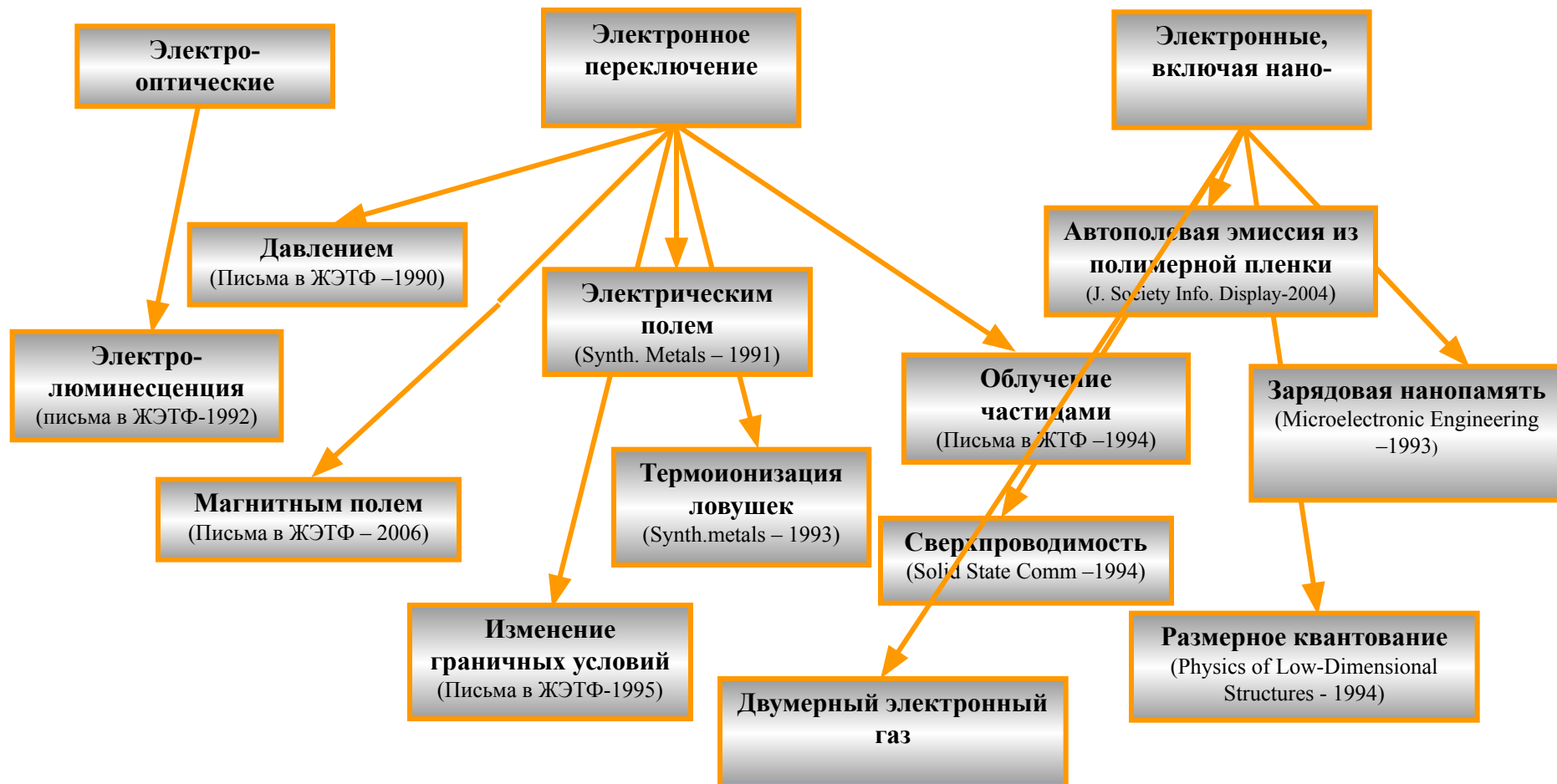
Полимерная пленка до и после перехода в металлическое состояние

# Особенности транспорта заряда в тонких пленках

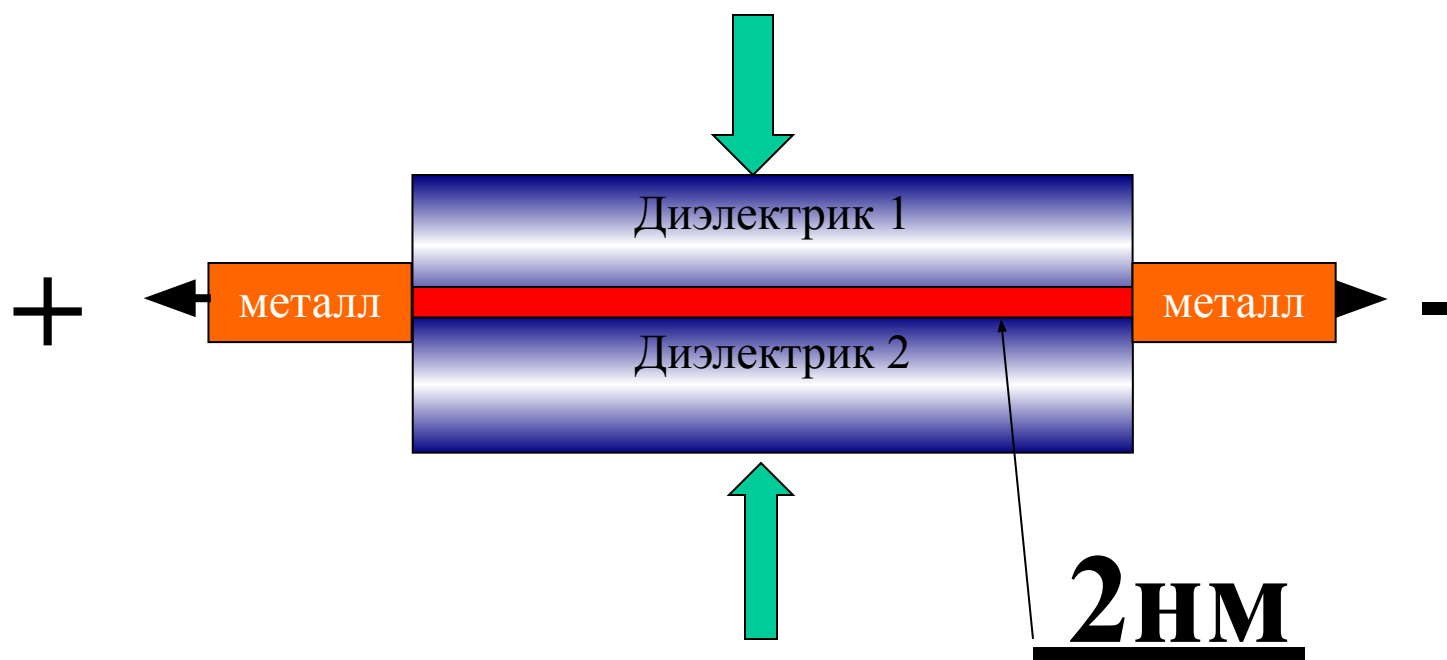
- 1. Локальная электропроводность
  - До  $10^5$  и более  $\Rightarrow 10^{11}(\text{Ohm}\cdot\text{cm})^{-1}$
- 2. Максимальная плотность тока до  $10^6\text{A}/\text{cm}^2$
- 3. Металлический тип проводимости
- 4. Анизотропия проводимости
- 5. Малые величины инициирующих полей
- 6. Обратимость эффектов

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

# Обнаруженные и изучаемые явления



# Двумерный электронный газ



Диэлектрики – из органических полимерных материалов

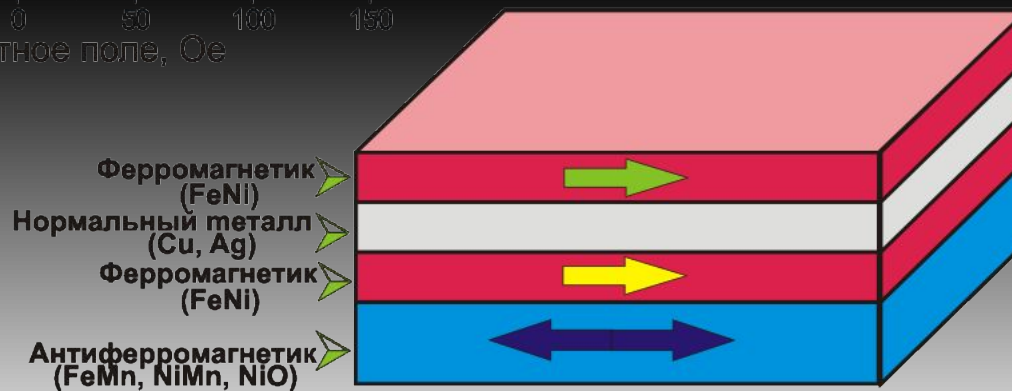
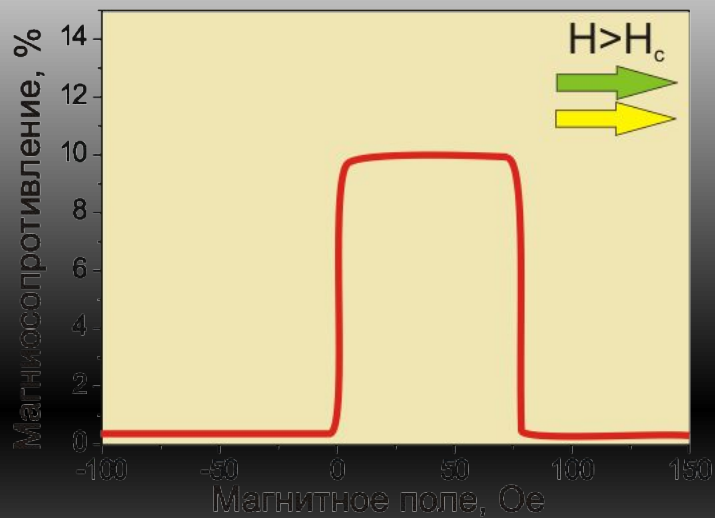
# Применения двумерного газа

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

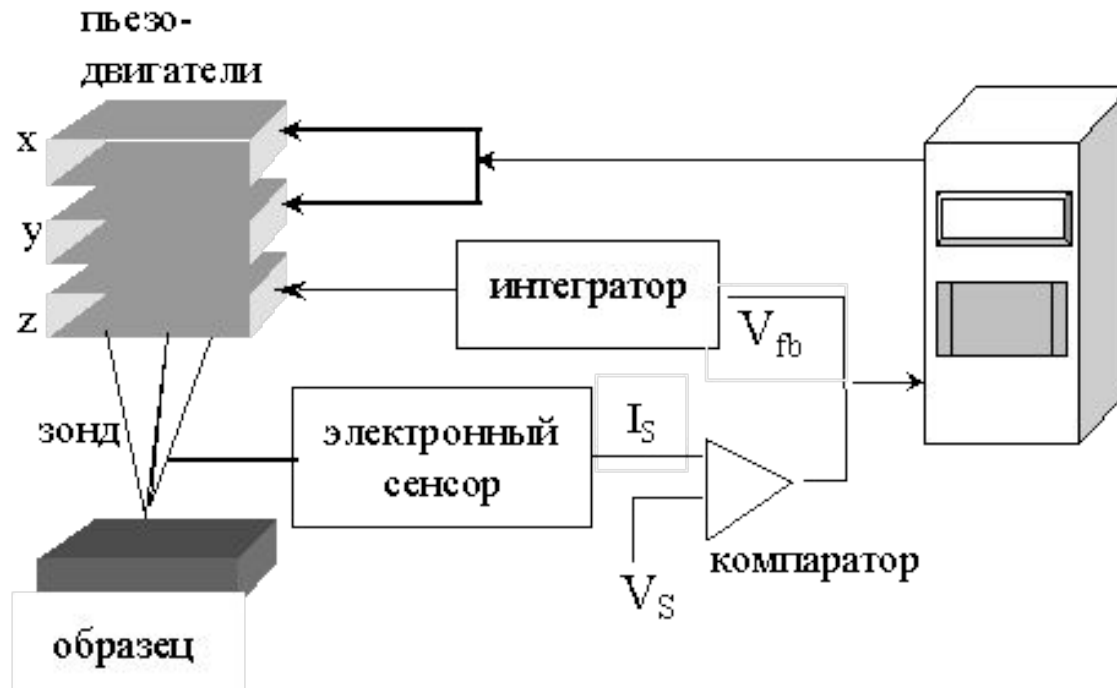
Управление транспортом  
электронов без воздействия на  
их заряд  
СПИНТРОНИКА



# 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](http://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.