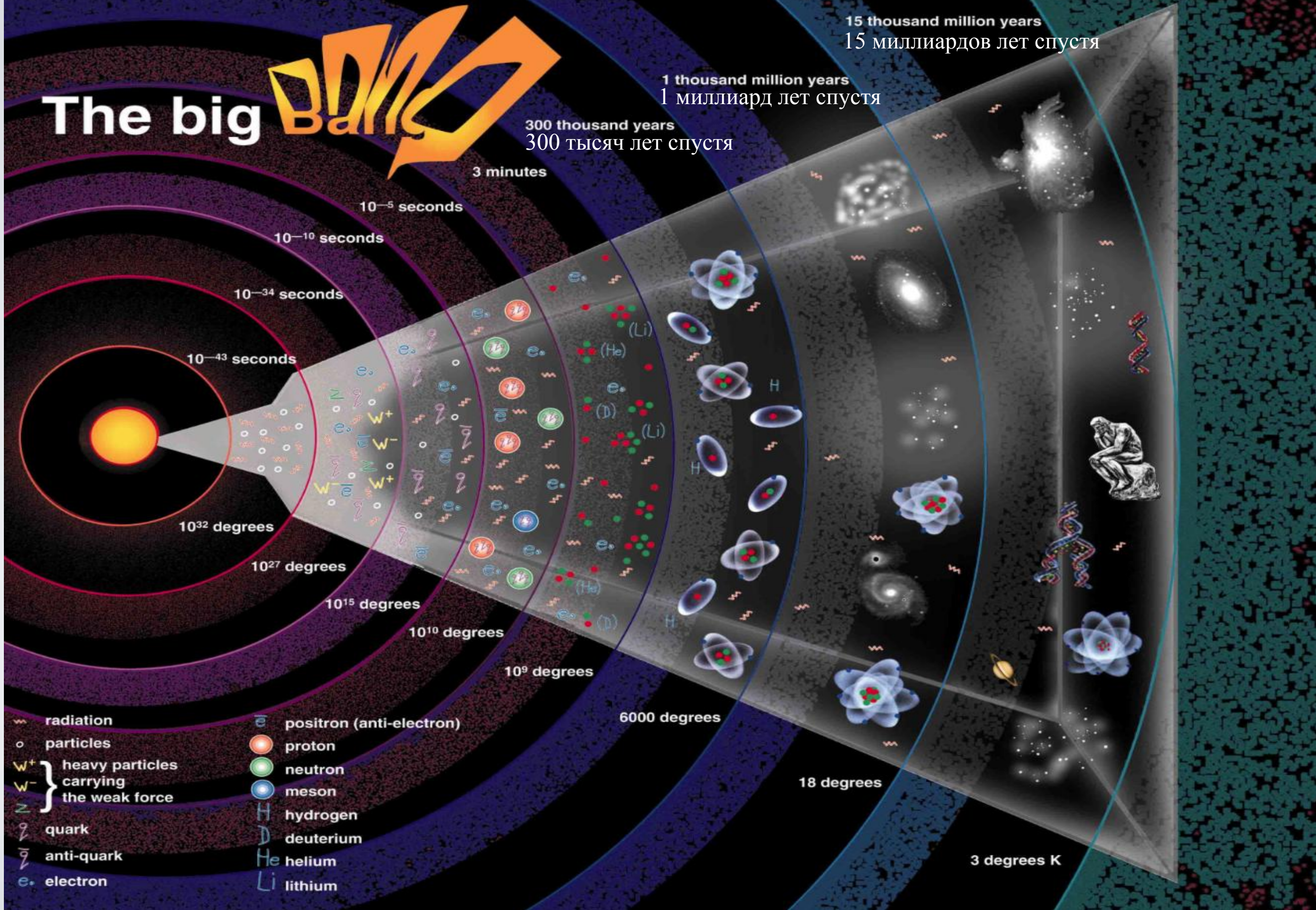


НАНОТЕХНОЛОГИИ - Технологии современного МИРА, их зарождение и развитие

04 июля 2017

**Виктор А. Быков, д.т.н.,
НОР и группа компаний НТ-МДТ Spectrum Instruments,
Президент**

The big Bang



15 thousand million years
15 миллиардов лет спустя

1 thousand million years
1 миллиард лет спустя

300 thousand years
300 тысяч лет спустя

3 minutes

10^{-5} seconds

10^{-10} seconds

10^{-34} seconds

10^{-43} seconds

10^{32} degrees

10^{27} degrees

10^{15} degrees

10^{10} degrees

10^9 degrees

6000 degrees

18 degrees

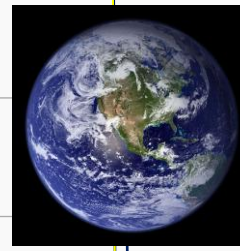
3 degrees K

- radiation
- particles
- W^+ } heavy particles carrying the weak force
- W^- }
- Z }
- quark
- anti-quark
- e^- electron
- e^+ positron (anti-electron)
- proton
- neutron
- meson
- H hydrogen
- D deuterium
- He helium
- Li lithium

Характеристики	
<u>Тип</u>	<u>SBbc (спиральная галактика с перемычкой)^[11]</u>
<u>Диаметр</u>	<u>100 000 св. лет^[12]</u>
<u>Толщина</u>	<u>3000 св. лет (балдж)^[13]</u> <u>1000 св. лет (диск)^[12]</u>
<u>Число звёзд</u>	<u>200—400 млрд.^{[2][4]}</u>
<u>Масса</u>	<u>$4,8 \cdot 10^{11} M_{\odot}$^[5]</u>
<u>Возраст <u>старейшей</u> из известных звёзд</u>	<u>13,2 млрд лет^[6]</u>
<u>Расстояние от <u>Солнца</u> до <u>галактического центра</u></u>	<u>26 000 ± 1 400 св. лет</u>
<u>Галактический период обращения Солнца</u>	<u>225—250 млн лет</u>
<u>Период обращения спиральной структуры</u>	<u>220—360 млн лет^[7]</u>
<u>Период обращения <u>перемычки</u></u>	<u>100—120 млн лет^{[8][7]}</u>
<u>Скорость относительно фонового <u>реликтового излучения</u></u>	<u>552 км/с^[9]</u>
<u><u>Четвёртая космическая скорость</u> (в районе <u>Солнца</u>)</u>	<u>550 км/с</u>



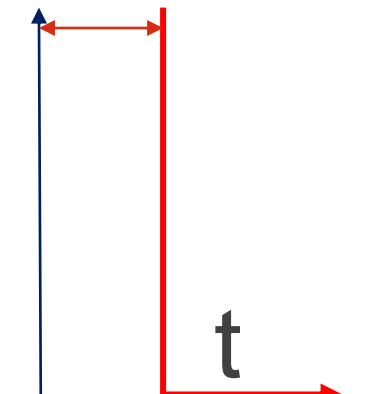
**9,18 млрд. Лет
Родилось Солнце!**



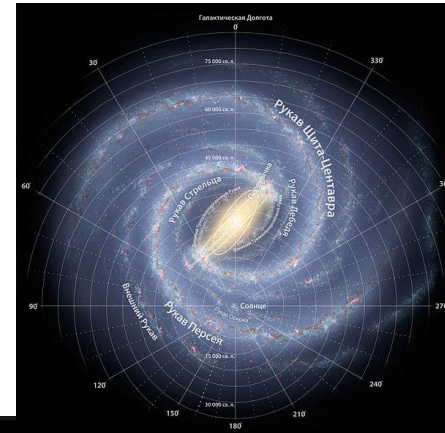
**9,21 млрд. Лет
Родилась Земля!**



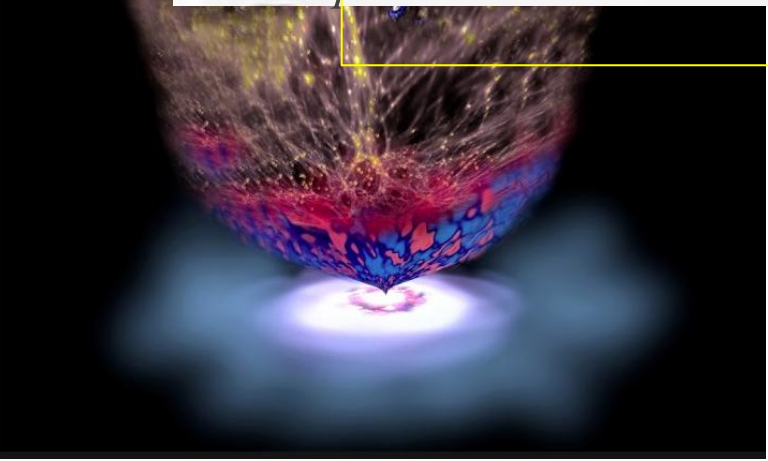
**570 млн.- 230млн.
палеозой**



**13,75
млрд.лет**



**55 млн. Лет
Родилась Галактика!**
Млрд. лет



Развитие

570 млн.- 230млн.
палеозой



Фауна раннего палеозоя (кембрий, ордовик, силур):
1-колония археодит
2-скелет силурийского коралла
3-обитатель мелководных заливов силурийских морей-гигантский ракоскорпион
4-головоногий моллюск
5-морские лилии
6, 7, 8-древнейшие позвоночные бесчелюстные панцирные "рыбы"
9-одиночные кораллы
10, 11-трилобиты-примитивнейшие ракообразные
12-раковина силурийского головоногого моллюска.

От 67млн. - кайнозой



Млекопитающие четвертичного периода:
1-широконосый носорог
2-носорог-эласмотерий
3-гигантский броненосец
4-гигантский ленивец
5-мамонт
6-древний слон
7-древний зубр
8-гигантский торфяной олень
9-современный индийский слон

3,5 млрд.-530 млн.
Архей - протерозой



20 млн.-12млн.

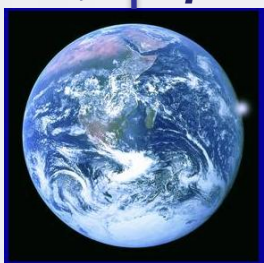


От 3,5млн.

1642 - 1727



4,5млрд. лет



230 млн.-67млн. мезозой



Мезозойские пресмыкающиеся:
1-водный ящер
2-полуводный ящер
3-рогатый динозавр
4-летающий хвостатый ящер
5-летающий бесхвостый ящер
6-растительноядный динозавр-бронтозавр
7-растительноядный динозавр-стегозавр



Третичные млекопитающие:
1-фенакодус
2-зогиплус
3-гиппархон
4-палеотранус
5-саблезубый тигр
6-оленообразный жираф
7-гигантский носорог
8-меритерий
9-миоценовый слон

-469 - -399



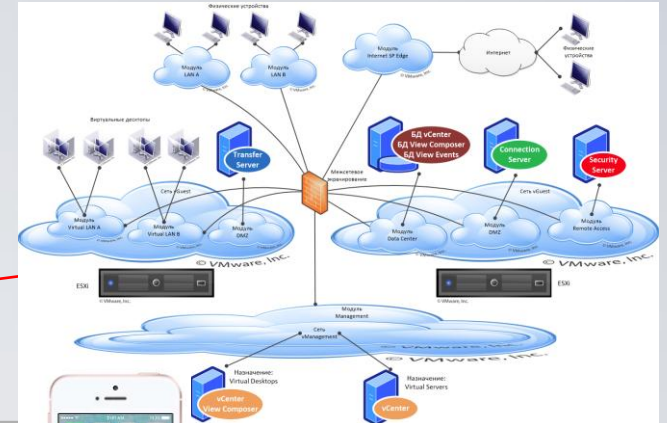
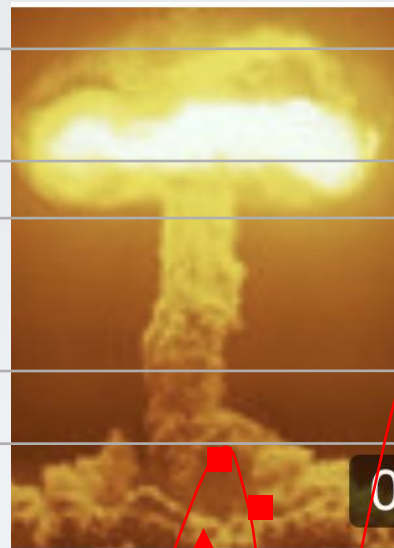
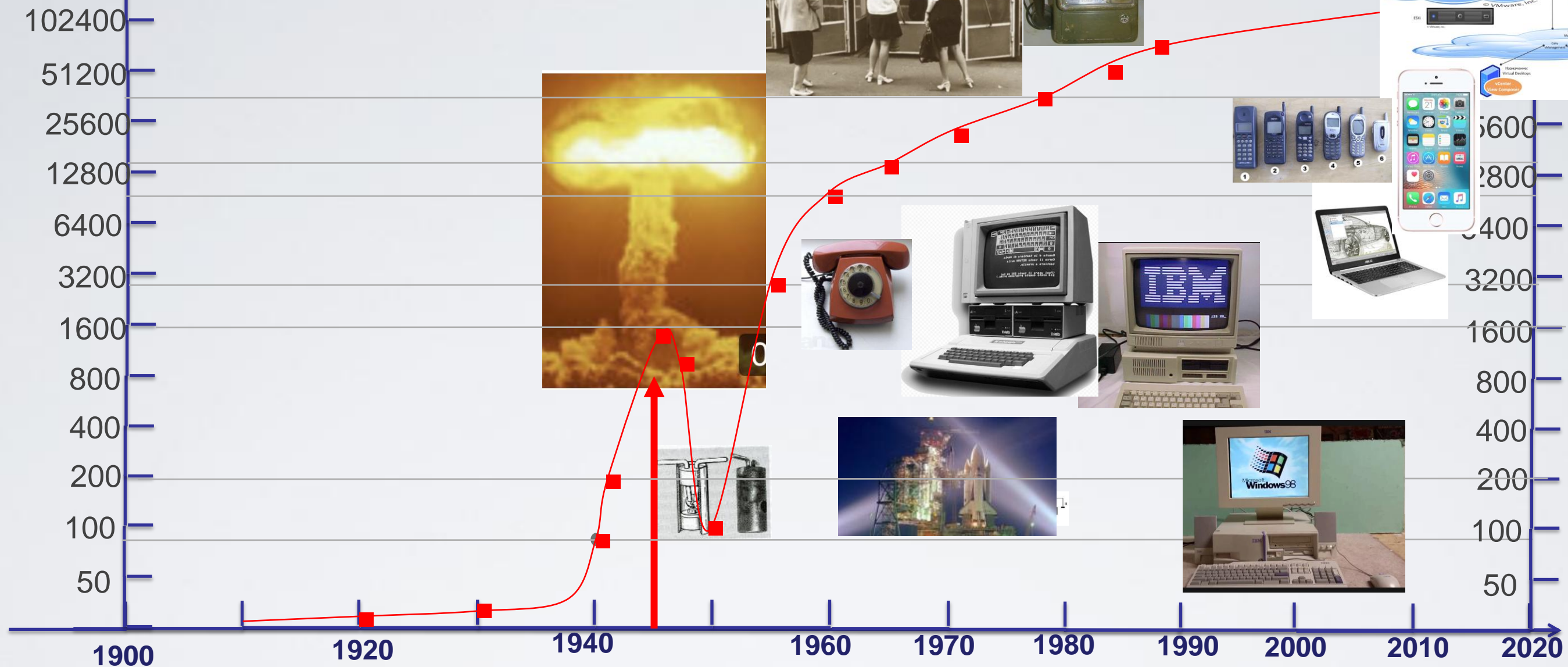
1452 - 1519



-427 - -347



млрд. \$



Мощное развитие науки и технологий

Манхэттенский проект



Роберт Оппенгеймер



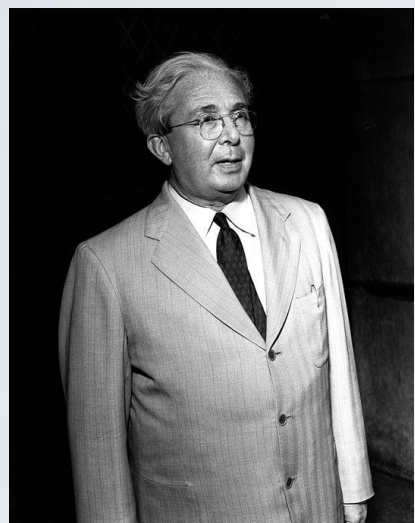
Клаус Фукс



Л.П. Берия



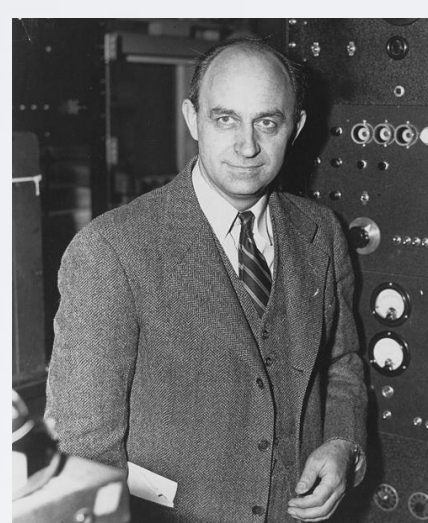
И.В. Курчатов



Л. Силард



Ю. Вигнер



Э. Ферми



Р. Фейнман



Ю.Б. Харитон



Я.Б. Зельдович



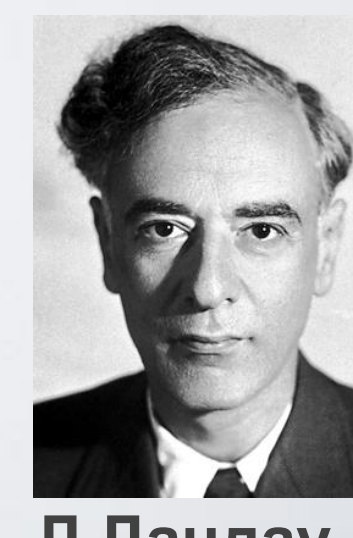
А.Д. Сахаров



А.П. Александров



А.А. Бочвар



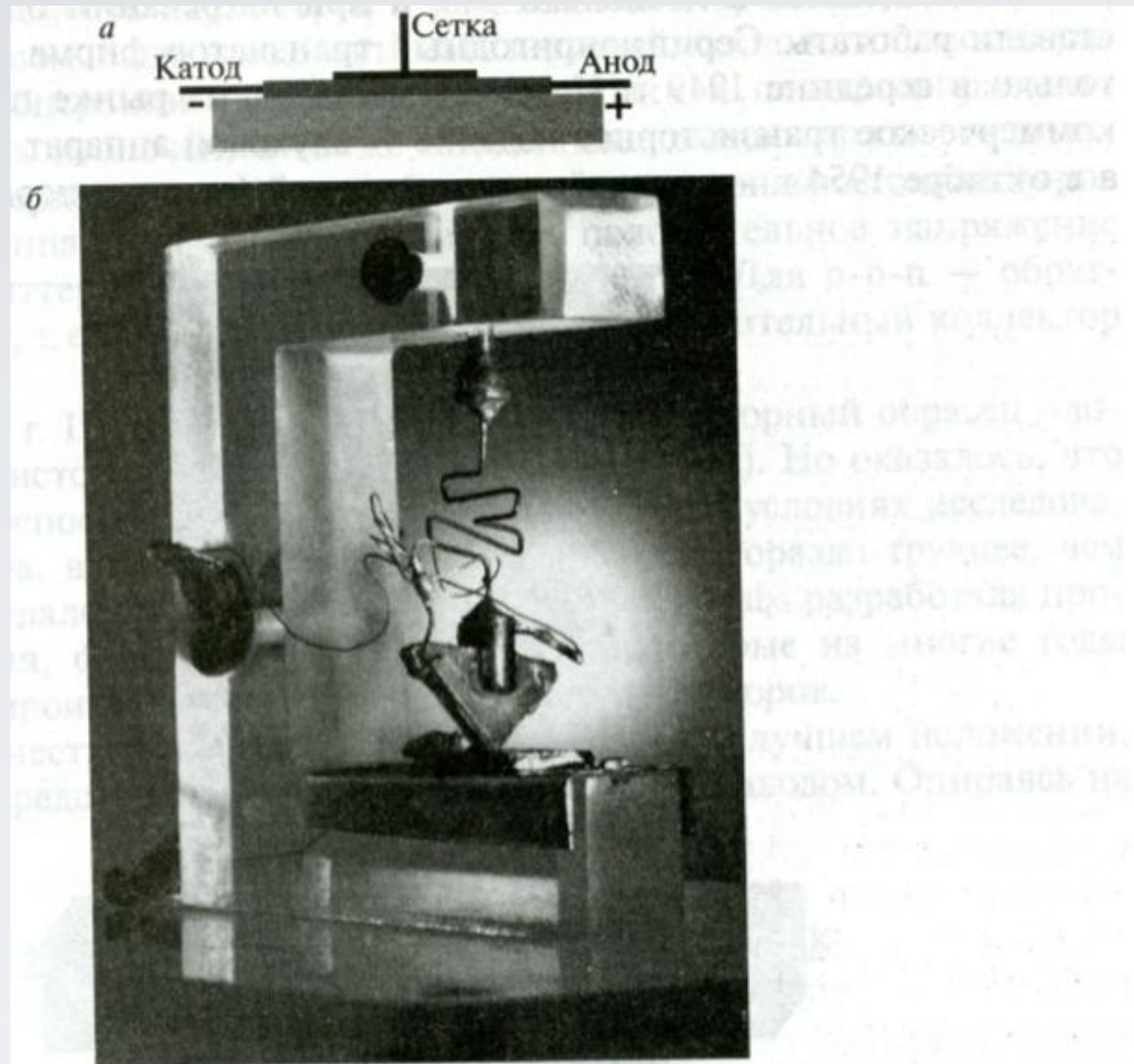
Л.Ландау

В проекте участвовали [физики](#) и другие [учёные](#) с мировым именем^[2]: [Рудольф Пайерлс](#), [Отто Фриш](#), [Эдвард Теллер](#), [Энрико Ферми](#), [Нильс Бор](#), [Клаус Фукс](#), [Лео Силард](#), [Джон фон Нейман](#), [Ричард Фейнман](#), [Джозеф Ротблат](#), [Исидор Раби](#), [Станислав Улам](#), [Роберт Уилсон](#), [Виктор Вайскопф](#), [Герберт Йорк](#), Кеннет Бэйнбридж, [Сэмюэл Аллисон](#), [Эдвин Макмиллан](#), [Роберт Оппенгеймер](#), Джон Лоуренс, [Георгий Кистяковский](#), Ганс Бизе, [Эрнест Лоуренс](#), Р. Робертс, Ф. Молер, Александр Сакс, [Ханс Бете](#), Швебер, Буш, Эккерс, [Халбан^{\[en\]}](#), [Симон](#), Э. Вагнер, [Филипп Хауге Абельсон](#), [Джон Кокрофт](#), [Эрнест Уолтон](#), [Роберт Сербер](#), Джон Кемени, Альберт Барлетт, Ник Метрополис, Джеймс Франк.

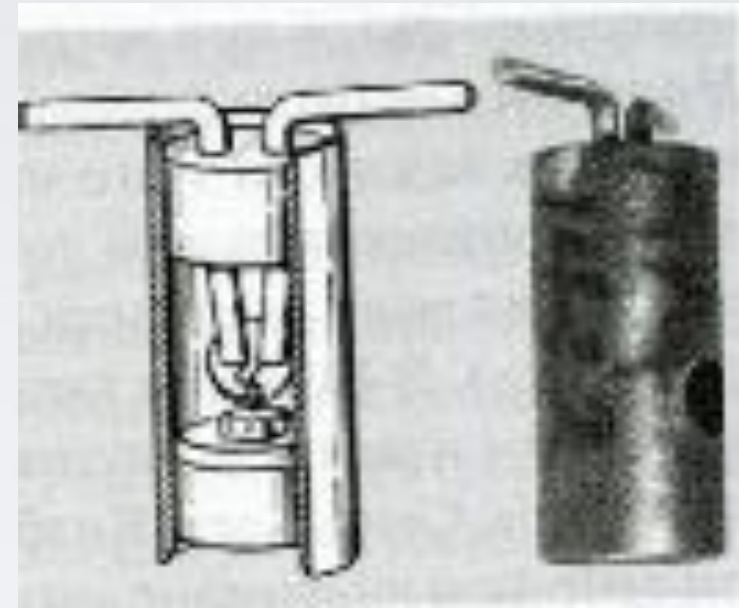
ЭВМ «СТРЕЛА», 1953 год, 6200 ламп, 60 тыс. полупроводниковых диодов, 2000 трехадресных команд в сек., 150 кВт, 300 кв.м.



Первый транзистор Шокли, Братейн, Бардин, 1947



Транзистор: *a* — таким хотел его видеть Шокли; *b* — таким он получился у Браттейна и Бардина



13 мм



Рис.1. Слева направо: Уильям Шокли, Джон Бардин (сидит), Уолтер Браттейн

1959 год, Старт полупроводниковой микроэлектроники -первые микросхемы

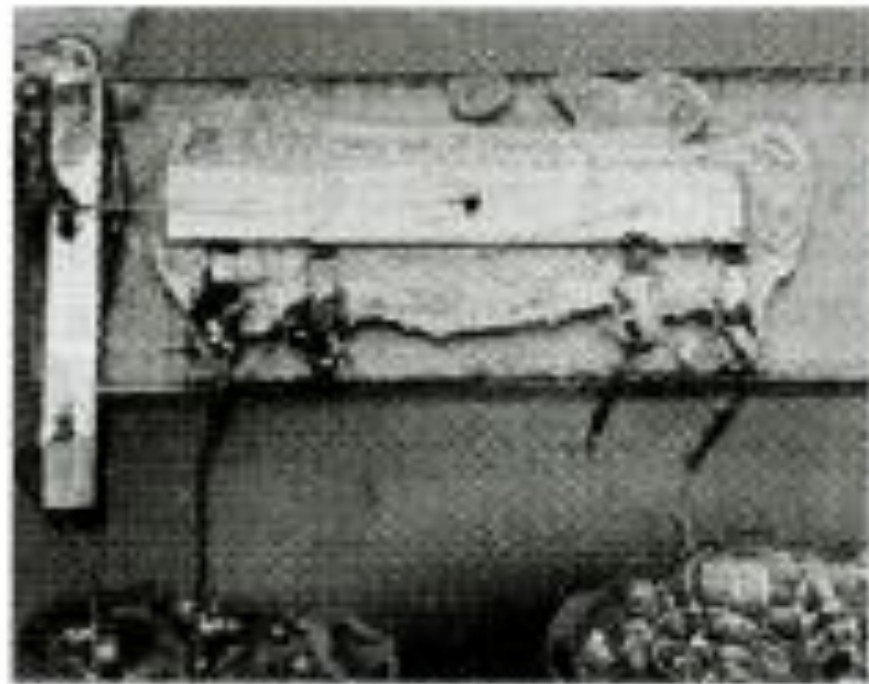


Рис.12. Макет первой ИС Дж. Килби

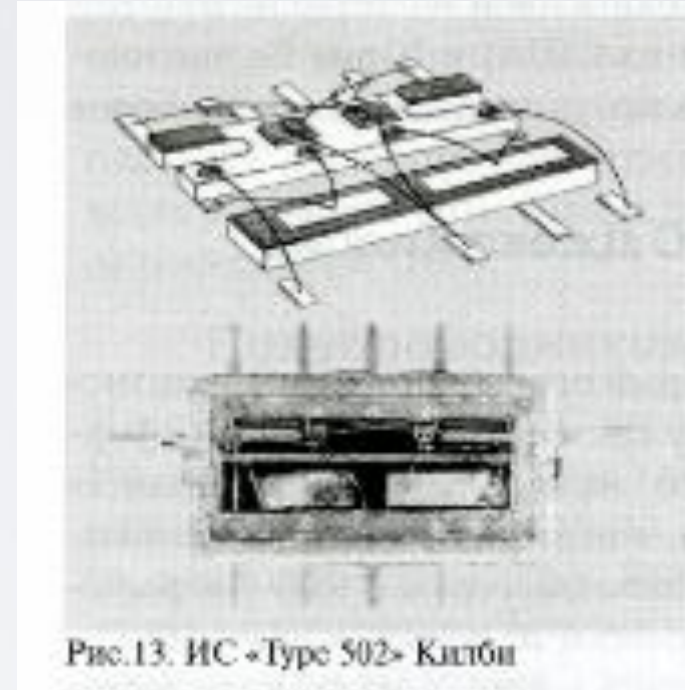


Рис.13. ИС «Туре 502» Килби



Рис.15. Фотография ИС Micrologic в журнале «Life»

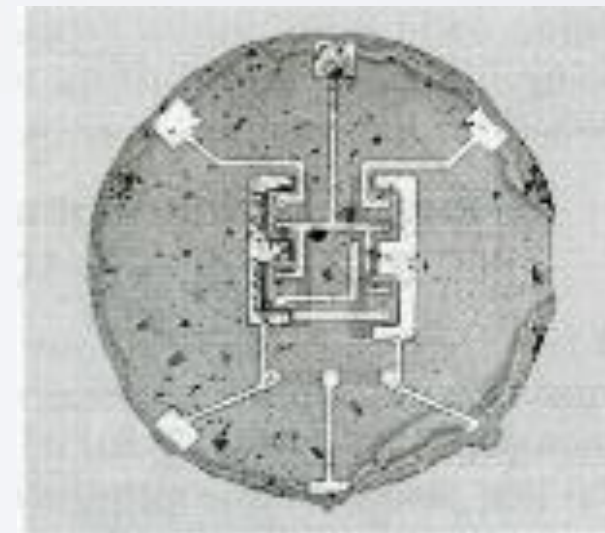
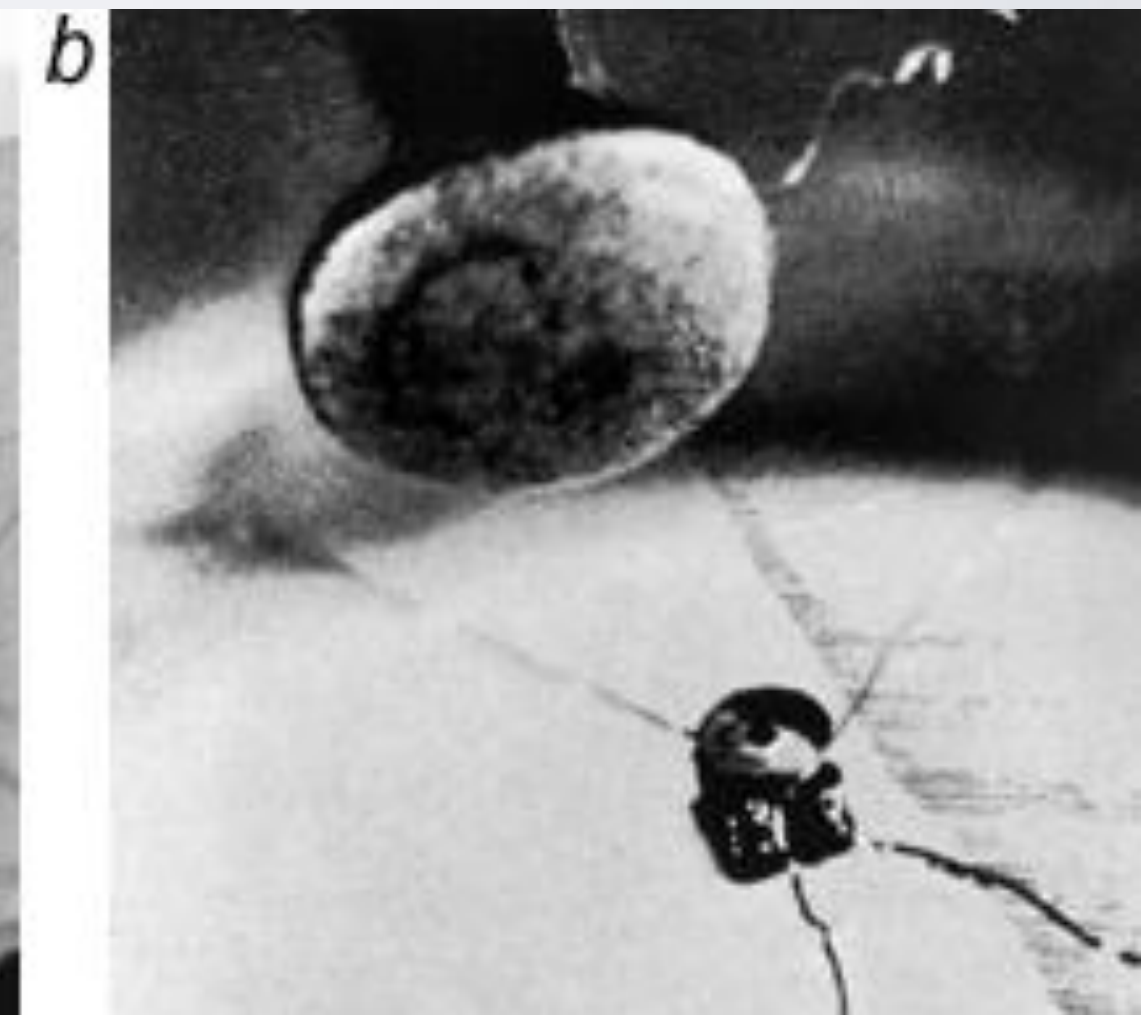
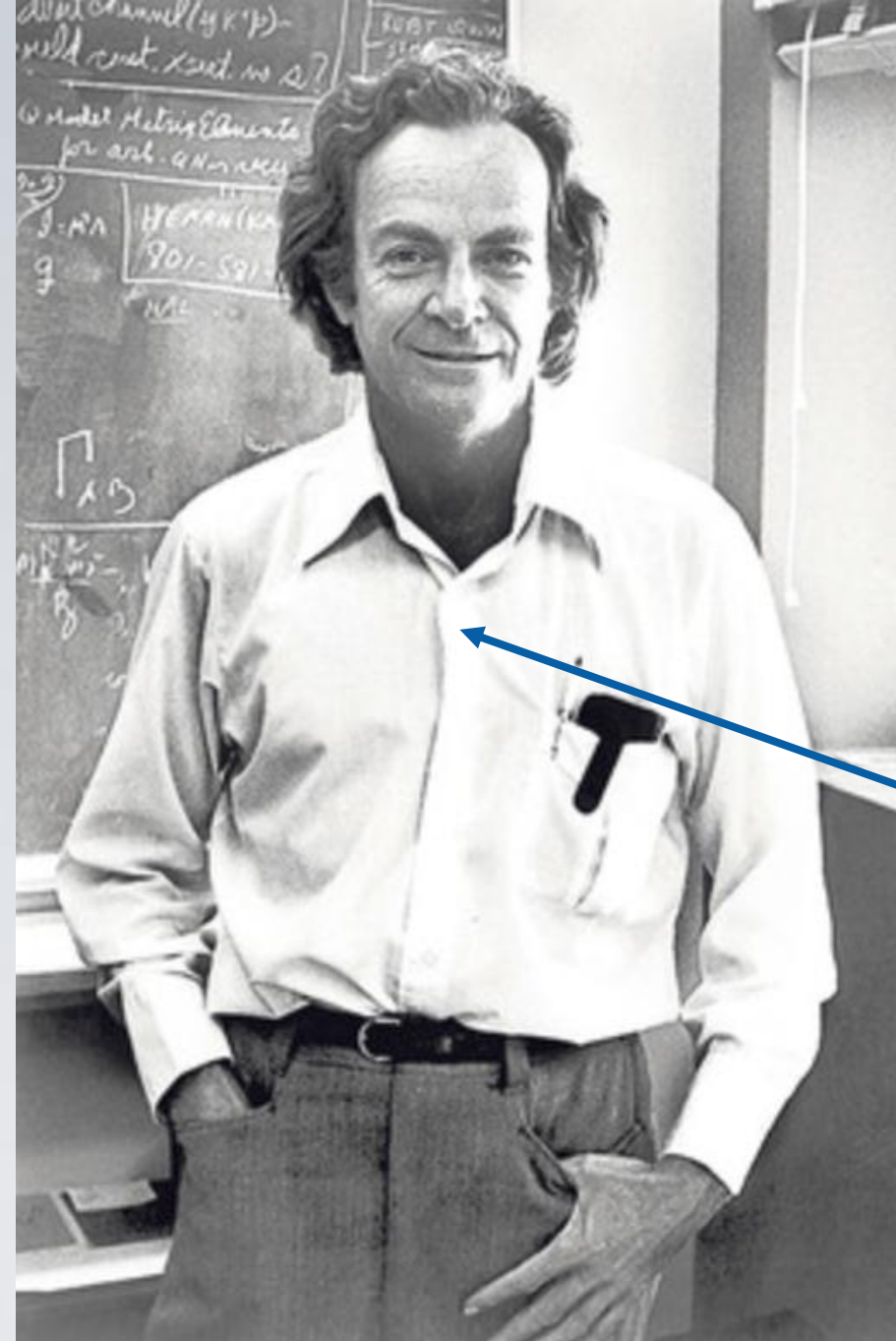


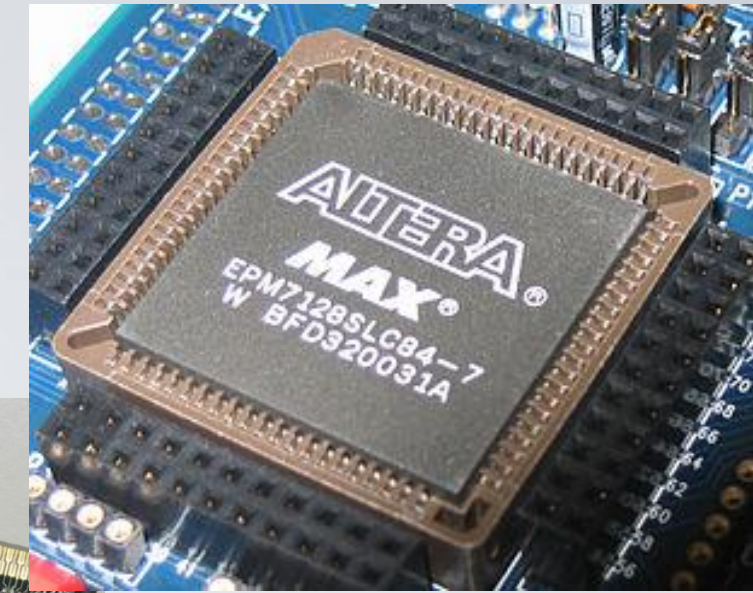
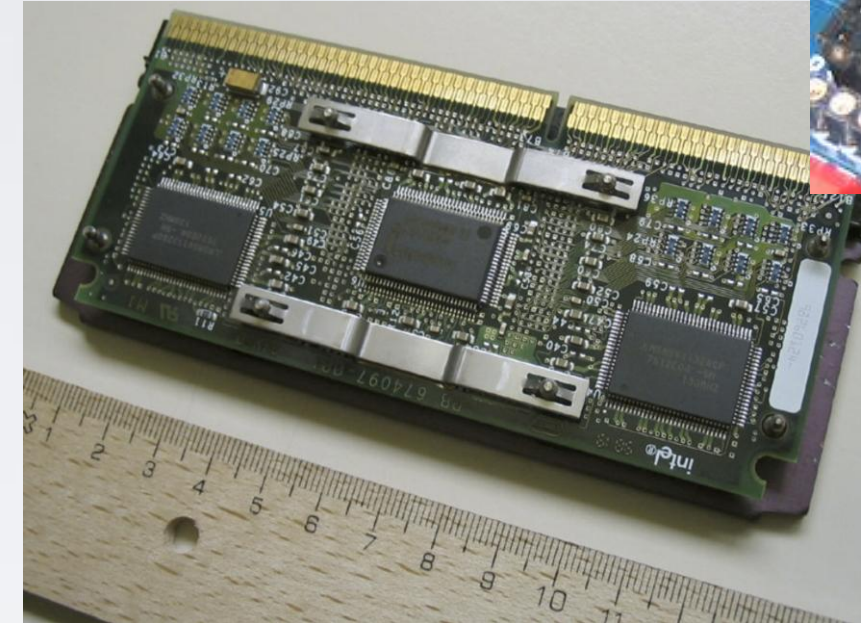
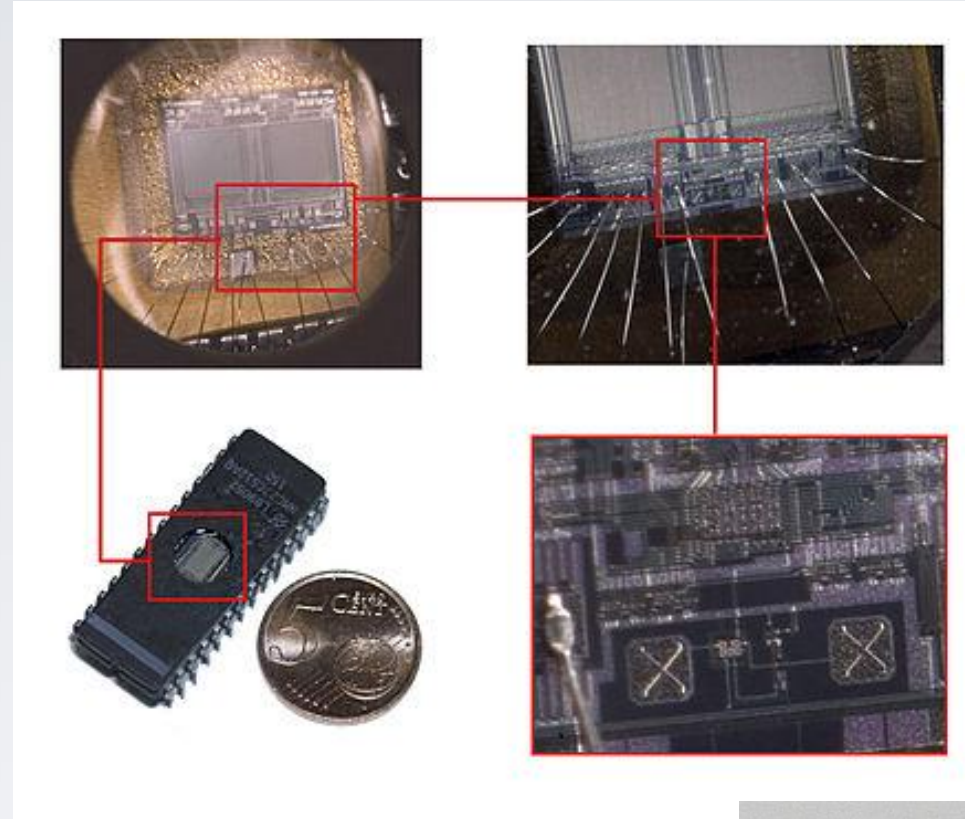
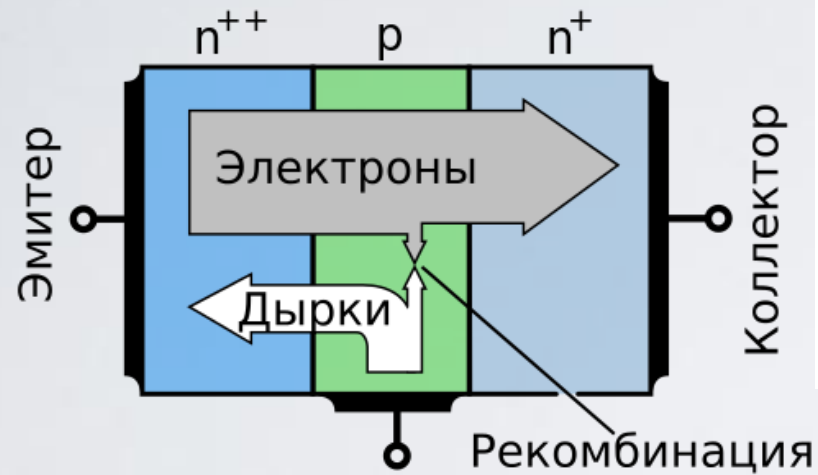
Рис.14. Экспериментальный триггер Р.Нойса

Ричард Фейнман предсказал появление нанотехнологий ещё в 1959 году, выступая с лекцией «Там, внизу, полно места!» в Калифорнийском технологическом институте. На фото слева Р. Фейнман рассматривает с помощью микроскопа сделанный микромотор, размером 380 мкм, показанный на рисунке справа. Вверху на рисунке справа показана головка булавки. Взято из фотоархива Калифорнийского технологического института <http://physicsweb.org/articles/world/14/2/8/1/pw1402081>



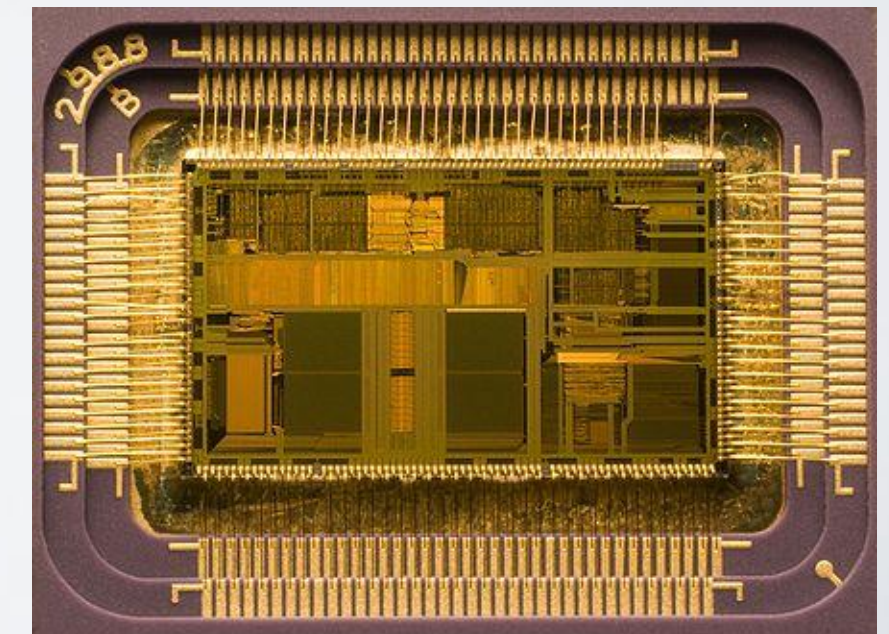
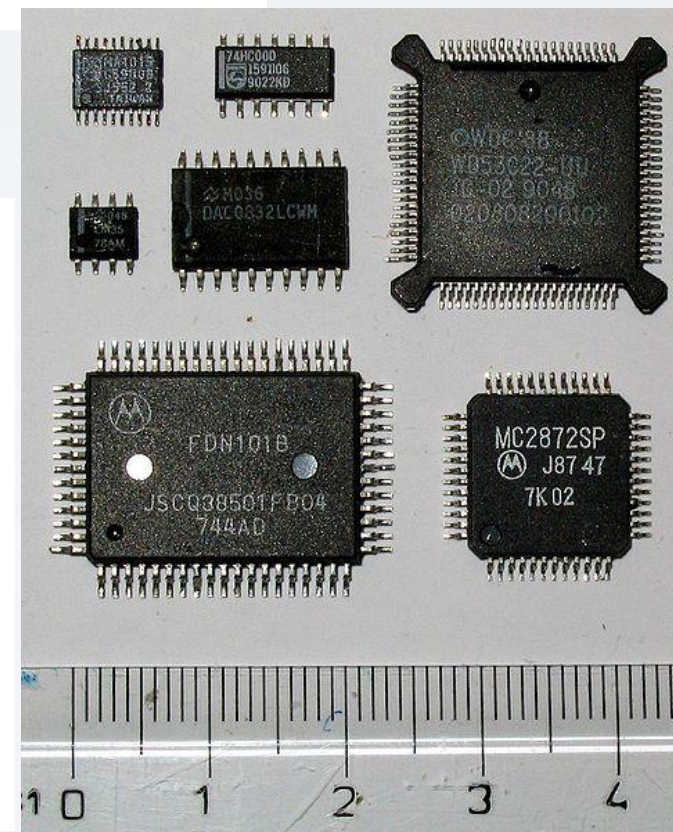
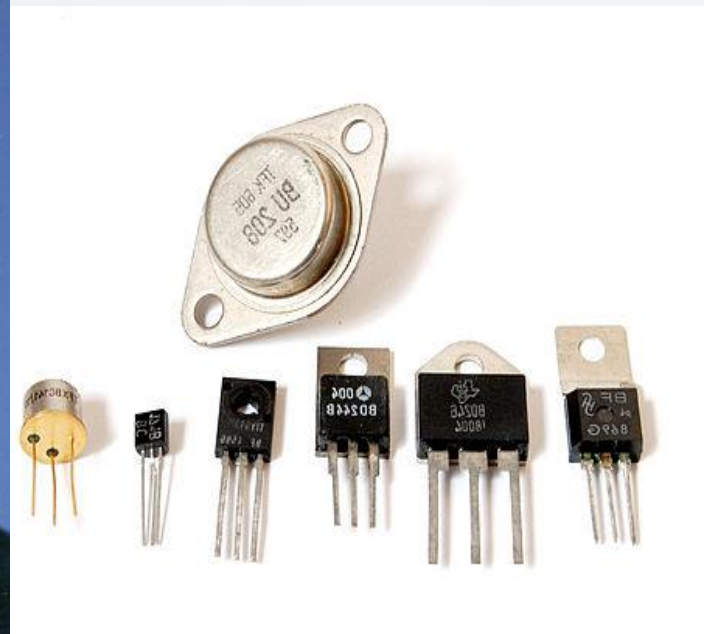
Микросхемы

Транзисторы



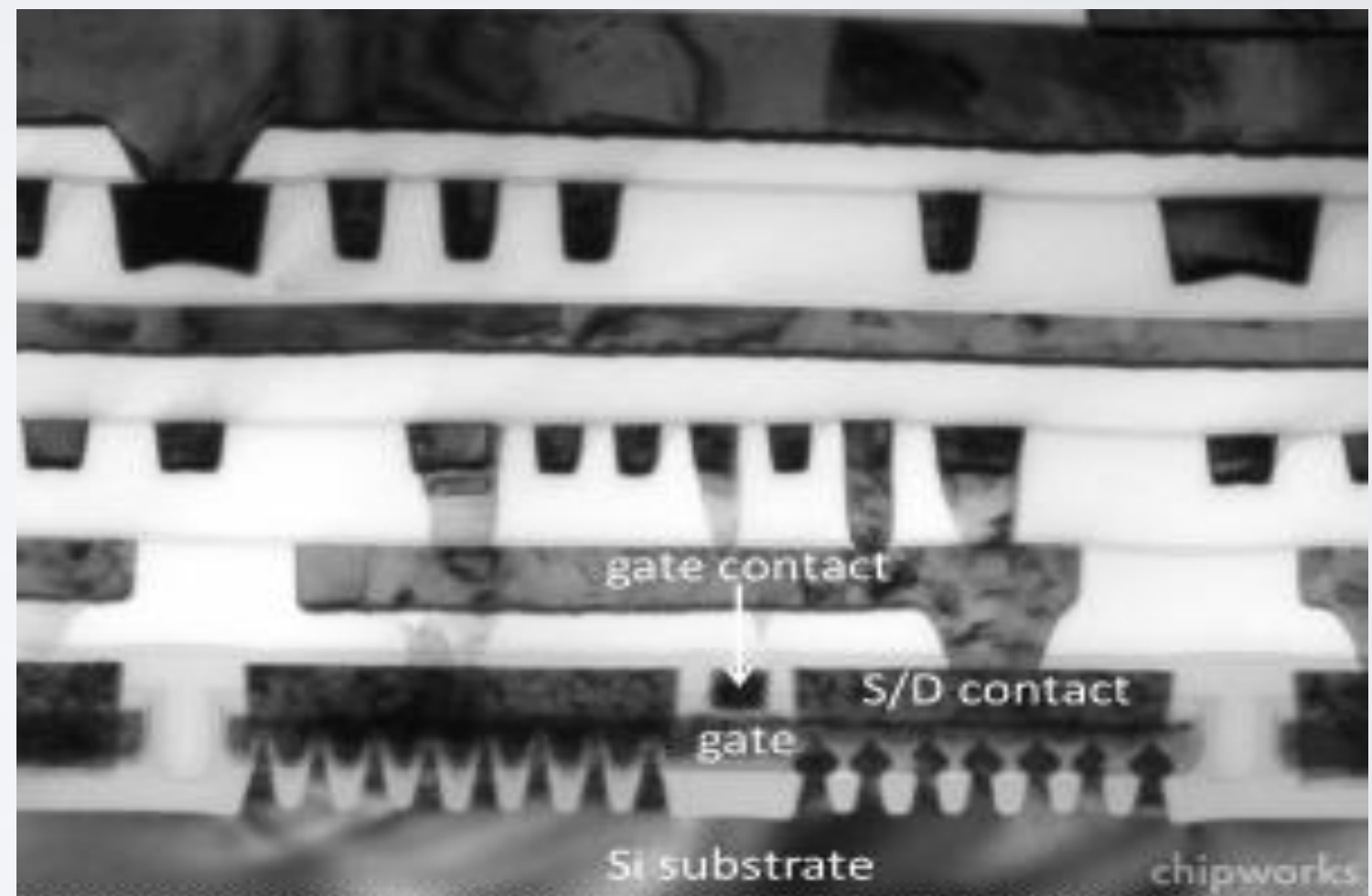
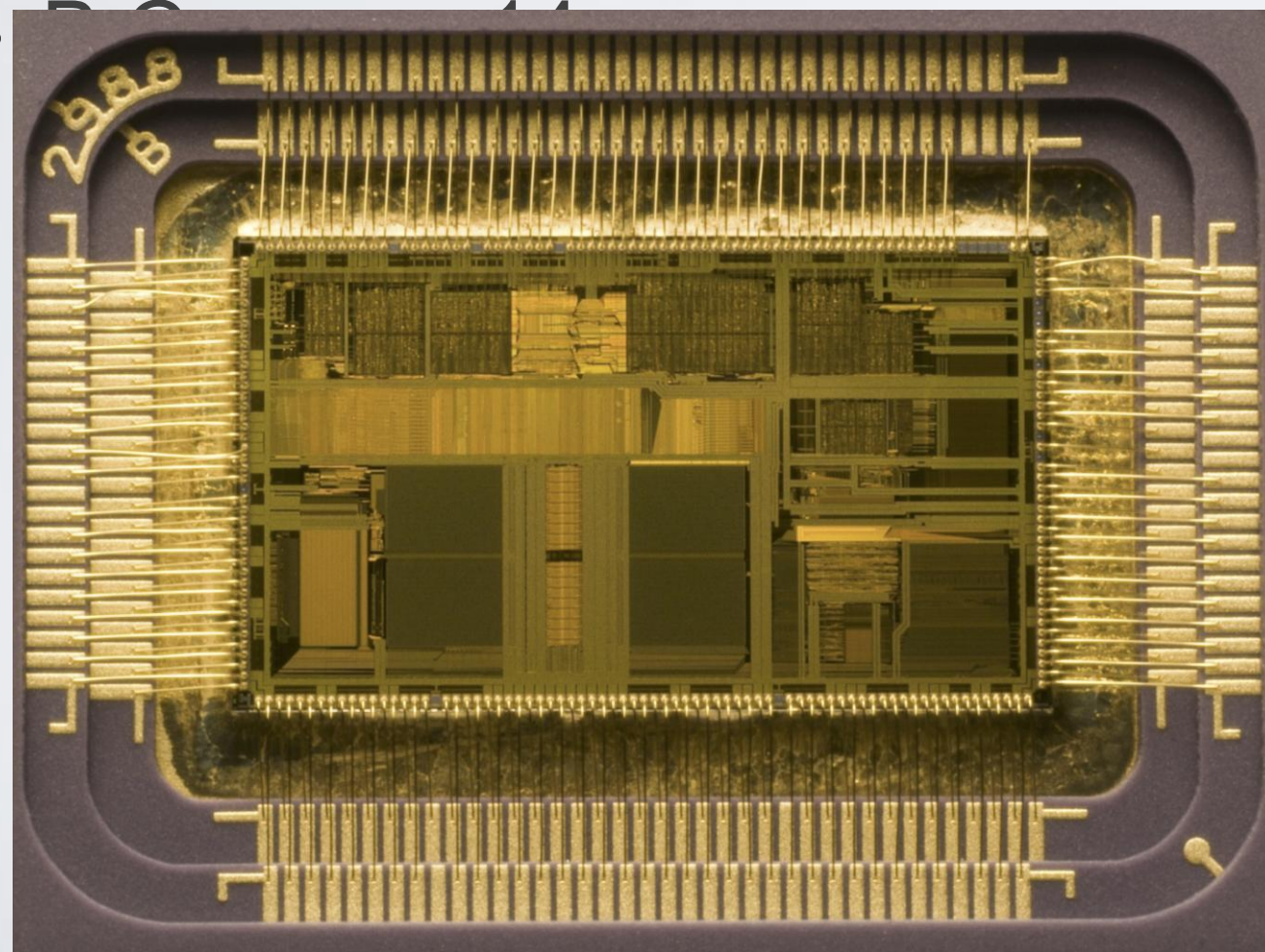
ПЛИС
Программируемые
логические ИС

Микропроцессоры



Наноэлектроника сегодня

- Трехмерные транзисторы с минимальными размерами 7 нм;



Периодическая таблица элементов

www.melytec.ru

1 H Водород 1.01 0.0007																	2 He Гелий 4.00 0.0002				
3 Li Литий 6.9 0.53	4 Be Бериллий 9.0 1.8 0.108															5 B Бор 10.8 2.3 0.183	6 C Углерод 12.0 2.2 0.27	7 N Азот 14.0 0.00 0.39	8 O Кислород 16.0 0.00 0.52	9 F Фтор 19.0 0.00 0.67	10 Ne Неон 20.18 0.0009 0.849
11 Na Натрий 22.99 0.97 1.040	12 Mg Магний 24.3 1.74 1.254															13 Al Алюминий 26.98 2.70 1.486	14 Si Кремний 28.09 2.33 1.740	15 P Фосфор 30.97 1.82 2.010	16 S Сера 32.07 2.07 2.309	17 Cl Хлор 35.45 0.003 2.622	18 Ar Аргон 39.9 0.00 2.958
19 K Калий 39.10 0.86 3.314	20 Ca Кальций 40.08 1.54 3.692	21 Sc Скандий 44.96 2.99 4.093	22 Ti Титан 47.88 4.54 4.512	23 V Ванадий 50.9 6.1 4.95	24 Cr Хром 52.0 7.1 5.41	25 Mn Марганец 54.9 7.4 5.90	26 Fe Железо 55.8 7.8 6.40	27 Co Кобальт 58.9 8.8 6.93	28 Ni Никель 58.6 8.9 7.48	29 Cu Медь 63.5 8.9 8.04	30 Zn Цинк 65.3 7.1 8.63	31 Ga Галлий 69.7 5.9 9.25	32 Ge Германий 72.6 5.3 9.88	33 As Мышьяк 74.9 5.7 10.54	34 Se Селен 78.9 4.8 11.224	35 Br Бром 79.9 3.12 11.924	36 Kr Криптон 83.8 0.00 12.648				
37 Rb Рубидий 85.4 1.5 13.396	38 Sr Стронций 87.6 2.6 14.16	39 Y Иттрий 88.9 4.4 14.95	40 Zr Цирконий 91.2 6.5 15.775	41 Nb Ниобий 92.9 8.5 16.61	42 Mo Молибден 95.9 10.2 17.48	43 Tc Технеций (98) 11.50 18.367	44 Ru Рутений 101.07 12.37 19.279	45 Rh Родий 102.91 12.41 20.216	46 Pd Палладий 106.4 12.0 21.177	47 Ag Серебро 107.8 10.5 22.163	48 Cd Кадмий 112.4 8.6 23.173	49 In Индий 114.8 7.3 24.21	50 Sn Олово 118.7 7.2 25.271	51 Sb Сурьма 121.7 6.6 26.359	52 Te Теллур 127.6 6.2 27.473	53 I Йод 126.9 4.9 28.612	54 Xe Ксенон 131.2 0.00 29.775				
55 Cs Цезий 132.9 1.8 30.97	56 Ba Барий 137.3 3.5 32.194	57 La Лантан 138.9 6.1 33.44	72 Hf Гафний 178.4 13.3 7.899	73 Ta Тантал 180.9 16.6 8.146	74 W Вольфрам 183.8 19.2 8.39	75 Re Рений 186.21 21.02 8.652	76 Os Осмий 190.2 22.6 8.911	77 Ir Иридий 192.2 22.6 9.175	78 Pt Платина 195.0 21.4 9.442	79 Au Золото 196.9 19.2 9.713	80 Hg Ртуть 200.5 13.5 9.989	81 Tl Таллий 204.3 11.8 10.26	82 Pb Свинец 207.2 11.3 10.55	83 Bi Висмут 208.9 9.8 10.839	84 Po Полоний (209) 9.32 11.131	85 At Астат (210) 7.00 11.427	86 Rn Радон (222) 0.01 11.727				
87 Fr Франций (223) 1.87 12.031	88 Ra Радий (226) 5.50 12.339	89 Ac Актиний (227) 10.07 12.652																			
			58 Ce Церий 140.12 6.77 4.839	59 Pr Празеодим 140.91 6.77 5.035	60 Nd Неодим 144.24 7.01 5.228	61 Pm Прометий (145) 7.26 5.432	62 Sm Самарий 150.36 7.52 5.633	63 Eu Европий 151.96 5.24 5.849	64 Gd Гадолиний 157.2 7.9 6.053	65 Tb Тербий 158.9 8.2 6.273	66 Dy Диспрозий 162.50 8.55 6.498	67 Ho Гольмий 164.93 8.80 6.720	68 Er Эрбий 167.26 9.07 6.949	69 Tm Тулий 168.93 9.32 7.180	70 Yb Иттербий 173.04 6.97 7.416	71 Lu Лютеций 174.47 9.84 7.655					
			90 Th Торий 232.0 11.7 12.968	91 Pa Протактиний 231.04 15.37 12.391	92 U Уран 238.03 18.95 12.614	93 Np Нептуний (237) 20.45 12.946	94 Pu Плутоний (244) 19.84 14.292	95 Am Америций (243) 13.69 14.620	96 Cm Кюрий (247) 13.51 14.79	97 Bk Берклий (247) 14.79 14.79	98 Cf Калифорний (251) 15.1 15.1	99 Es Эйнштейний (252) 13.5 13.5	100 Fm Фермий (257) 13.5 13.5	101 Md Менделевий (258) 13.5 13.5	102 No Нобелий (259) 13.5 13.5	103 Lr Лоуренсий (262) 13.5 13.5					

Атомное число

35	79.90	Атомная масса
Br	3.12	Плотность (г/см ³)
		Обозначение
Бром		Название элемента
Ka	11.924	
La	1.481	Энергия (кэВ)

Компания Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) обнародовала план инвестиций в освоение выпуска полупроводниковой продукции по нормам 5 нм и менее. Этот план, в частности, предусматривает создание новой производственной базы в южной части Тайваня. Общая сумма инвестиций составляет примерно 15,6 млрд долларов.

<http://www.pvsm.ru/news/217880>



Российская микро и наноэлектроника сегодня

ТЕХНОЛОГИИ

В группе компаний «Микрон» для разработки и производства микросхем используются следующие технологические процессы:

EEPROM, КМОП

- Проектная норма – 180 нм
- 4 - 6 металлов
- Микросхемы с энергонезависимой памятью: микроконтроллеры 8-16 бит, память 4Мб, чипы смарт-карт, чипы радиочастотной идентификации

Биполяр

- 7 - 45V
- Аналоговые ИС управления питанием
- Линейные преобразователи
- Операционные усилители
- ШИМ – контроллеры
- Драйверы LED

КНИ

- Проектная норма – 250 нм
- Проектная норма – 180 нм (2012 год)
- Чипы памяти, микроконтроллеров, процессоров, ЦАП/АЦП с повышенными параметрами надежности

БМКМОП SIGe

- Проектная норма – 250 нм (2011 год)
- Проектная норма – 180 нм (2012 год)
- СВЧ и УВЧ до 10ГГц (АФАР, конвертеры и синтезаторы для радиолокационных систем и спутниковой связи)

КМОП

- Проектная норма – 90 нм (2012 год)
- 6 – 9 металлов
- КМОП + встроенный флеш 90 нм (2013 год)
- Логика, микроконтроллеры, системы-на-чипе

Новости группы компаний "Микрон"

09.01.2014 | Геннадий Красников назначен генеральным директором ОАО «НИИМЭ и Микрон» ***

20.12.2013 | Председатель Совета директоров ОАО «НИИМЭ и Микрон», академик РАН Г.Я. Красников принял участие в заседании Совета при Президенте по науке и образованию ***

12.12.2013 | «Микрон» участвует в проекте «Зимняя школа» Благотворительного фонда «Система» ***

В 2014 году объявлена цель достичь в течении ближайших лет проектных норм 32 нм

Запуск в 3-м квартале 2015 года
Производственная мощность — 15 000 пластин в месяц.

Технология 90 нм

КМОП 90 LP/RF. Основные параметры КМОП 90 LP/RF. Технологические возможности

Спецификация КМОП технологии

- Feature: 90 LP/RF
- Process Generation: 90nm
- Leff or Lpoly: 63nm (Physical on-wafer dimension for Lpoly)
- Vdd: 1.2v
- Pad Cell Option: 1.8v, 2.5v, 3.3v
- Std SRAM cell: 1.18 μm²
- Dense SRAM cell: NA
- Levels of Metal: 4 - 9
- Metalization: Cu
- Dielectric (ILD): Lowk
- Density: 400K Gates/mm²
- Min Capacitors: VN Cap, MM
- Varactor: MOS

90LP and 90RF share common process base

90RF has added RF features

SoC integration for portable applications

Low Power (90LP and 90RF)

- Low standby power
- Standard and low leakage FETs

Ключевые участники AMD Inc, США
Поставщик базовой технологии.
Поставщик комплекта технологического оборудования.
Поддержка технологического трансферта.
M+W Group, Германия
Генеральный проектировщик.
Авторский надзор.

Комплекс позволяет проводить модернизацию технологий до уровня 45 нм без существенной перестройки инженерной инфраструктуры.

Сегодня: Диаметр пластин 200мм, КТР до 90 нм

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

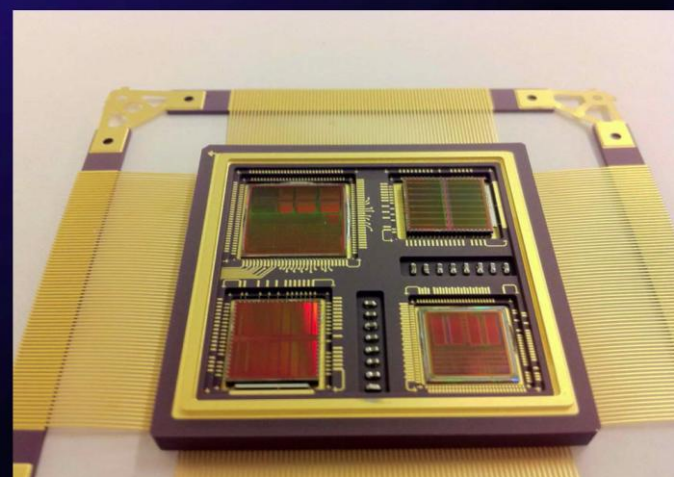
КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
ЧИСЛЕННОСТЬ – 184 чел.
ПРОДУКЦИЯ – МОДУЛИ В СТАНДАРТЕ УМЕ
ГОДОВОЙ ОБЪЕМ – 10 000 шт.

ОБЩАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ – 996 чел.
КАНДИДАТОВ НАУК – 115 чел.
ДОКТОРОВ НАУК – 34 чел.
ЧЛ. КОРП. РАН – 2 чел.
АКАДЕМИКОВ РАН – 3 чел.

ОТДЕЛЕНИЕ МИКРОТЕХНОЛОГИЙ НИИСИ РАН
ЧИСЛЕННОСТЬ – 337 чел.



Система в корпусе МКМ «Багет83_микро» (макетный образец), серия с 2016 г.



Предприятие обладает замкнутыми технологическими циклами разработки и производства СВЧ-транзисторов, монолитных интегральных схем и модулей СВЧ любой функциональной сложности.

О предприятии | Структура компании | Продукция | Наука | Закупки и конкурсы | Контакты | Поиск

НОВОСТИ

14/07/2016
"Исток" - городу

13/07/2016
День предприятия - 2016

01/06/2016
Олимпиада по CAD "SolidWorks". Результаты.

20/05/2016
Олимпиада по CAD "SolidWorks"

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ИСТОК"

Научно-производственное предприятие "Исток" основано в 1943 году и расположено в городе Фрязино Московской области, Россия.

Основное направление деятельности - новые разработки и серийное производство современных и перспективных изделий СВЧ-электроники для всех видов связи и радиолокации.

В настоящее время НП "Исток" поддерживает около 30% всей номенклатуры изделий СВЧ-электроники, выпускаемой в России, что определяет его головную роль в отрасли.

Унифицированная элементная база:
– 3 млрд. \$ (300мм, 32 нм) – 8 млрд. \$ (450мм, 14 нм),
производительность 1000 пластин в сутки



Сегодня в мире работают ФАБЫ по технологиям 32, 28, 22 (пять приизводств),
14 нм (две фабрики в США).

Все ФАБЫ работают по американским лицензиям на технологию.



D1C Oregon



Fab 28 Israel



D1D Oregon



Fab 32 Arizona

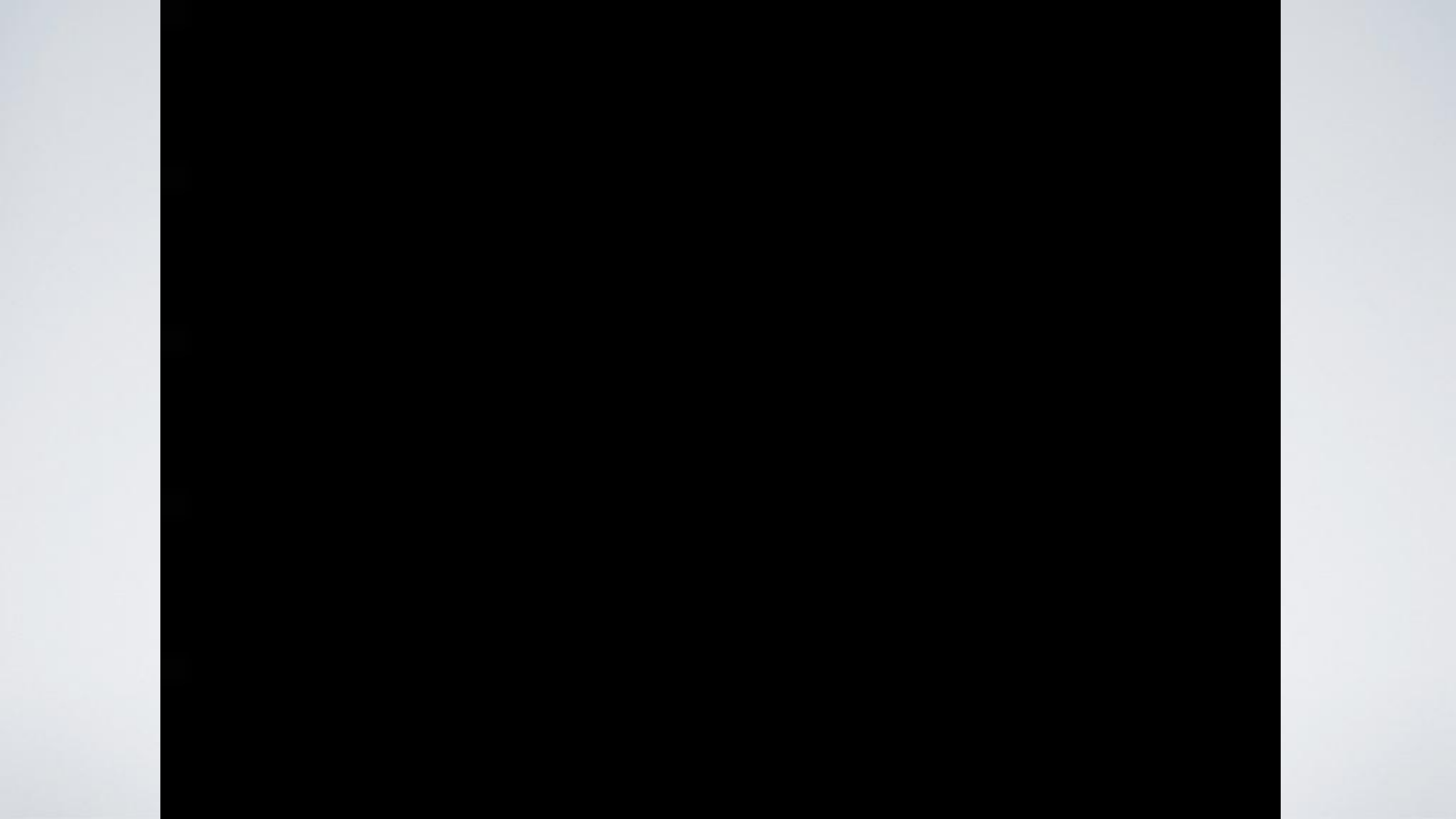


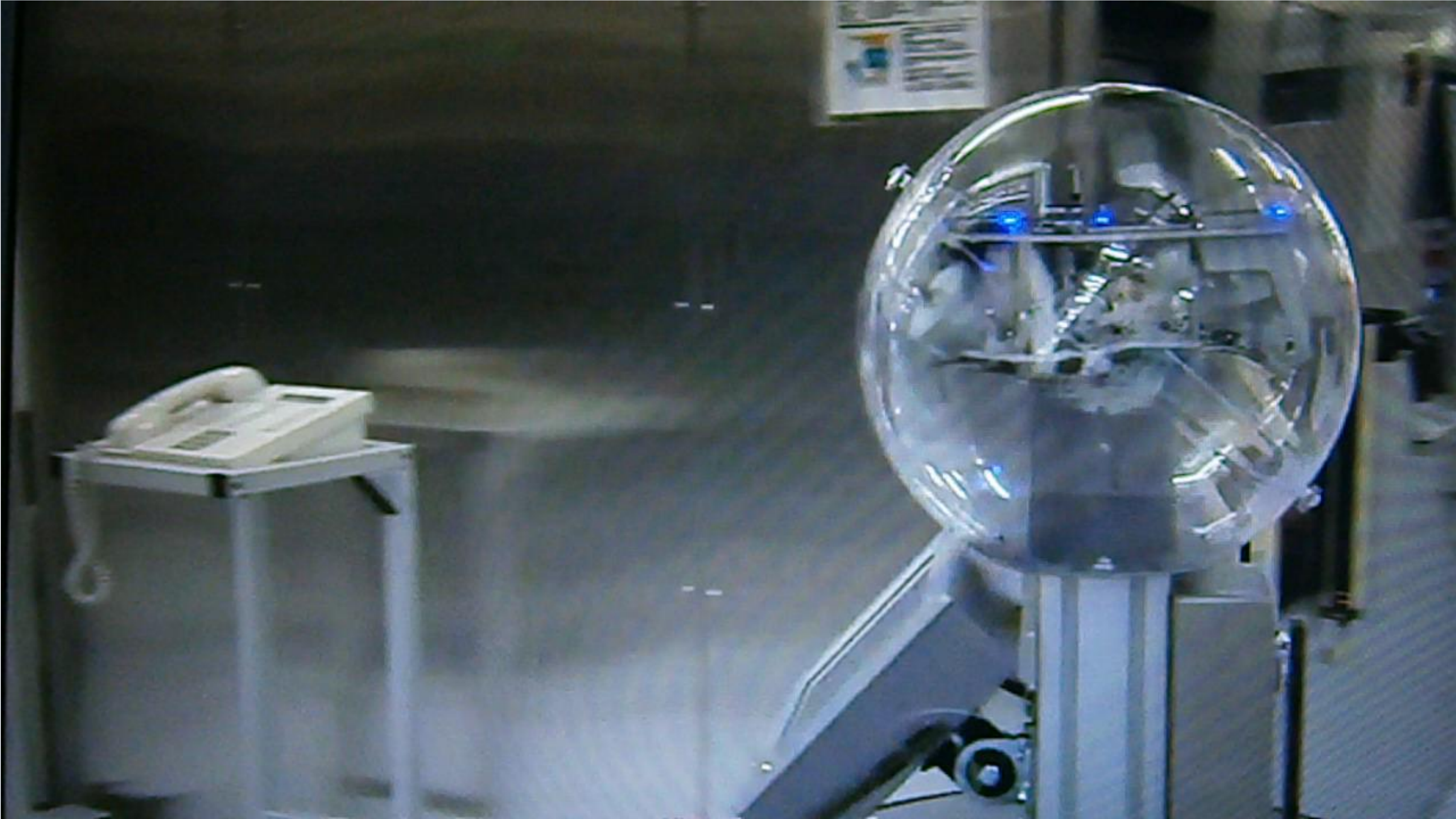
Fab 12 Arizona



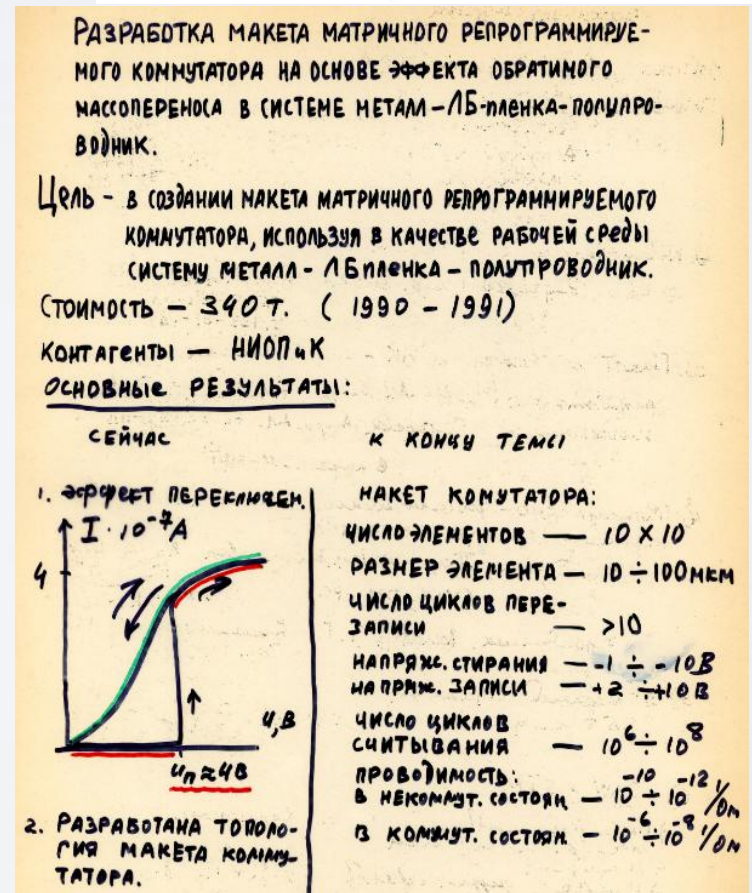
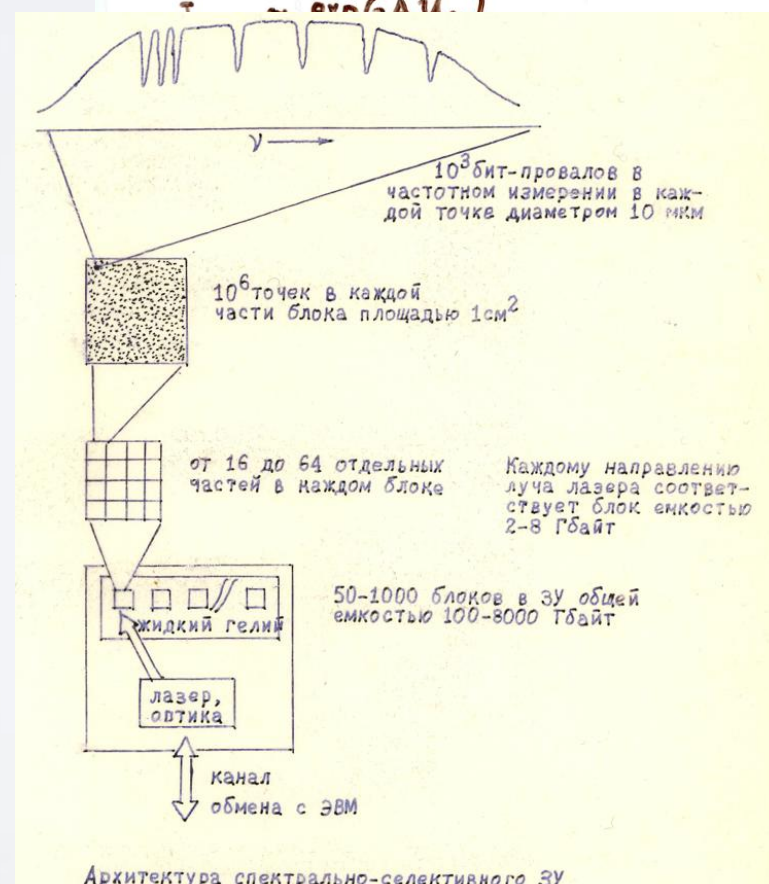
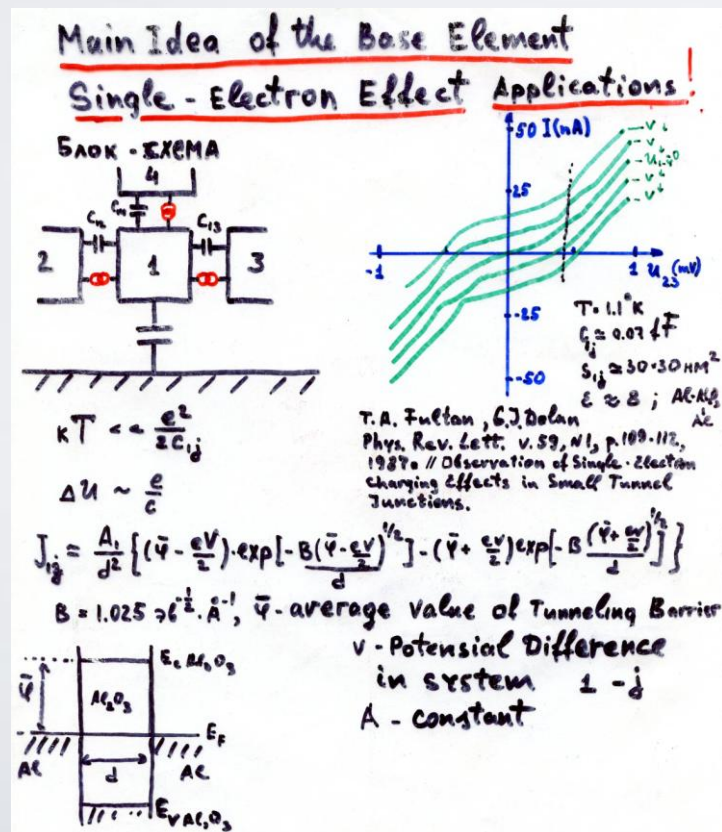
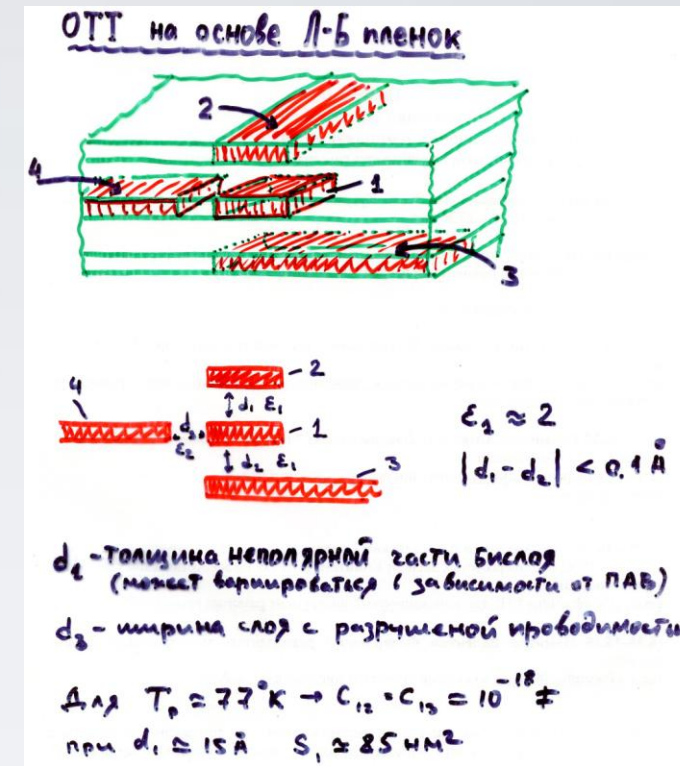
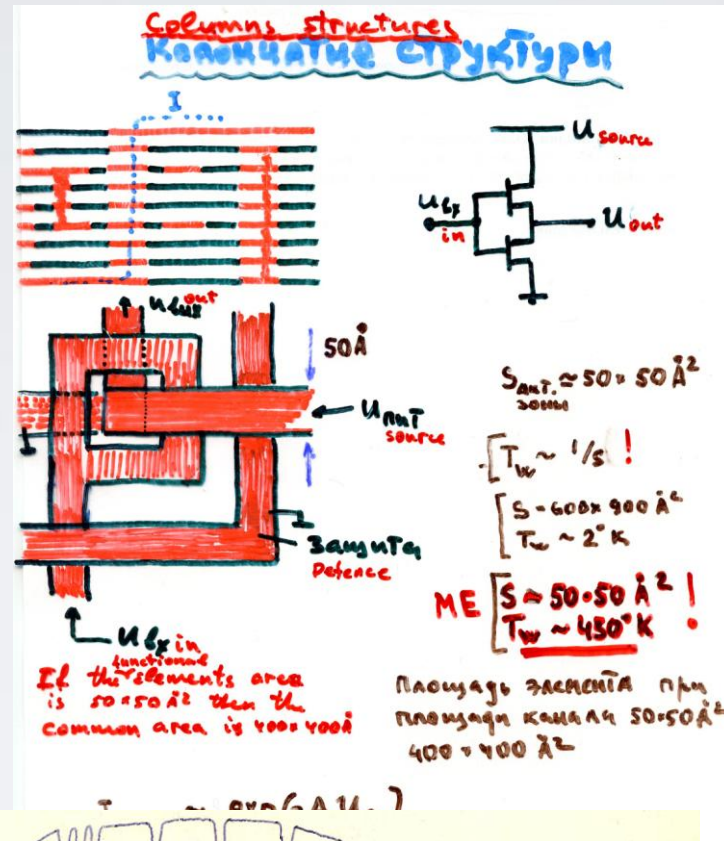
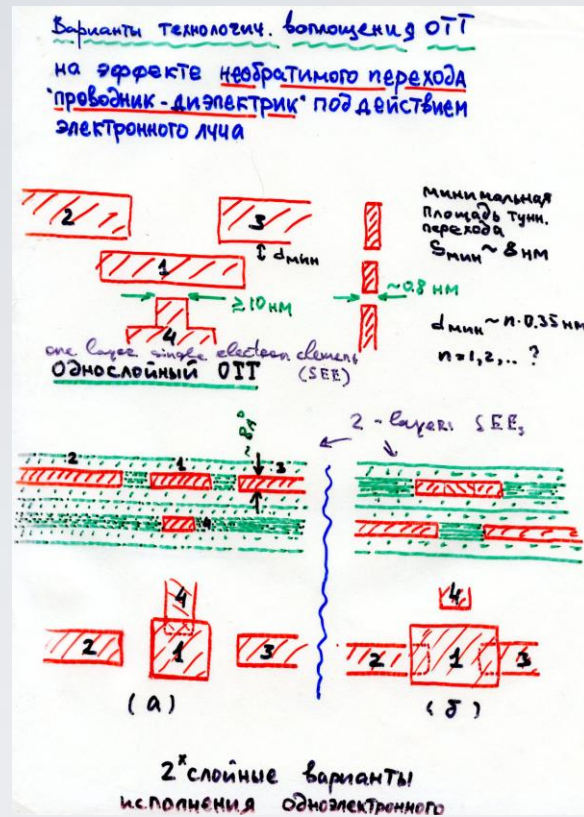
Fab 14





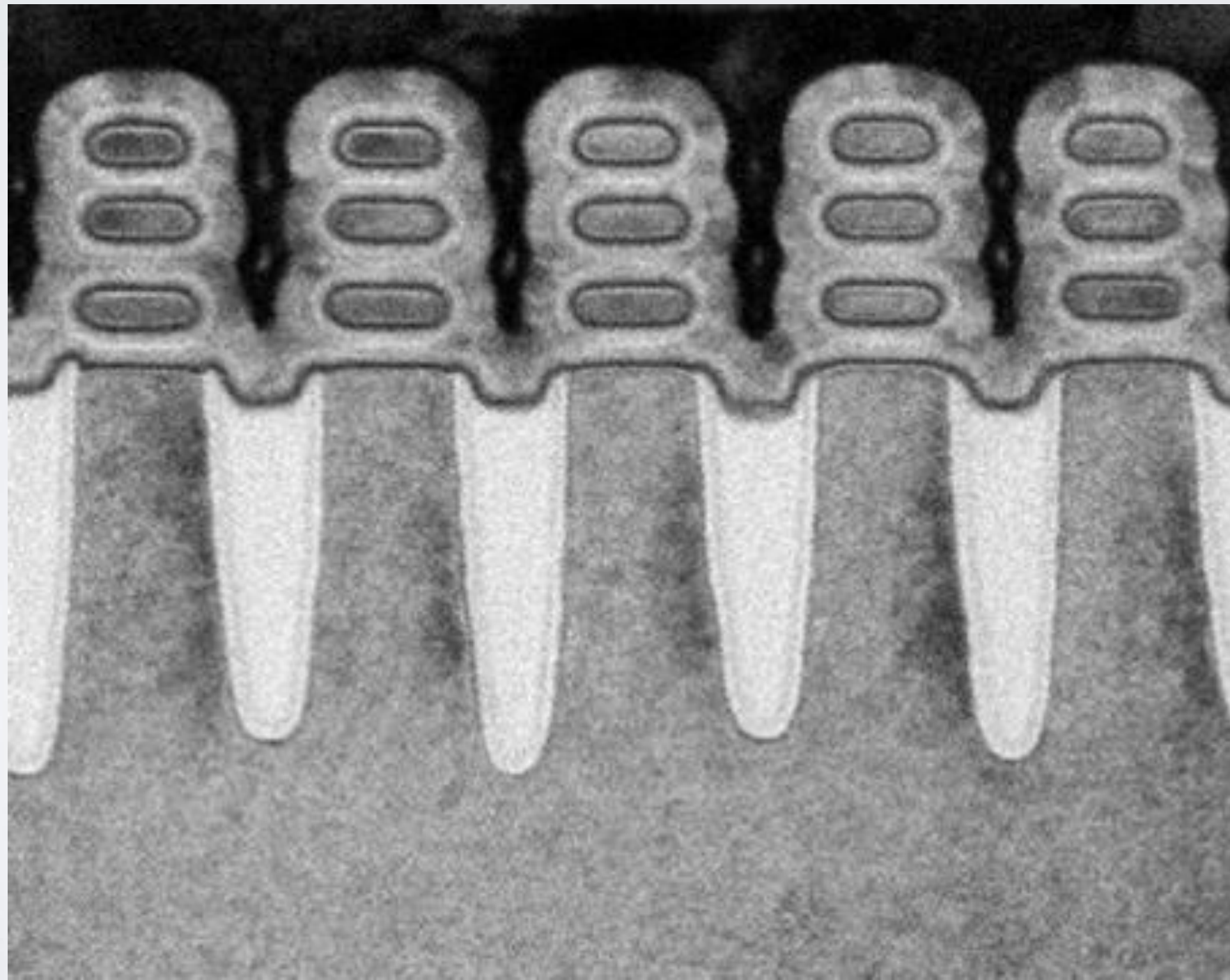


Молекулярная нанотехнология, возможность создания одноэлектронных транзисторов, грант ГКНТ «ОДНОЭЛЕКТРОНИКА» (с 1988 года)



Ближайшее будущее

- IBM, Globalfoundries и Samsung создали первые в мире чипы по 5-нм технологии

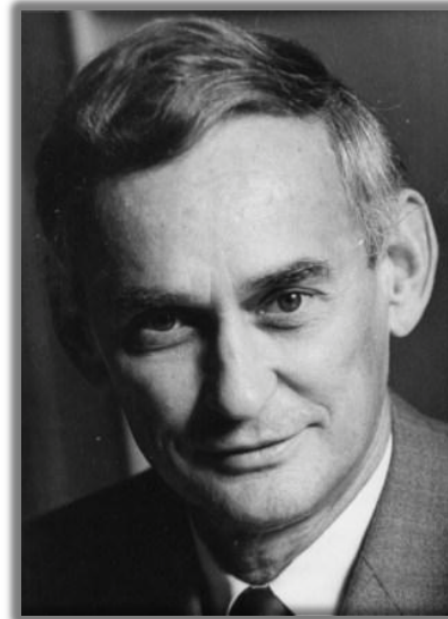


Нанотехнология в процессах микроэлектроники, вклад Российской науки

Атомно-слоевое нанесение диэлектриков и металлов

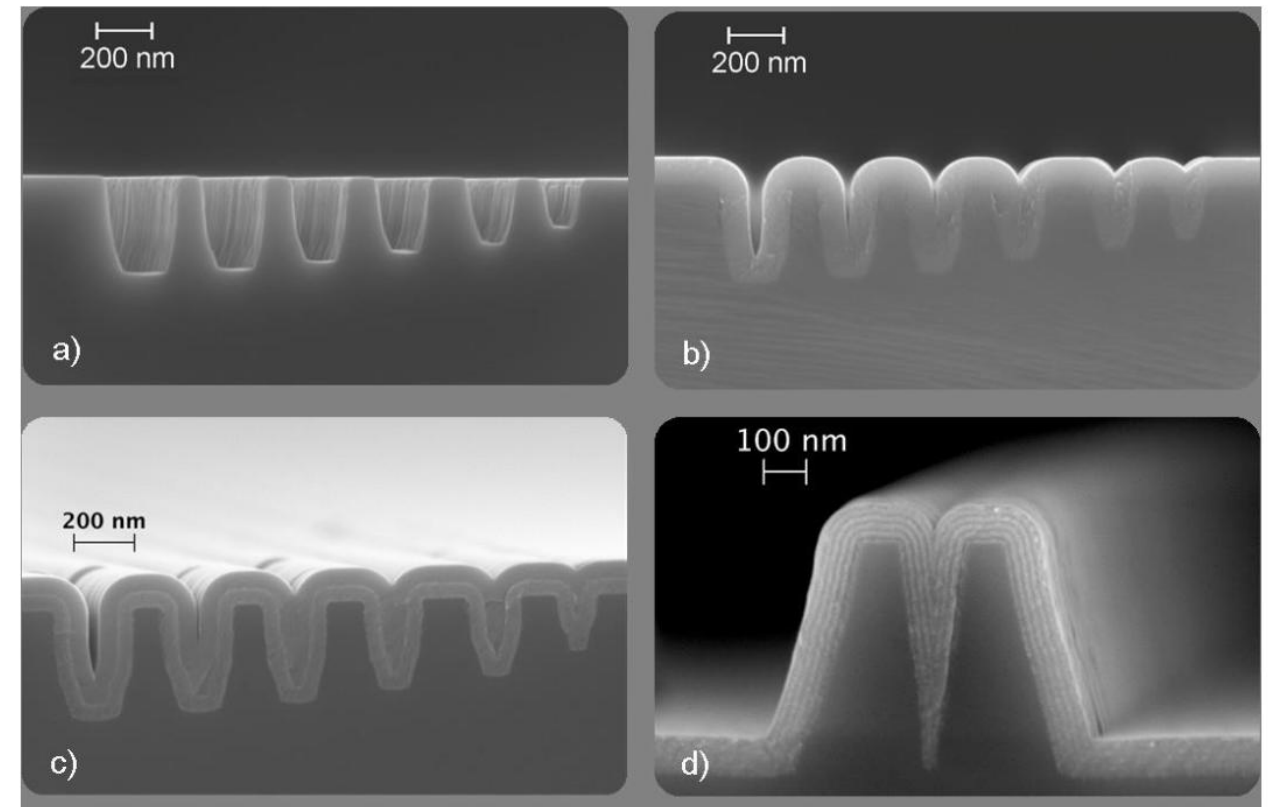
История технологии ALD

- Впервые концепция процесса атомно-слоевого осаждения была предложена В. Б. Алесковским в его докторской диссертации, опубликованной в 1952 году.
- Процесс впервые был описан под названием «Молекулярное наслаивание» в начале 1960 годов профессором С. И. Кольцовым из Ленинградского технологического института им. Ленсовета.
- Эксперименты проводились под научным руководством В. Б. Алесковского.
- Впоследствии технология атомно-слоевого осаждения нашла применение в разработках финских учёных в 1970-х годах и была коммерциализирована в Финляндии, а затем и в других странах мира.



**Валентин Борисович
Алесковский
(1912-2006)**

ALD-процесс



Снимок структуры поверхности с использованием сканирующего электронного микроскопа

a) Без покрытия

b) Плёнка TiO_2 толщиной 100 нм

c) 50 нм Al_2O_3 + 50 нм TiO_2

d) 5 x (10 нм Al_2O_3 + 10 нм TiO_2)





**Алферов Жорес Иванович,
Полупроводниковые лазеры
на двойных квантовых ямах**

- **Для развития нанотехнологий необходимо видеть наноструктуры и процессы в них**

Возник вопрос – как же можно мерить
нанометры?
Чем?

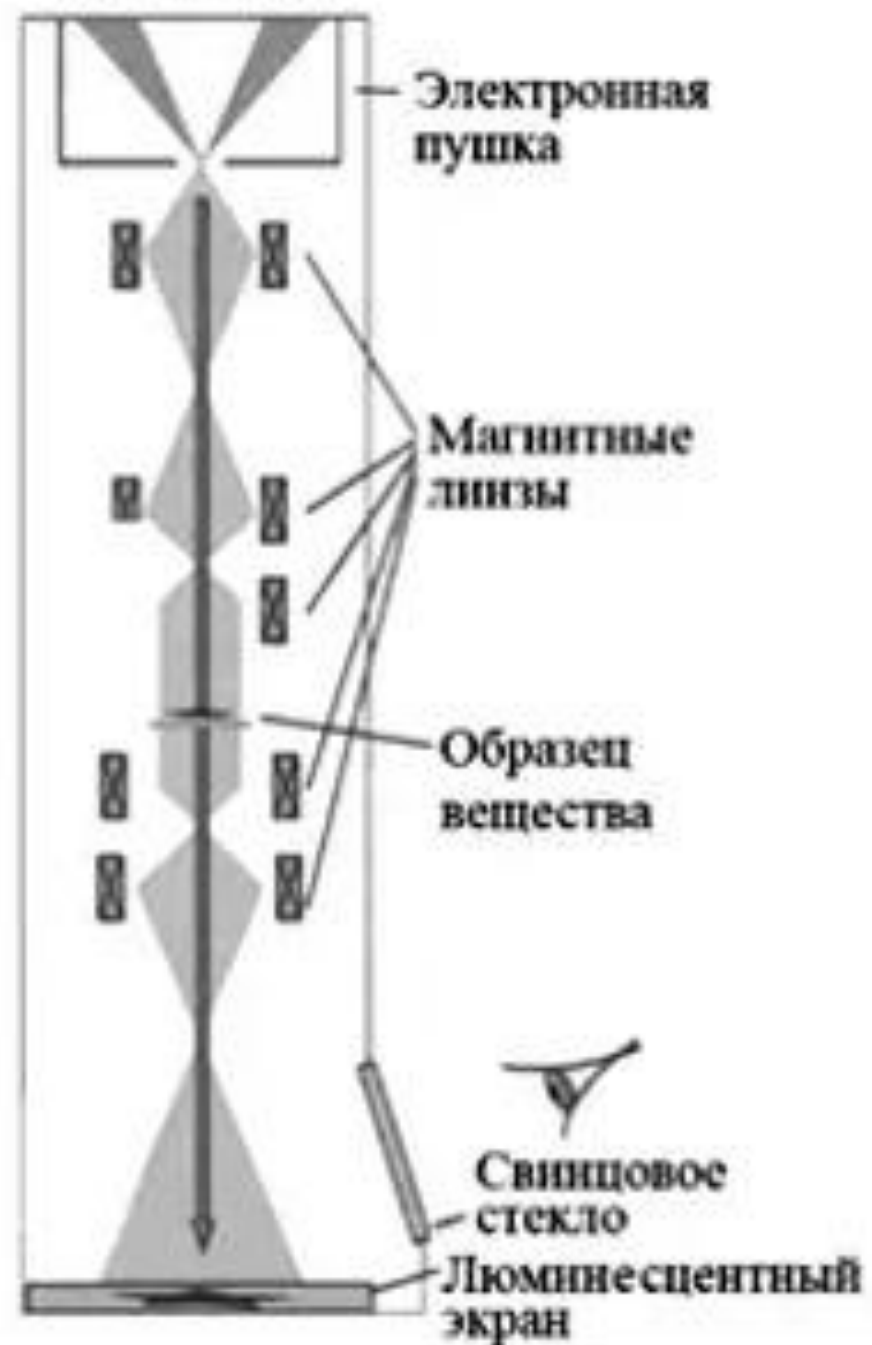
Какие физические принципы можно
для этого использовать?

ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

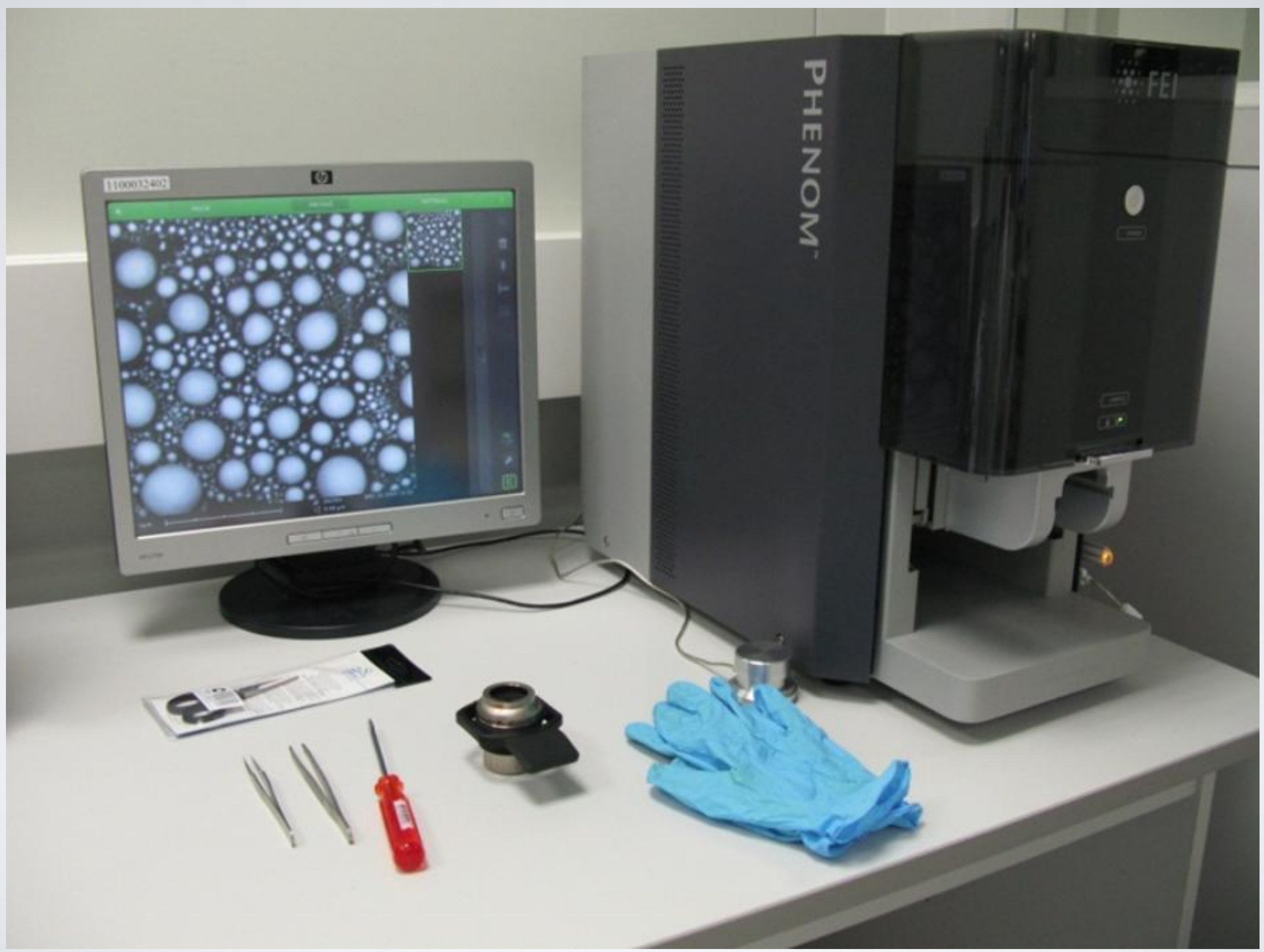
Оптический
микроскоп

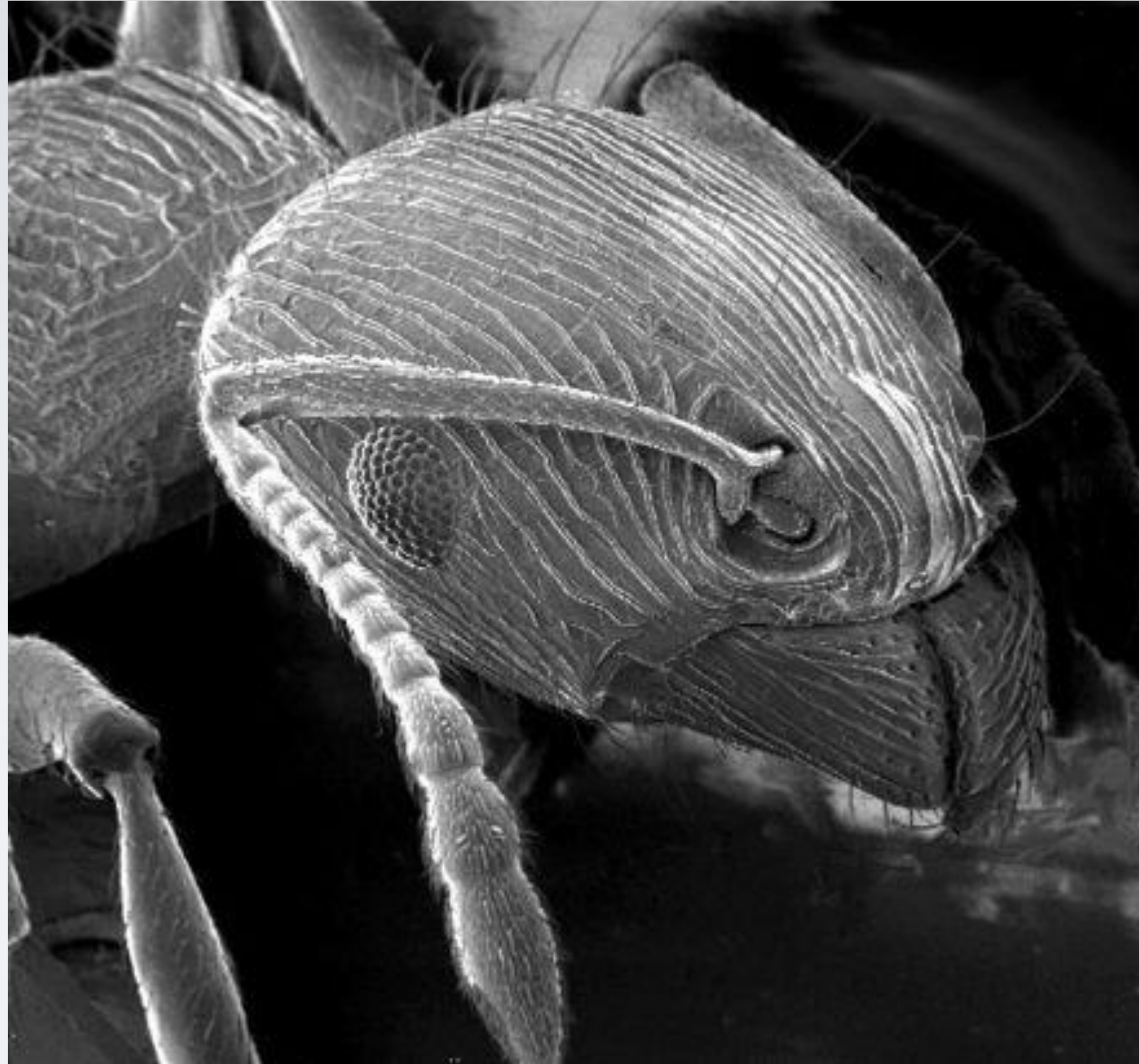


Просвечивающий
электронный
микроскоп









Муравей в электронном микроскопе

Соразмерный физический эффект: туннельный эффект;
регистрируется ток между острым металлическим зондом и
проводящей поверхностью

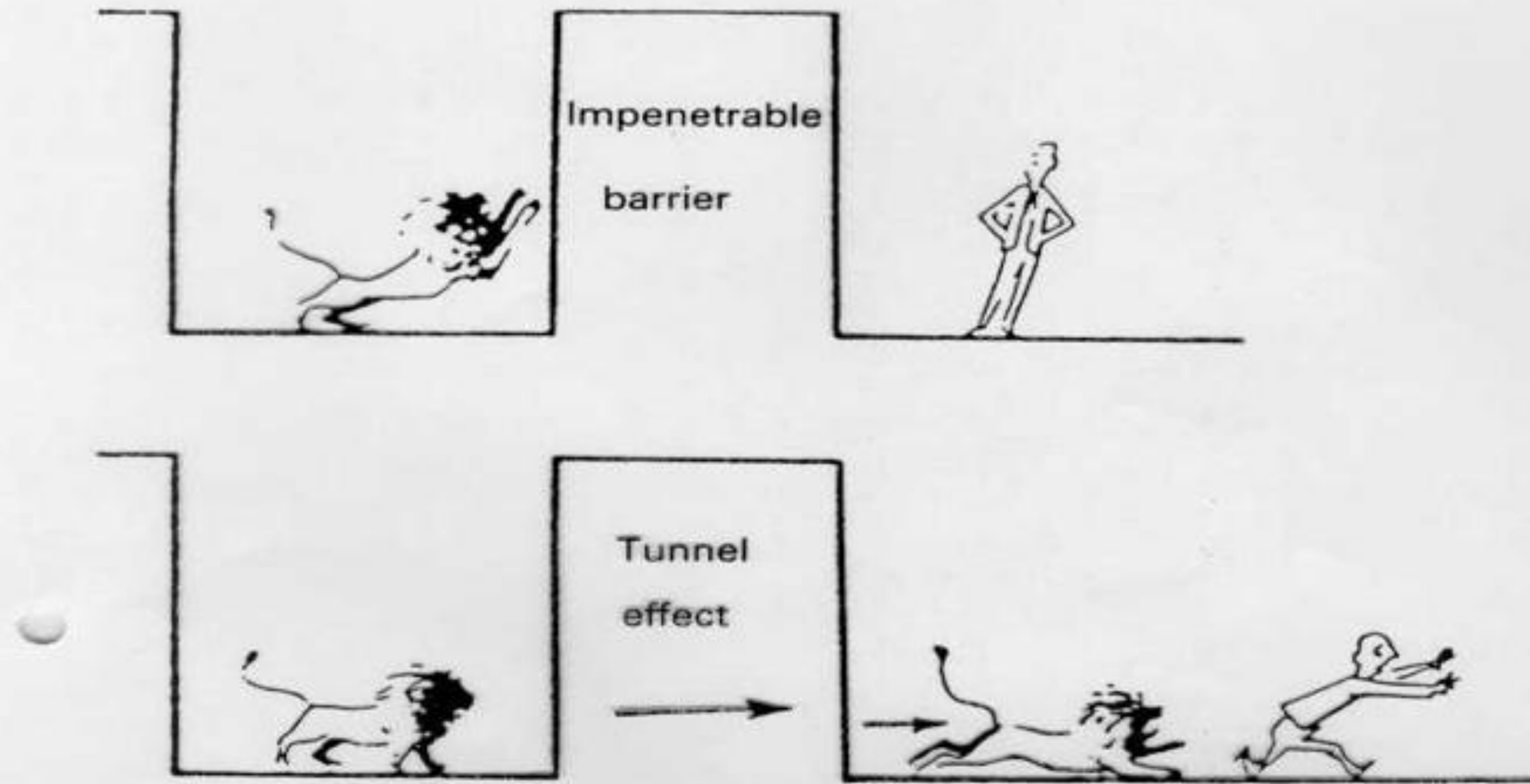
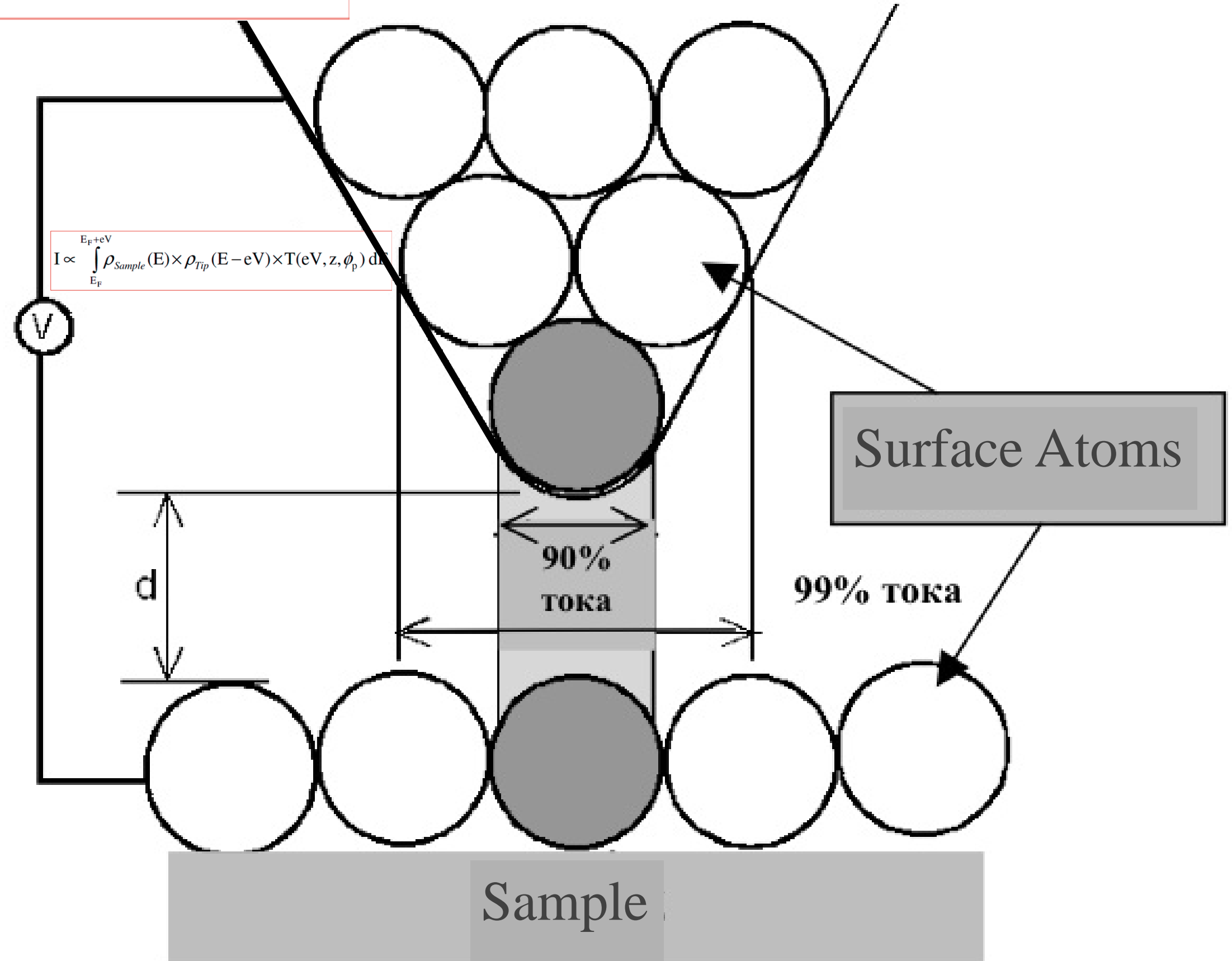


Fig. 1.1. The difference between classical theory and quantum theory, illustrating tunneling through a potential barrier (Bleaney, 1984).

$$I \propto \int_{E_F}^{E_F+eV} \rho_{Sample}(E) \times \rho_{Tip}(E-eV) \times T(eV, z, \phi_p) dE$$

STM Tip



$$I \propto \int_{E_F}^{E_F+eV} \rho_{Sample}(E) \times \rho_{Tip}(E-eV) \times T(eV, z, \phi_p) dE$$

Surface Atoms

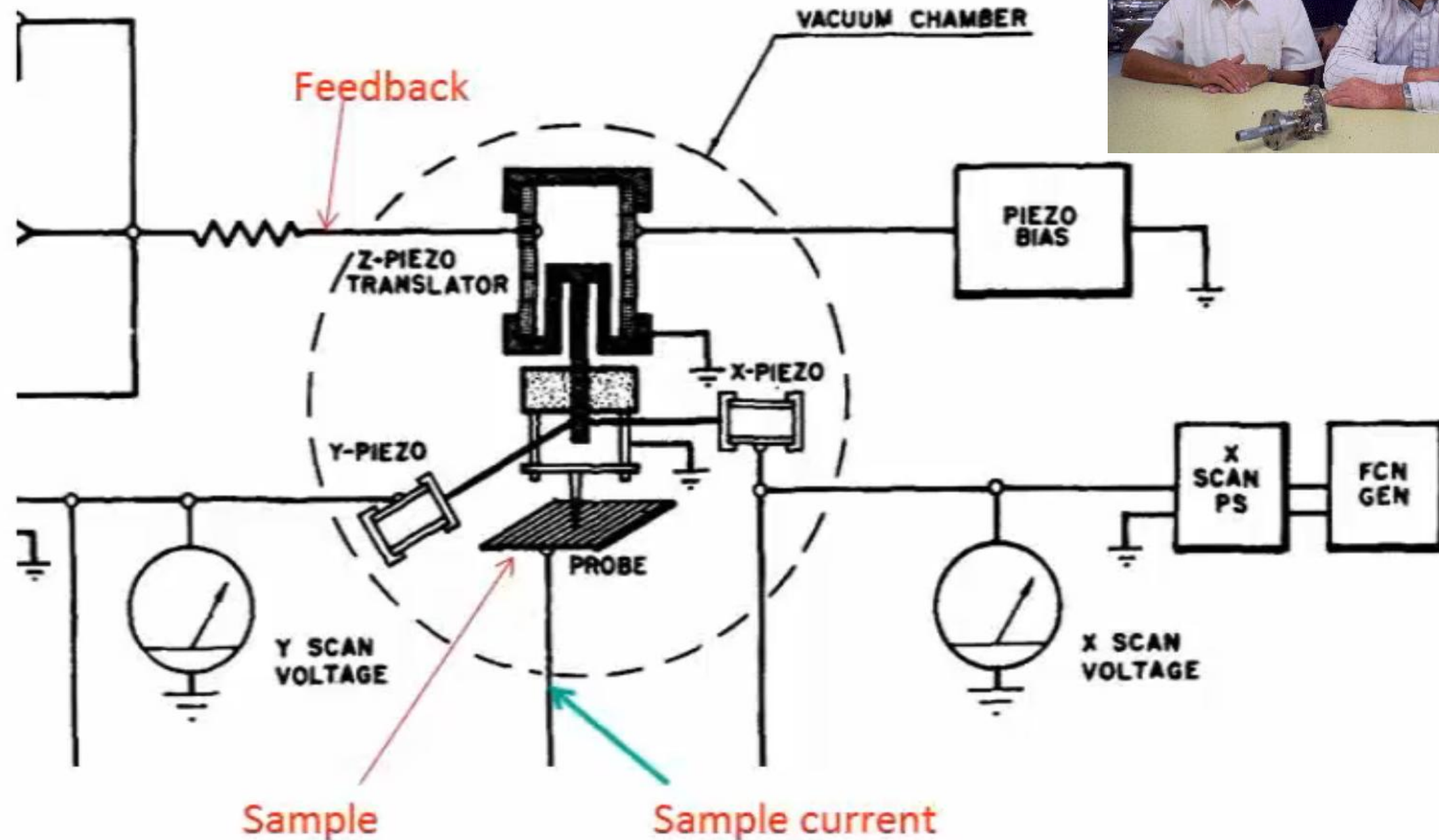
Sample

90%
тока

99% тока

The Review of Scientific Instruments, July 1972
7 Years before the first publication of Binnig and Rohrer

YOUNG, WARD, AND SCIRE



1982 г. Открытие метода сканирующей туннельной микроскопии (СТМ)

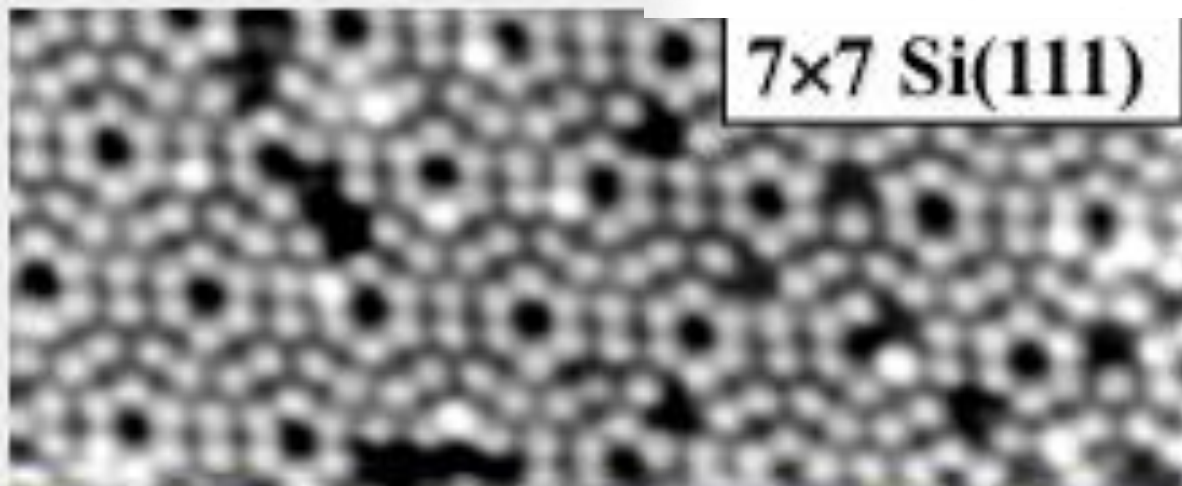


Г. Бинниг



Heinrich Rohrer-Egger

6. June 1933 - 16. May 2013

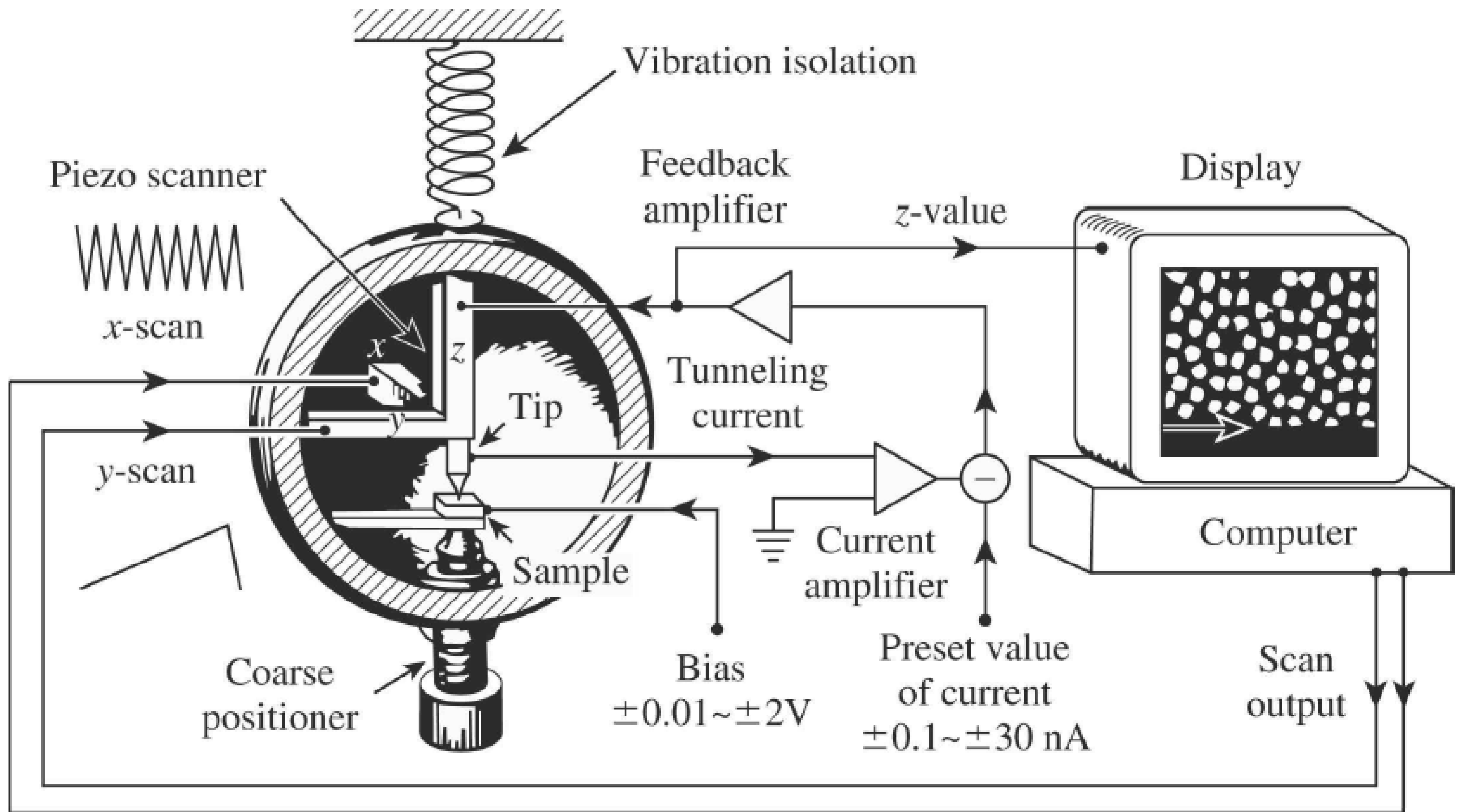


7x7 Si(111)

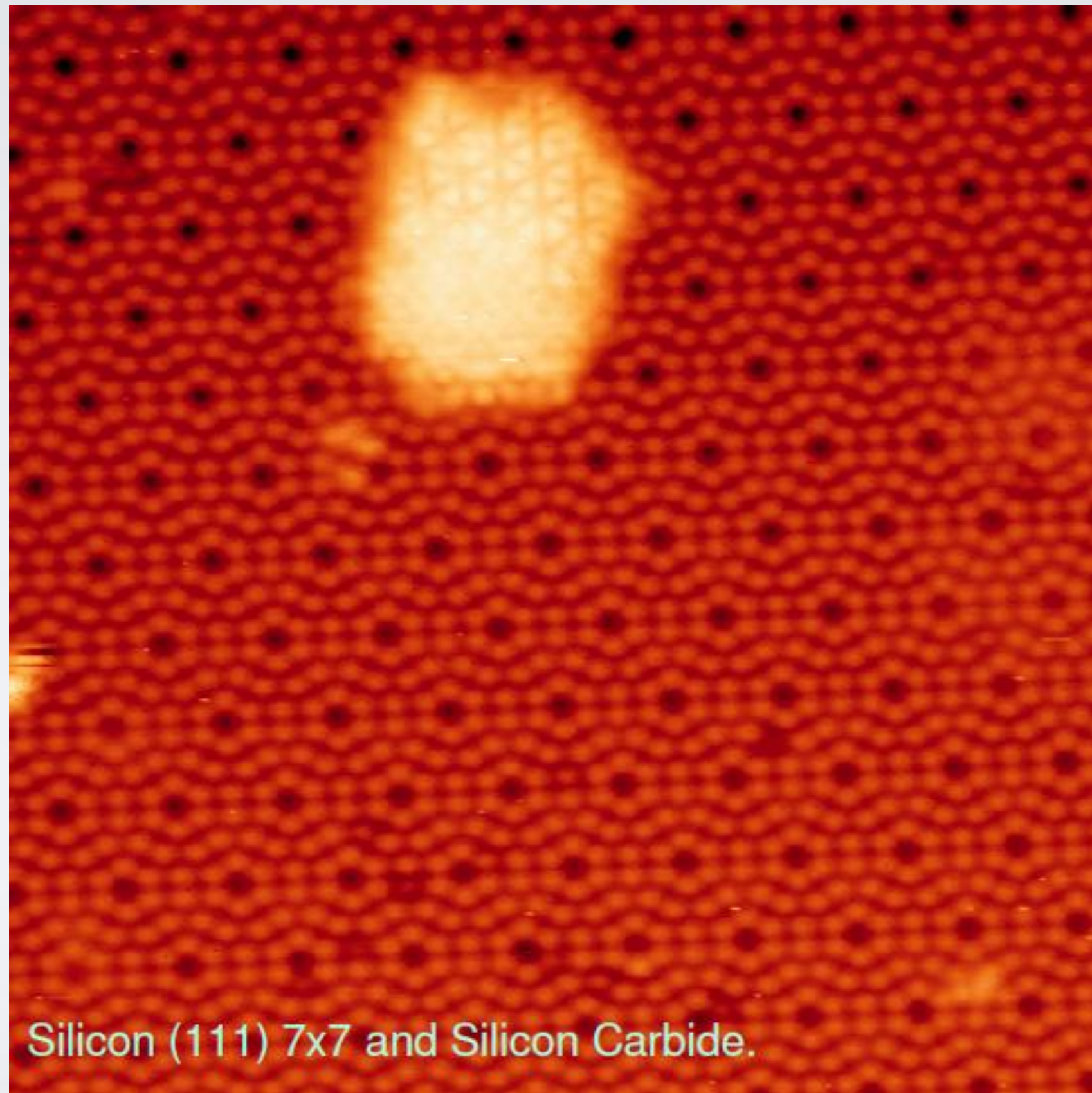


$$I_t \sim e \int \rho_e(E) \rho_f(E) D(E) dE$$

Phys. Rev. Lett. – 1983. V50.– P. 120

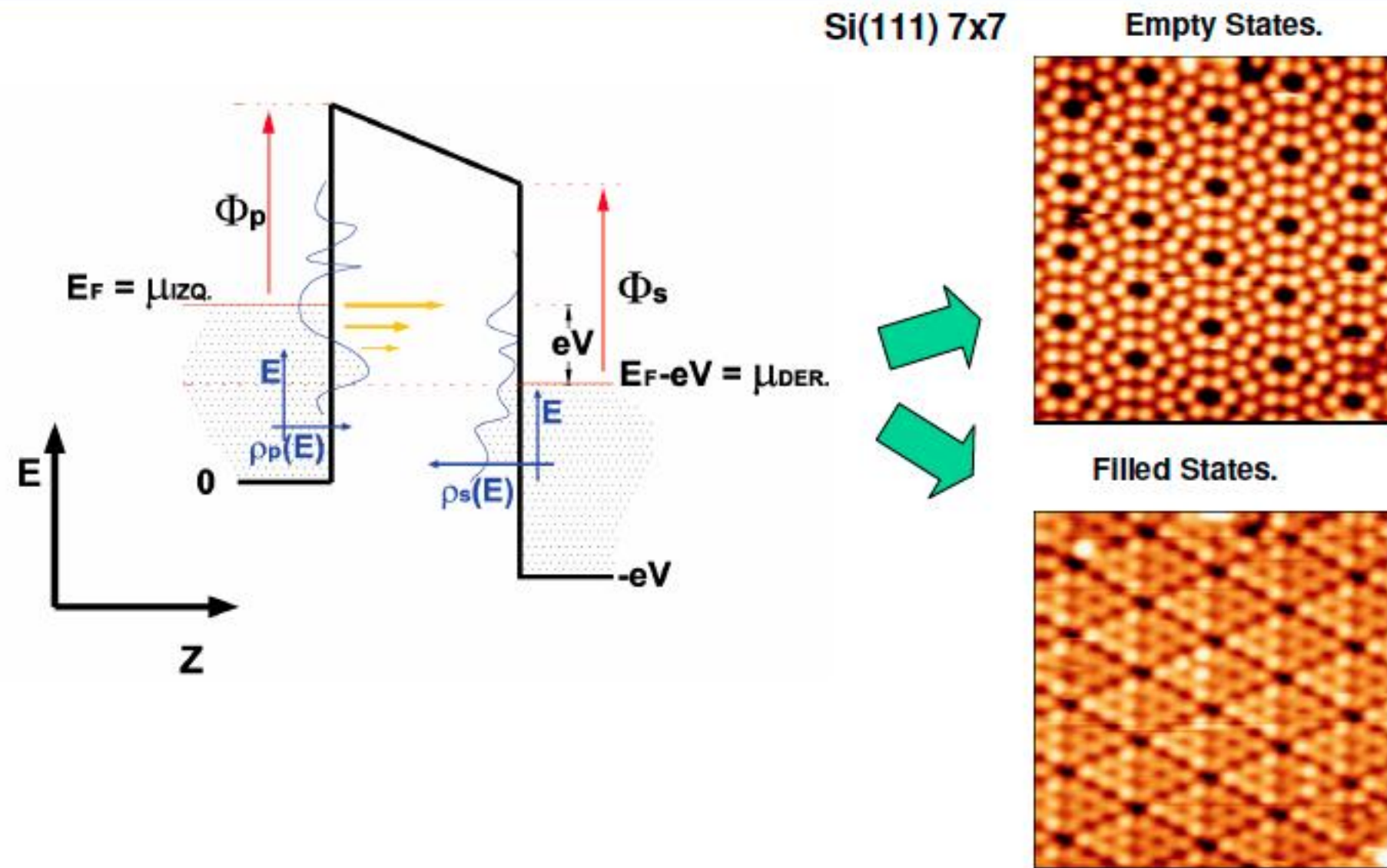


СТМ изображения реструктурированной поверхности Si (111)(7x7)



Silicon (111) 7x7 and Silicon Carbide.

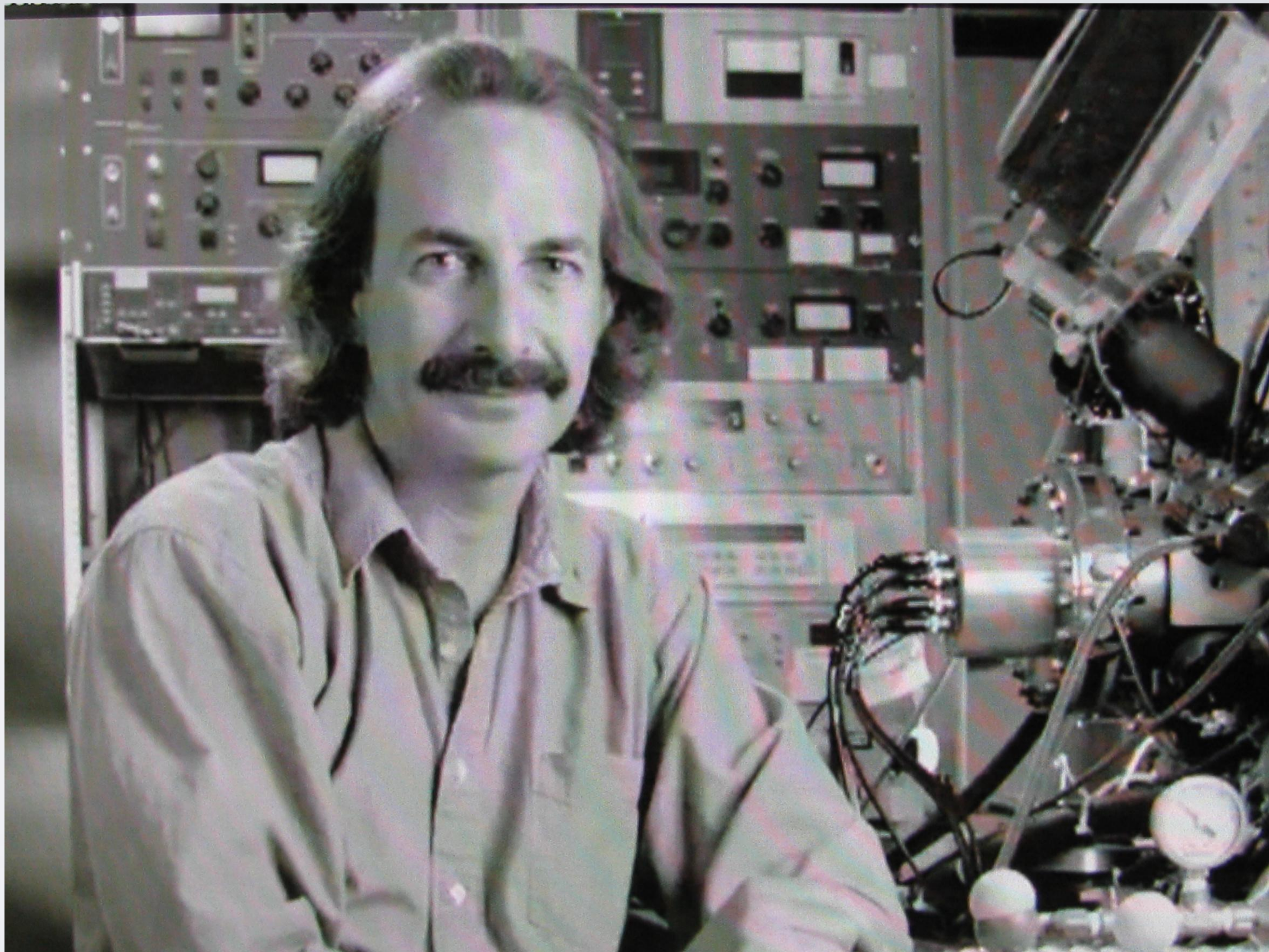
STM is NOT a true Microscopy!



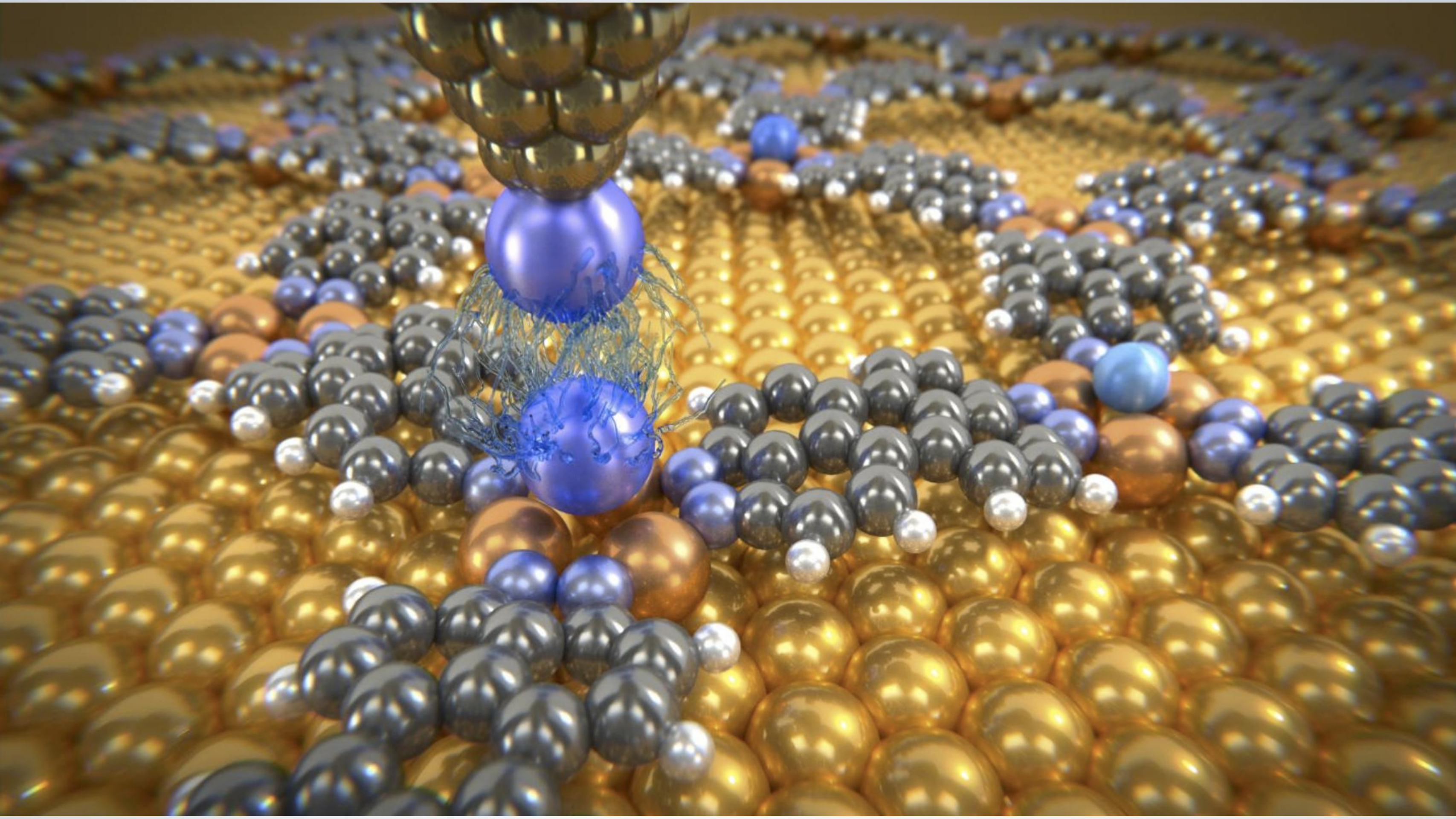
$$I \propto \int_{E_F}^{E_F + eV} \rho_{Sample}(E) \times \rho_{Tip}(E - eV) \times T(eV, z, \phi_p) dE$$



Plate 1. The IBM Zurich Laboratory soccer team. On October 15, 1986, the soccer team of IBM Zurich Laboratory and Dow Chemical played a game which had been arranged earlier. To everyone's surprise, a few hours before the game, the Swedish academy announced the Nobel Prize for Gerd Binnig (right, holding flowers) and Heinrich Rohrer (left, holding flowers). Newspaper reporters rushed in for a press conference.

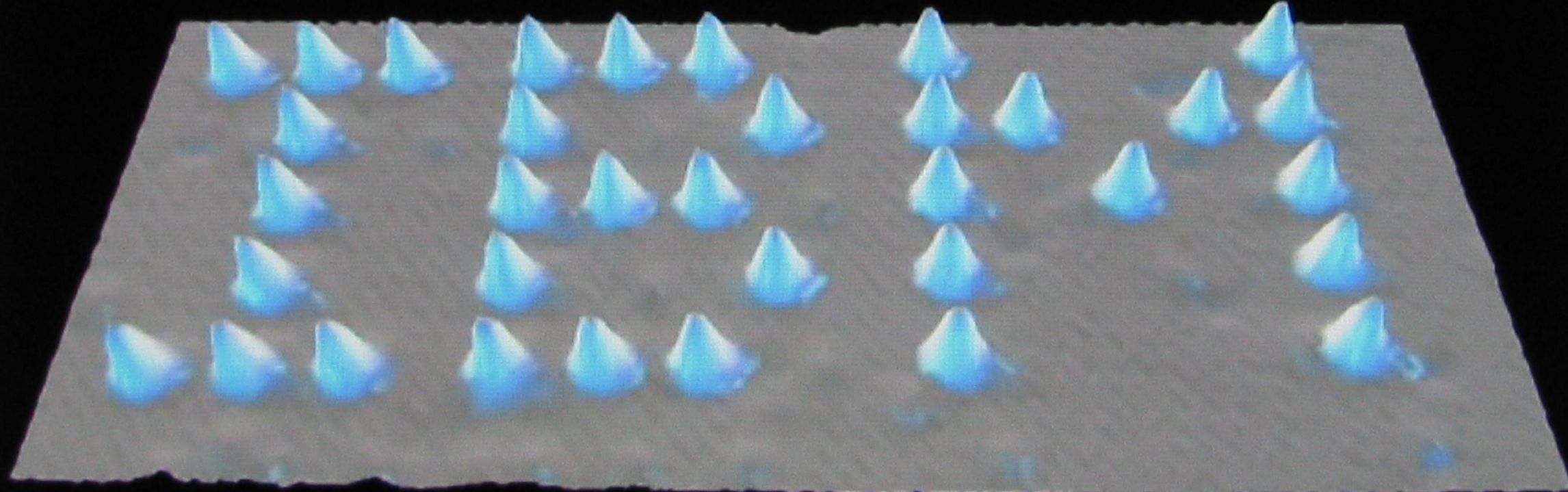


Dr. Don Eigler, 1989



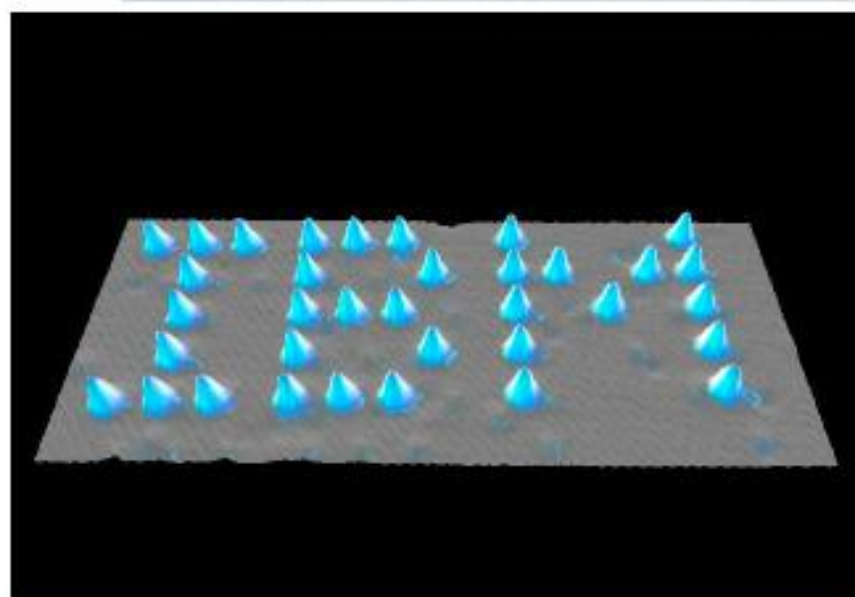
San Jose, Calif. - 28 Sep 2009: On this day in 1989, IBM Fellow [Don Eigler](#) became the first person in history to move and control an individual atom. Shortly thereafter, on November 11 of that year, Eigler and his team used a custom-built microscope to spell out the letters [IBM](#) (NYSE IBM) with 35 xenon atoms. This unprecedented ability to manipulate individual atoms signaled a quantum leap forward in nanoscience experimentation and heralded in the age of nanotechnology.

IBM Celebrates 20th Anniversary of Moving Atoms



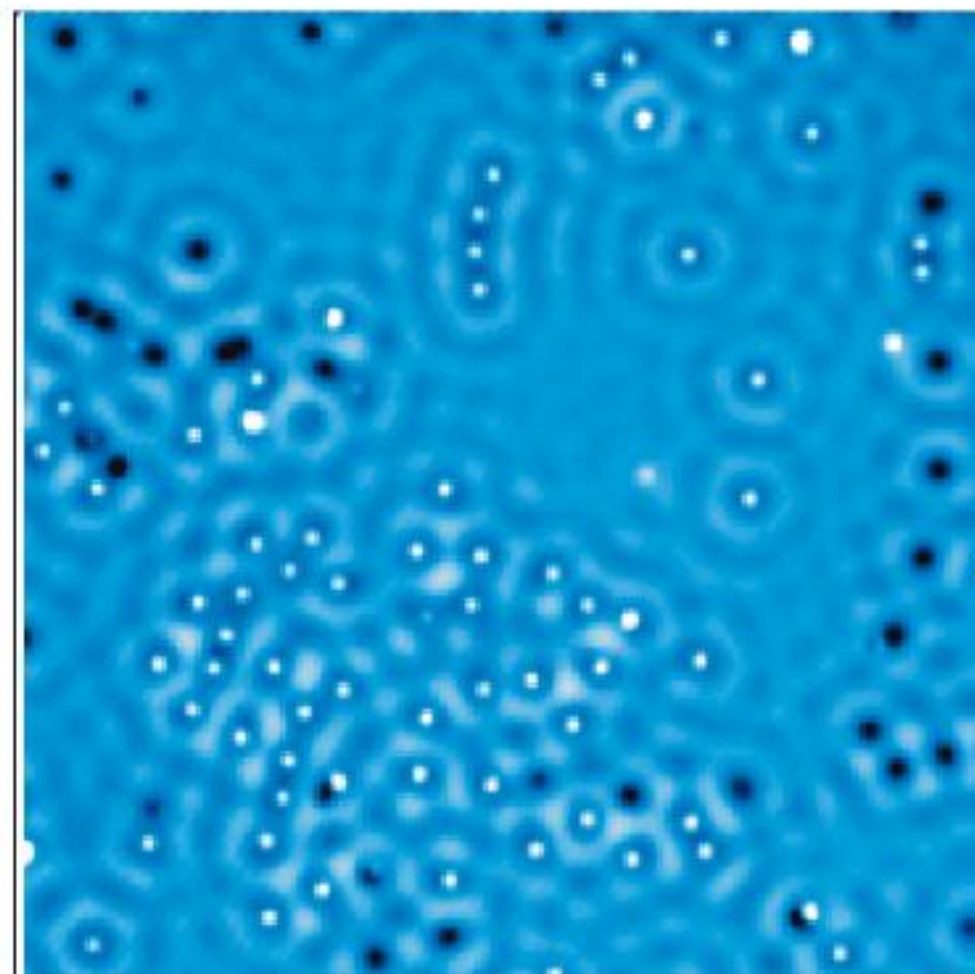
Manipulation of Atoms and Molecules

1990



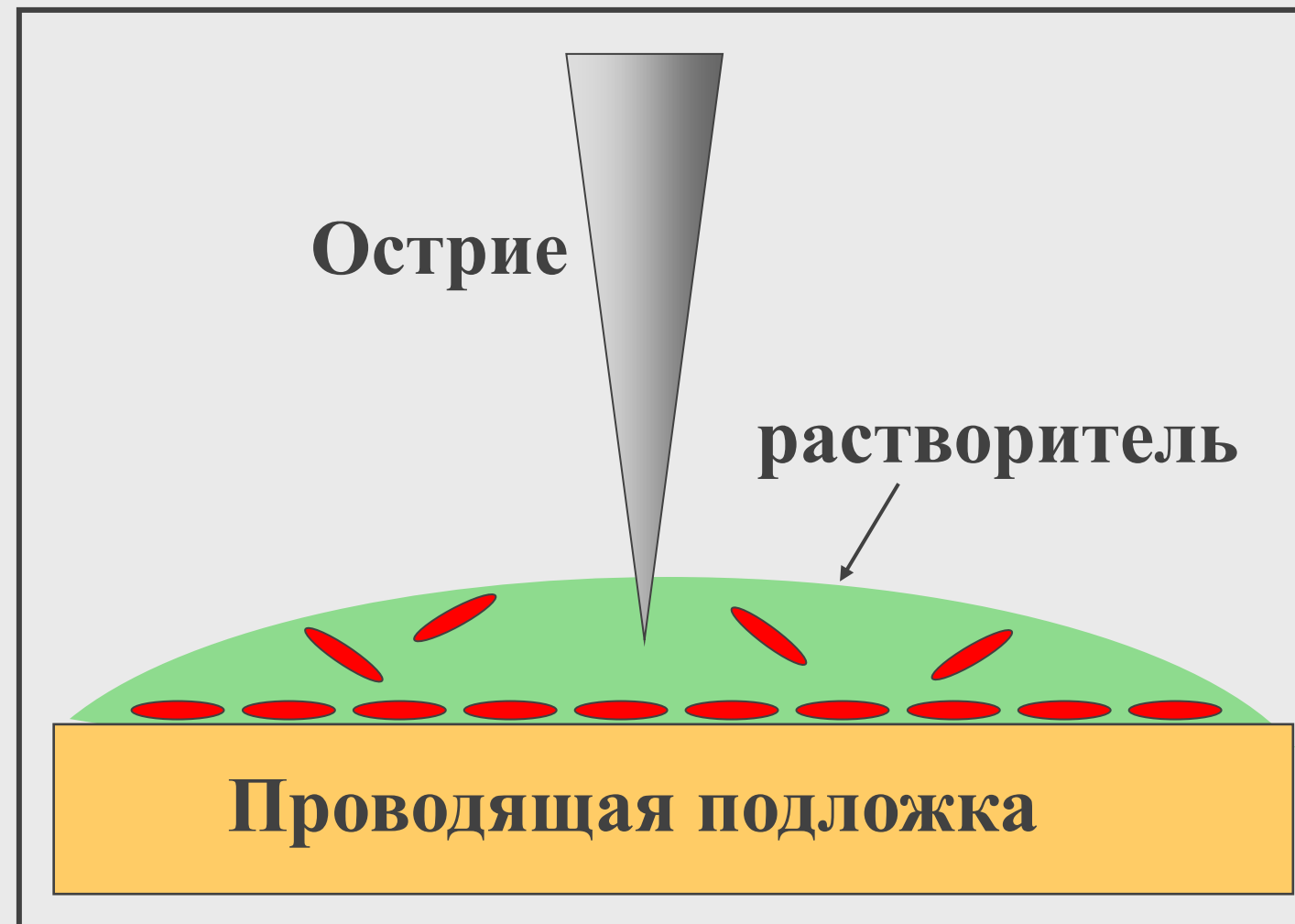
D. Eigler,
IBM Almaden, USA

Silver atoms on Ag(111).



K.-H. Rieder,
FU Berlin.

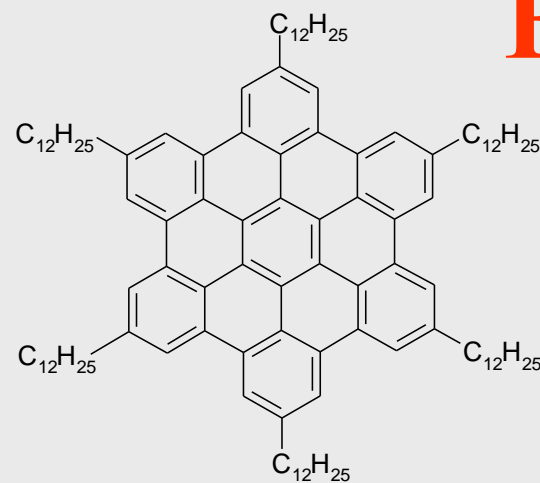
Принцип СТМ в жидкости



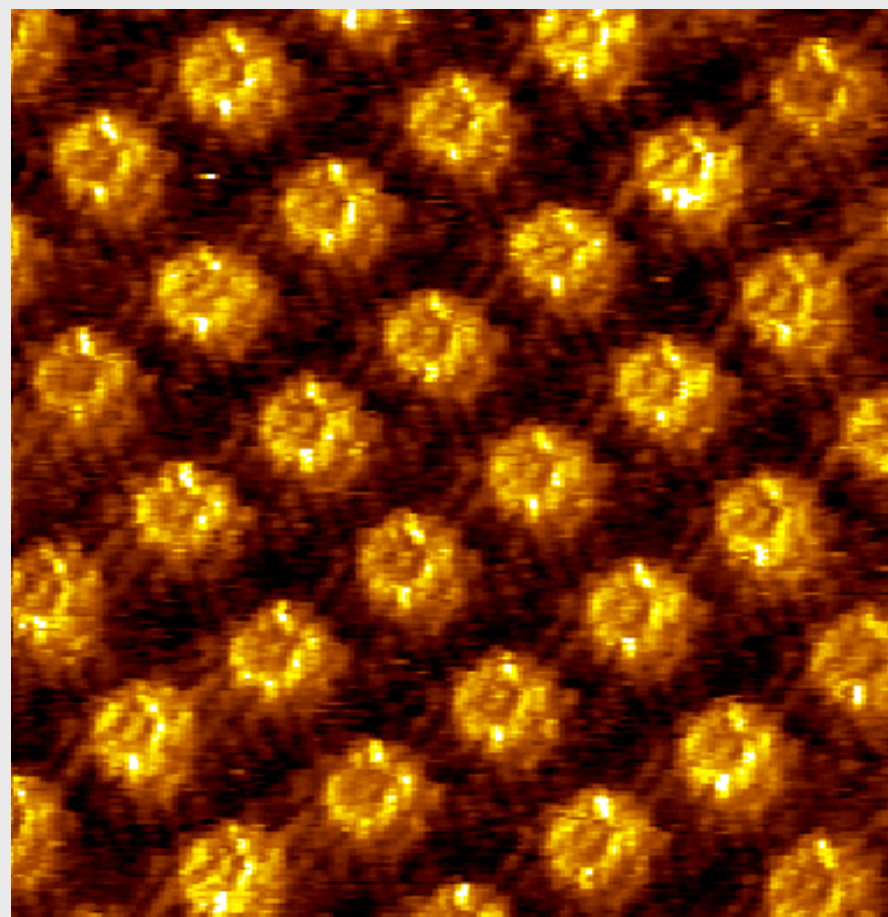
Преимущества

- нанесение из раствора
- возможность *in situ* наблюдений
- высокая оперативность
- разнообразие адсорбционных систем

Влияние подложки на структуру монослоев

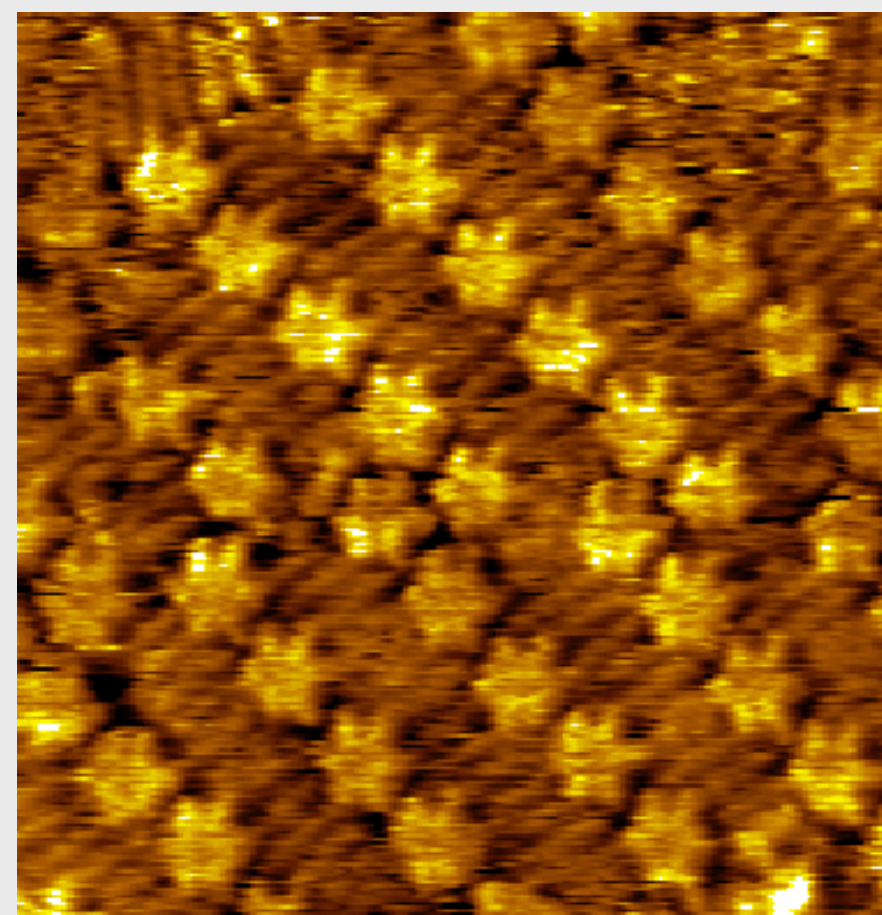


HBC-C₁₂ на графите



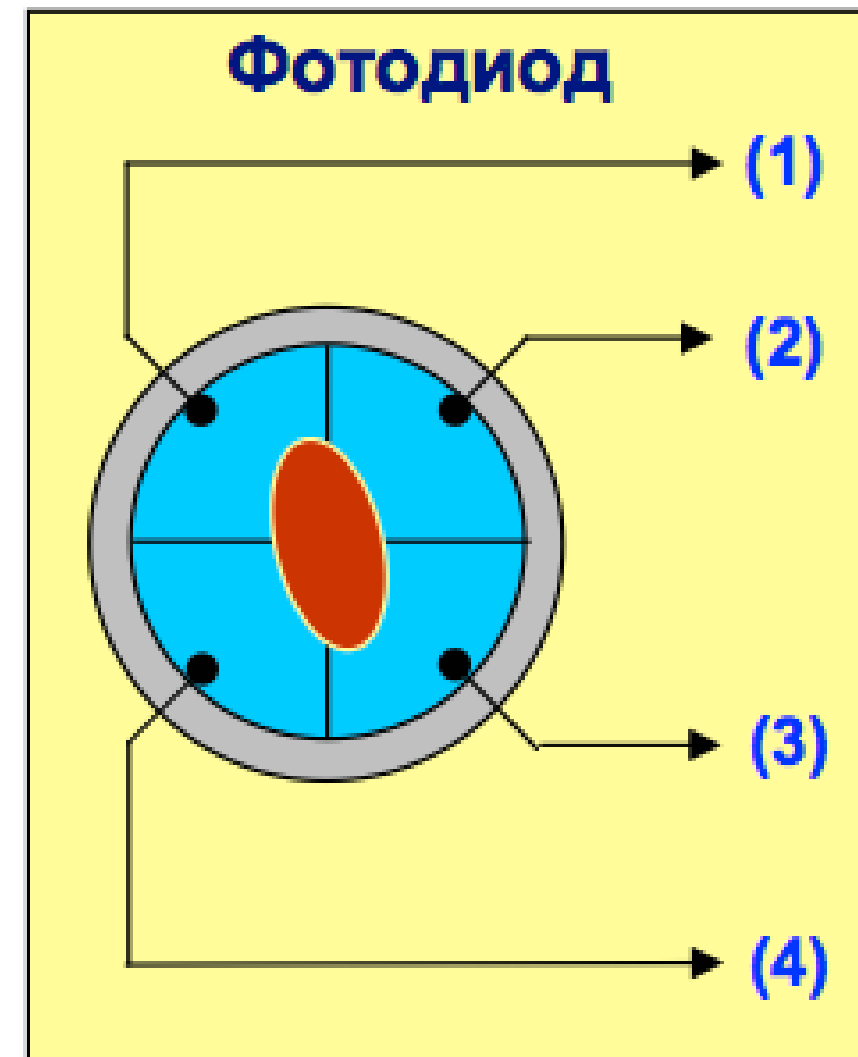
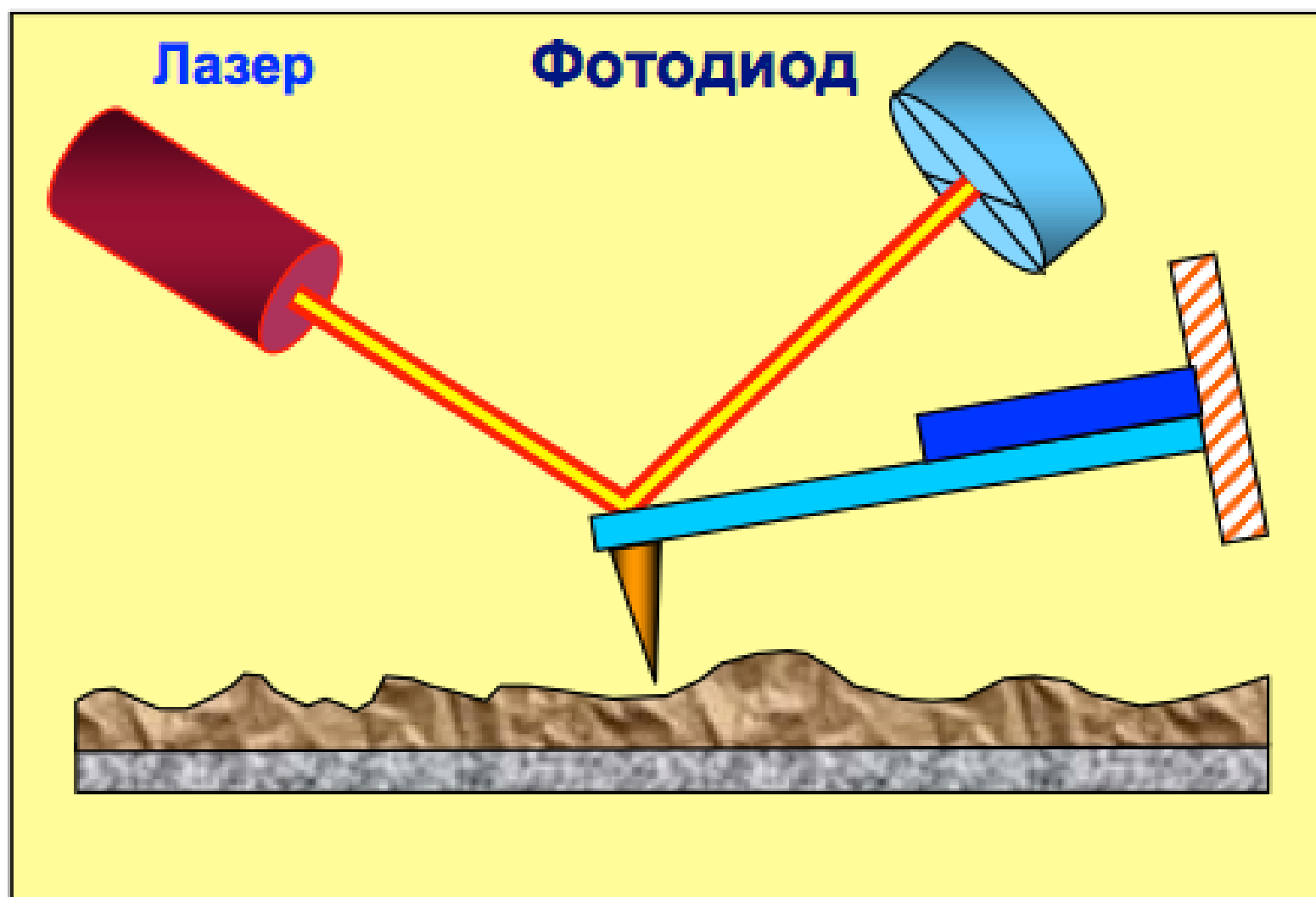
13×13 nm²

HBC-C₁₂ на Au(111)



16 ×16 nm²

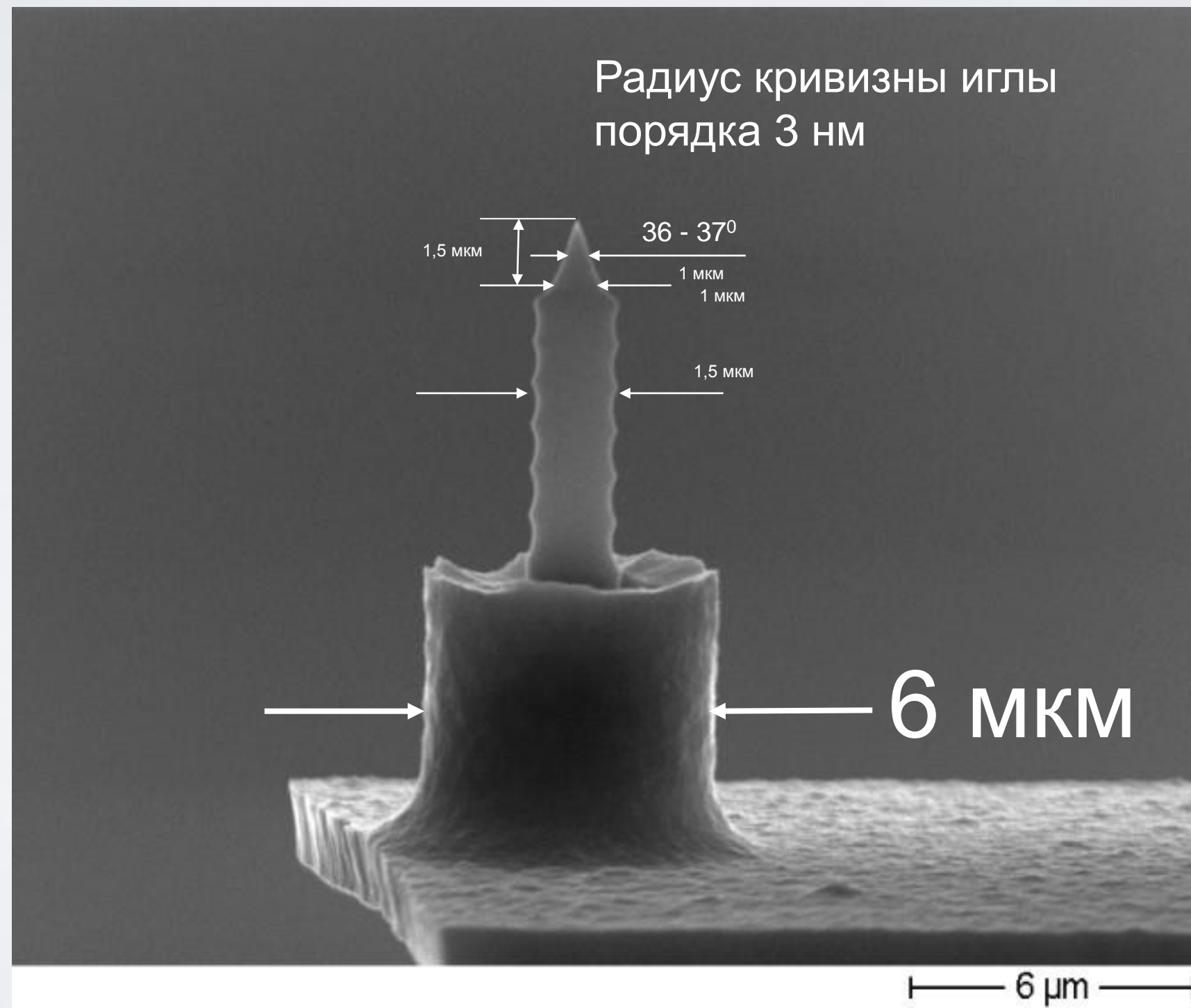
J. Am. Chem. Soc. 127, (2005)



Meyer G., Amer N.M. Erratum: novel optical approach to atomic force microscopy// Appl. Phys.

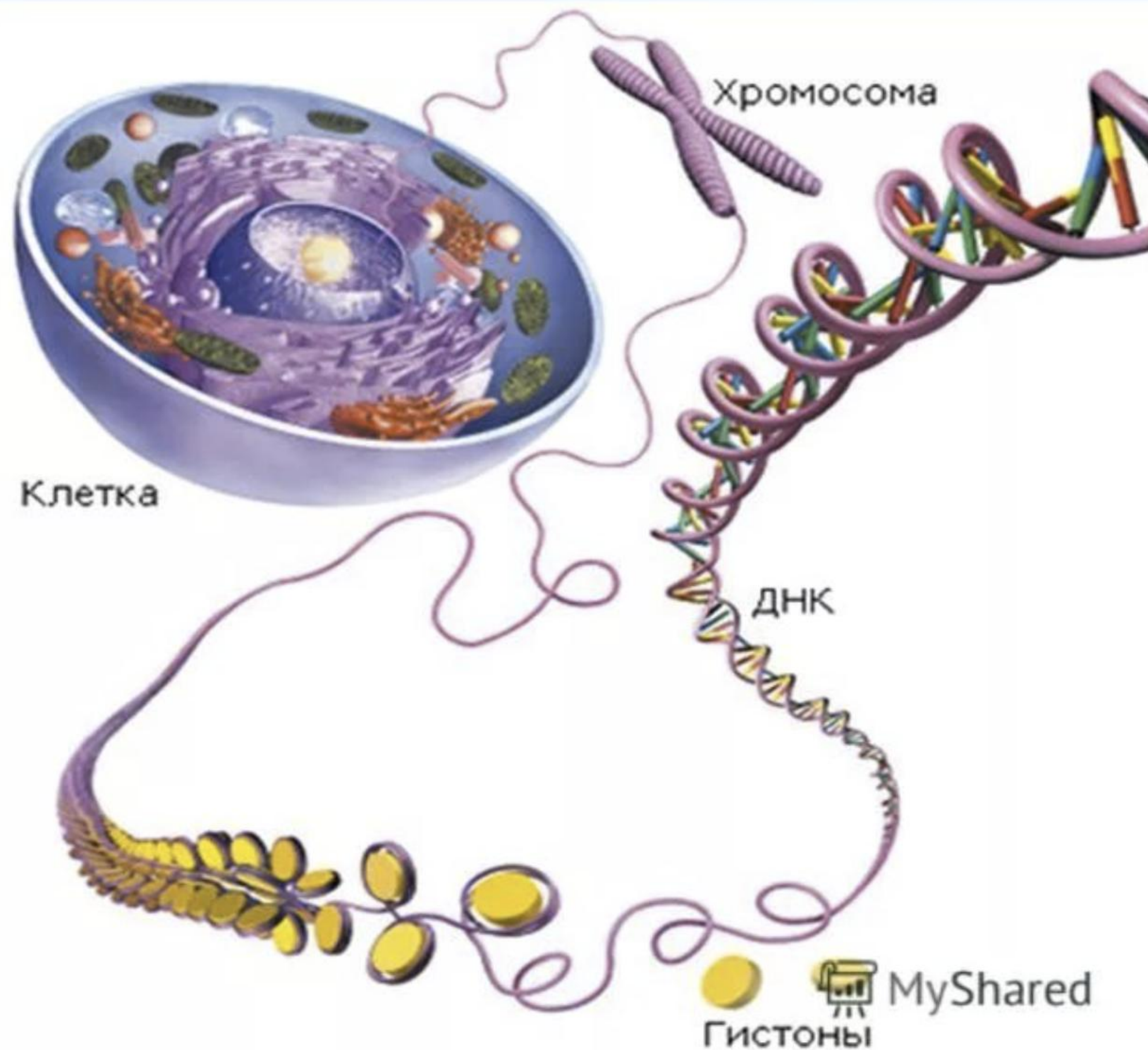
Lett. 53 (24), 2400-2402, (1988)

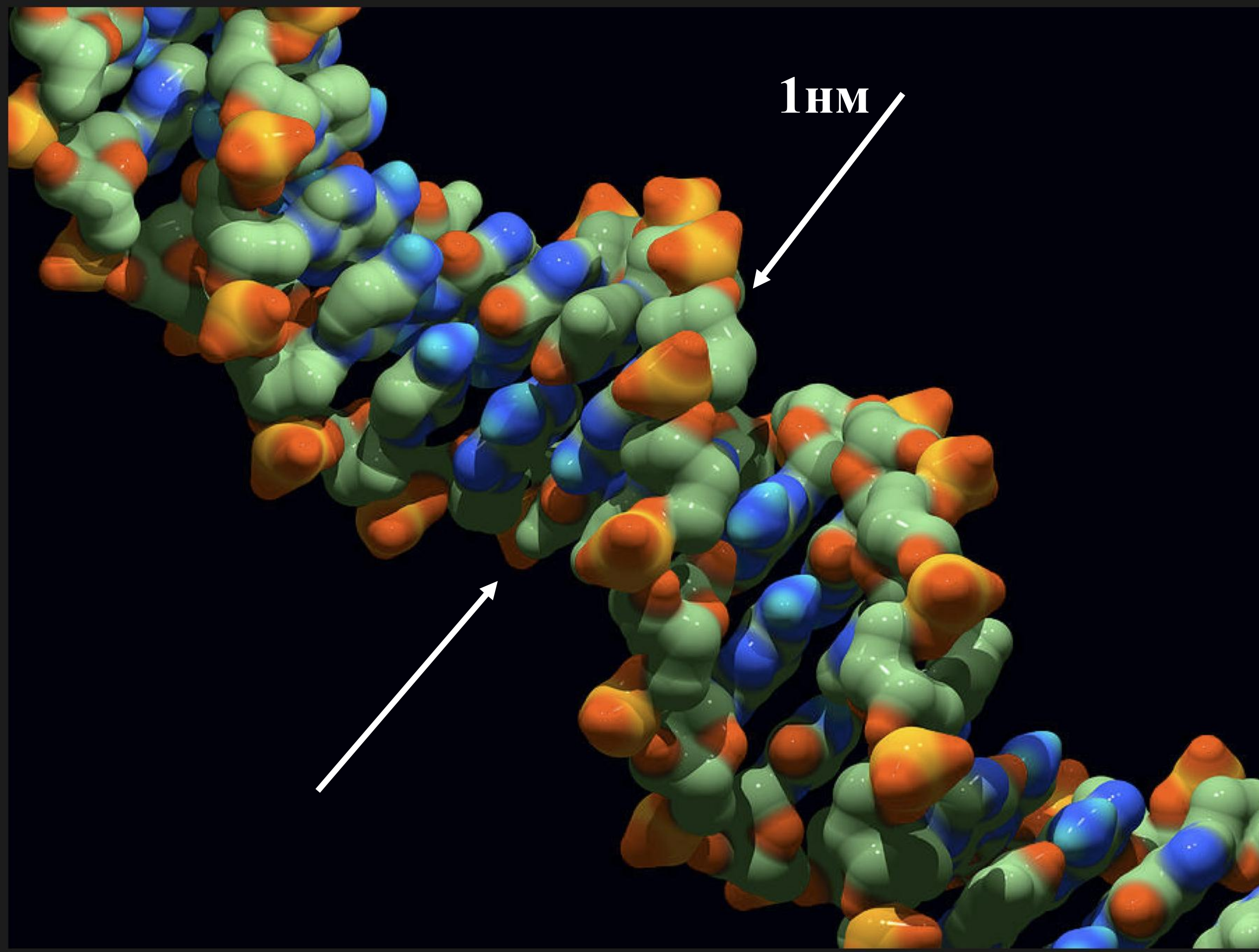
Кантилеверы нового типа – поликристаллическая балка и монокристаллическая игла, разброс резонансных частот – 5%



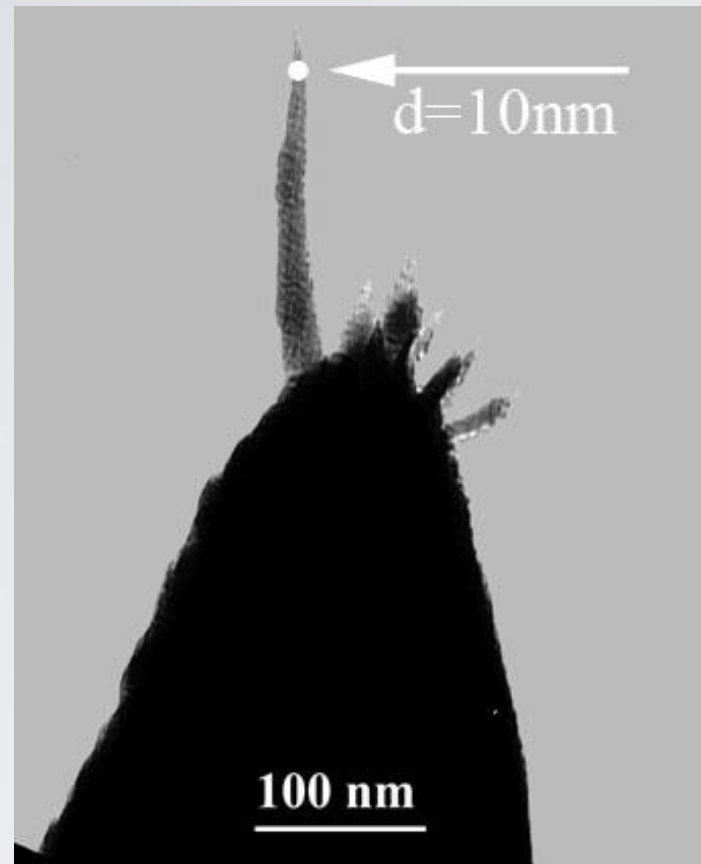
ДНК

находится в
ядре клетки

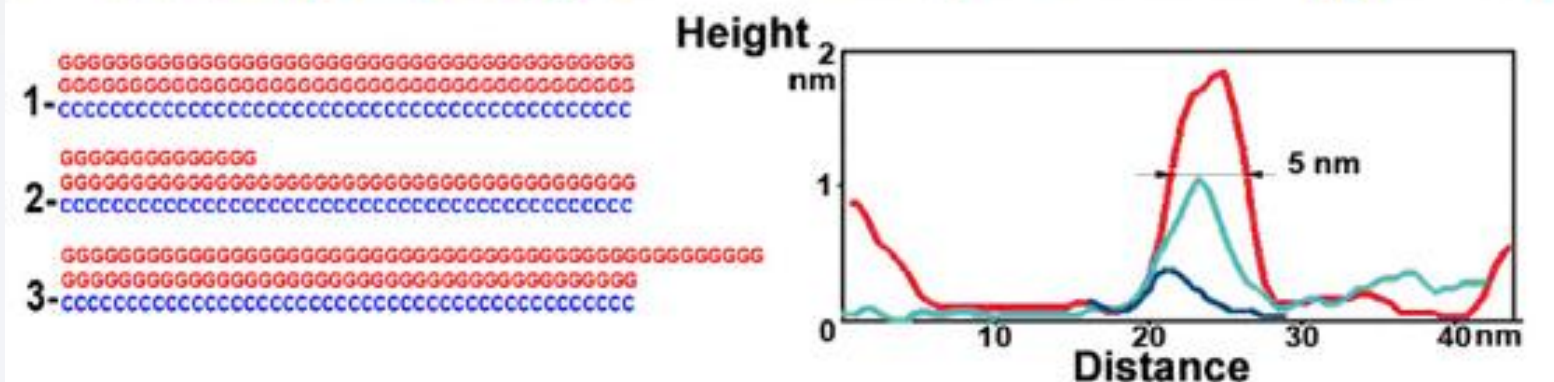
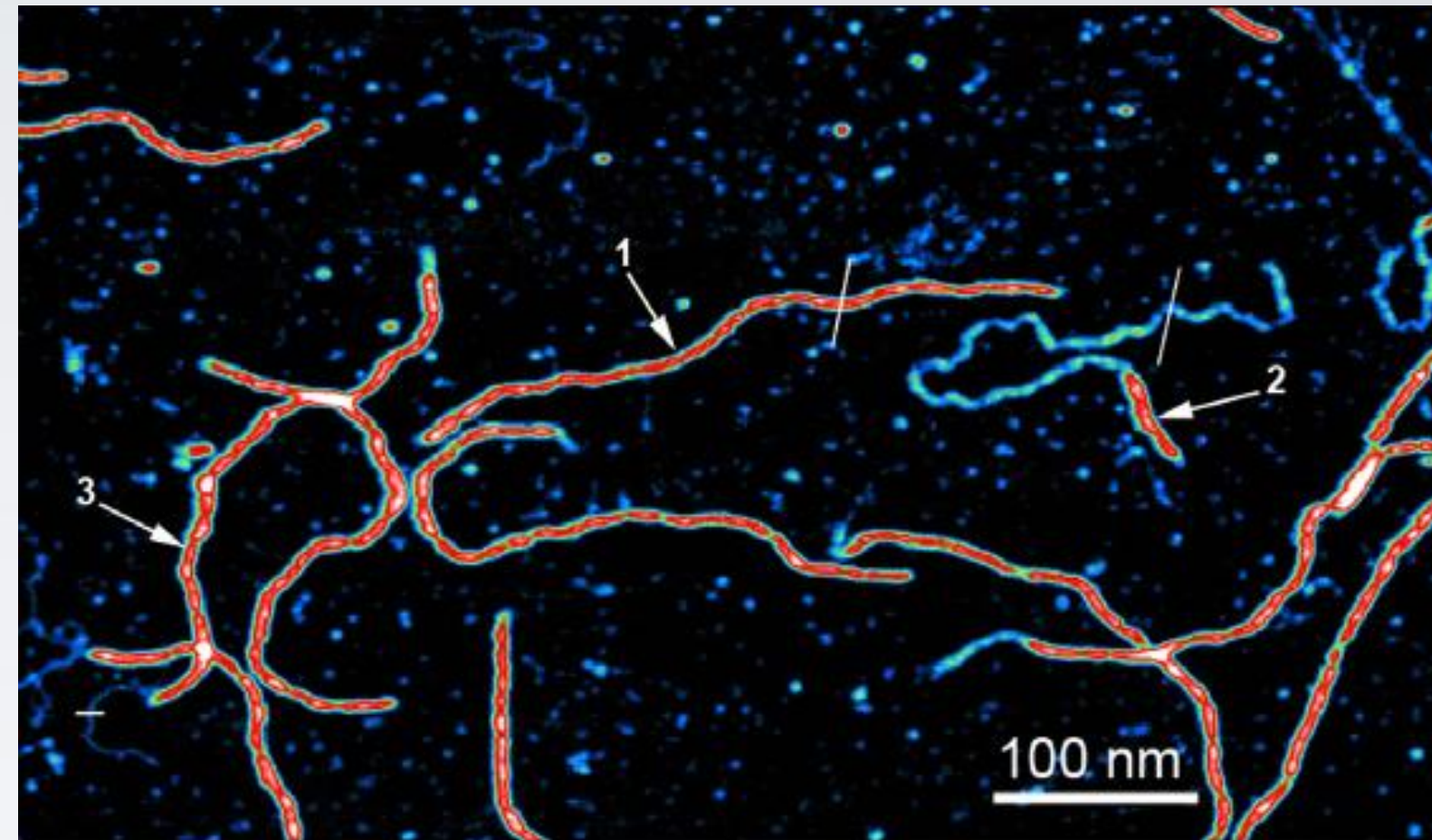




Фрагменты молекул ДНК

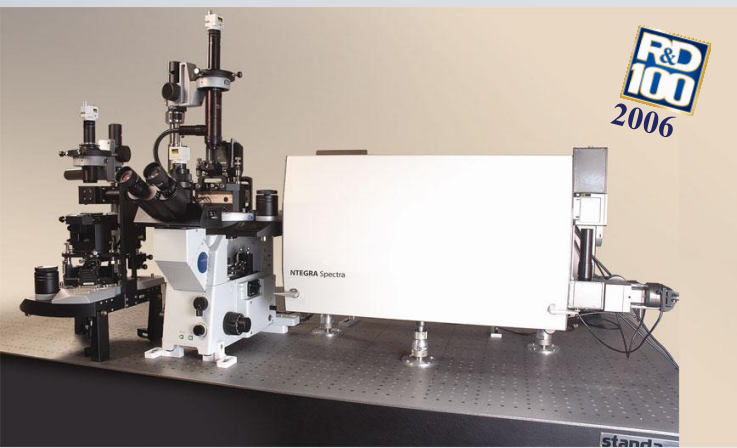


ПЭМ
изображение
АПУ-зонда

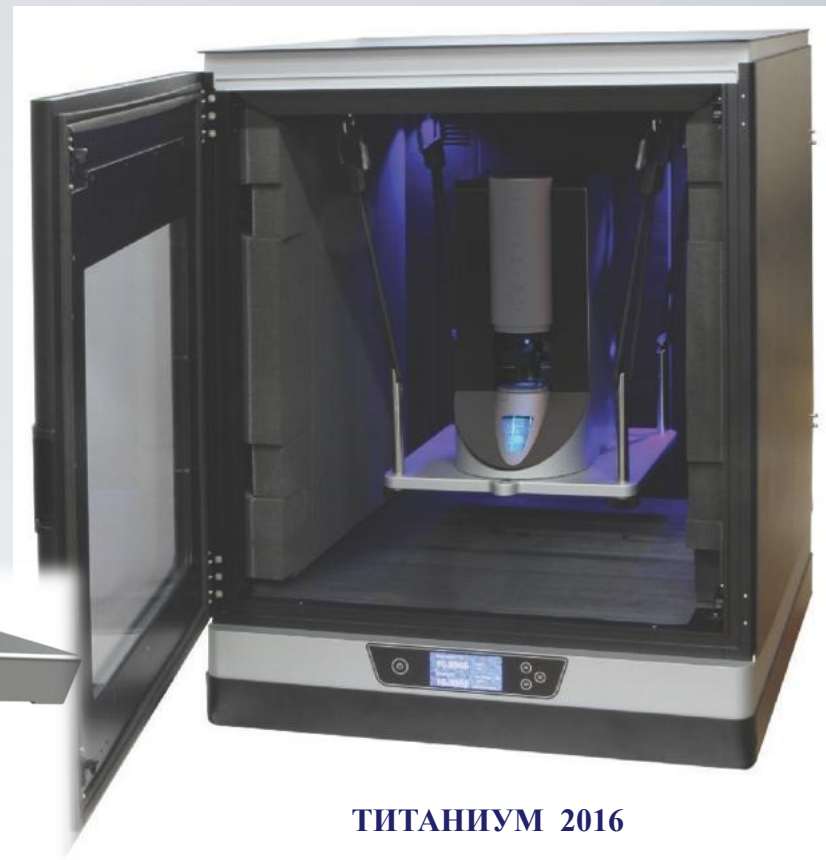


АСМ-изображение высокого разрешения триплекса ДНК poly(dG)–poly(dG)–poly(dC) (Dmitry Klinov¹, Benjamin Dwir¹, Eli Kapon¹, Natalia Borovok, Tatiana Molotsky and Alexander Kotlyar - Nanotechnology

Российские Коммерческие продукты НТ-МДТ сегодня

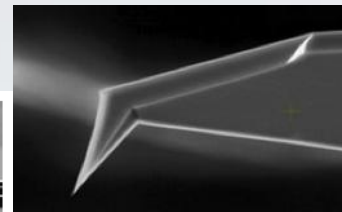
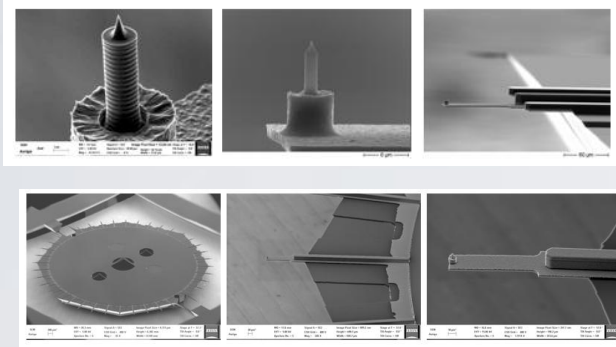


ИНТЕГРА-СПЕКТРА-4P 2016

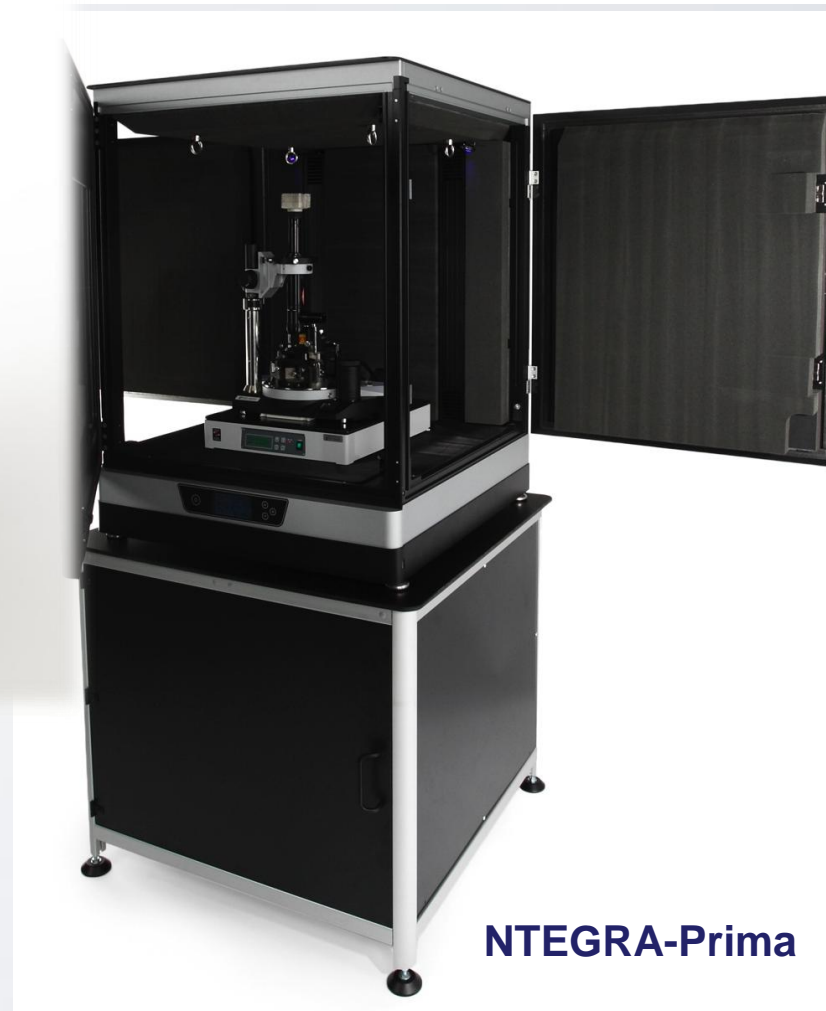
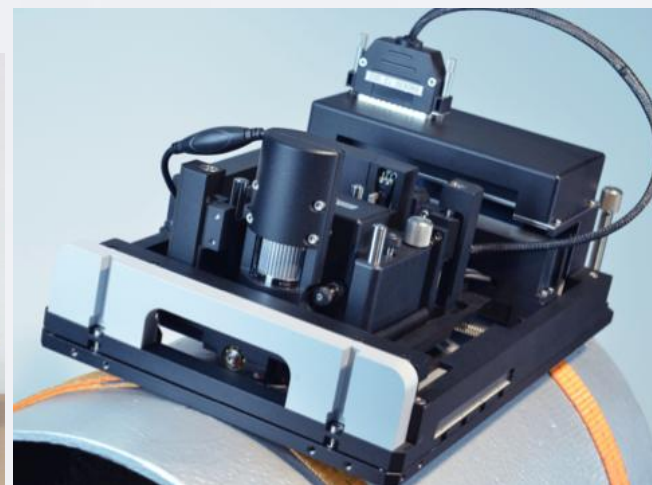


ТИТАНИУМ 2016

polySi-Technology, R_c - 3-5 nm



Новые типы кантилеверов (2015 -2016 г.г.)



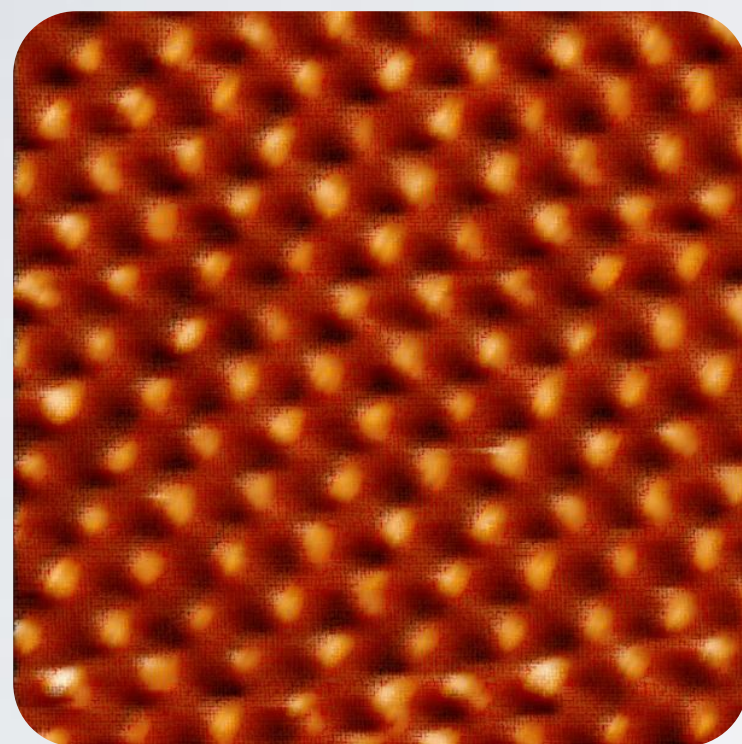
NTEGRA-Prima

Высокое разрешение, низкие шумы и дрейф, полный набор функций

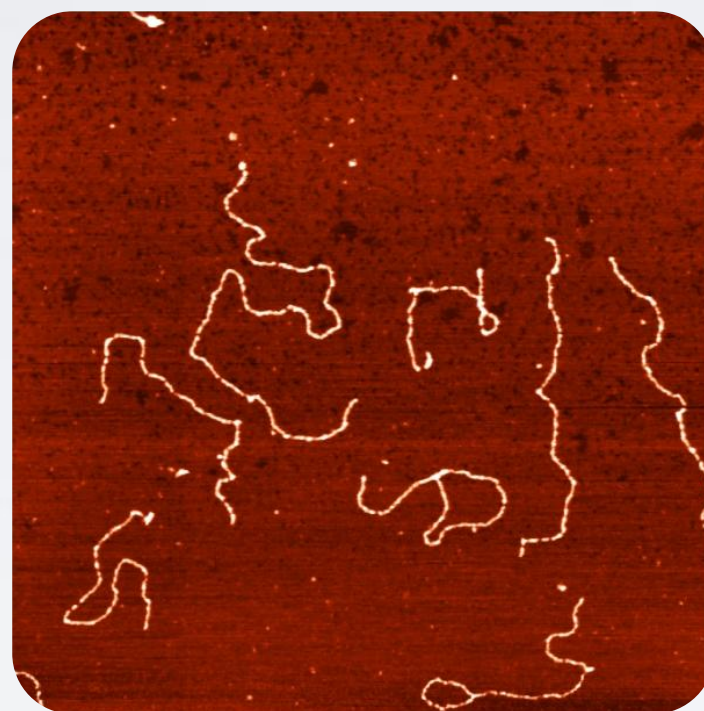
Improved Optical Beam Deflection Sensor **noise**
<25 fm/ $\sqrt{\text{Hz}}$

Improved Hi-Voltage **noise** **< 1mV/600V**

Time-proven capacitive sensors **Closed Loop**
noise: < 0.3 nm



3.5×3.5 nm
HOPG atomic resolution,
STM mode



1.5×1.5 μm
DNA on mica

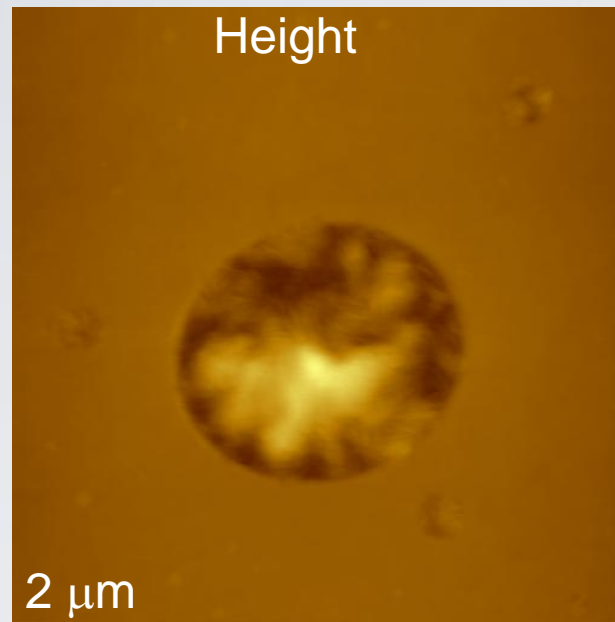


7×7 nm
Calcite atomic resolution,
AM-AFM in liquid

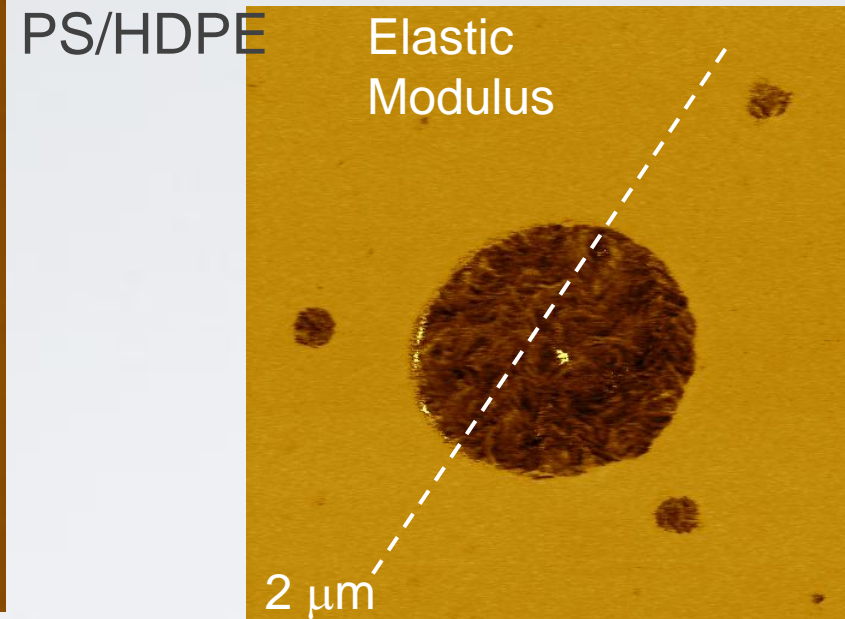
Calcite atomic resolution, AM-AFM in liquid, 800x800 points, scanning speed – 2Hz. NSG probe.

Probing of Local Mechanical Properties

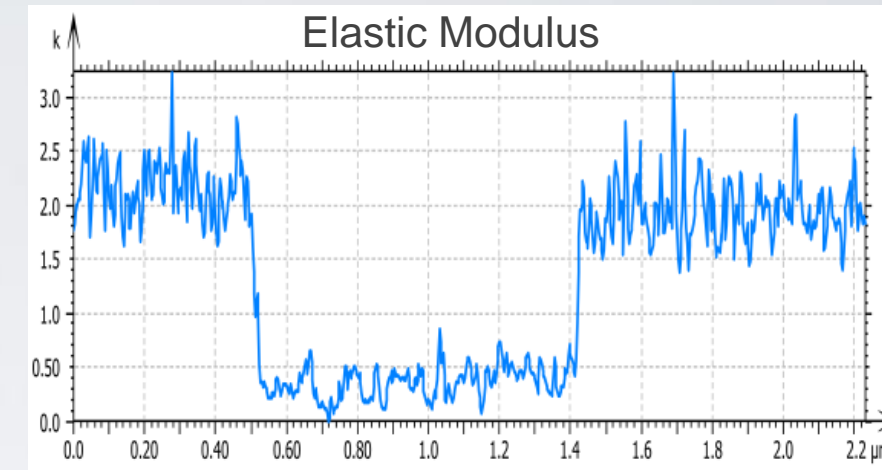
Quantitative Nanomechanical Measurements in Hybrid Mode



Полиэтилен высокой плотности



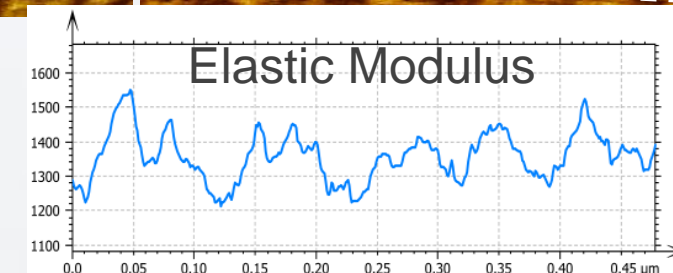
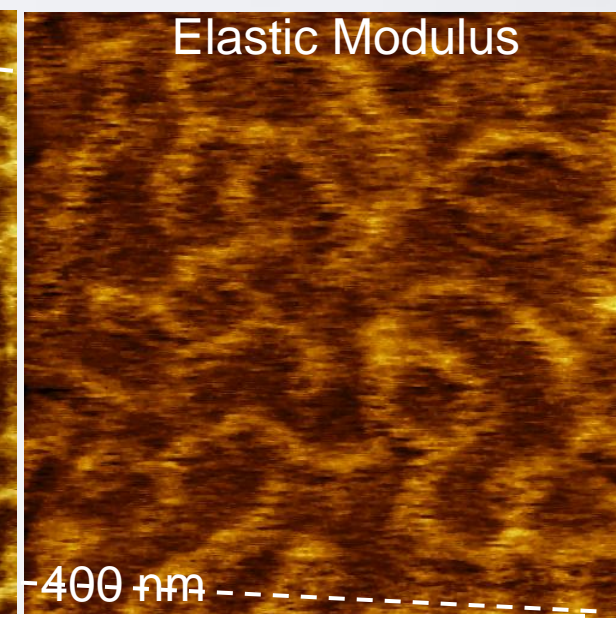
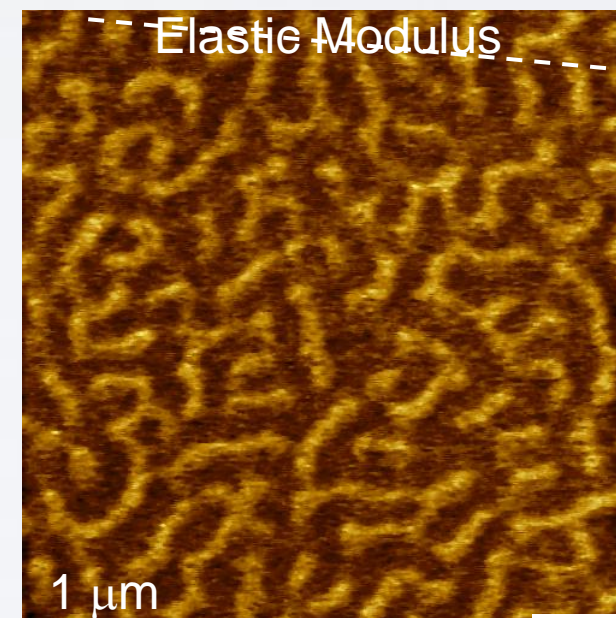
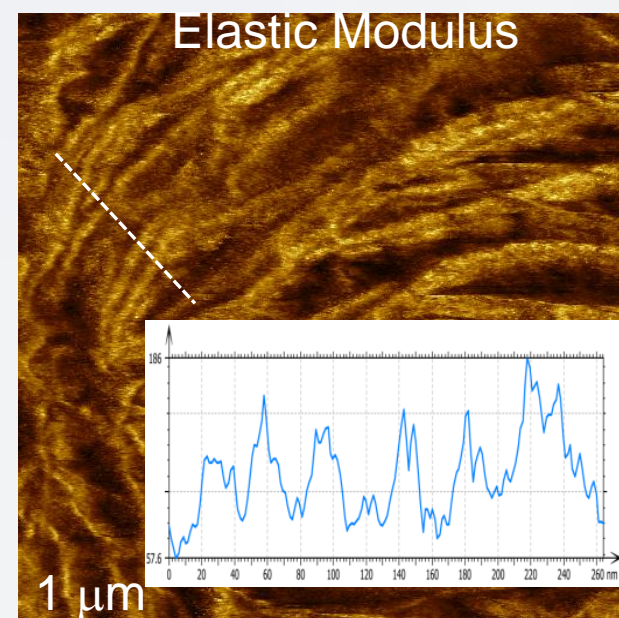
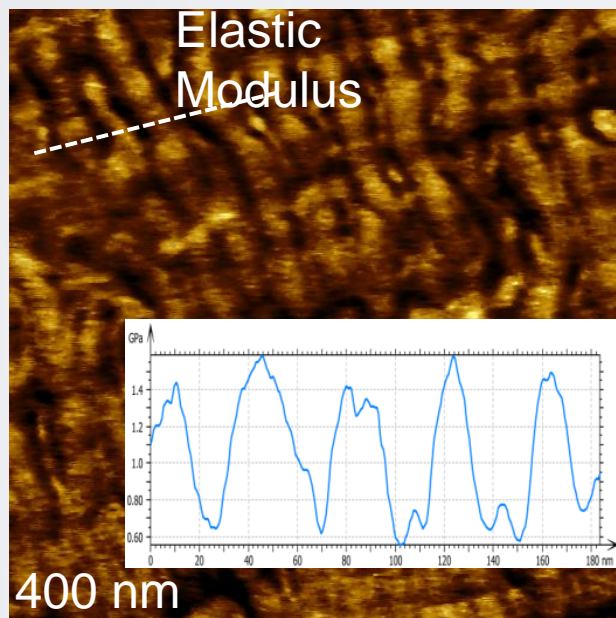
Полиэтилен низкой плотности



LLDP

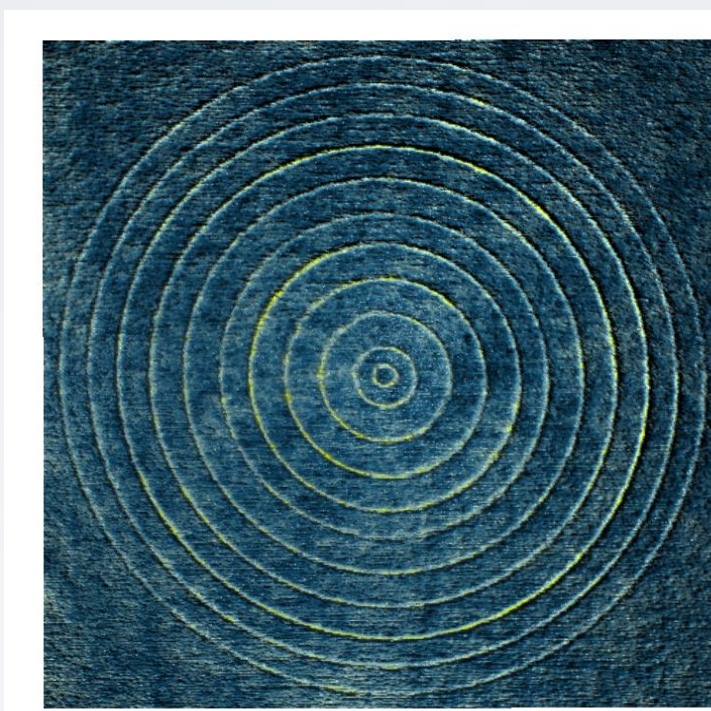
E

PS-b-PMMA

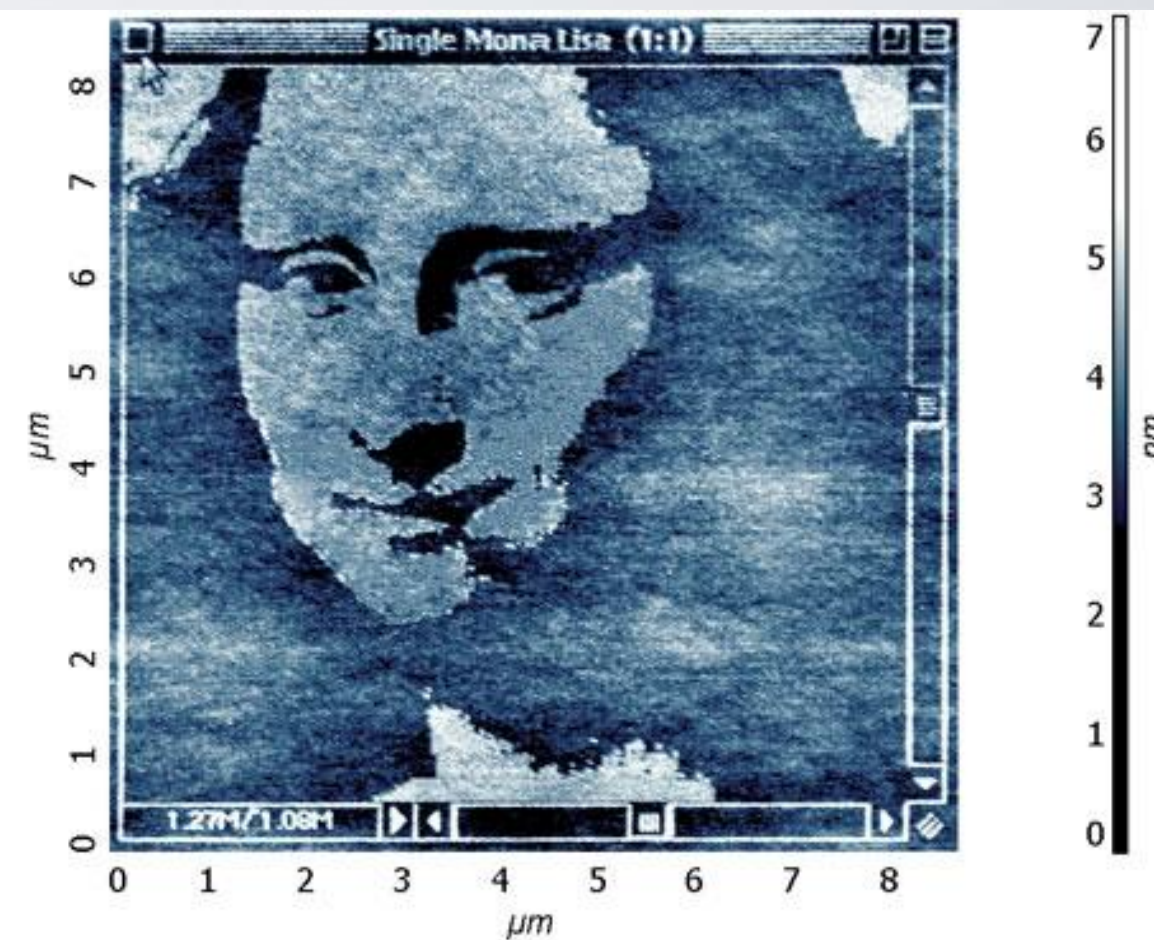


СЗМ литография

Локальное анодное окисление, TiO_2 на Ti



Токовая литография, 512*512 точек, оксид Ti на Ti , сканеры с емкостными датчиками на системе ИНТЕГРА



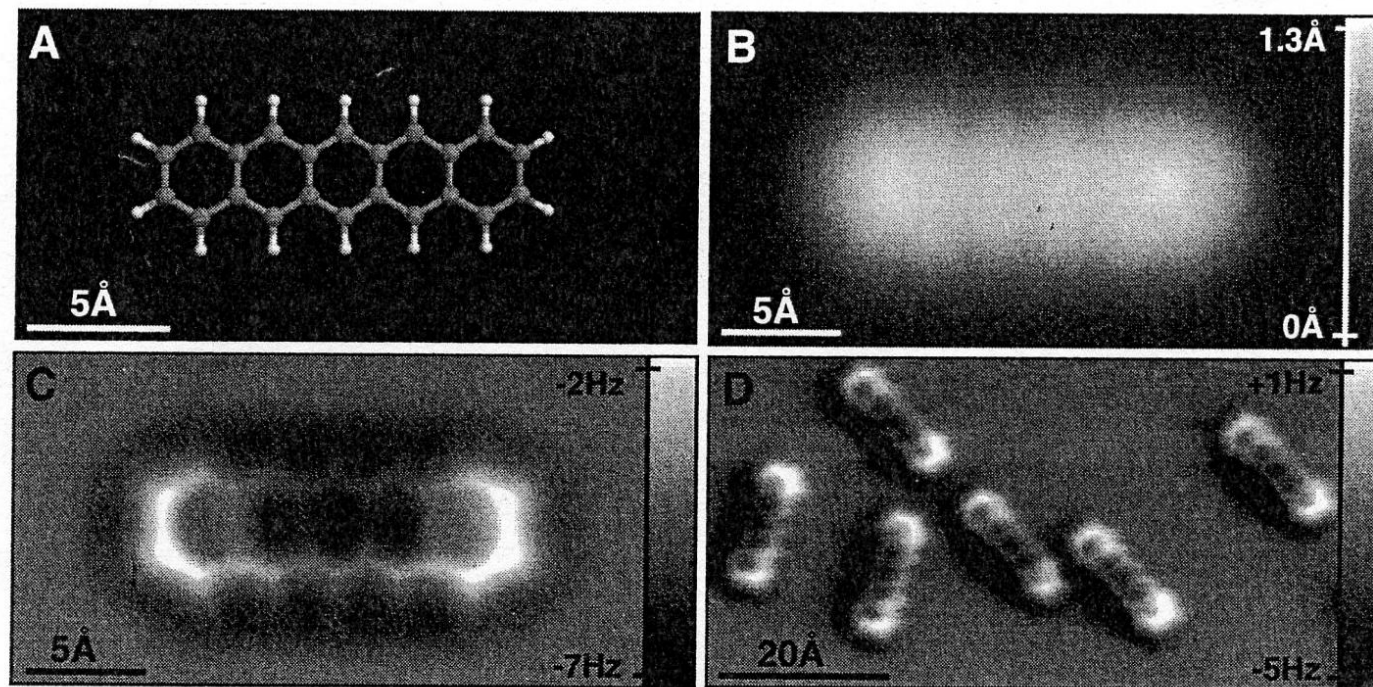


Fig. 1. STM and AFM imaging of pentacene on Cu(111). (A) Ball-and-stick model of the pentacene molecule. (B) Constant-current STM and (C and D) constant-height AFM images of pentacene acquired with a CO-modified tip. Imaging parameters are as follows: (B) set point $I = 110$ pA, $V = 170$ mV; (C) tip height $z = -0.1$ Å [with respect to the STM set point above Cu(111)], oscillation amplitude $A = 0.2$ Å; and (D) $z = 0.0$ Å, $A = 0.8$ Å. The asymmetry in the molecular imaging in (D) (showing a "shadow" only on the left side of the molecules) is probably caused by asymmetric adsorption geometry of the CO molecule at the tip apex.

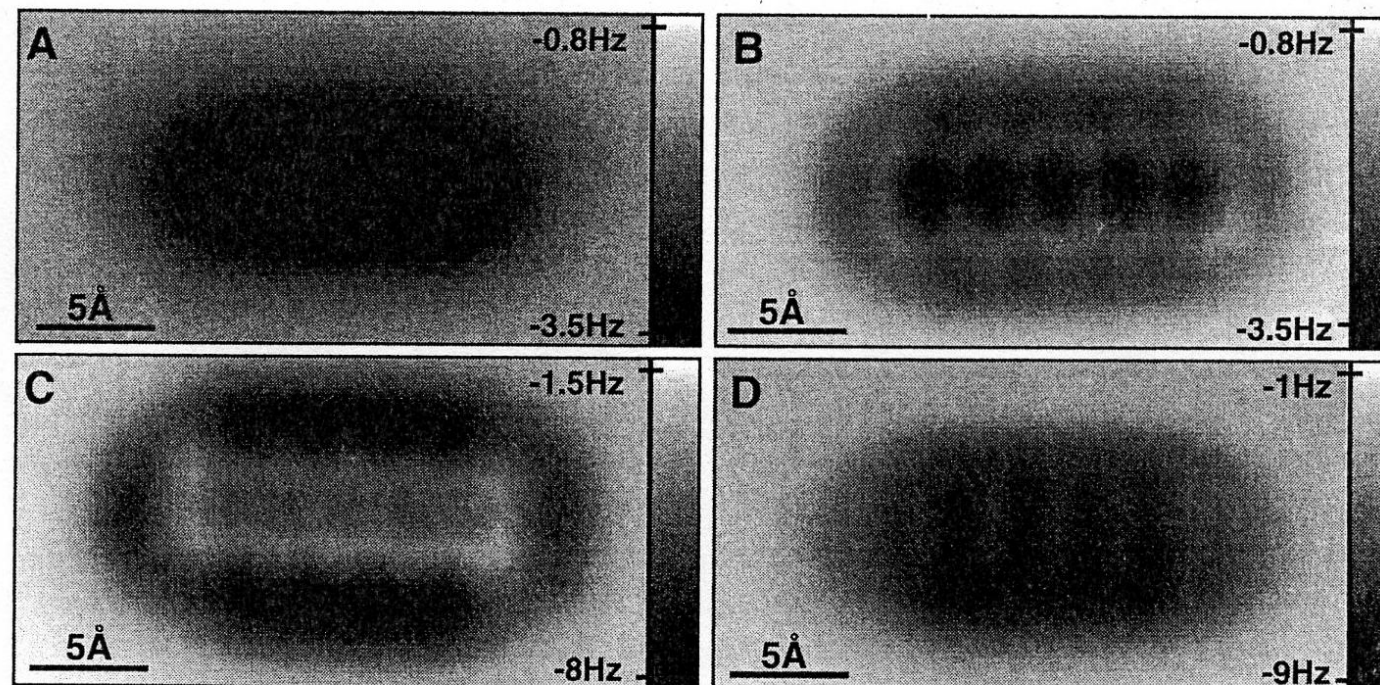


Fig. 2. Constant-height AFM images of pentacene on NaCl(2ML)/Cu(111) using different tip modifications (16). (A) Ag tip, $z = -0.7$ Å, $A = 0.6$ Å; (B) CO tip, $z = +1.3$ Å, $A = 0.7$ Å; (C) Cl tip, $z = -1.0$ Å, $A = 0.7$ Å; and (D) pentacene tip, $z = +0.6$ Å, $A = 0.5$ Å. The z values are given with respect to a STM set point of $I = 2$ pA, $V = 200$ mV above the NaCl(2 ML)/Cu(111) substrate.

The Chemical Structure of a Molecule Resolved by Atomic Force Microscopy

Leo Gross,^{1*} Fabian Mohn,¹ Nikolaj Moll,¹ Peter Liljeroth,^{1,2} Gerhard Meyer¹

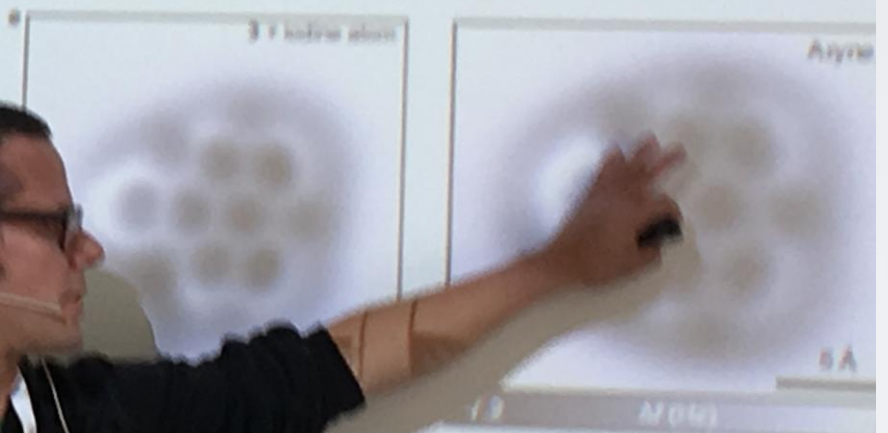
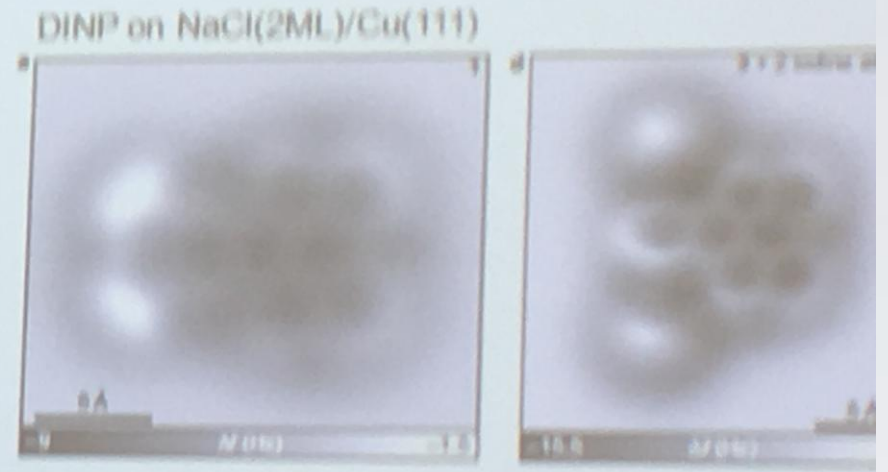
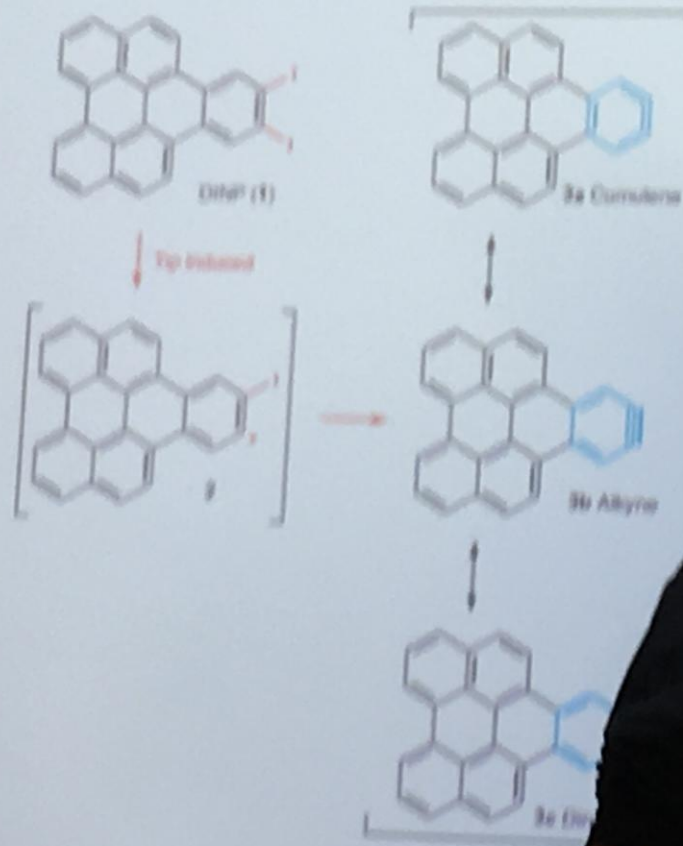
28 AUGUST 2009 VOL 325 SCIENCE

Сверхвысокий вакуум,
Низкая температура (5K),
Добротность кантилевера - 50000

Aryne generation and characterization

Objectives: Study reactive intermediates

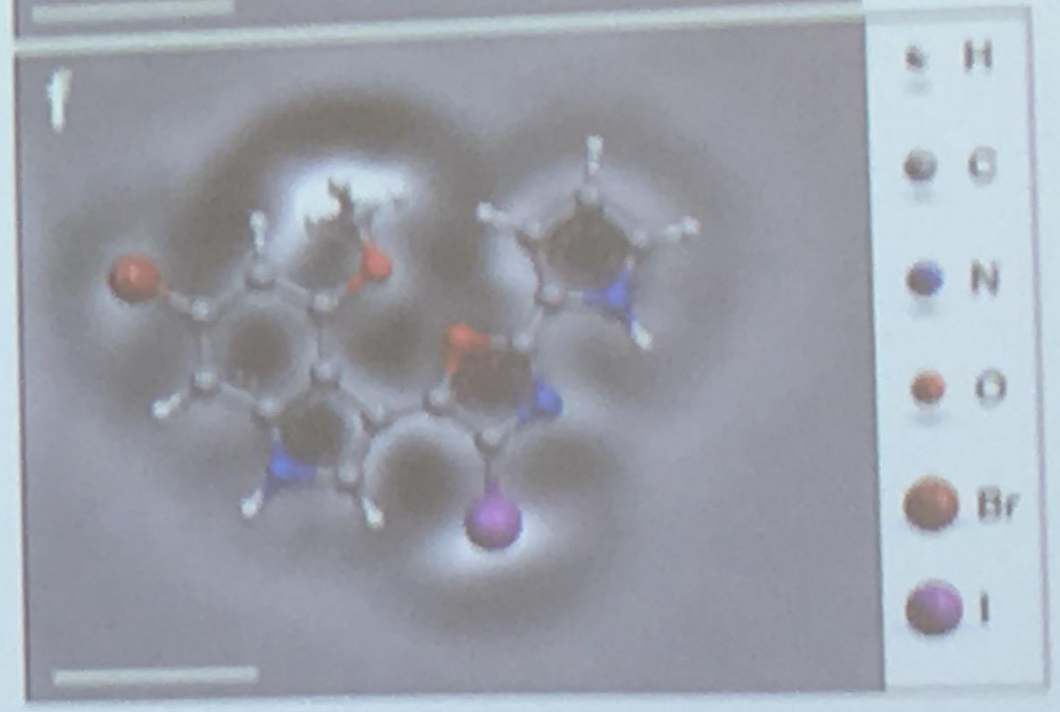
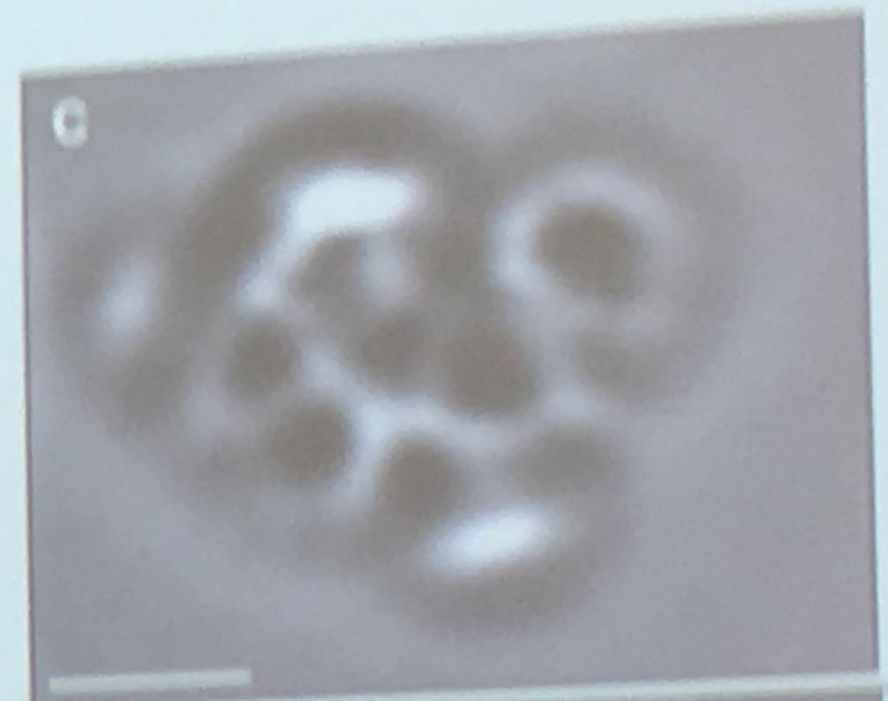
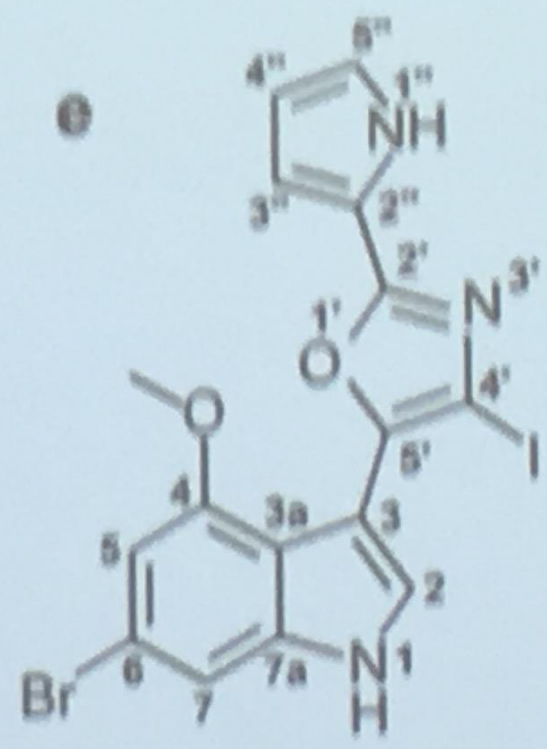
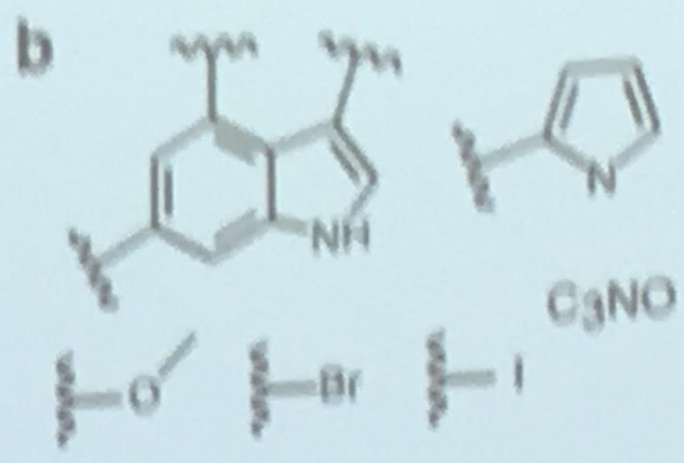
- Generation by atomic manipulation
- Bond order analysis
- Applications for on surface synthesis

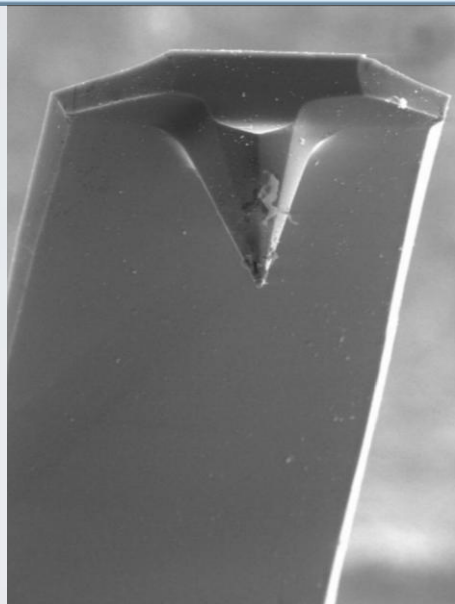
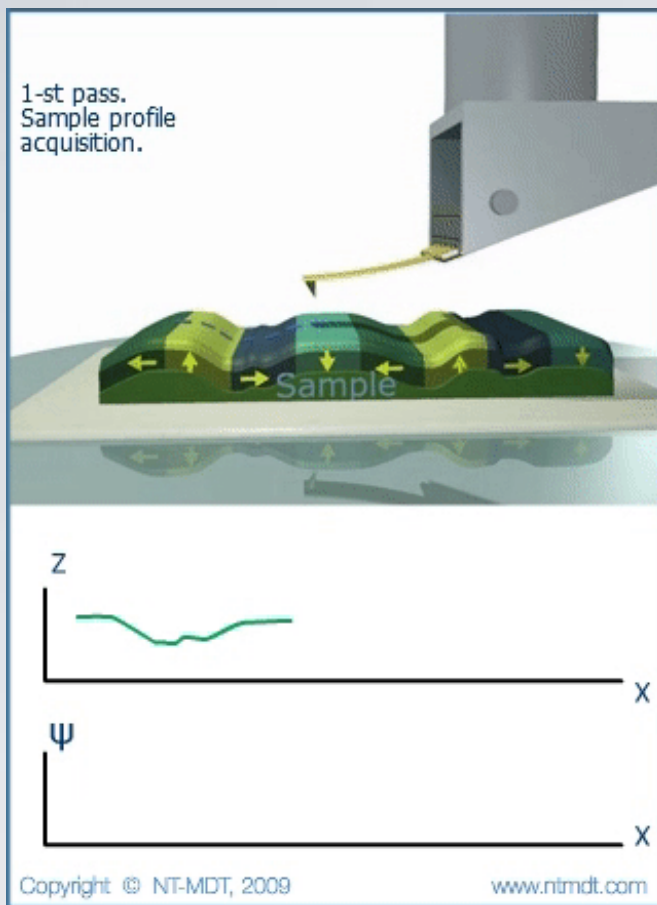


Aryne on NaCl(2ML)/Cu(111)
Generation by iodine dissociation
layer NaCl
removed for bond-order analysis

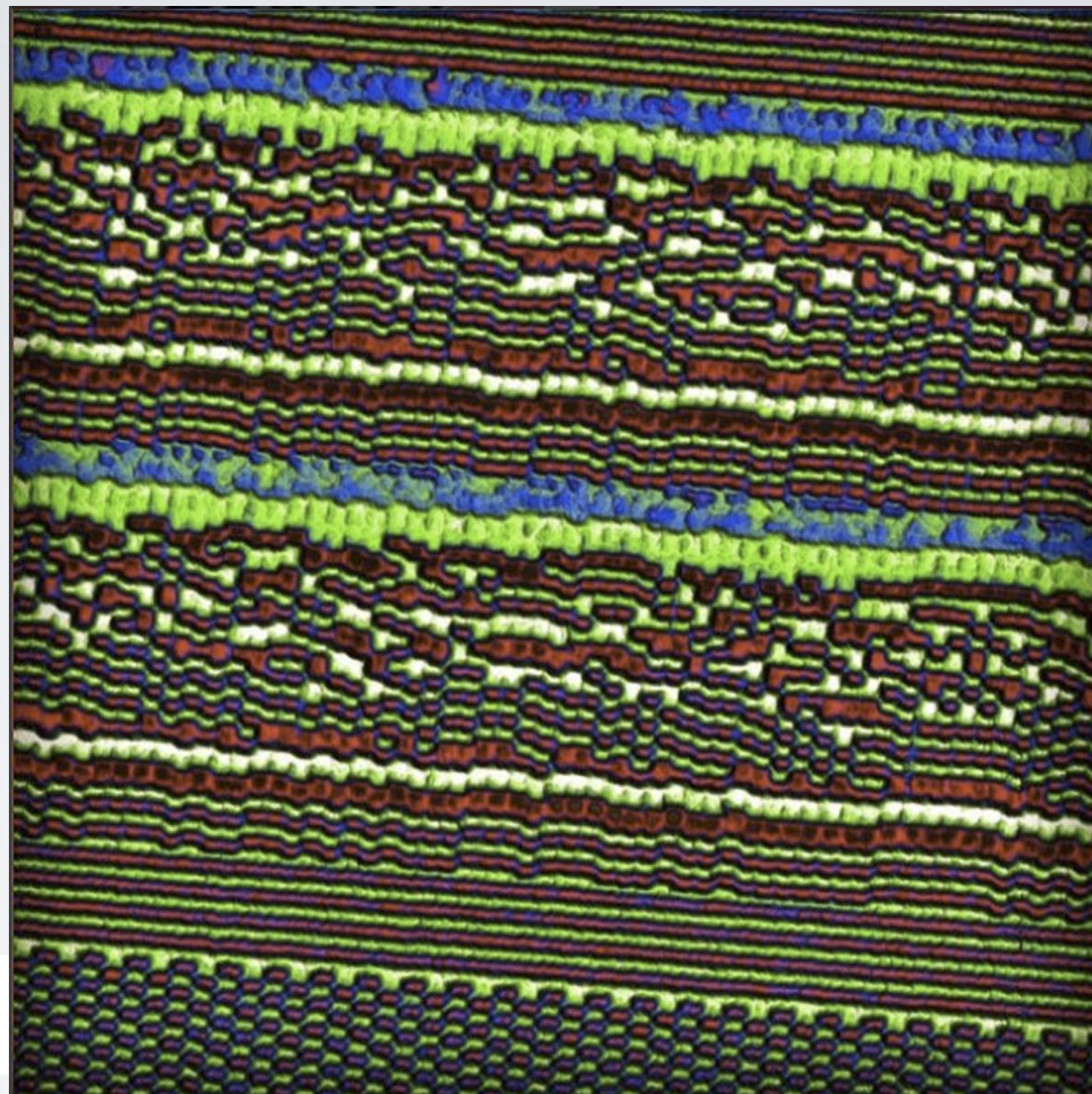
Breitfussin A

- Breitfussin A, a natural product assigned with the help of AFM (and NMR, MS, DFT)
- Six different atom species (B, I and CH₃ can be distinguished by AFM)
- New unexpected class of molecular structure
- Structure could not be solved without AFM





Зондовый датчик
для МСМ с ферро
магнитным покрытием
Co/Fe



МСМ изображение серво-сектора

*Шаг съема данных 10 нм, А.Калинин,
НТ-МДТ, январь 2016, NTEGRA-Prima*

24 отметок «Нравится»

7 нед.

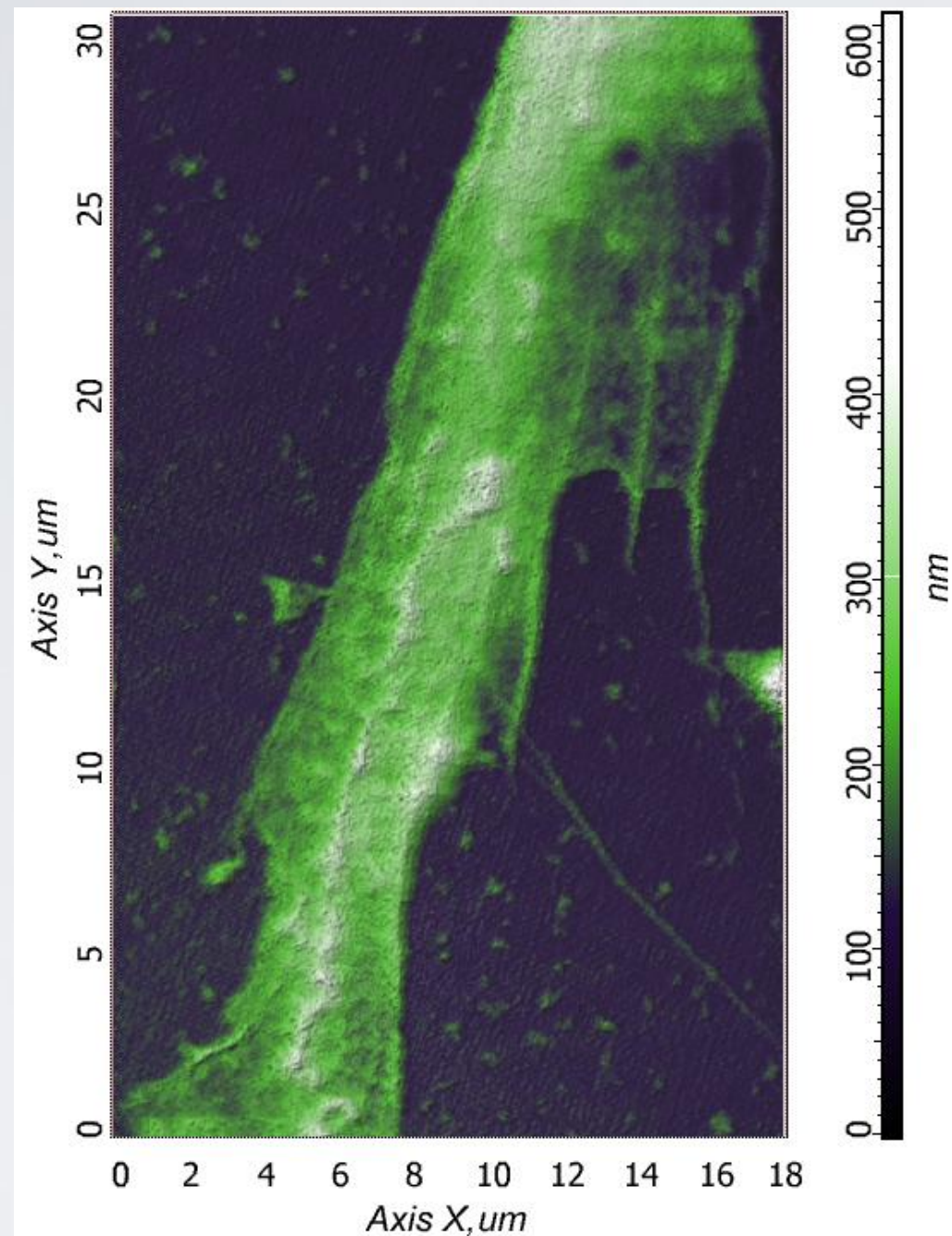
ntmdt #MFM image of 1TB #harddrive
fragment captured by #ntmdt NA_FM/CoFe
magnetic #afm probe demonstrating 30 nm
lateral resolution in air. #scan size: 10x10
um. Image courtesy: Arseny Kalinin.
#nanotechnology #нанотехнологии
#microscope #microscopy #science
#datastorage #НТМДТ
#atomicforcemicroscopy
fancy_corpse 😍😍😍😍

Войдите, чтобы поставить
«Нравится» или
прокомментировать.

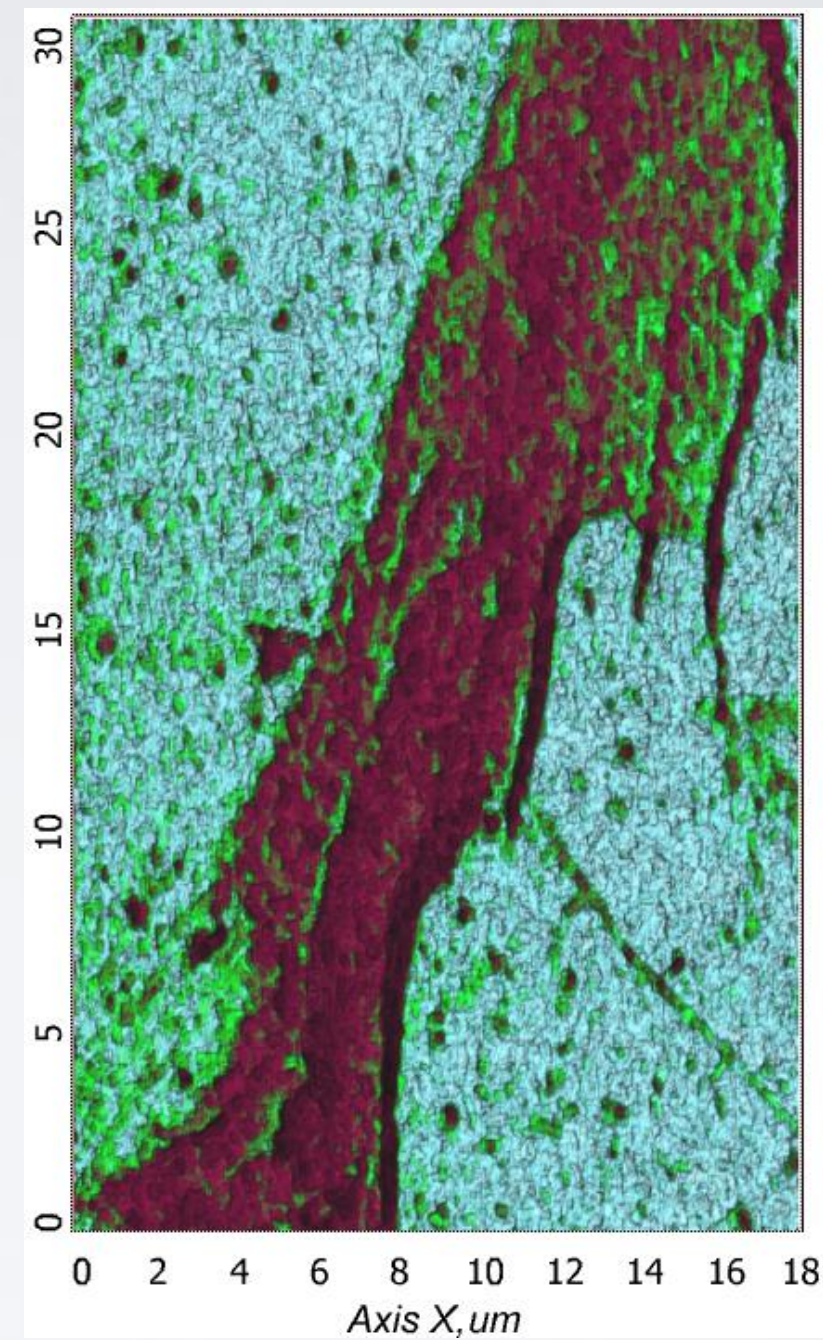
...

ЖИВЫЕ стволковые клетки

Рельеф

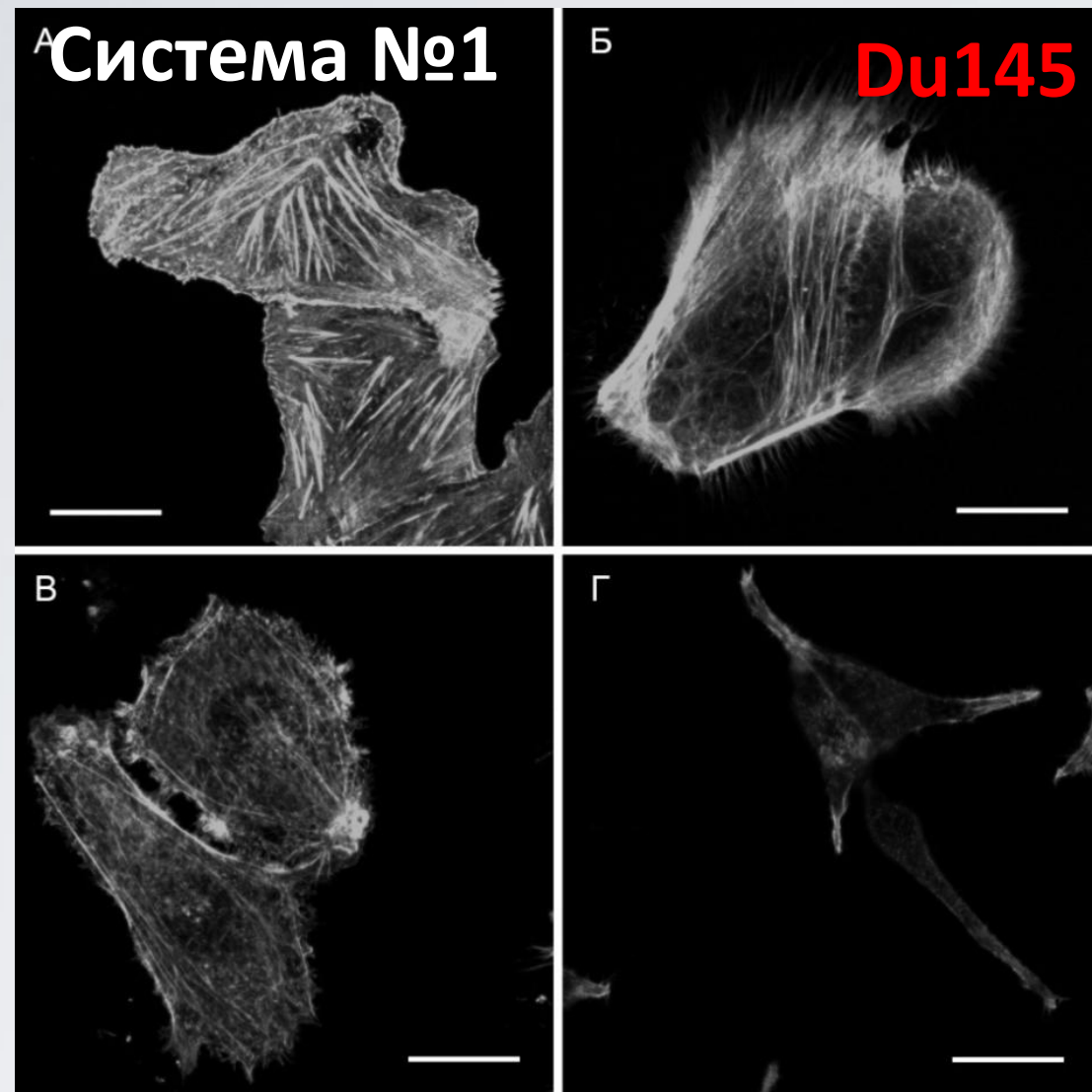


Жесткость

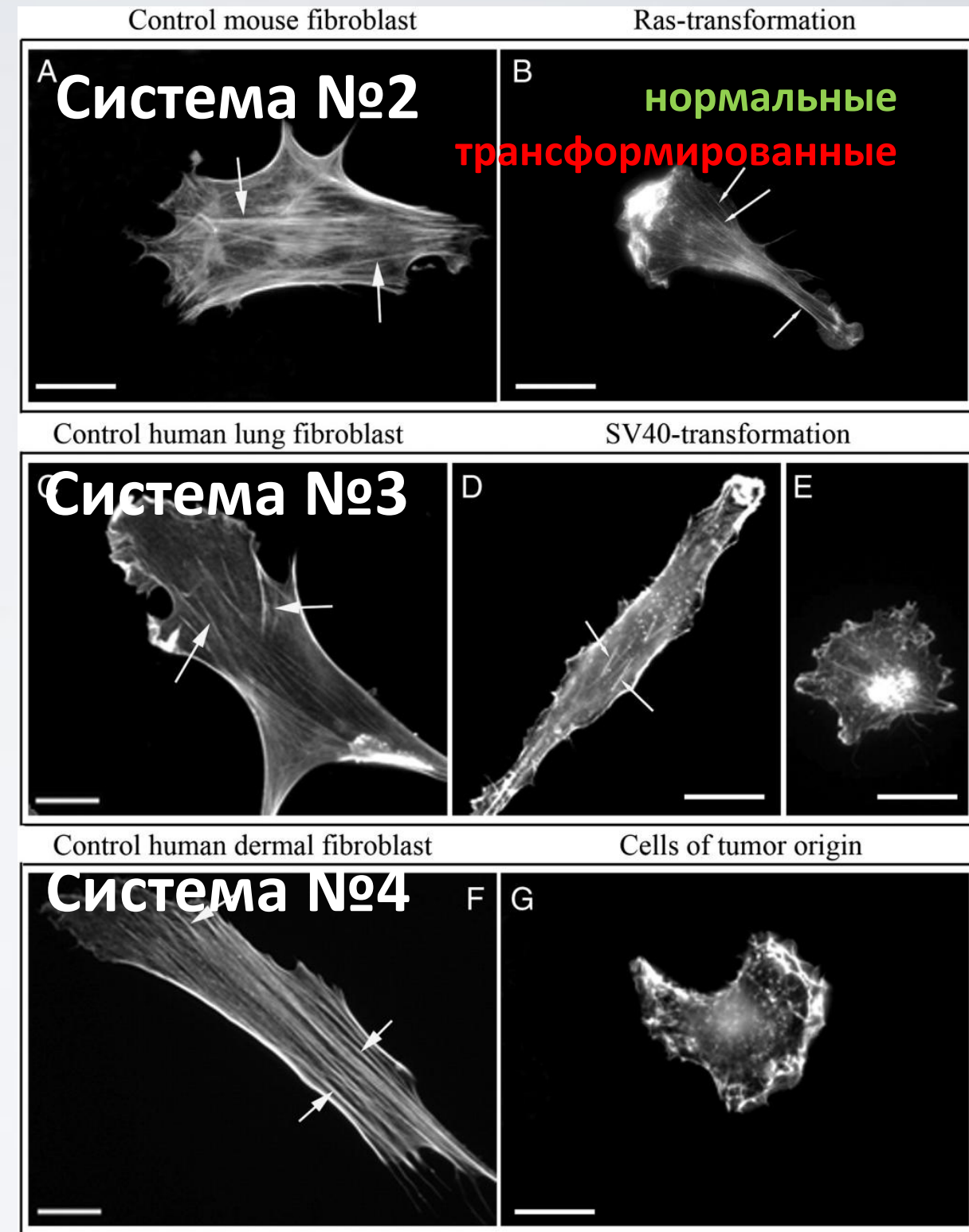


Массив данных из 180x300 силовых кривых позволяет построить карту жесткости образца (справа) и изображение его рельефа (слева)

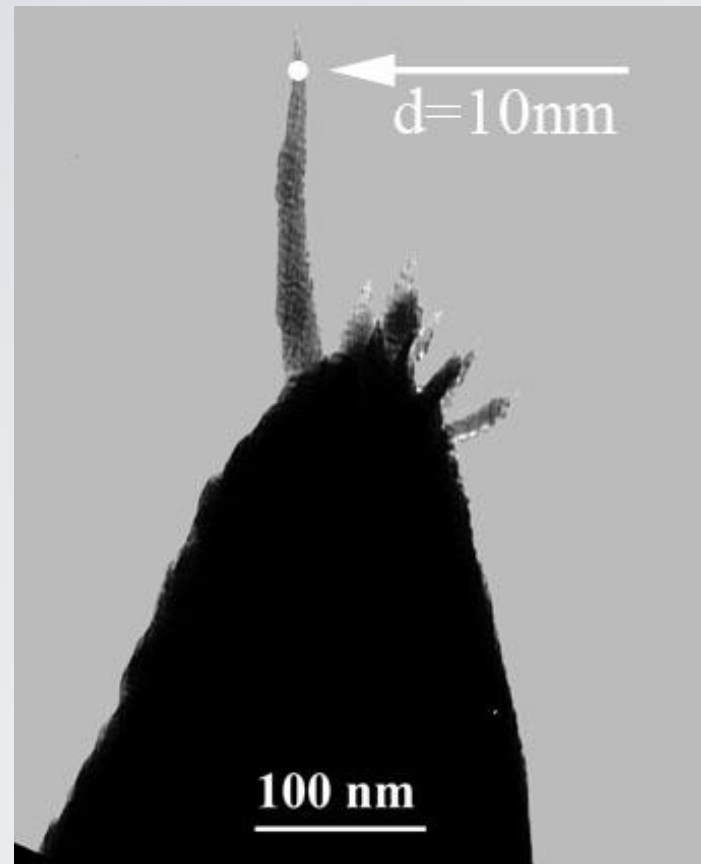
Изменение структуры актинового цитоскелета опухолевых клеток



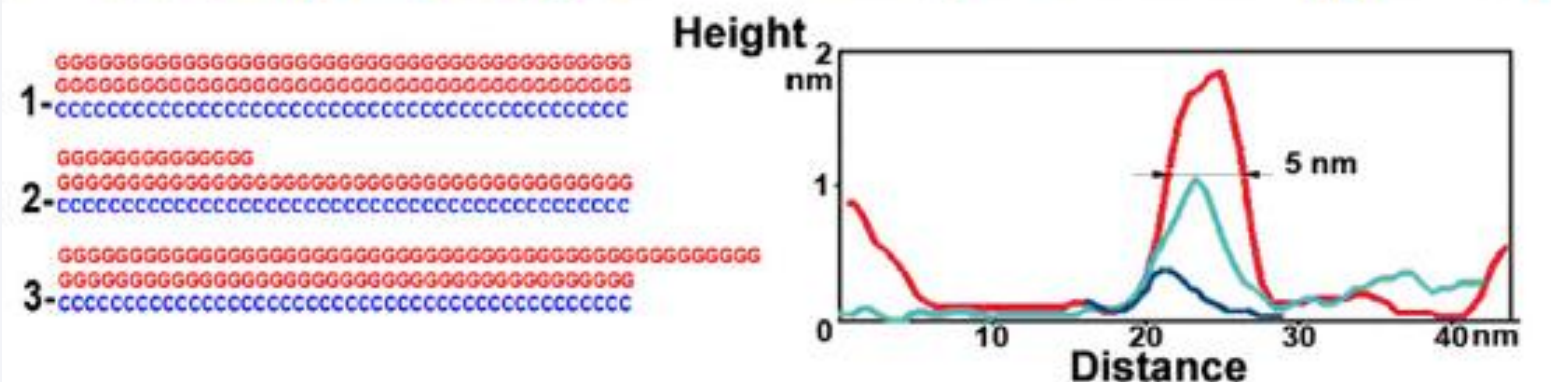
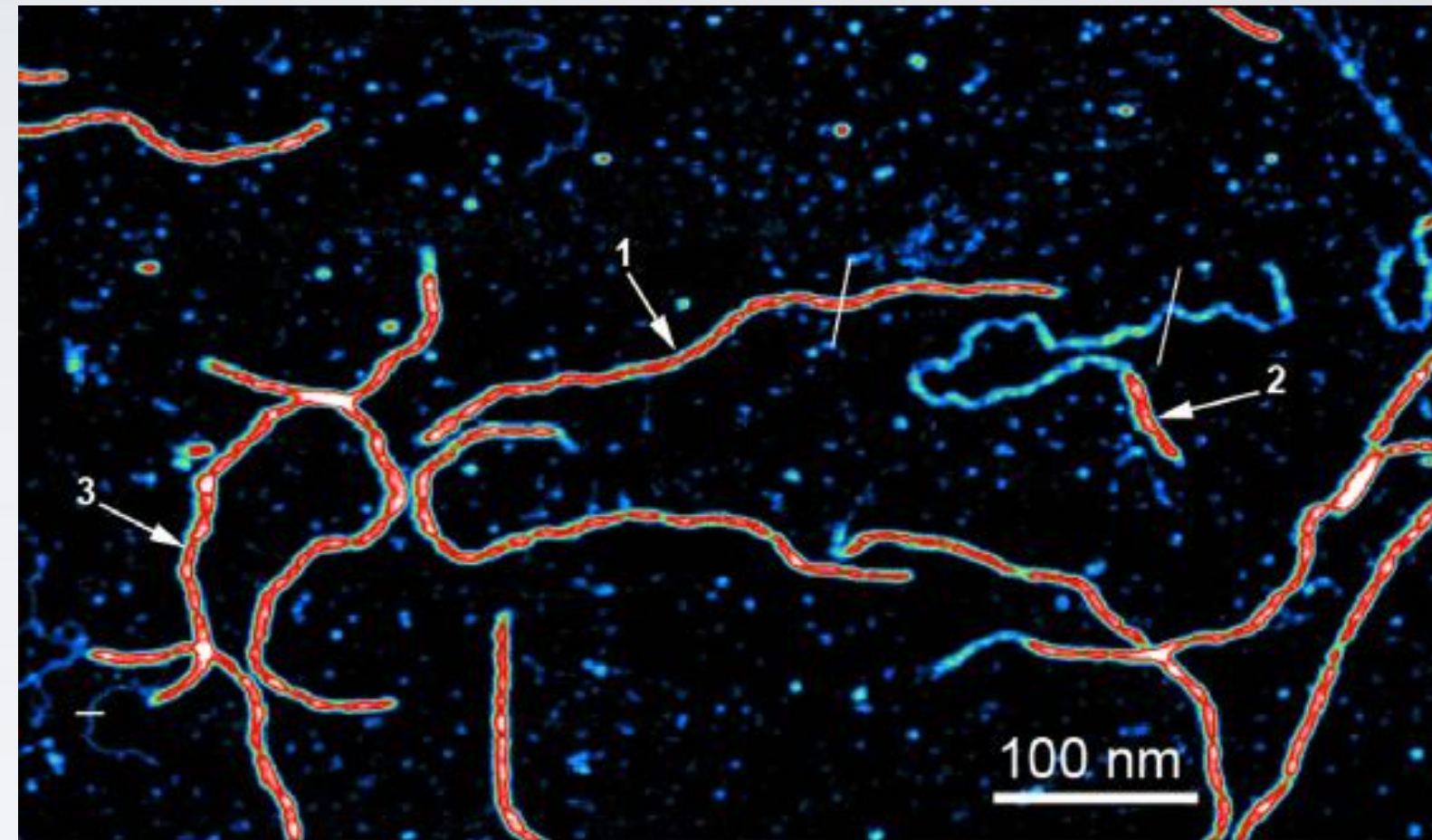
У опухолевых клеток, в отличие от нормальных, наблюдается менее развитая и более хаотичная сеть актиновых филаментов; стресс-фибриллы менее развиты, частично или полностью отсутствуют



Молекулы ДНК



ПЭМ
изображение
АПУ-зонда



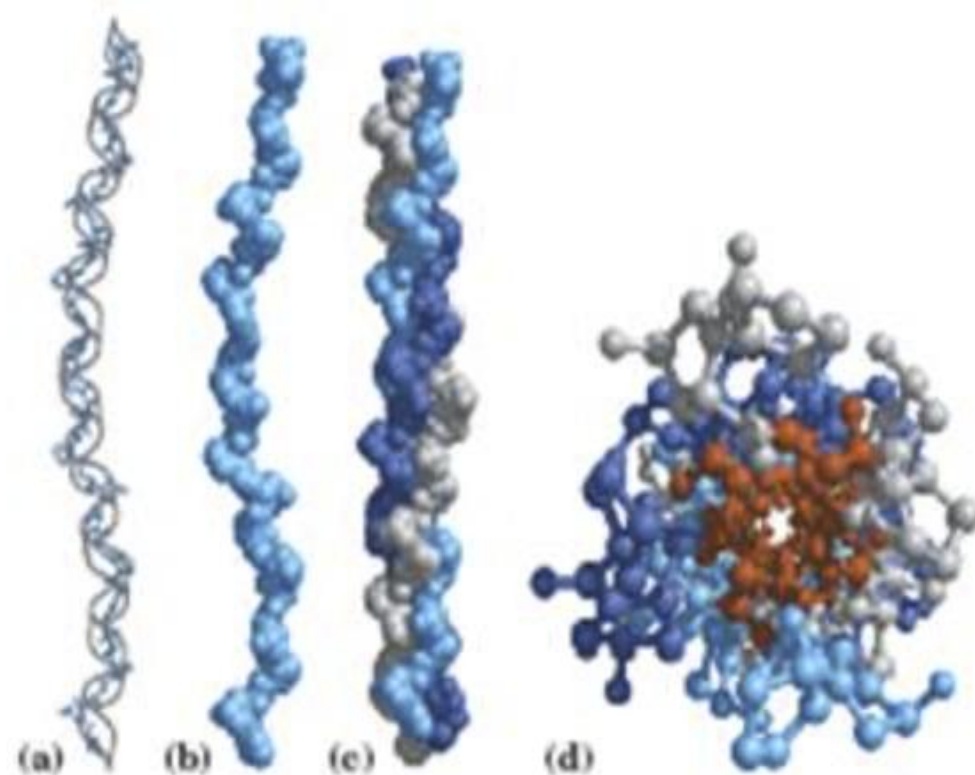
АСМ-изображение высокого разрешения триплекса ДНК poly(dG)–poly(dG)–poly(dC) (Dmitry Klinov¹, Benjamin Dwir¹, Eli Kapon¹, Natalia Borovok, Tatiana Molotsky and Alexander Kotlyar - Nanotechnology

Структурные белки

Коллаген образует основу сухожилий, хрящей, кожи, зубов и костей.

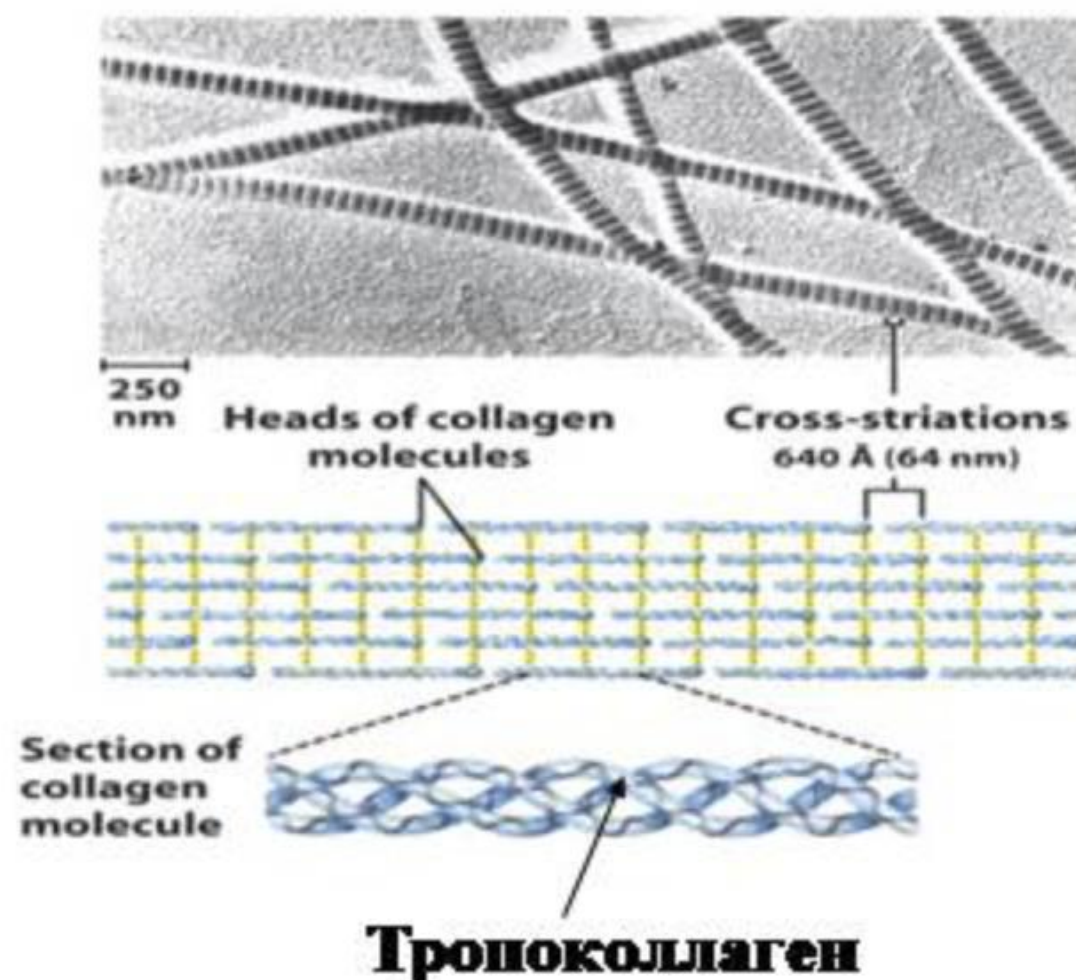
Структурная единица волокон коллагена – **тропоколлаген**.

Тропоколлаген – это ассоциат из 3-х навитых друг на друга полипептидных цепей (по 1000 а.к.), каждая из которых образует изломанную спираль особого типа (21% Рго и ГидроксиРго). Фибриллы коллагена нерастяжимы и имеют большую прочность на разрыв.



**Фибриллы
коллагена**

Коллаген

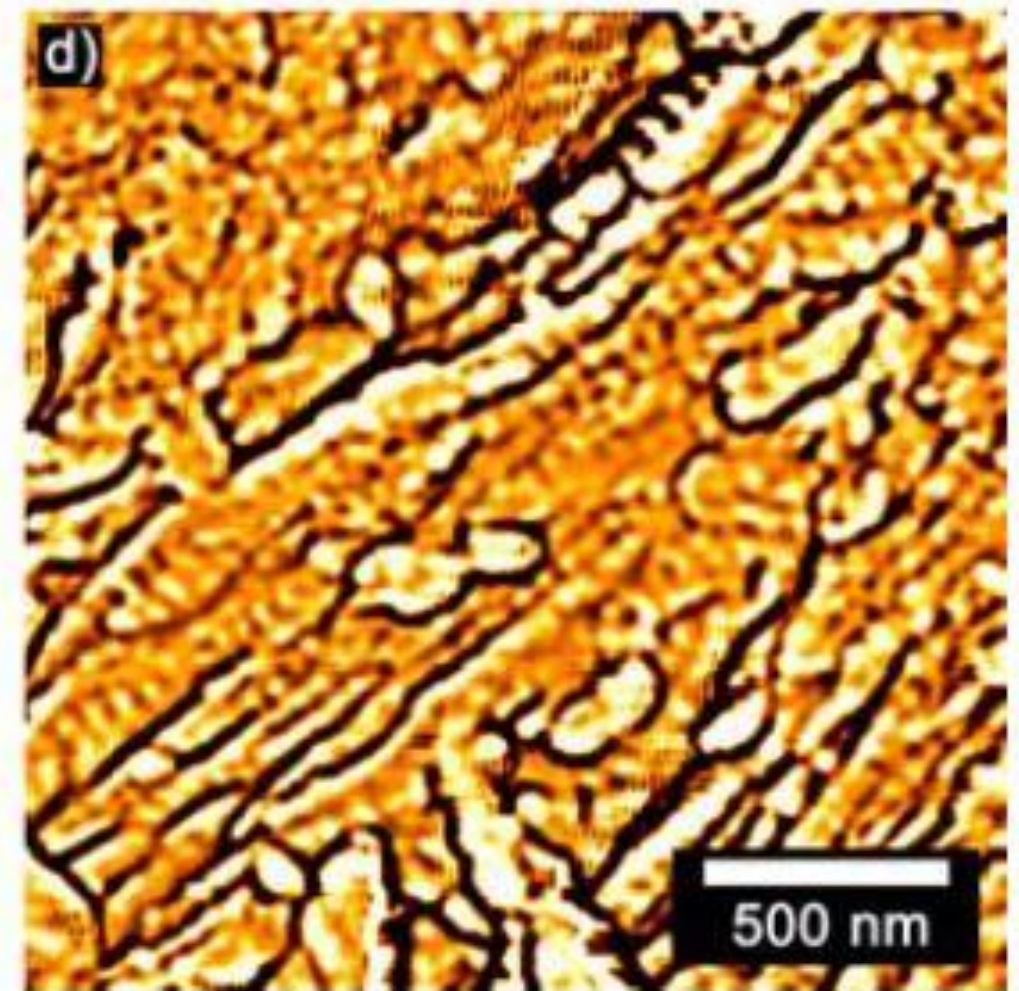
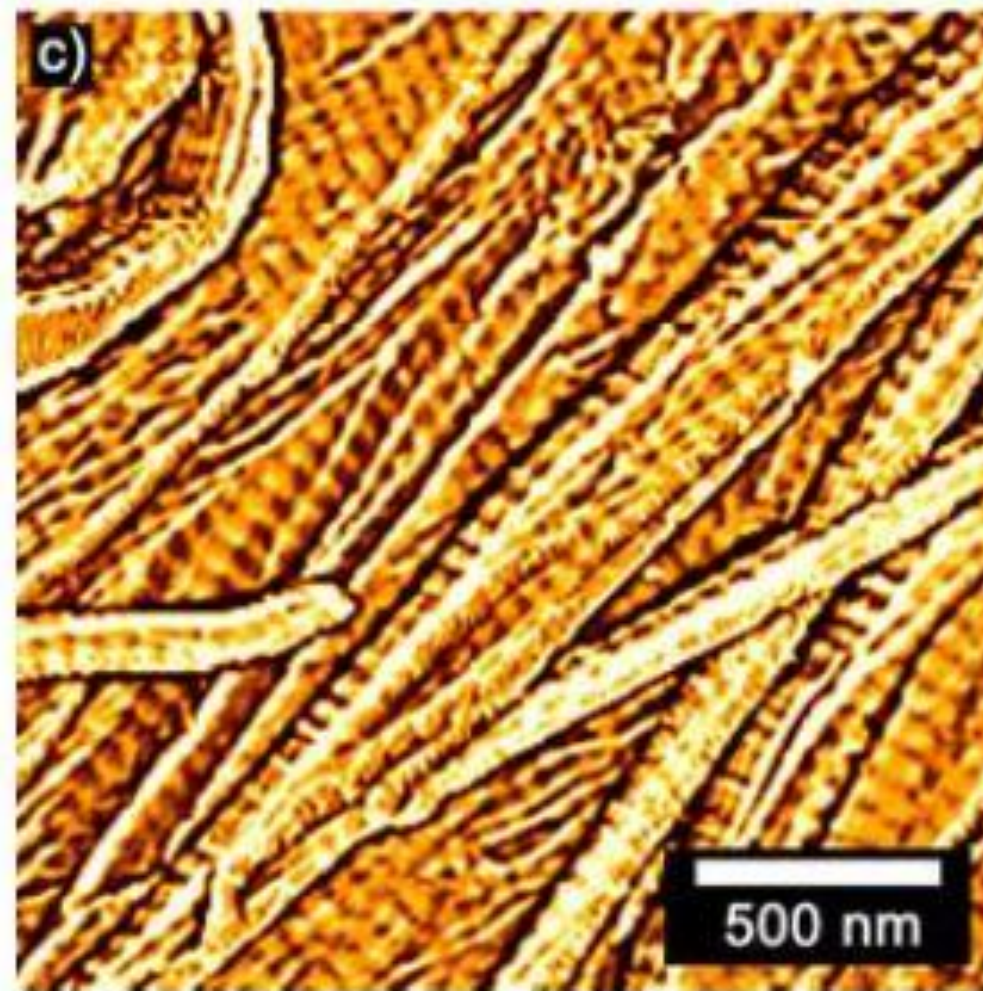
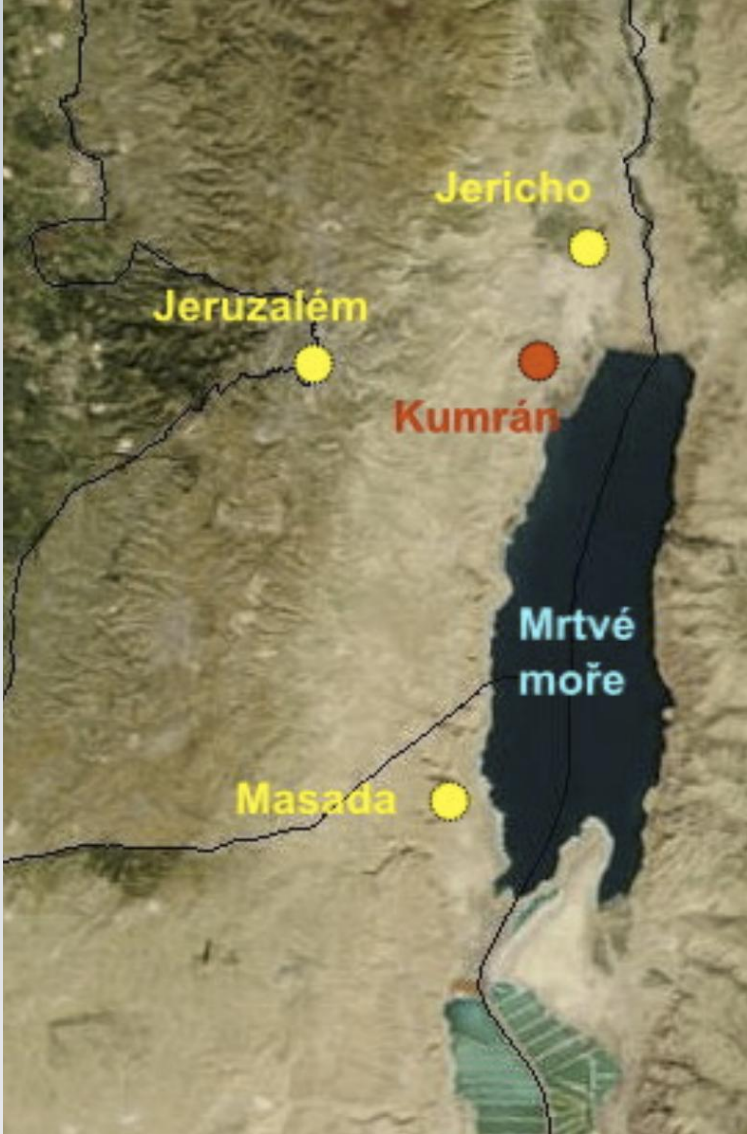


Пергаментные свитки древнего Кумрана

Предмет исследования: сравнение образцов свежеприготовленного, искусственно состаренного и древнего пергамента

В результате исследования:

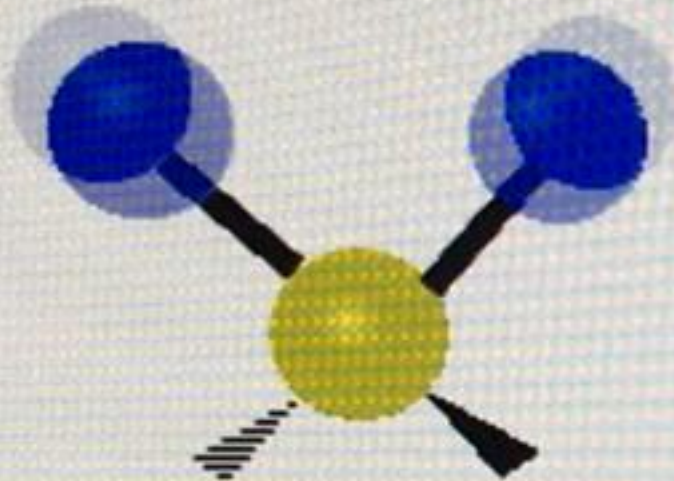
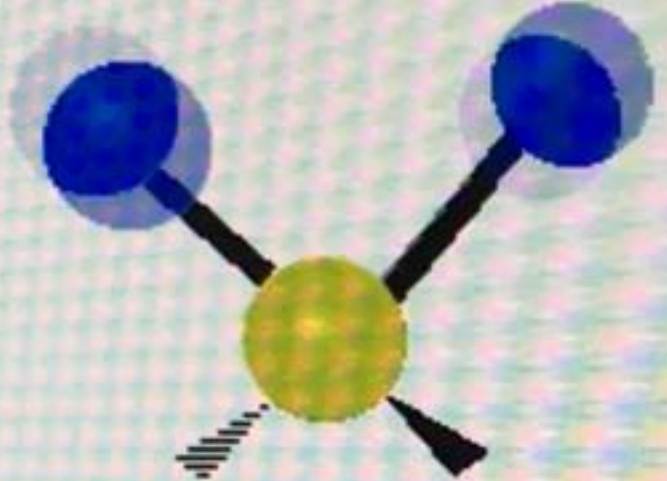

- Показана связь между структурой волокон коллагена и степень повреждения материала;
- Обнаружена защитная корка, которая образуется на поверхности старого пергамента и служит для его дальнейшей защиты от неблагоприятных факторов.


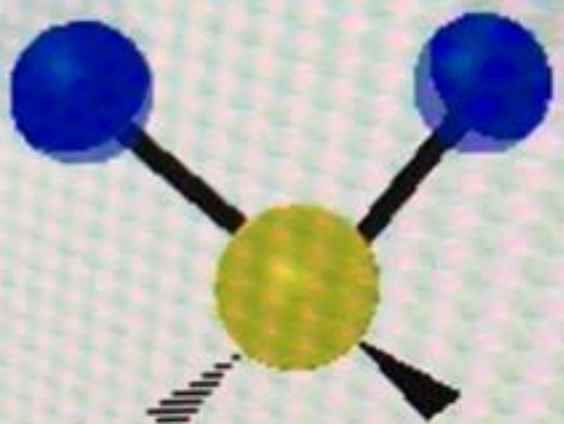
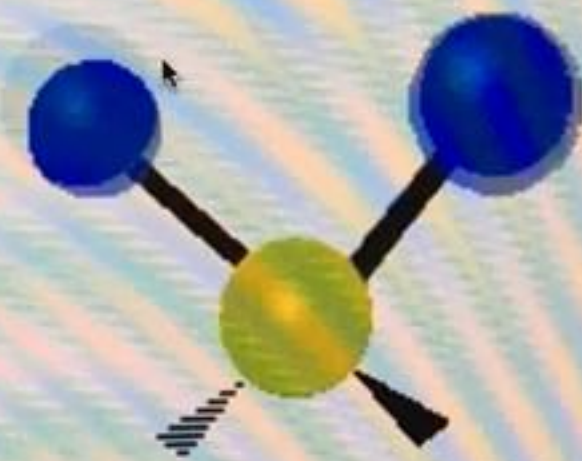


Примеры сканов: структура волокон поверхности пергамента 17 века (слева) и найденного в поселении Кумрана (справа)

Работа представлена в сборнике трудов конференции рабочей группы Cost action G8, состоявшейся 22-23 мая 2005 года в Израиле и посвящённой изучению био- и материальной культуры населения Кумрана. **Авторы:** Ira Rabin и Steffen Franzka.

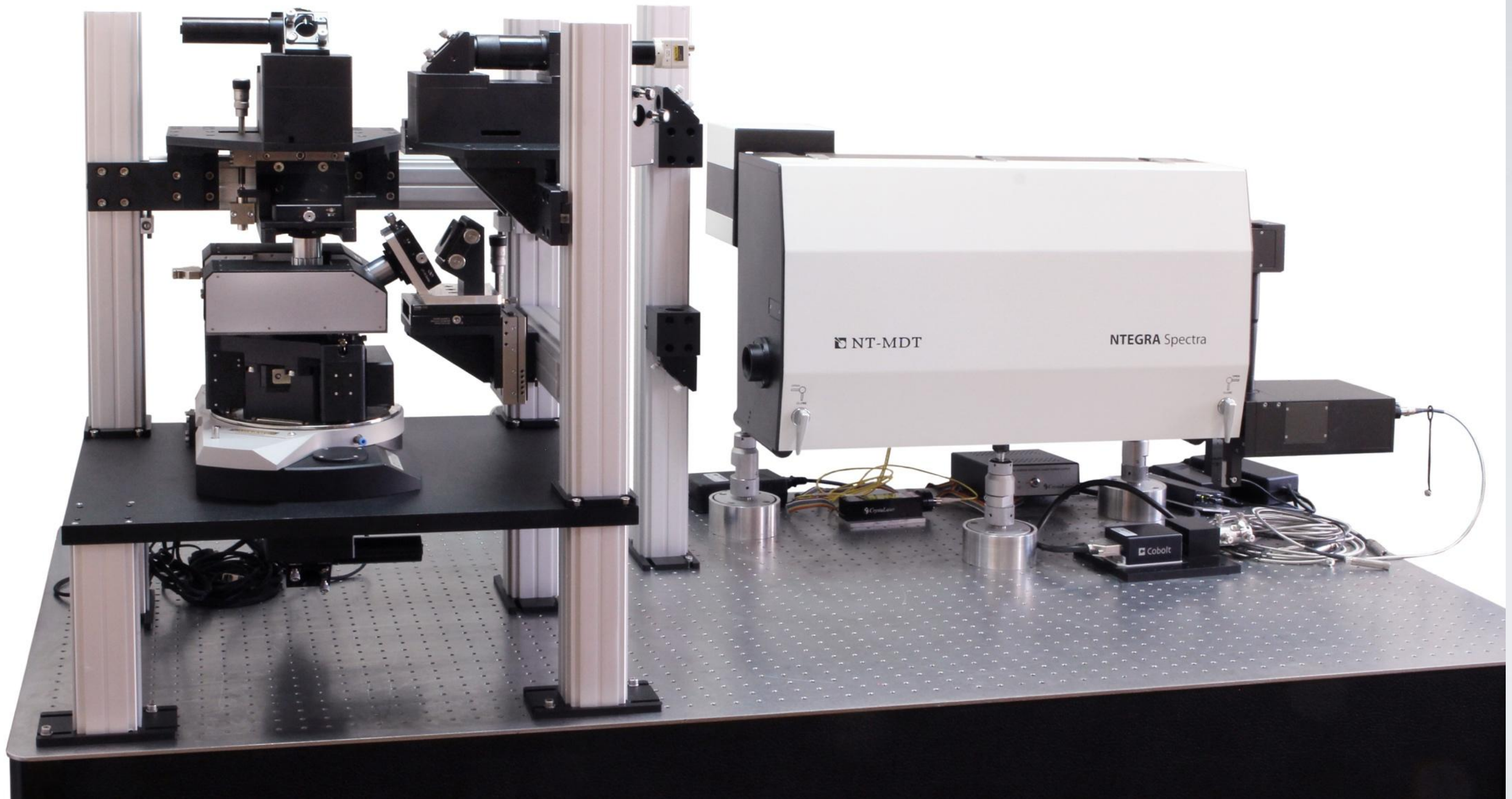
Поверхностные функциональные группы, как узнать какие они?

Колебания (Stretching)		
Симметричное	Антисимметричное	Ножничное (Scissoring)
		

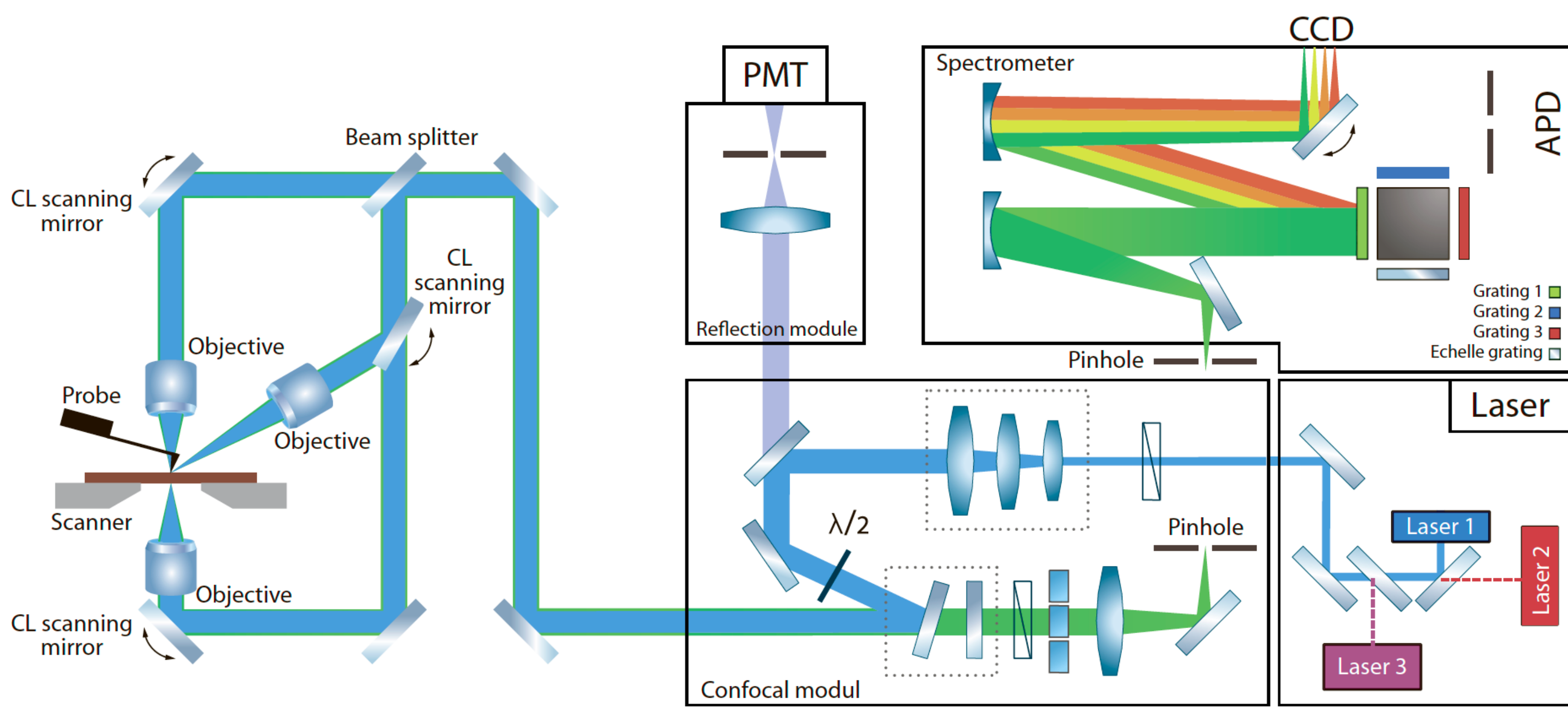
Маятниковое (Rocking)	Веерное (Wagging)	Крутильное (Twisting)
		

Колебания с изменением дипольного момента

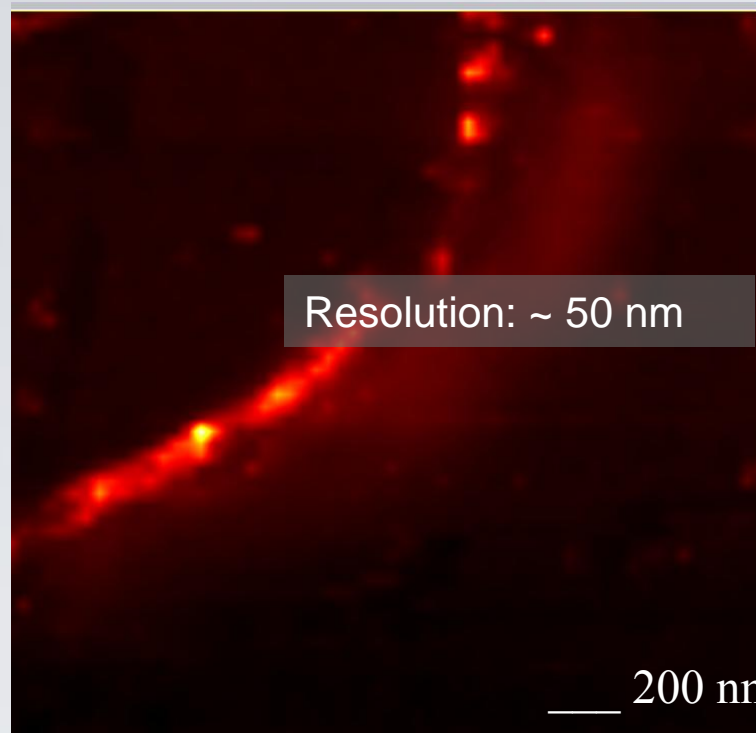
ИНТЕГРА-СПЕКТРА 2016



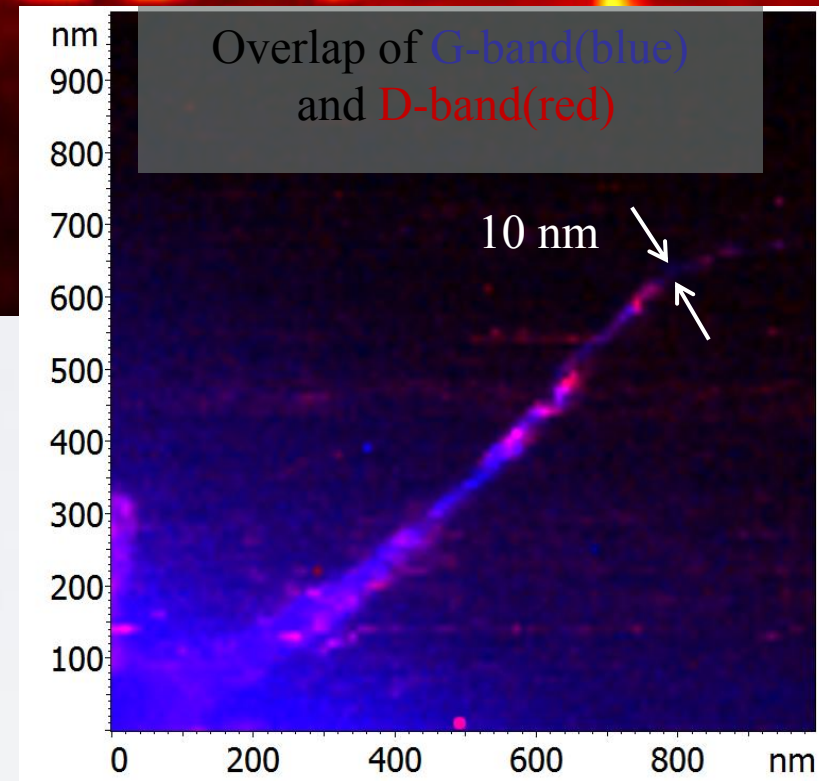
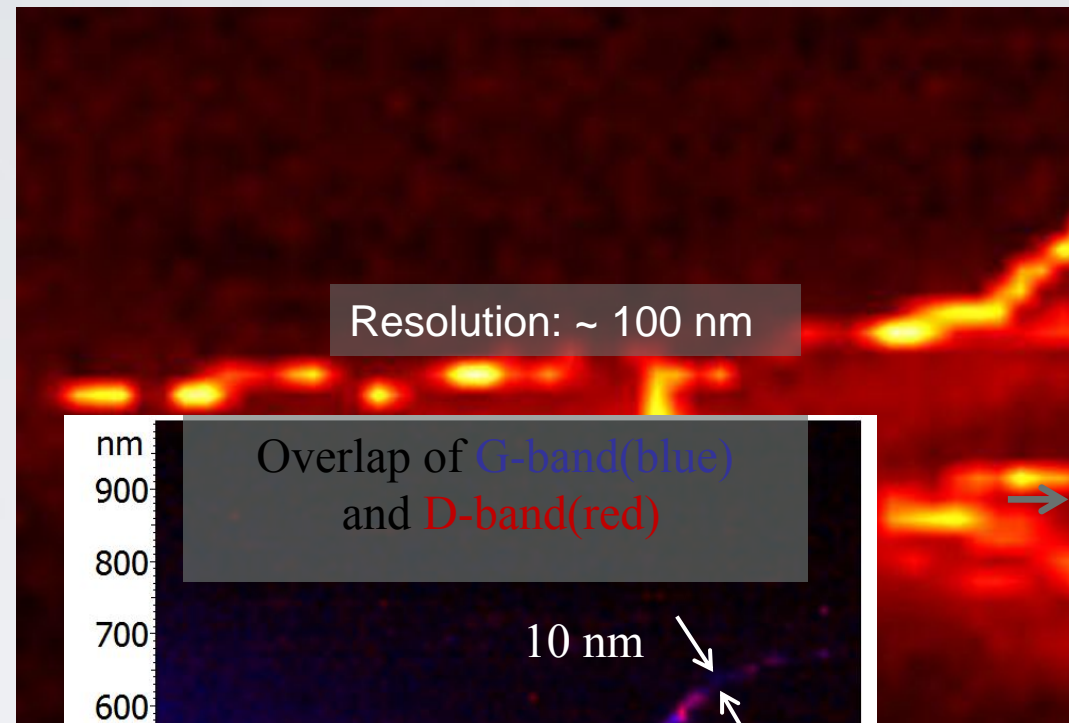
Принцип работы



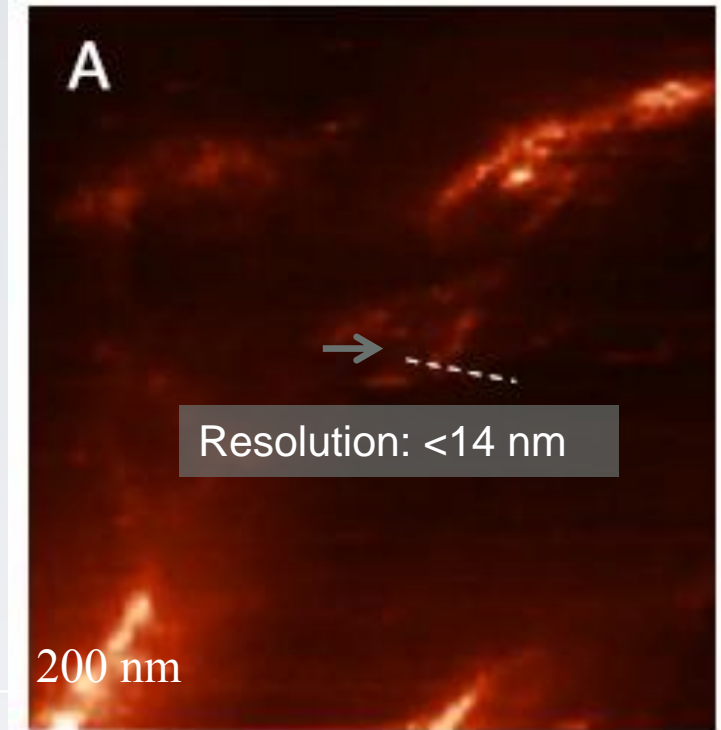
TERS углеродных нанотрубок



S.S. Kharintsev, G. Hoffmann, P.S. Dorozhkin, G. de With, and J. Loos, *Nanotechnology* 18 (2007), 315502

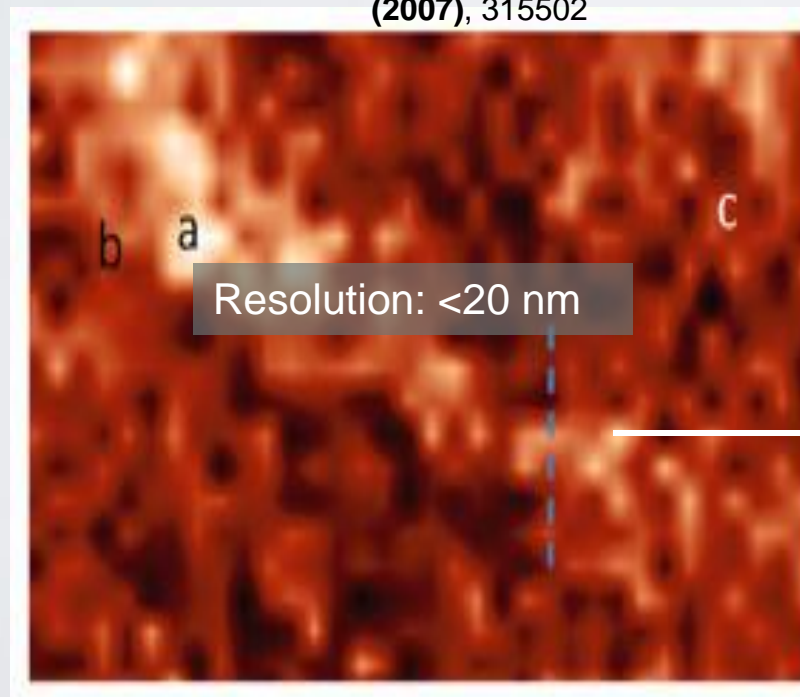


enobi

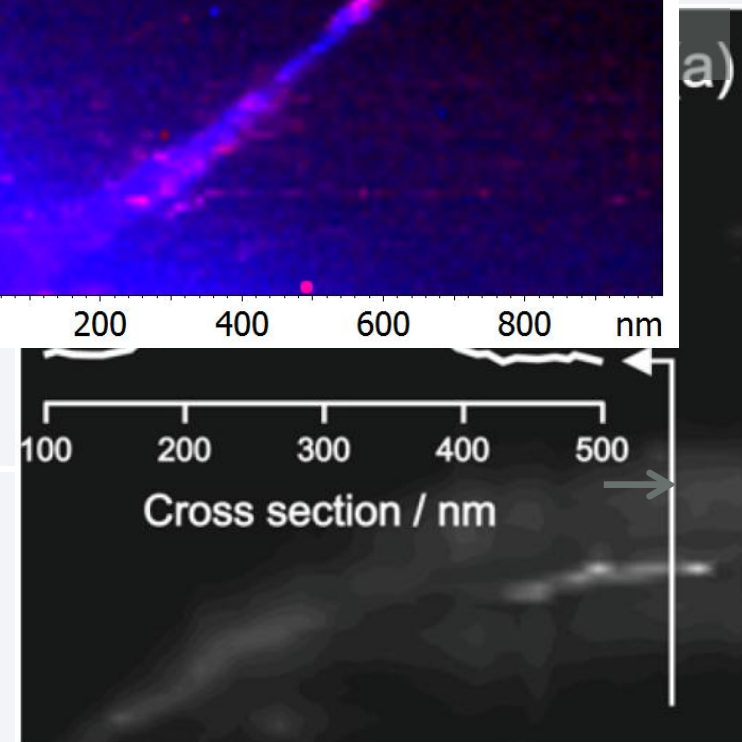


Chan K.L., Kazarian S.G., *Nanotechnology* 21, 445704 (2010)

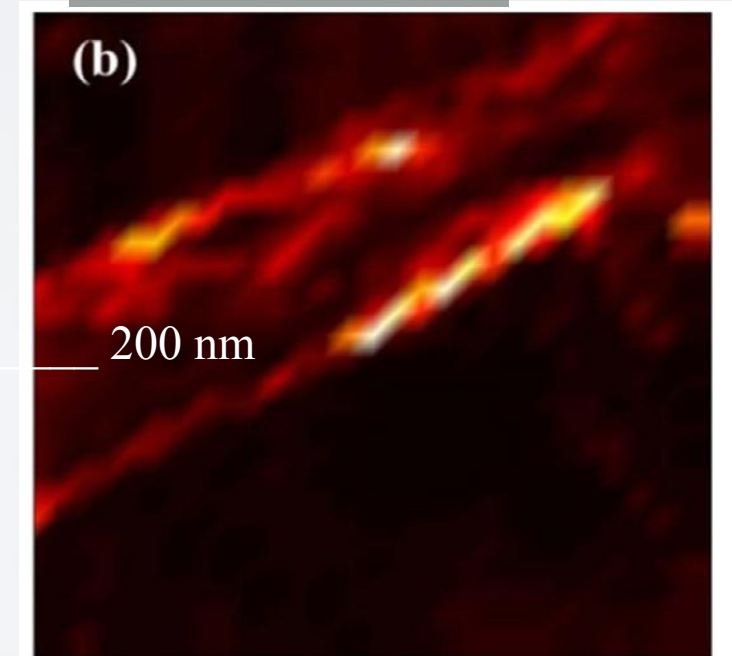
Resolution: <1



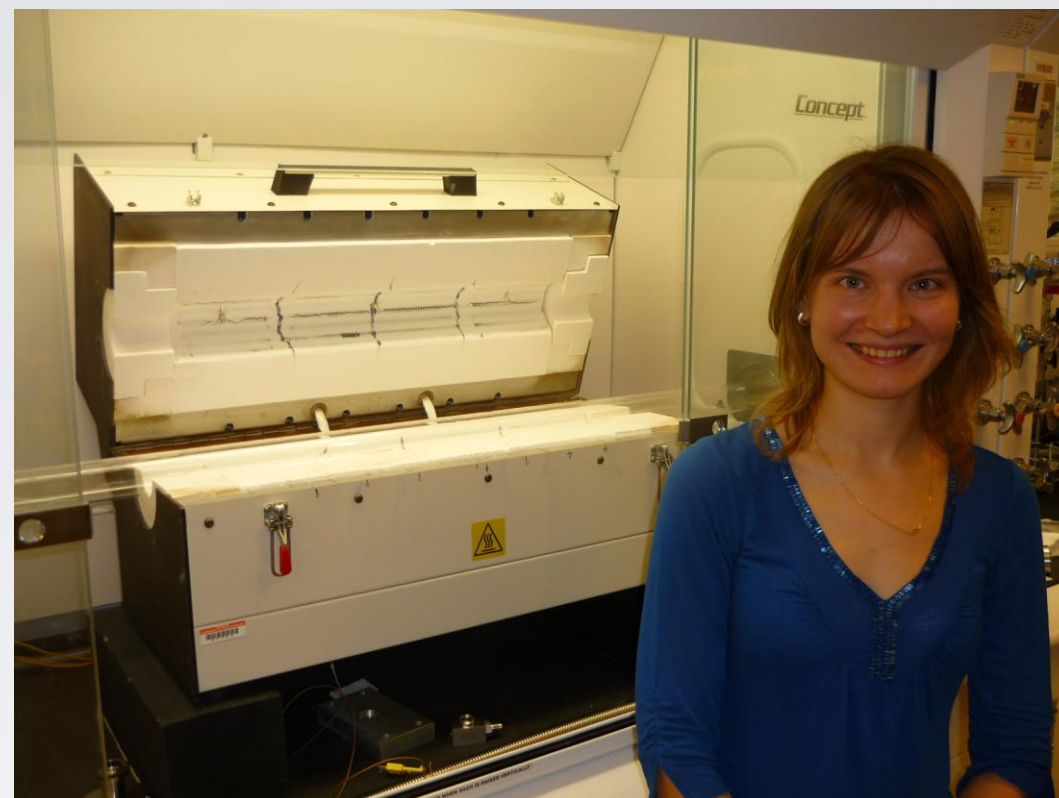
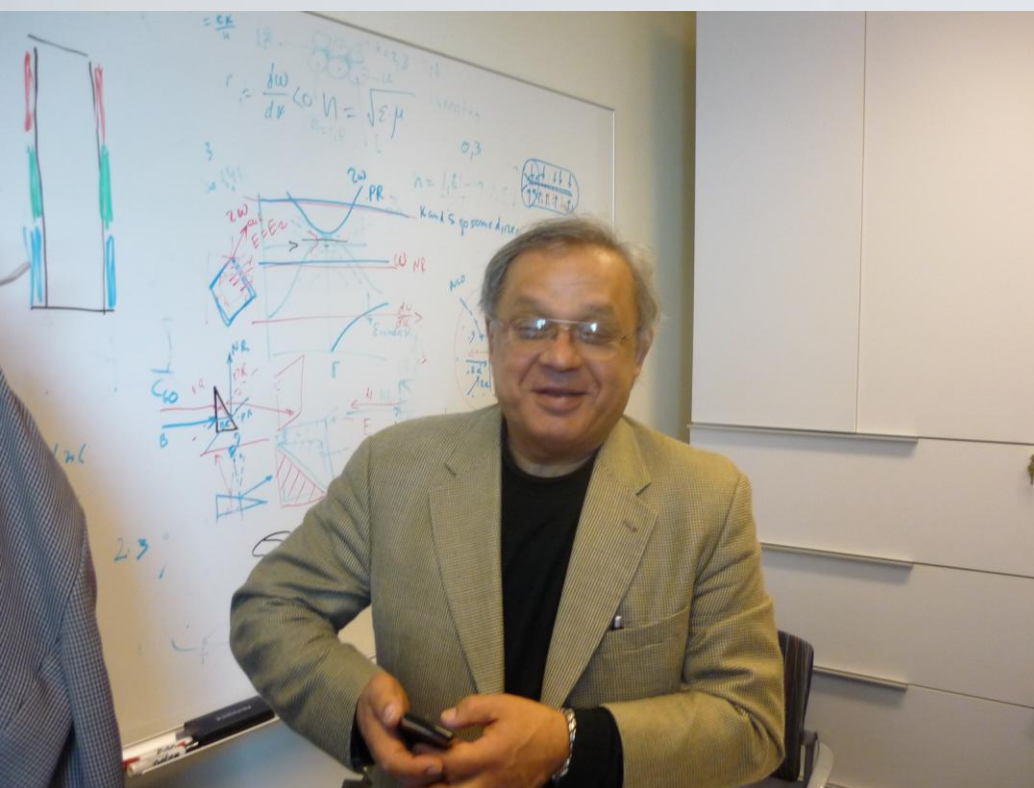
Chan K.L., Kazarian S.G., *Nanotechnology* 22, 175701 (2011)



S. Kharintsev, G. Hoffmann, A. Fishman, & M. Salakhov *J. Phys. D: Appl. Phys.* 46 (2013) 145501



M. Zhang, J. Wang, Q. Tian, *Optics Communications* 315, 164 (2014)



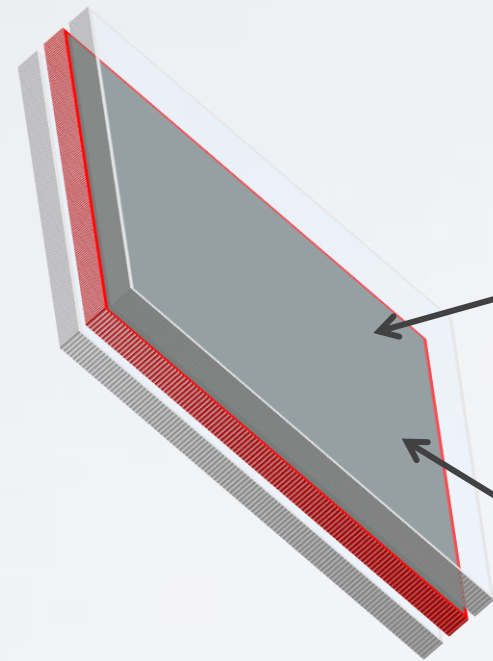
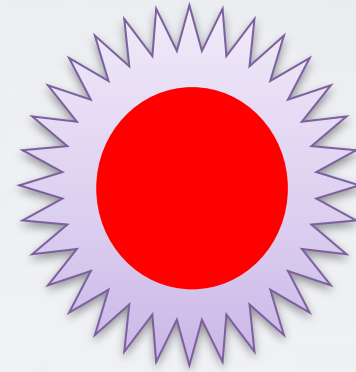
В университете Далласа (Техас, США) в лаборатории проф. Анвара Захидова растят нанотрубки на кремниевых подложках с железо-кобальтовым каталитическим слоем

Толщина «ниток» углеродного волокна из нанотрубок менее
1 мкм

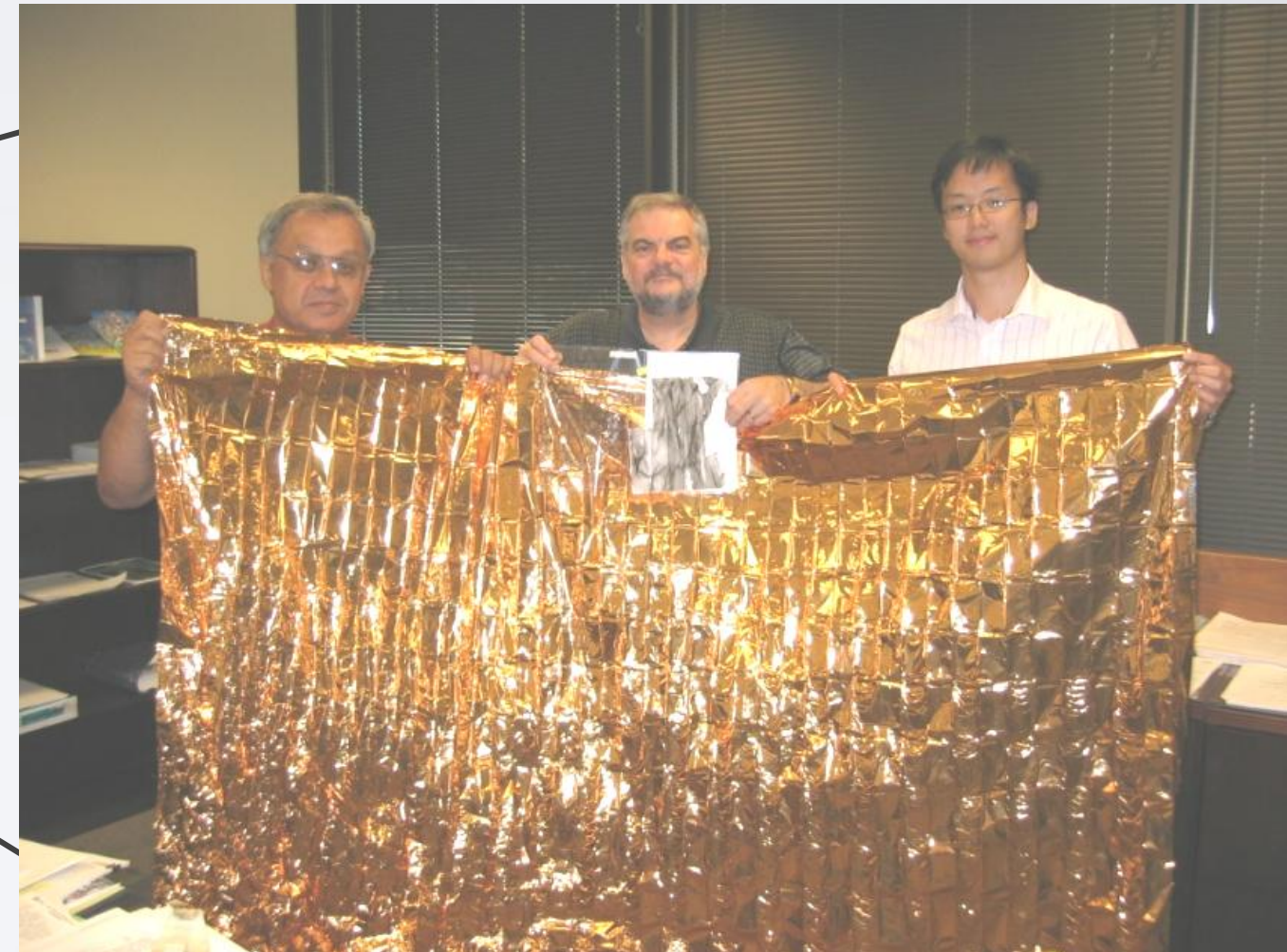


NASA goal: 1000 W/kg of solar power for space exploration

Make a transparent flexible lightweight photovoltaic cell by using a Transparent carbon nanotube sheet on NASA thermal blanket. Combined with other solar cells in a Tandem



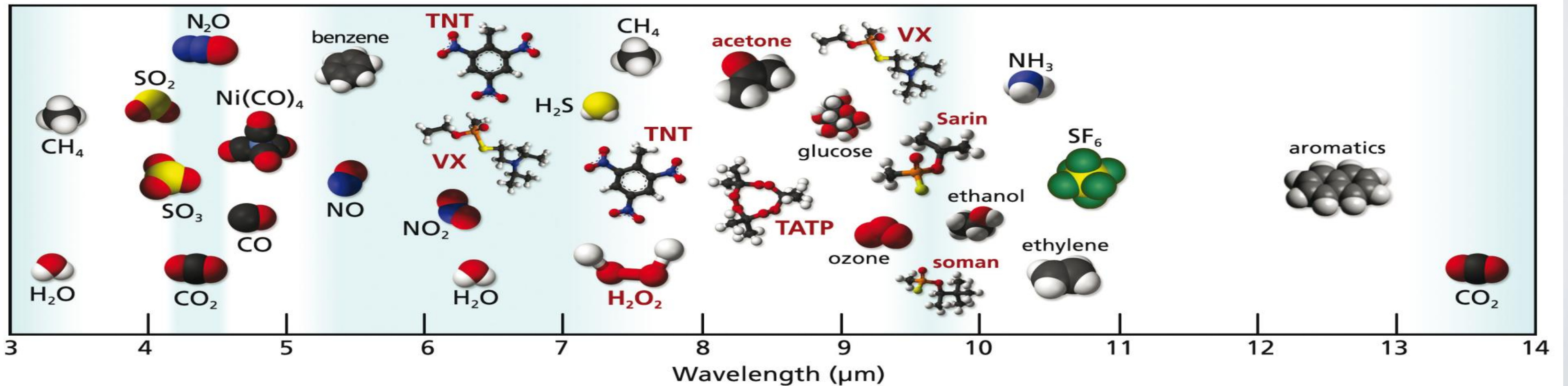
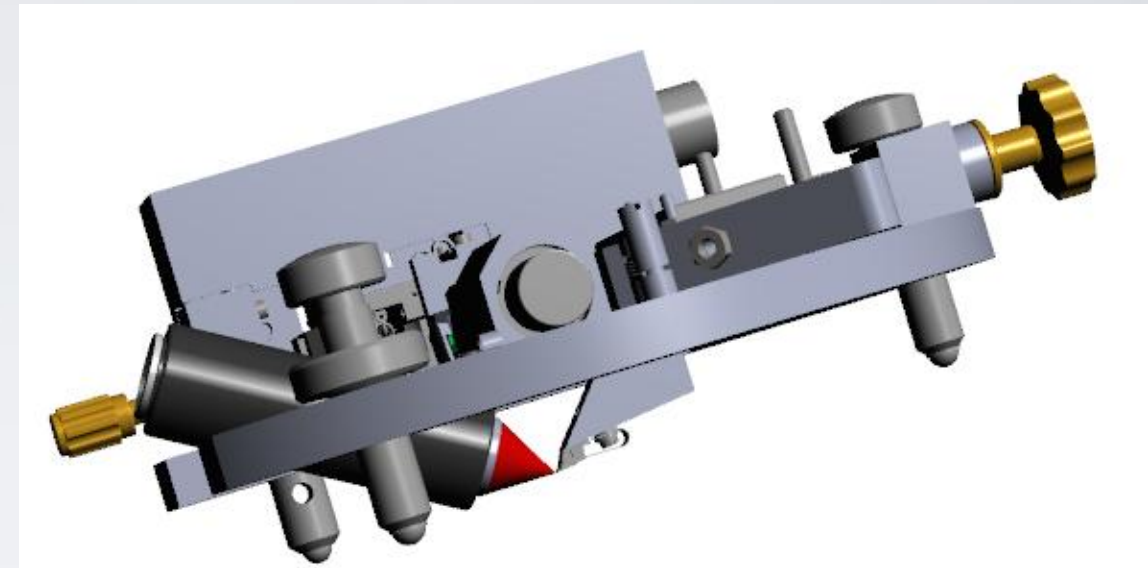
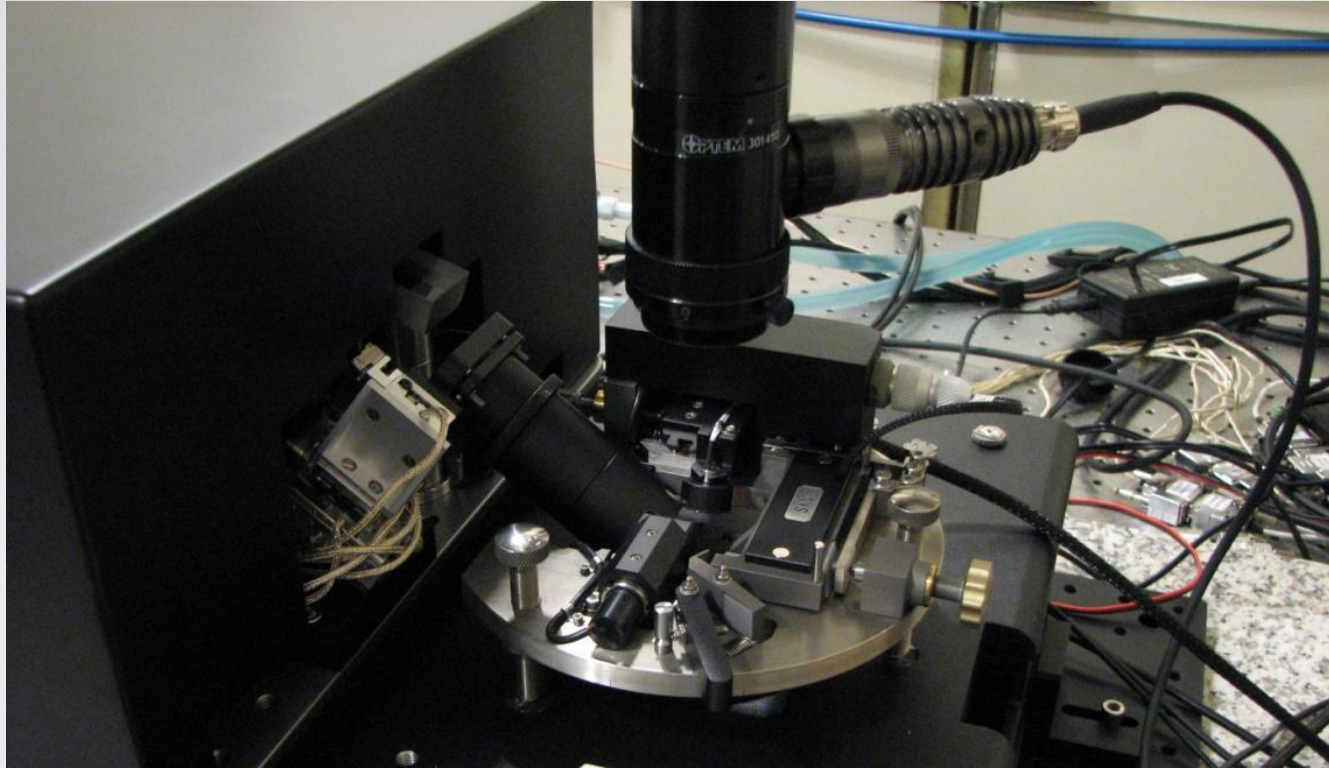
Carbon nanotube sheet



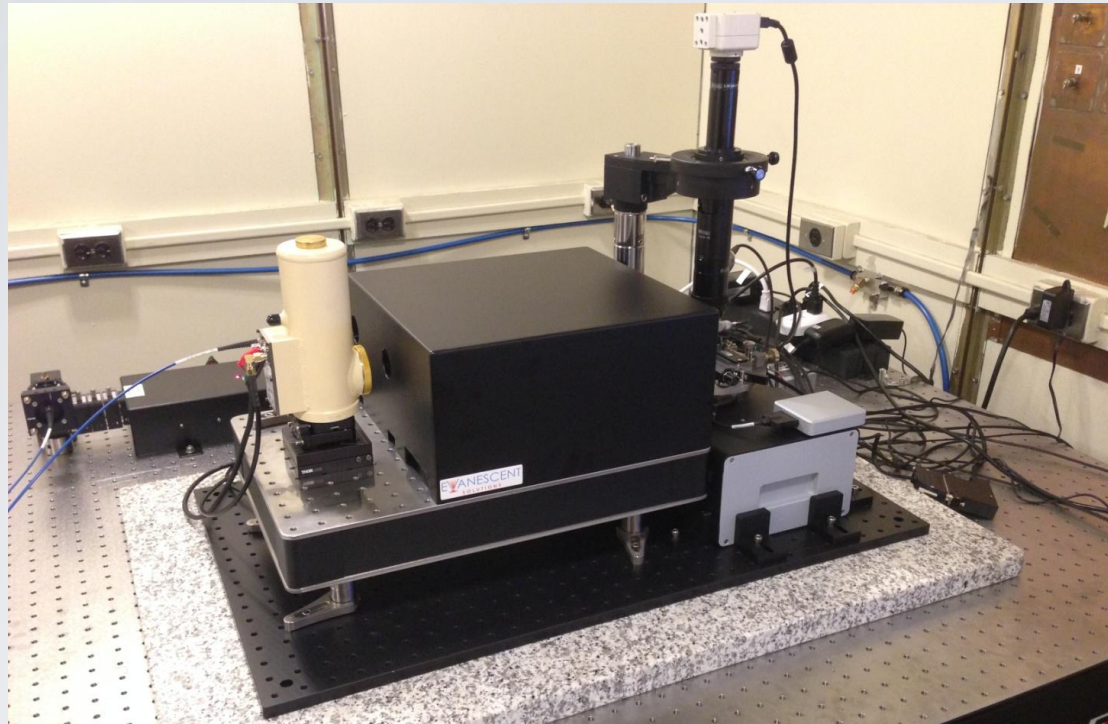
NASA developed thermal blanket

To next devices
e.g. inorganic
Si or CIGS solar cell

Головка s-SNOM с ИК объективом



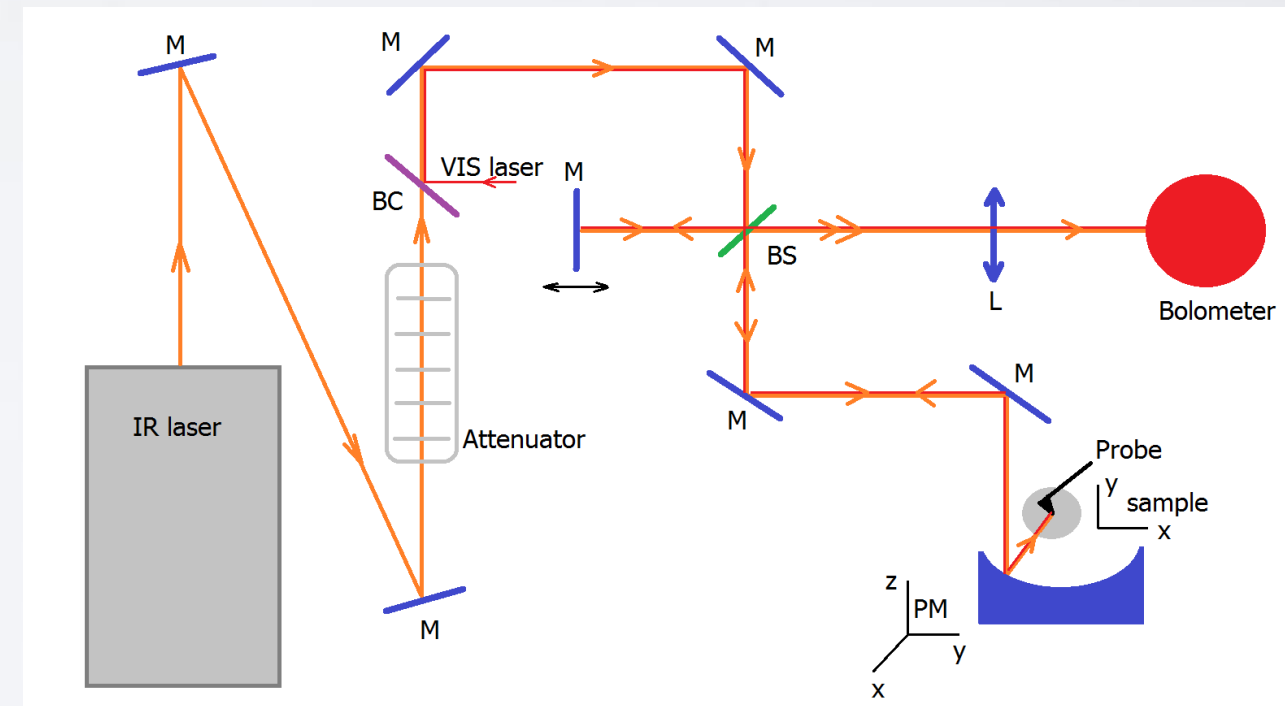
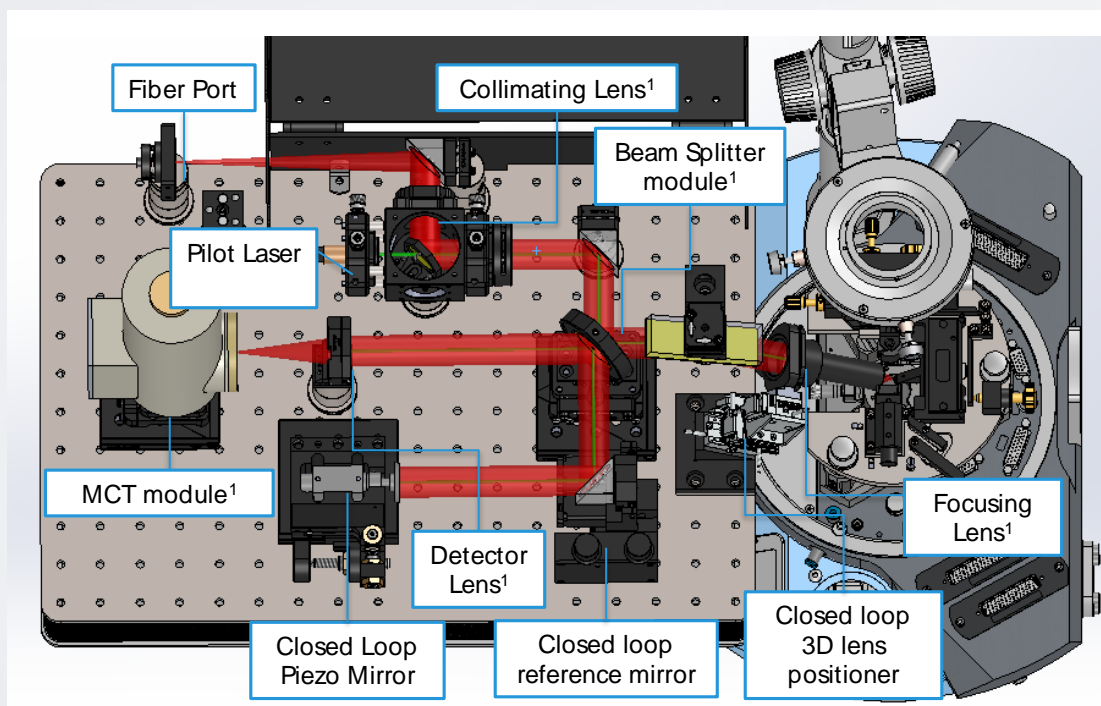
ИНТЕГРА nano-ИК: s-SNOM исследования в ИК диапазоне



ИНТЕГРА nano-ИК (университет Стони Брук, NY)

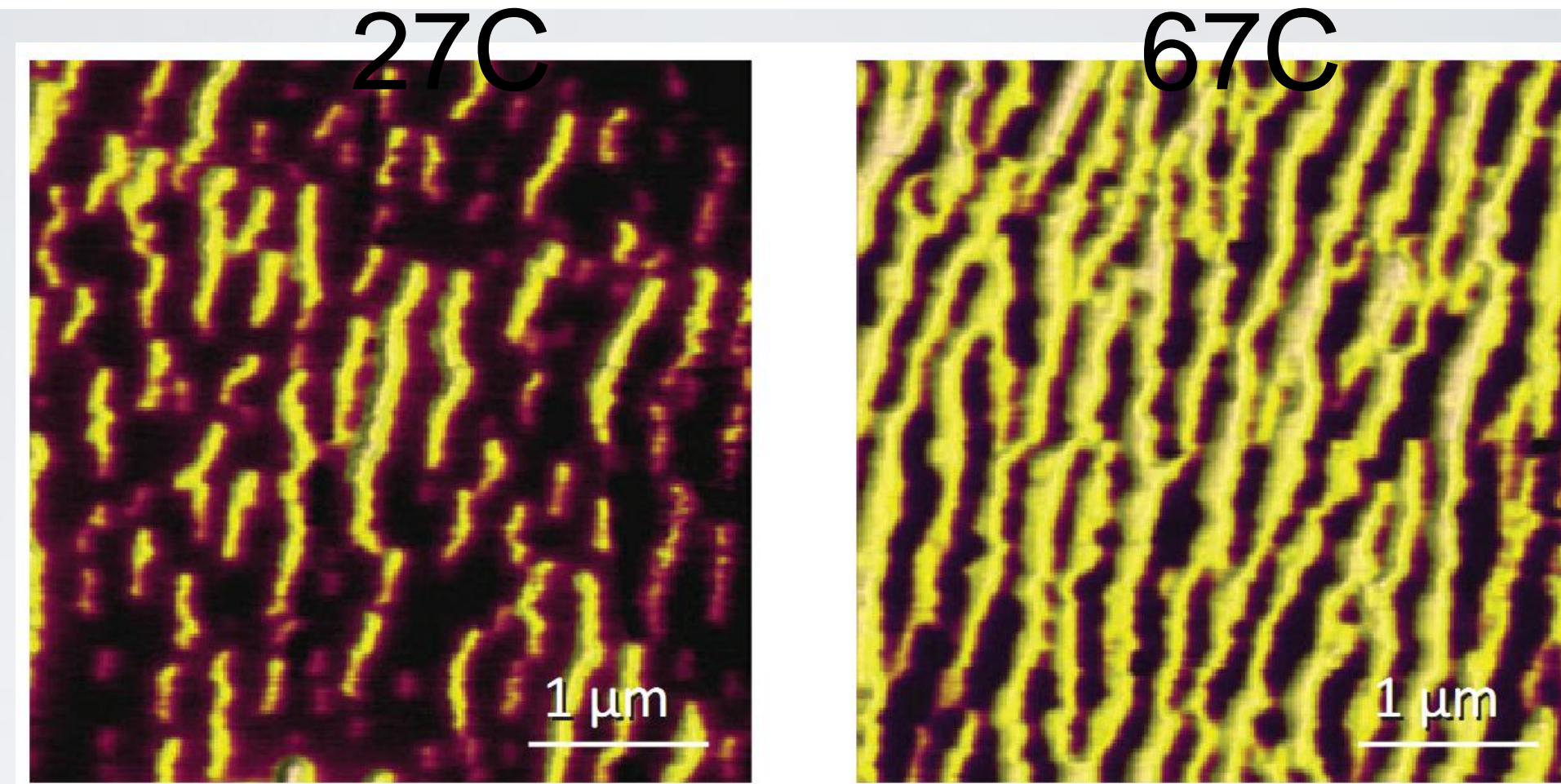


Измерительная АСМ-головка с доступом для параболического зеркала



Оптические схемы прибора: ввод излучения лазера по волокну с фокусировкой и сбором рассеянного излучения через объектив (слева) и прямой ввод лазерного излучения с фокусировкой и сбором с помощью параболического зеркала (справа)

Температурные зависимости s-SNOM контрастов:
 VO_2

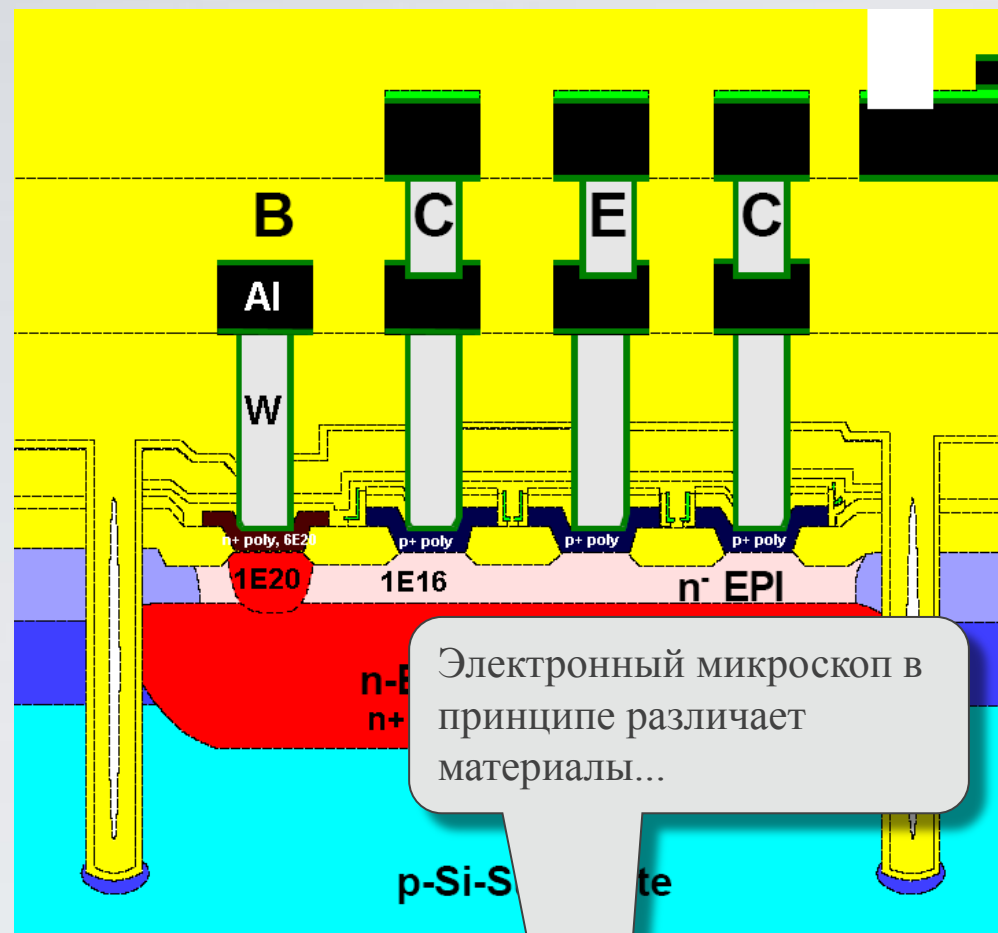


Наложение контраста ИК-отражения
и рельефа поверхности при 27 C

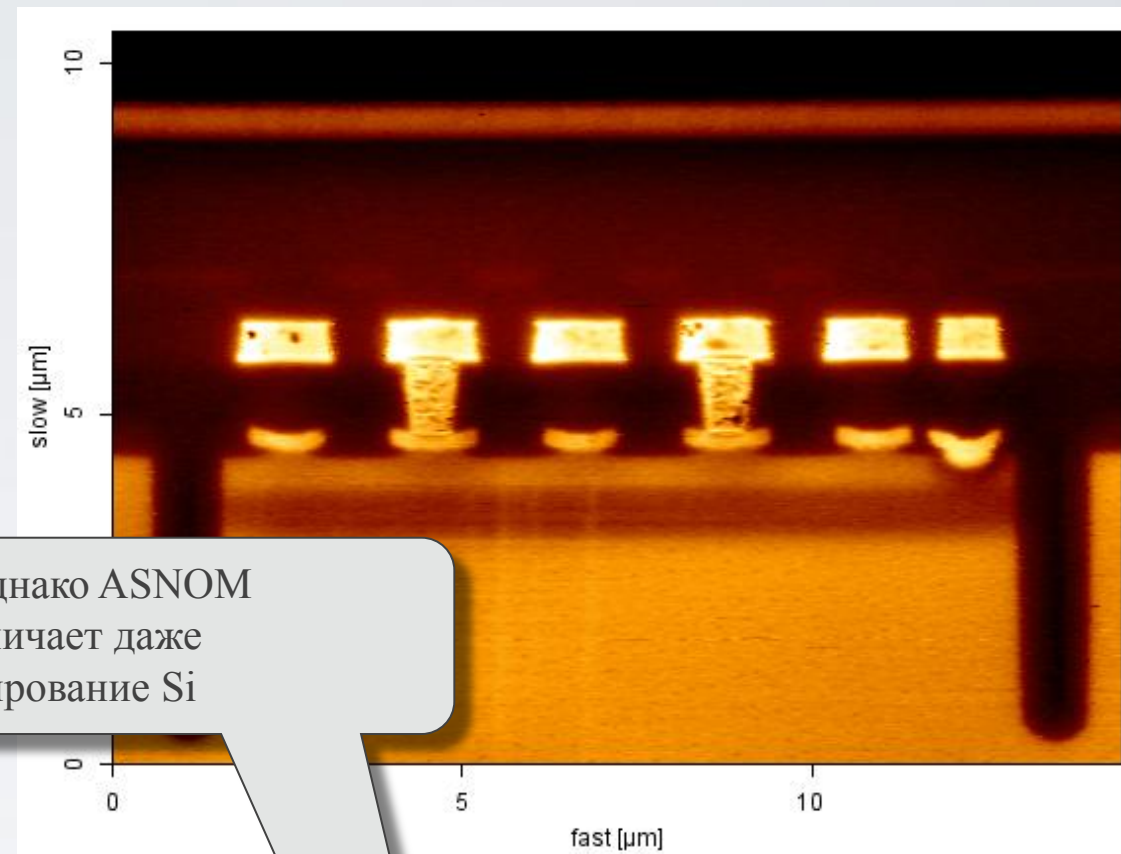
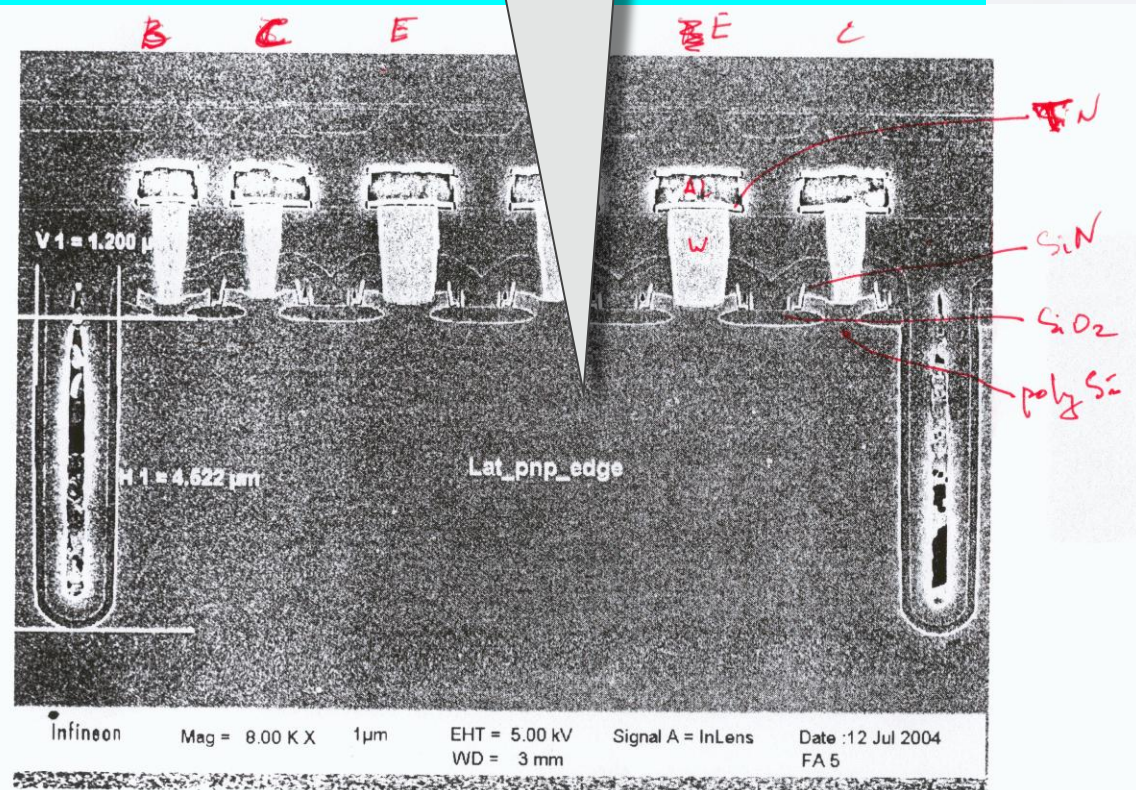
Sample courtesy to prof. Liu (Stony Brook University, New York,
USA)

(слева) и 67 C (справа)

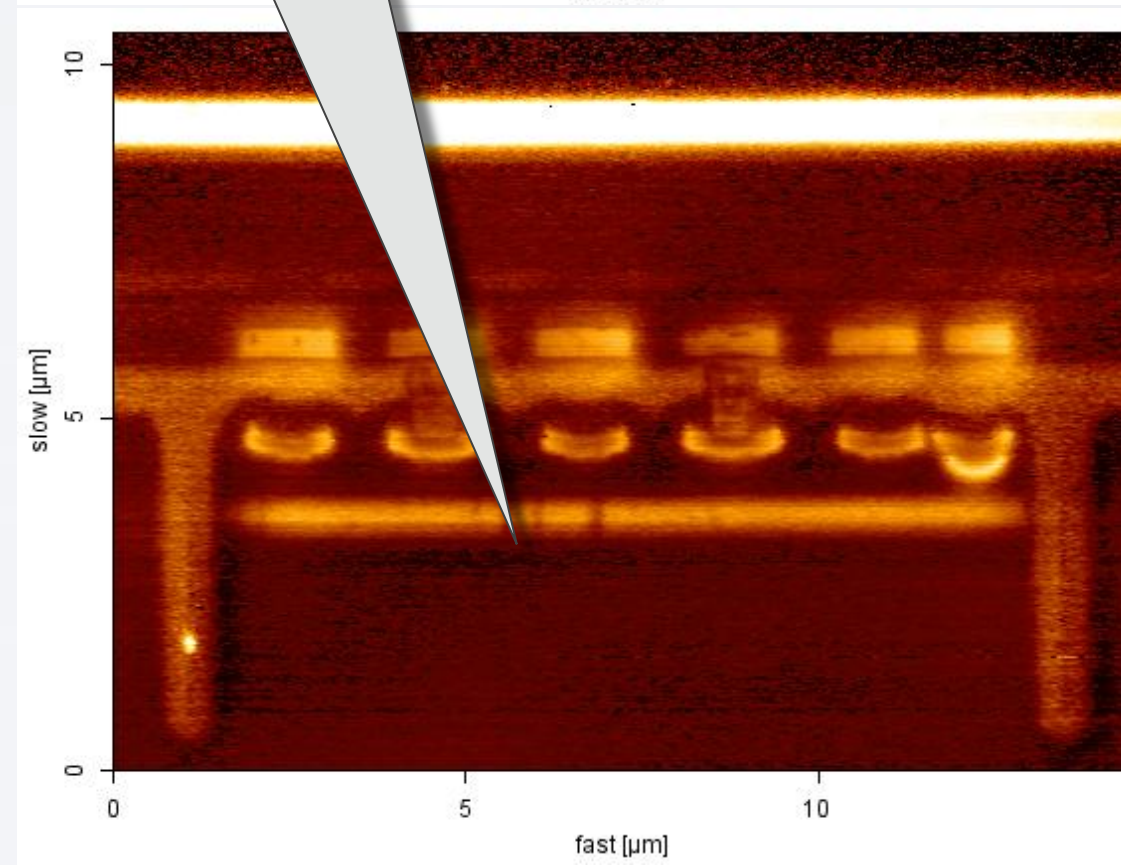
Биполярный транзистор (Si) Скол пластины с планарным р-п-р транзистором



Электронный микроскоп в принципе различает материалы...



...однако ASNO различает даже легирование Si



Для подготовки специалистов начиная со школы создана система подготовки, включающая как СЗМ НАНОЭДЬЮКАТОР, так и учебные материалы, демонстрационные образцы, оборудование для подготовки образцов



Обучающие классы (401 класс) созданы в 32 странах мира, из которых 291 функционирует в России.
Всего на март 2016 года в классах работают 708 приборов СЗМ НАНОЭДЬЮКАТОР.

МОУ СОШ №23 с углубленным изучением предметов естественнонаучного профиля, г. Краснотурьинск



Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева



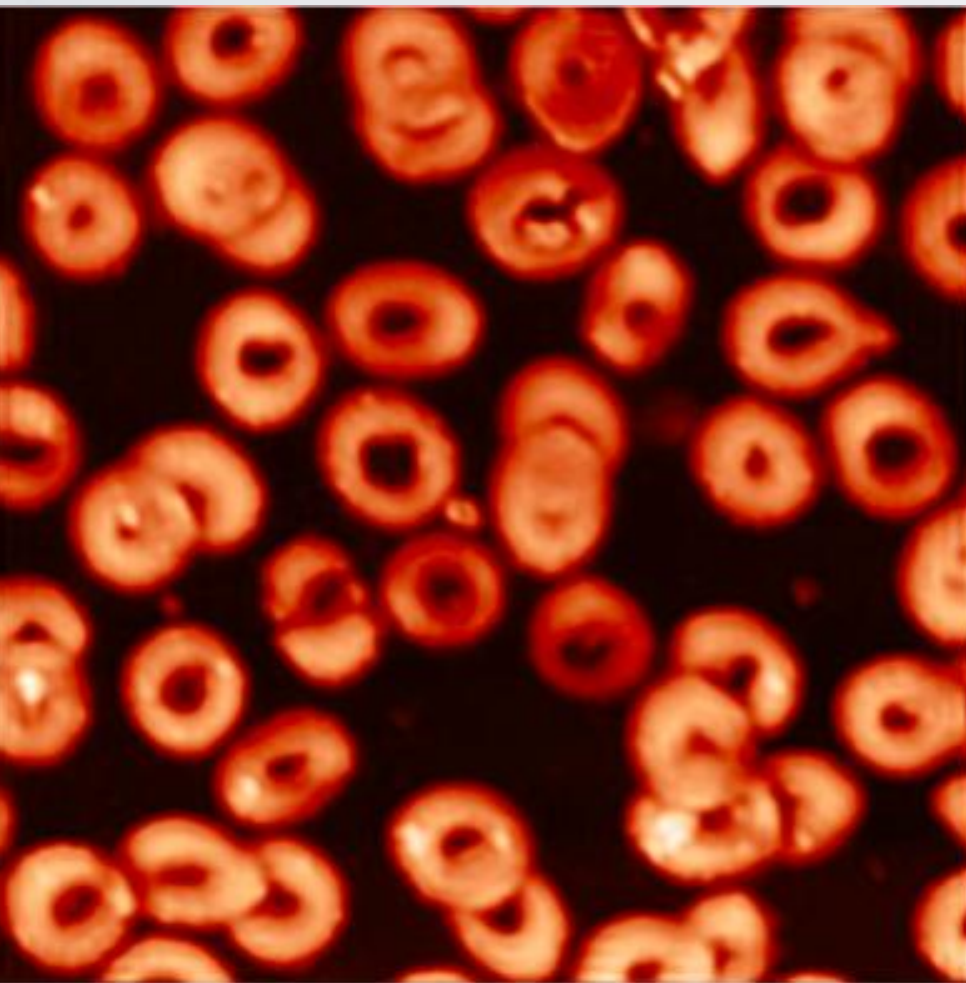
Технологический университет Эйнтховена (Нидерланды)

<http://www.ntmdt.ru/nanoeducator-2/page/overview1-1-1-1?platform=specialized-afm>

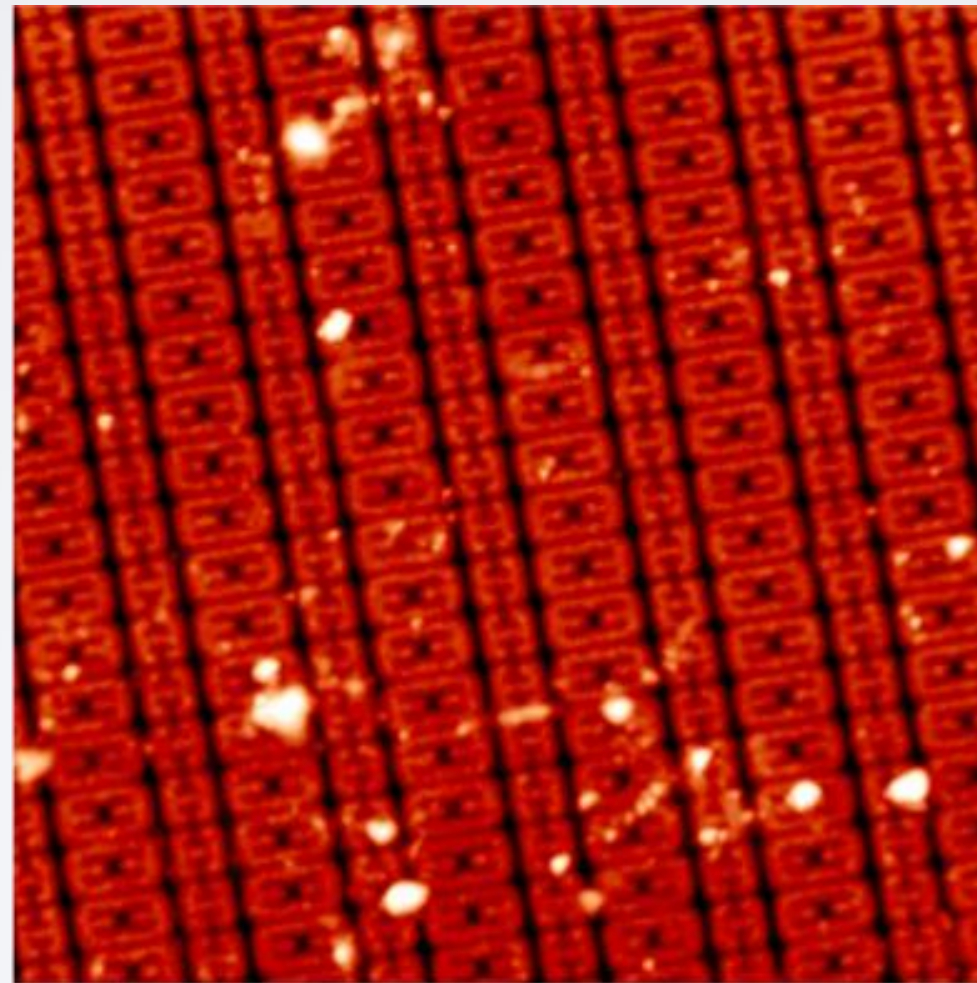
НАНОЭДЬЮКАТОР-II



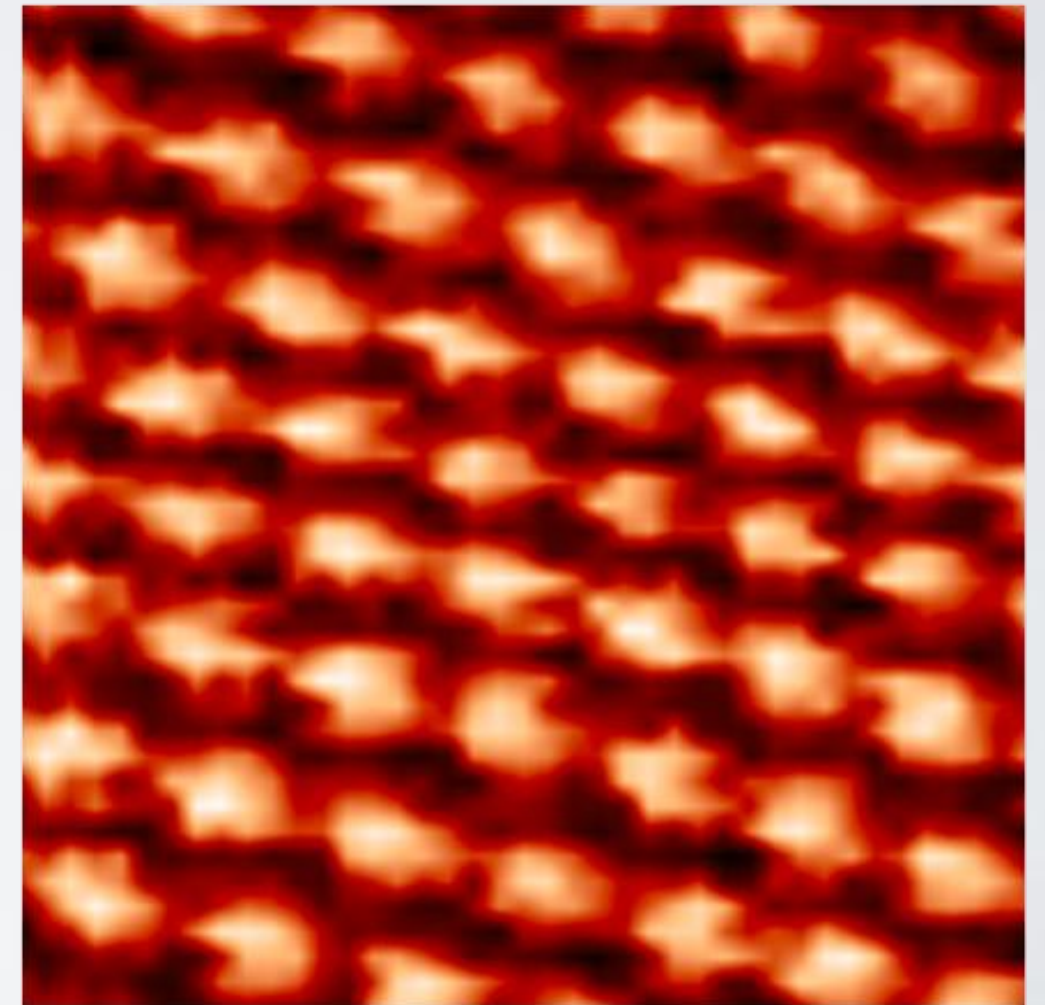
НАНОЭДЬЮКАТОР-2 позволяет и получать атомное разрешение, и измерять размеры и свойства микросхем и исследовать биологические структуры



Human erythrocytes, AFM
scan size 50×50 μm



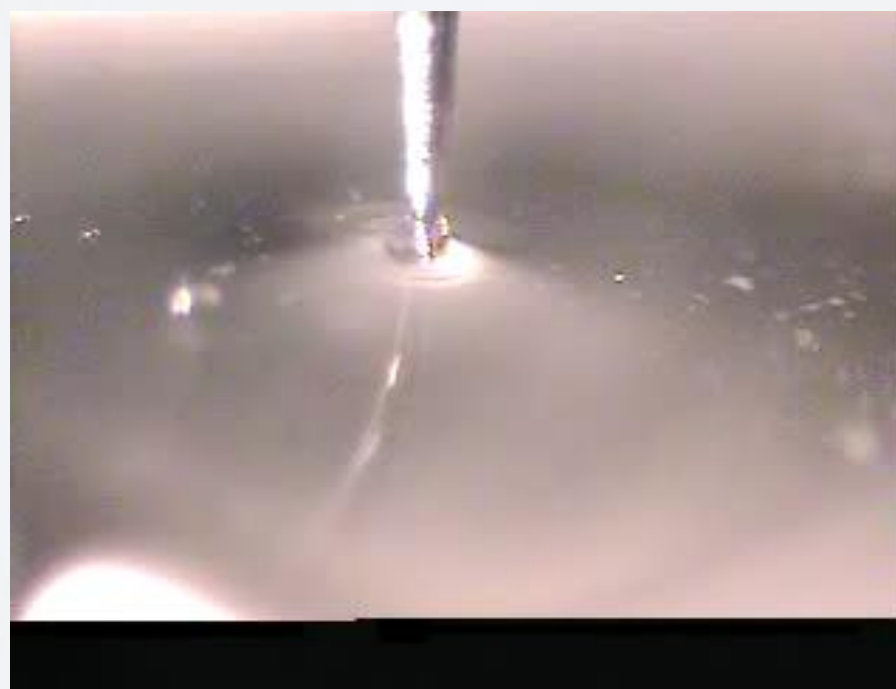
IC, AFM
scan size 30×30 μm



HOPG, atomic resolution, STM
scan size 2×2 nm

Зеленоградское Управление Образования Государственная общеобразовательная школа № 1151. Работа ученика 1 класса «В» Нестерова Антона

Острая иголочка изготавливается из проволоки. Ее надо заточить при помощи специального устройства. Проволока опускается в мыльный раствор. Прикладывается напряжение и проволока заостряется.



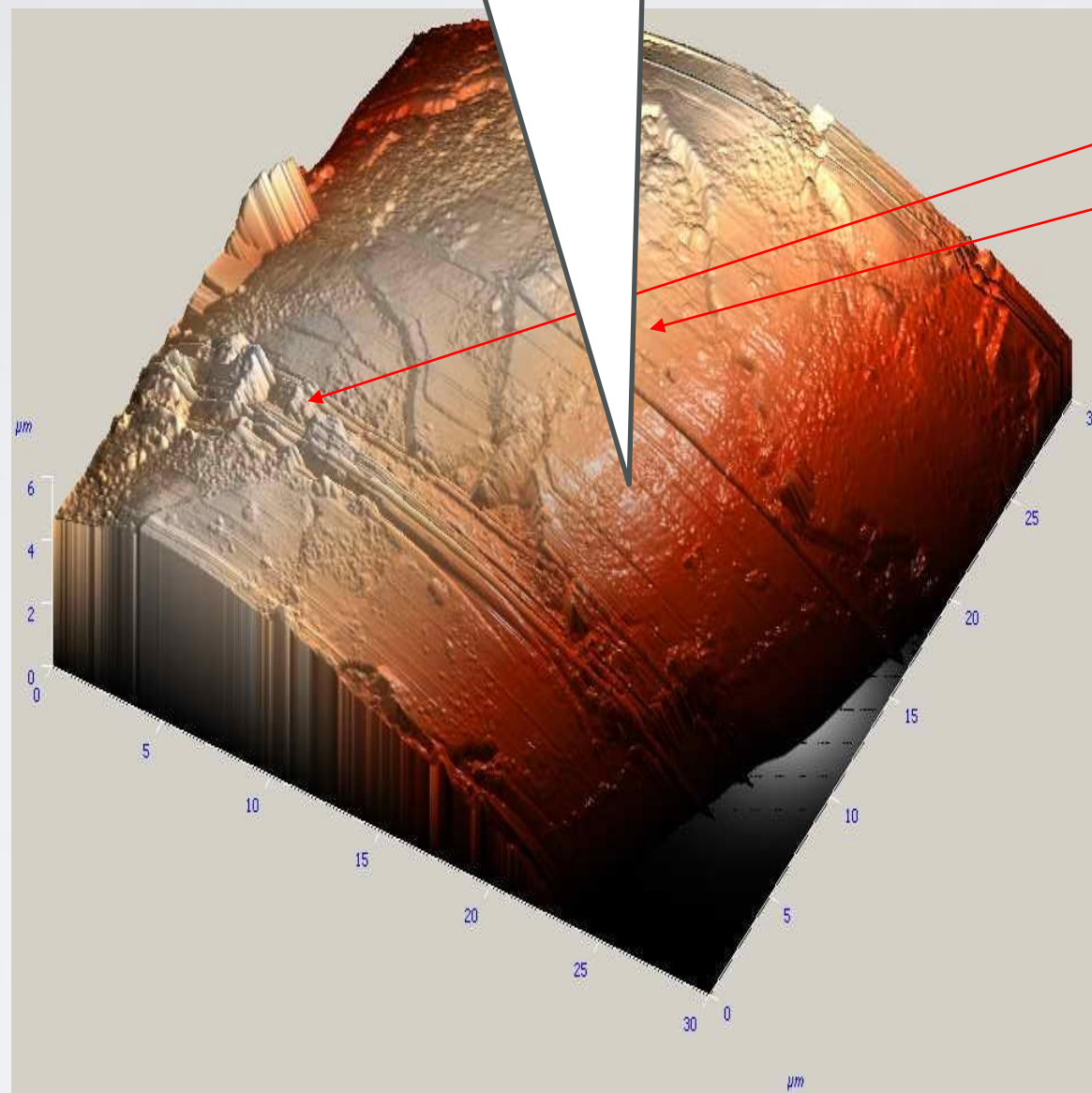
Для этого мы использовали другой микроскоп. В нем уже используется специальная кремниевая иглочка. Она более острая, чем проволочная. И легче попасть ей на волос.

Волос приклеивается
скотчем на держатель.

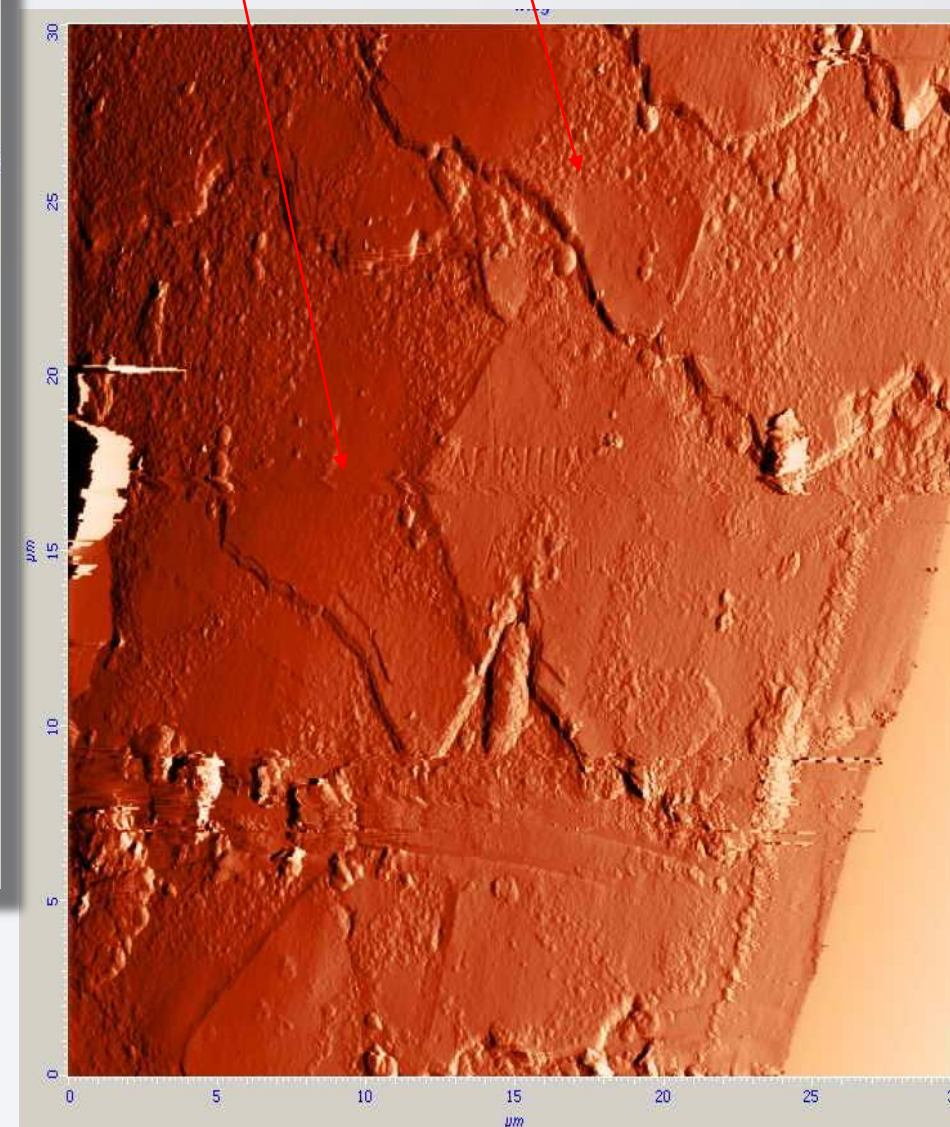


Так это выглядит в обычный микроскоп

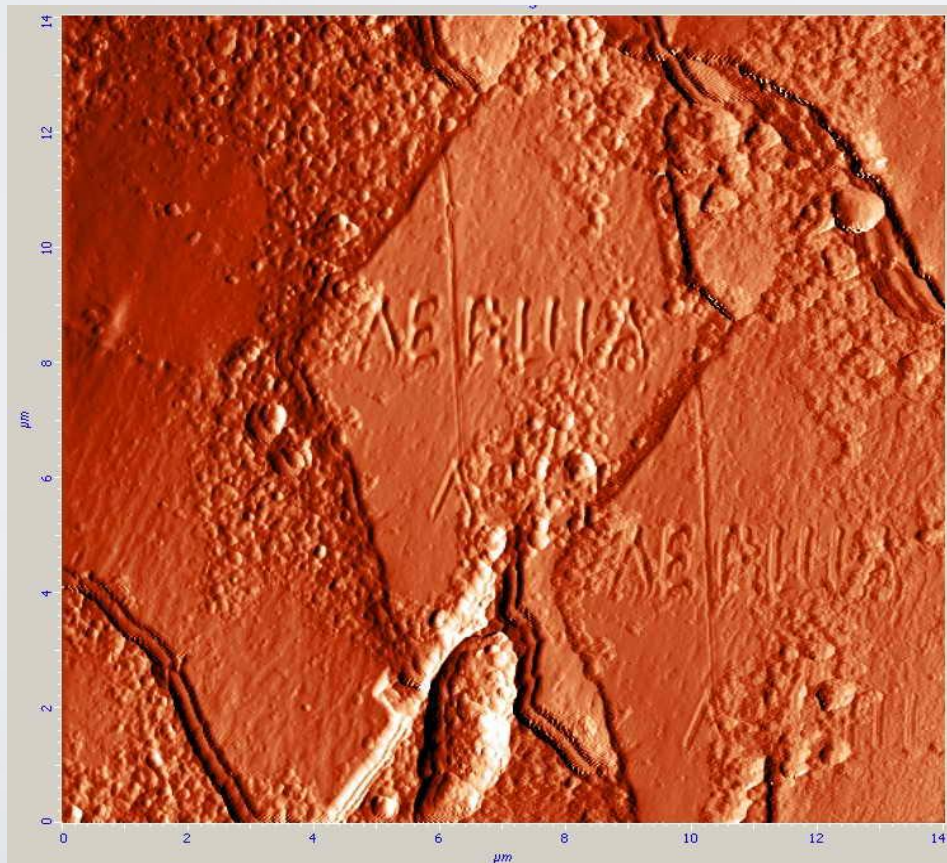
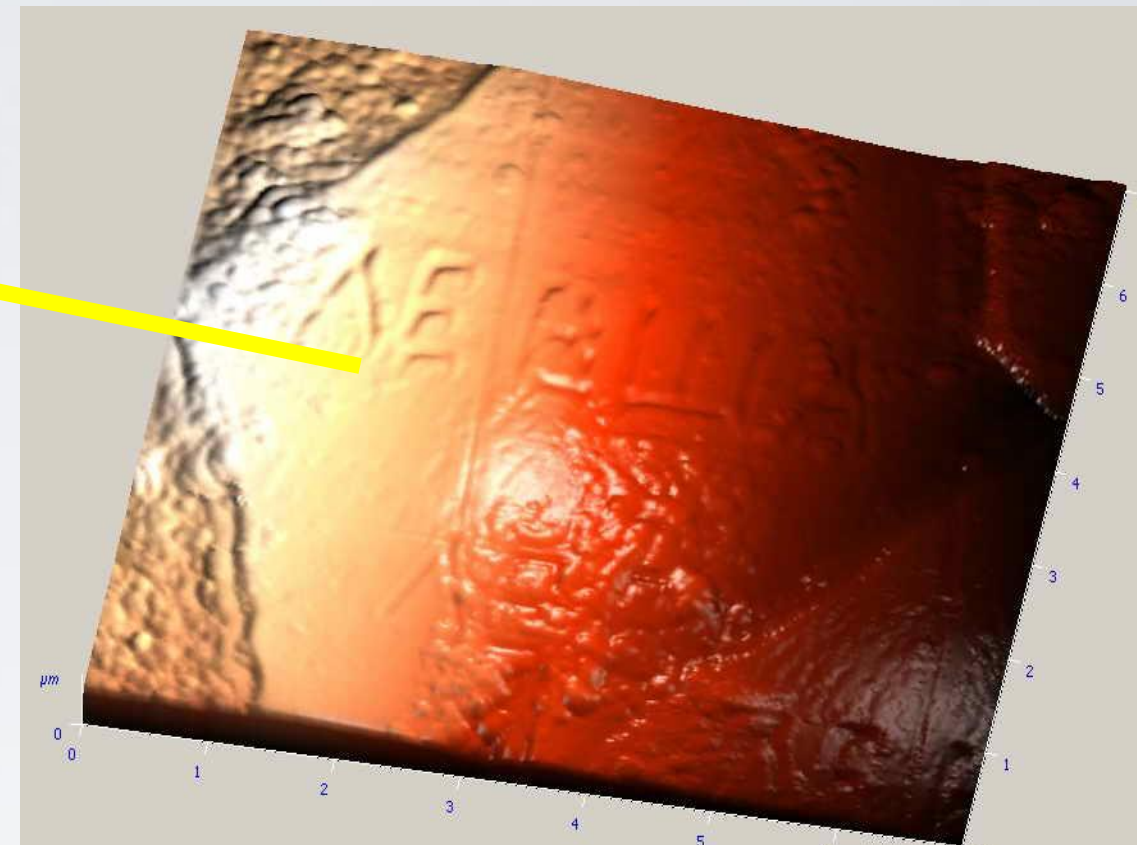
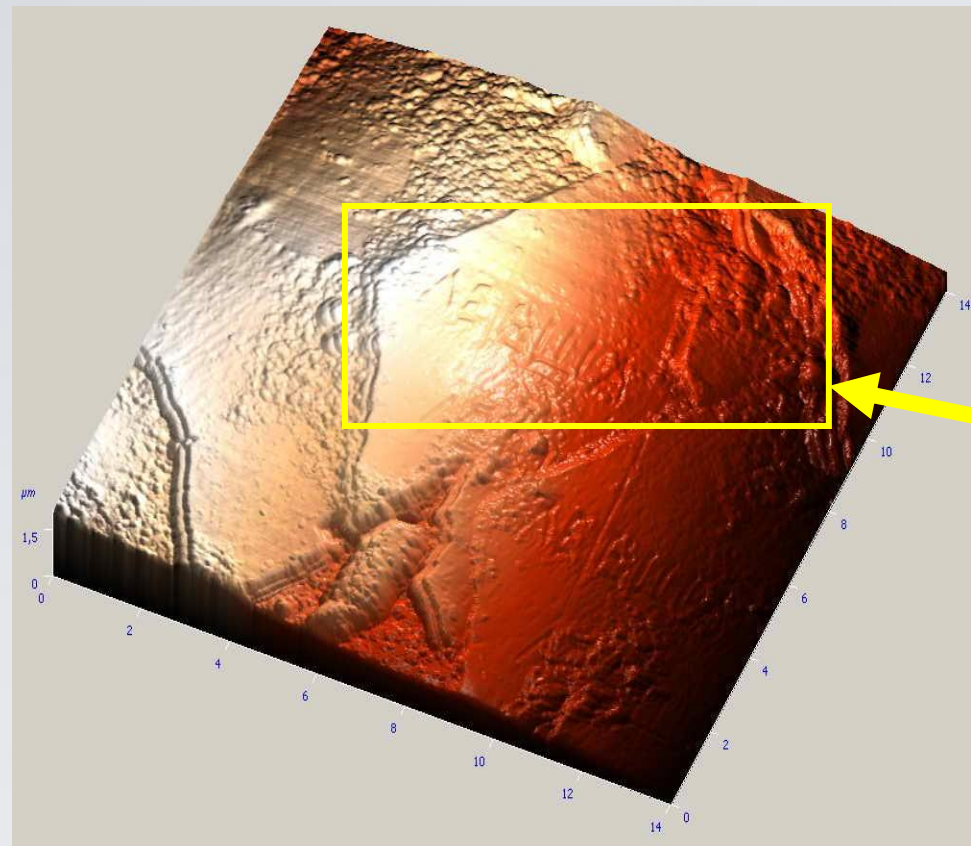
Так волос
выглядит
на
компьютере



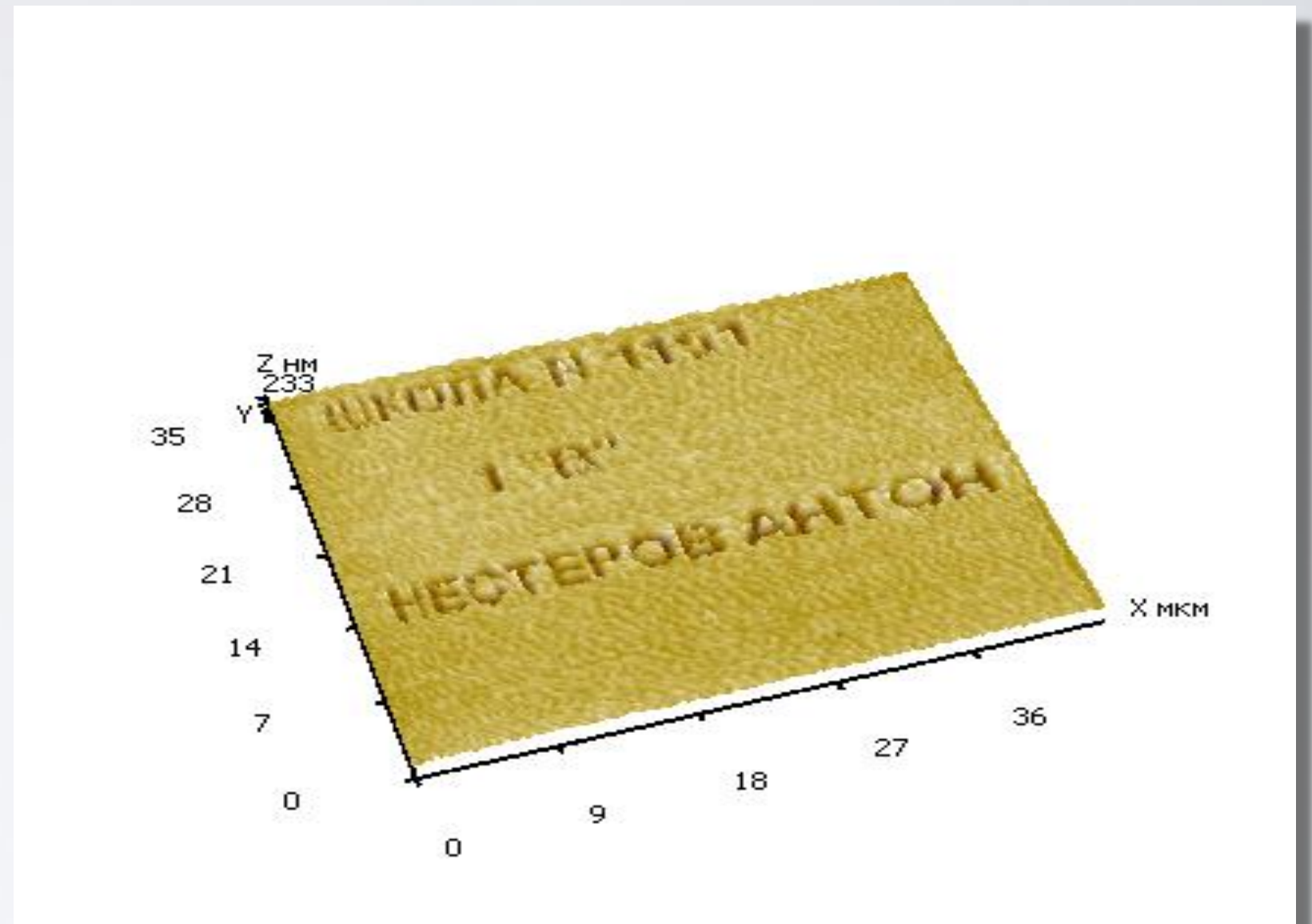
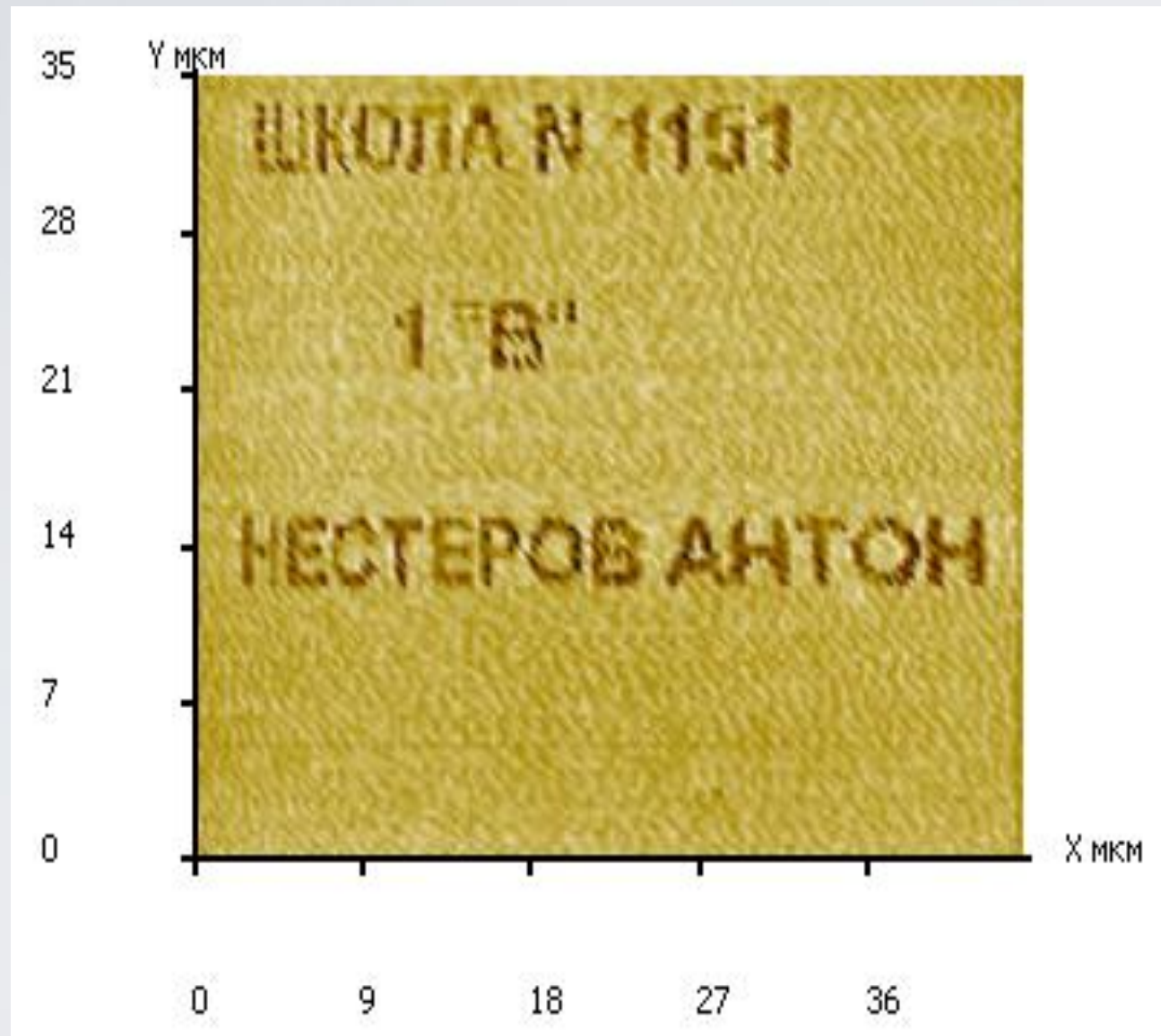
Видны чешуйки,
покрывающие его
поверхность



Вот что получилось



В результате на пластмассовом диске остается
выдавленная надпись.



По размеру надпись равна толщине человеческого волоса.

Российские и международные конференции «Образование для сферы нанотехнологии: современные подходы и перспективы»



РНЦ «Курчатовский институт», г.
Москва, 18-20 мая 2010 год



Московский физико-технический институт,
г. Долгопрудный, 25-27 мая 2011 год

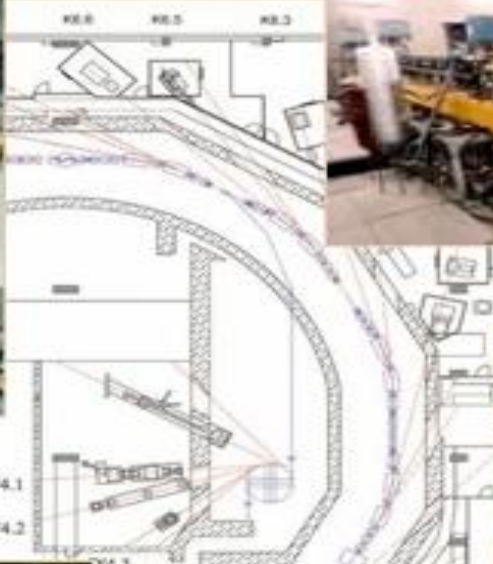
С 2012 года ежегодная школа-конференция на о. Ольхон, Байкал



НАЦИОНАЛЬНАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ РАЗВИТИЯ РАБОТ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



**Исследовательский
нейтронный реактор ИР-8**



**Курчатовский
источник синхротрона**



**Кластерная технологическая
линия для мелкосерийного
производства СБИС**



30 марта 2006 г. Заседание Межведомственного научно-технического совета по развитию нанотехнологий и наноматериалов Министерства образования и науки Российской Федерации



АСТАНИНСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФОРУМ



НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО РОССИИ





НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО РОССИИ

[+ Опубликовать...](#)

[НОР](#) [Обзоры, рефераты, рецензии](#) [Публикации](#) [Профессиональная сеть](#) [Новости](#)

Публикации

[опубликовать статью](#)



НОР , 14.02.2017

**Поздравление с юбилеем
академика Евгения Каблова**

Комментариев: 1 Участников дискуссии: 2

Дискуссия месяца

«Что я тут?»

Комментариев: 3, [вступить в дискуссию](#)



Георгий Малинецкий, 15.02.2017

Кризис жанра

Комментариев: 0



НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО РОССИИ

НОР , 13.02.2017

**Конференция
Нанотехнологического
общества России**

Комментариев: 0

Поддержите науку - поддержите НОР



Блоги

[создать свой блог](#)



НОР

**Приглашение на
семинар НОР-МИФИ**

Просмотров: 2848

Интеллектуализация окружающей среды, робототехника – требует создания элементной базы адаптивной наноэлектроники, новых материалов, датчиков, создание которых невозможно без серьезных научных работ в области НБИКС технологий, за которыми будущее!!!



21 марта 2017

На будущей фабрике TSMC в США планируется освоение 3-нанометровой технологии

Ссылаясь на публикацию издания Economic Daily News, источник утверждает, что этому предприятию, где бы оно ни было построено, предстоит выпускать продукцию по нормам 3 нм.

Как мы уже сообщали, в будущем году TSMC решит, строить полупроводниковое производство в США или нет. Ссылаясь на публикацию издания Economic Daily News, источник утверждает, что этому предприятию, где бы оно ни было построено, предстоит выпускать продукцию по нормам 3 нм.

По словам TSMC, приоритетным местом для размещения новой фабрики является Тайвань. Производитель даже обратился к государству с просьбой о помощи в приобретении земельного участка. Министерство науки и технологии пообещало выделить участок в технопарке на юге острова. Однако его природоохранная оценка может быть не готова к 2022 году, когда в TSMC планируют начать выпуск 3-нанометровой продукции, так что производитель начал рассматривать другие варианты.

Размещение предприятия на юге Тайваня осложняется загрязненностью воздуха и недостатком электричества в этом регионе.

Напомним, инвестиции в предприятие оцениваются в примерно 16,4 млрд долларов.

Источник: [Digitimes](#)

26 июня 2017

IBM построит для американских военных компьютер, работающий по тем же принципам, что и человеческий мозг

Современные суперкомпьютеры способны решать сложные задачи, но они полагаются на грубую вычислительную мощность, тогда как человеческий мозг работает по другим принципам.

Компания IBM в сотрудничестве с ВВС США намерена построить первый в мире суперкомпьютер, работающий по тем же принципам, что и мозг человека (по крайней мере, какими они видятся в современных представлениях о работе мозга).

Конфигурация системы будет включать массив из 64 ядер — «нейросинаптических» микросхем TrueNorth. Они связаны друг с другом на манер того, как связаны нейроны мозга. Каждое ядро является частью распределенной сети и работает параллельно с другими под управлением событий. Следствием такой архитектуры является возможность продолжать работу и получать результаты даже при отказе одного ядра. Как утверждается, производительность компьютера будет эквивалентна производительности системы из 64 млн нейронов с 16 млрд синапсов. При этом потребляемая мощность одной микросхемы не превышает 10 Вт.

Как и другие нейронные сети, система будет преимущественно решать задачи распознавания образов и обработки данных, поступающих от датчиков.



