

# ХІІІ Конференции Нанотехнологического общества России



## « Приборостроение для нанотехнологии, состояние в России»

*8 декабря 2021*

**В.А. Быков, д.т.н., профессор МФТИ**

**Председатель Комиссии по высоким технологиям РАСН**

**Президент НОР и почетный президент**

***Группы компаний НТ-МДТ Спектрум Инструментс, Москва***

*NT-MDT-Spectral Instruments,  
124460, Russia, Moscow, Zelenograd, Proezd 4922, 4/3  
[www.ntmdt-si.com](http://www.ntmdt-si.com), [spm@ntmdt-si.ru](mailto:spm@ntmdt-si.ru)  
Нанотехнологическое общество России  
[www.rusnor.org](http://www.rusnor.org)  
Moscow Institute of Physics and Technology,  
141701, Russia, Moscow 6 Dolgoprudny, 9 Institutskiy per.*



# **Что интересного и качественного из научного оборудования делают сегодня в России?**

**Микроскопы**

**Профилометры**

**Спектрометры**

**Масс-спектрометры**

**Лазеры**

**Лабораторное оборудование**



**ЛОМО**<sup>®</sup>  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



[О КОМПАНИИ](#)

[АКЦИОНЕРАМ](#)

[НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ](#)

[ПРОДУКЦИЯ](#)

[КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА](#)

[КОНТАКТЫ](#)

# Микроскопы

[Главная](#) / [Продукция](#) / [Гражданского назначения](#) / [Микроскопы](#)

◀ [ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ](#)    ▶ [СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ](#)

Микроскопы ▲

[Микроскопы медицинские](#)

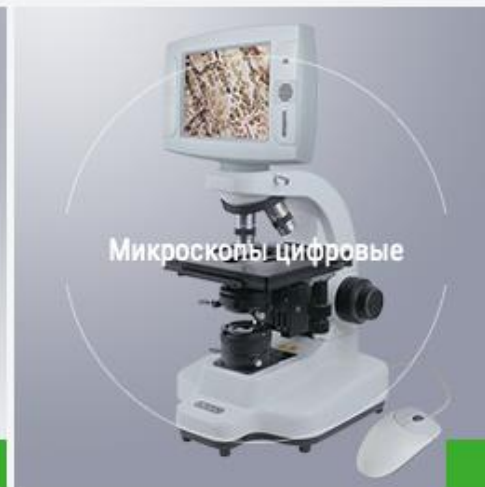
[Микроскопы технические](#)

[Микроскопы цифровые](#)

[Медицинские изделия – эндоскопы](#) ▼

[Телемедицинские комплексы](#) ▼

[Оптические приборы промышленного и научного назначения](#) ▼





## Каталог продукции



NovAA 350 по специальной цене  
от 980 000 рублей!



Программа краткосрочных научных  
и образовательных стажировок  
в области электронной микроскопии

## ГХ-МС со склада в Москве до конца 2013 года!

Дамы и господа!  
Уважаемые клиенты!  
Предлагаем Вам приобрести **ГХ-МС Маэстро МСД** со склада  
производителя в Москве!  
Срок поставки - до конца этого года!  
Спешите! Предложение ограничено!

## лей!

## Внимание, розыск! Самый старый SPECORD!

## TOC Pharma



### Оборудование для химического анализа

Газовые хроматографы  
Жидкостные хроматографы  
Хромато-масс-спектрометрия  
Масс-спектрометры с индуктивно-связанной плазмой  
Капиллярный электрофорез  
Молекулярная спектроскопия  
Атомно-абсорбционная спектроскопия  
Элементные анализаторы  
Поляриметры/Рефрактометры



### Микроскопия и нанотехнологии

Растровые электронные микроскопы с термоэмиссионным источником электронов  
Растровые электронные микроскопы с холодным полевым катодом (сверхвысокого разрешения)  
Растровые электронные микроскопы с термополевым (Шоттки) катодом  
Просвечивающие электронные микроскопы  
Сканирующе-просвечивающие электронные микроскопы  
Оборудование для микрообработки материалов и подготовки образцов



### Биотехнологии



### Пробоподготовка и ввод пробы

### Последние новости

#### Семинар Аналитик Йена в Москве 12 ноября

12 ноября 2013 года в Москве компания ИНТЕРЛАБ организует научно-информационный семинар. Приглашаем Вас стать участником нашего семинара. Подробную информацию о мероприятии вы можете прочитать на этой странице. Будем рады встрече с вами, дорогие коллеги и друзья!

#### Новые вакансии

В Московском офисе компании ИНТЕРЛАБ (Interlab), занимающейся оптовой продажей, сервисом и производством аналитического лабораторного оборудования, открыты новые вакансии в отделе продаж аналитического оборудования. В офис "Санкт-Петербург" требуется Помощник директора филиала. В офис "Екатеринбург" требуются коммерческие представители. Подробнее можно ознакомиться в разделе "Вакансии" нашего сайта.

#### Аналитика Экспо 2013

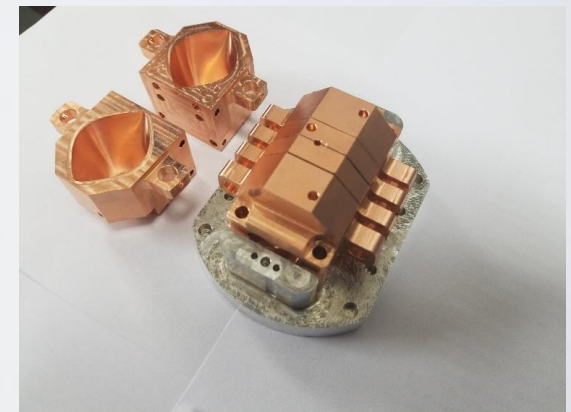
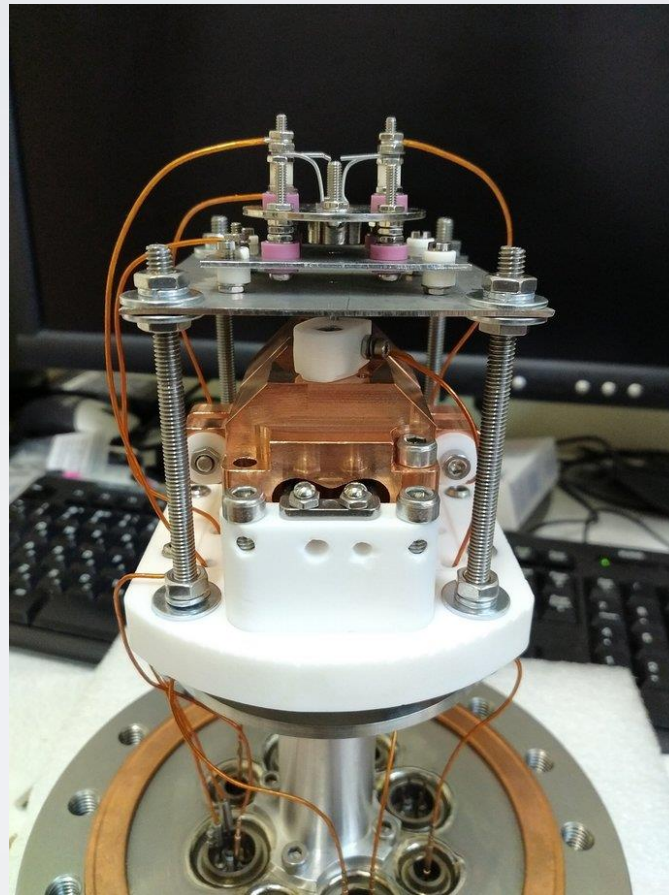
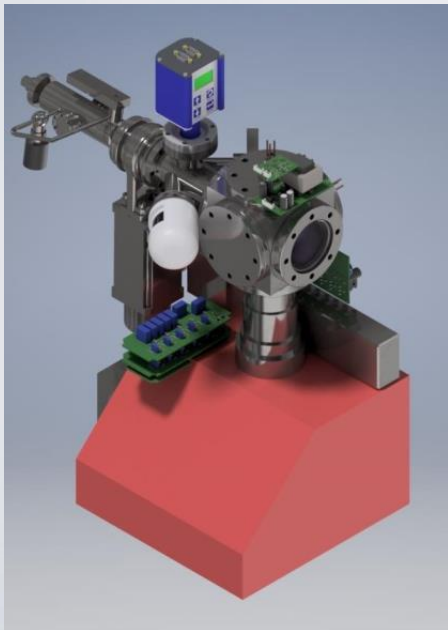
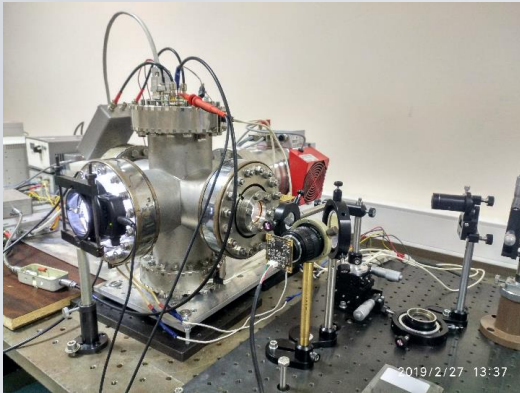
Уважаемые дамы и господа! Приглашаем вас посетить наш стенд на выставке Аналитика Экспо 2013, которая пройдет в Сокольниках 16-19 Апреля. На стенде будут представлены: настольный РЭМ Hitachi TM3000, спектрофотометр и элементный анализатор Analytik Jena, ГХМС МАЭСТРО, анализатор стабильных изотопов Picarro и многое другое. Дополнительная информация по ссылке.

#### Семинар в Новокузнецке 24

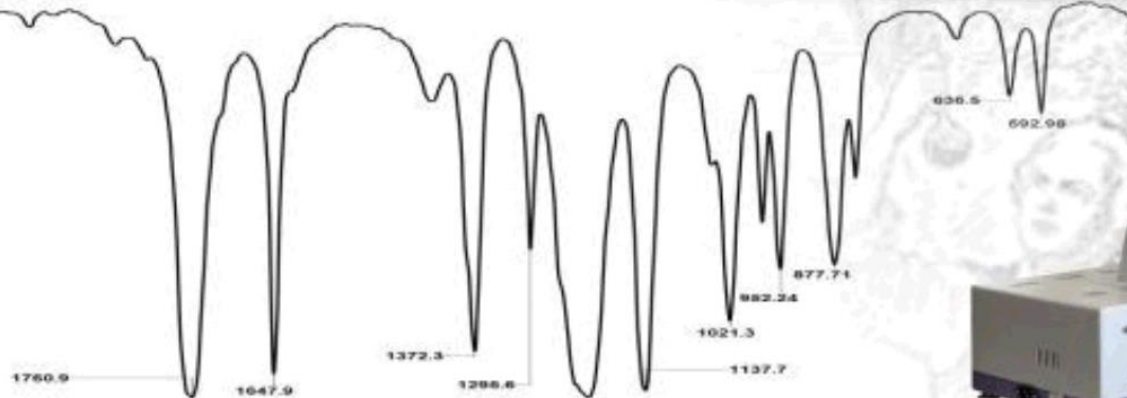
ООО «МС-технологии», СКОЛКОВО  
Сейчас заканчивают разработку  
Производство приборов ожидается в 202

# Масс- спектрометр Николаева

Ловушка Кингдона и ее узлы,  
напечатанные на 3D  
принтере или изготовленные  
точным фрезерованием



**Simex**  
ANALYTICAL EQUIPMENT



Все, что нужно для современной ИК спектроскопии

О ФИРМЕ    **ОБОРУДОВАНИЕ**    СТАТЬИ    ВЫСТАВКИ    ДИПЛОМЫ    КОНТАКТЫ

### Инфракрасные фурье-спектрометры серии «ФТ-801»

[подробнее...](#)



### Инфракрасные микроскопы серии «МИКРАН»

[подробнее...](#)



Директор ООО НПФ "СИМЕКС"  
Ежевская Татьяна Борисовна

630055 Россия г. Новосибирск ул. Мусы Джалиля 3/1 офис 709-717



*Фурье-спектрометр ФСМ 2201, приставка-автосамплер для анализа бензинов*



*Газовая кювета КГ01, радиометрическая приставка, микрообъектив, приставка для анализа пластин полупроводникового кремния*

**ИНФРАСПЕК – 25 ЛЕТ ОПЫТА РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА ФУРЬЕ-СПЕКТРОМЕТРОВ**

Максимальная чувствительность достигается при использовании сменных детекторов и источников излучения для рабочих областей ИК спектра.

108841, г. Москва, г. Троицк,  
Калужское ш., д.4/1



Оптосистемы – инновационная высокотехнологичная компания, имеющая многолетний опыт разработки и серийного производства уникального лазерного оборудования.

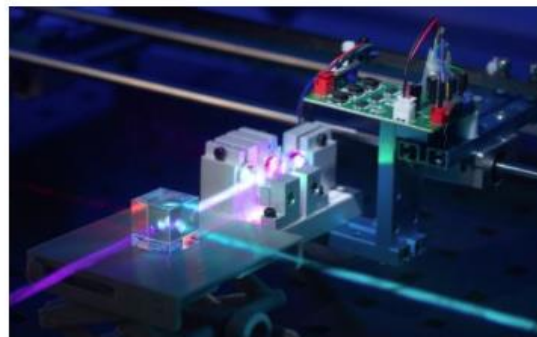
Мы, единственные в России и одни из немногих в мире, производим мощные эксимерные лазеры, лазерные системы для офтальмологии, системы для выращивания синтетического алмаза.

Поставки осуществляются по всему миру - более чем в 30 странах, более чем в 100 университетах и компаниях



Эксимерные лазеры

Широкая номенклатура лазеров ультрафиолетового диапазона (193 - 308 нм)



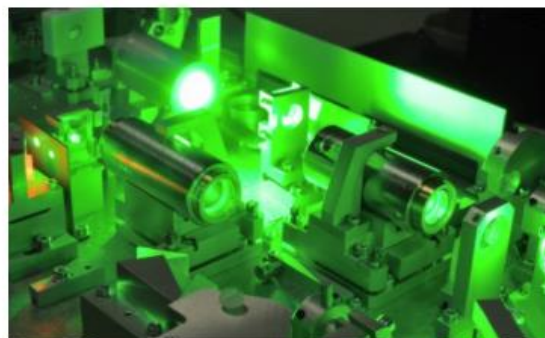
Фемтосекундные лазеры

Лазеры с малой длительностью импульса генерации ~ 300 фс – 30 пс



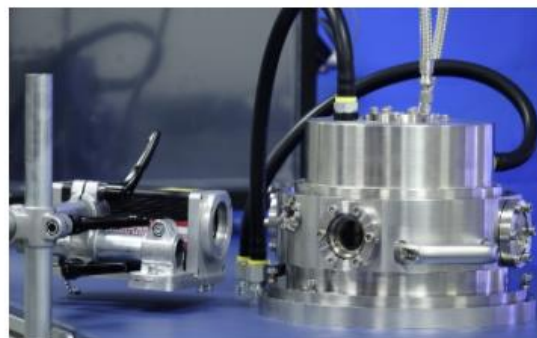
CO2 лазеры

Импульсно-периодические CO2 лазеры в диапазоне 9.2 – 10.8  $\mu\text{m}$



Лазеры с диодной накачкой

Лазеры с выходной мощностью излучения 10-100 Вт, малая расходимость, высокая стабильность



СВЧ-плазмохимический реактор

СВЧ-плазмохимический реактор для выращивания поли-, монокристаллических алмазов с заданными свойствами методом химического осаждения из газовой фазы в микроволновой плазме (MP CVD).



Источники питания

Высоковольтные источники питания для лазерной и импульсной техники





## ЛАЗЕРЫ

[Волоконные фемтосекундные](#)

[Титан-сапфировые фемтосекундные лазеры](#)

[Yb твердотельные фемтосекундные](#)

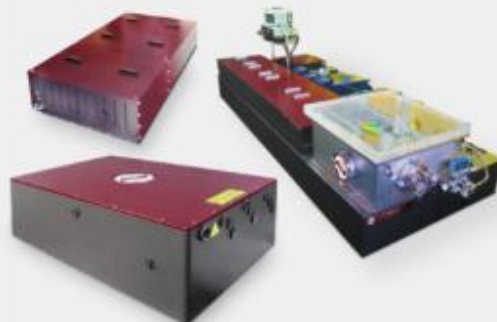
[Хром-форстеритовые фемтосекундные](#)

[Параметрические генераторы](#)

[Многоканальные твердотельные](#)

[Фемтосекундные и CW конструкторы](#)

[Непрерывные и диодные лазеры](#)



## ФЕМТОСЕКУНДНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

[Волоконные](#)

[Титан-сапфировые твердотельные](#)

[Иттербиевые твердотельные](#)

[Хром-форстеритовые твердотельные](#)

[Тераваттные системы](#)

[Капиллярные компрессоры](#)

[Рамановские преобразователи](#)



## ДИАГНОСТИКА

[Спектрометры](#)

[Фотоприемники](#)

[Сканирующие автокорреляторы](#)

[Одноимпульсные автокорреляторы](#)

[SPIDER](#)

[Измерители контраста](#)



## КОМПОНЕНТЫ

[Селекторы импульсов](#)

[Фазово-частотная привязка](#)

[Изоляторы и ротаторы Фарадея](#)

[Генераторы гармоник](#)

[Компенсаторы дисперсии](#)

[Оптические ослабители](#)

[Оптомеханические модуляторы](#)

[Генераторы суперконтинуума](#)

[Генераторы ТГц излучения](#)

[Лабораторное оборудование](#)



## ОПТОМЕХАНИКА



[Главная](#) [Информация](#) [Инфраструктура](#) [Технологический профиль](#) [Резиденты](#) [Преимущества](#) [Контакты](#)

## Информация

### МЕНЮ

- [Главная](#)
- [Информация](#)
- [Инфраструктура](#)
- [Технологический профиль](#)
- [Резиденты](#)
- [Преимущества](#)
- [Контакты](#)



# О КОМПАНИИ

Вот уже много лет специалисты ООО НТ-МДТ (Москва, Зеленоград) и все сотрудники группы компаний NT-MDT Spectrum Instruments участвуют в разработке, производстве и поддержке исследовательского оборудования, в первую очередь, атомно-силовых микроскопов (АСМ) и их комбинаций со спектроскопией сверхвысокого разрешения для нанотехнологии и ее приложений. Наш путь был отмечен созданием большого количества устройств, функции и возможности которых охватывают широкий спектр потребностей клиентов в различных областях: университетское образование, академические и промышленные исследования.





Инновационный бизнес ООО НТ-МДТ представлен компаниями в России, Европе, США, и Китае, объединенными общими зарегистрированными товарными знаками NT-MDT и NT-MDT Spectrum Instruments, а также дистрибуторами в более чем 30 странах мира



## Научно-исследовательский институт физических проблем



Тип	ФГУП
Основание	1964
Расположение	 Россия, Зеленоград, Георгиевский пр., 6
Отрасль	Микроэлектроника
Материнская компания	НПО «Научный центр» (до начала 1990-х), Курчатовский институт (с 2020 года)
Сайт	<a href="http://niifp.ru">niifp.ru</a> 

На конец 2007 в состав НИИФП входили научные отделы и лаборатории:

- теоретических исследований
- физико-математического моделирования
- нанозлектроники
- молекулярной электроники
- биомолекулярных исследований
- прецизионной технологии
- микроэлектромеханики
- кремниевых сверхбольших интегральных схем (СБИС)
- сверхпроводниковых устройств
- полимерной электроники
- лазерной диагностики
- аналитических исследований
- метрологии
- патентоведения



Отдел 31 (1973 – 1987)

Отдел 102 (с 1987)

Нач. отдела Быков В.А., направление – молекулярная нанотехнология

С 1989 года ИК МДТ  
Братья М.И. и П.И. Лазаревы и  
В.А. Быков

- НТС ВПК
- Адмирал Киясов Борис Александрович
- МЭП СССР, министр, чл. корр. АН СССР Колесников Владислав Григорьевич



С 1989 года ИК МДТ

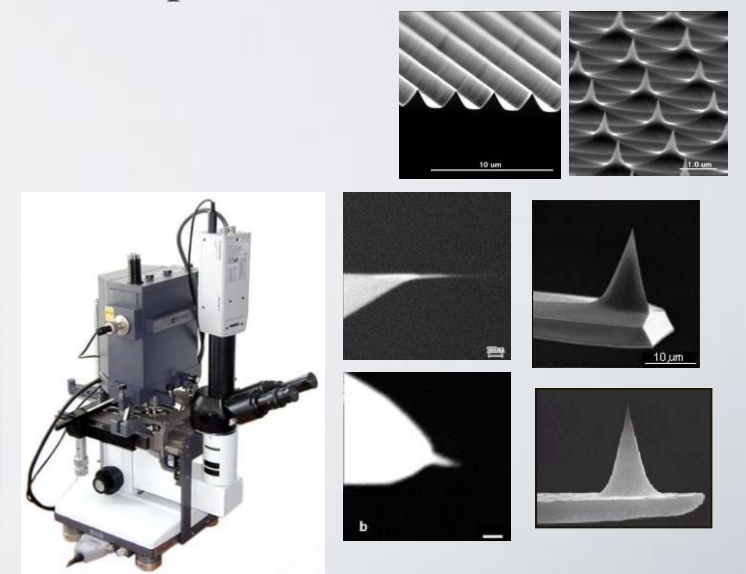
Братья М.И. и П.И. Лазаревы и В.А. Быков

Председатель ученого совета ИК МДТ- Лауреат Нобелевской премии, академик Прохоров Александр Михайлович

Зам. Председателя – Быков В.А.

В материалах докторской диссертации Быкова В.А. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Сентябрь 2000 г.



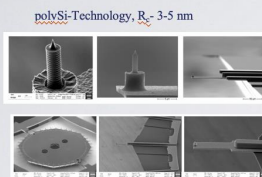
Коллектив разработчиков – самый опытный на мировом рынке – опыт работы с 1989 года



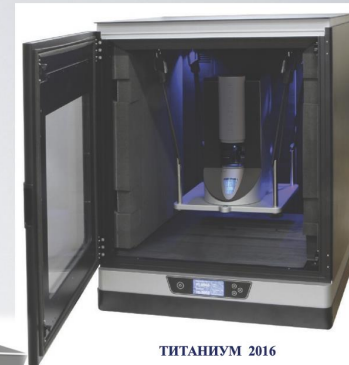
**NT-MDT Spectrum Instruments Продуктовая линия 2018**



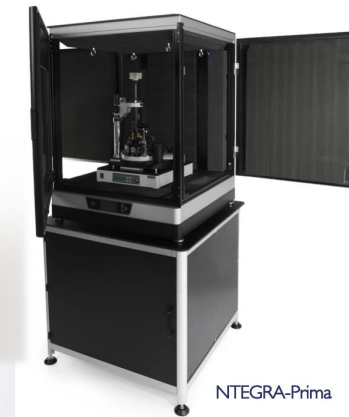
ИНТЕГРА-СПЕКТРА-4P 2016



Новые типы кантилверов (2015-2016 гг.)



SOLVER-Pipe -2017



# Global Atomic Force Microscopes (AFM) Market Insights, Forecast from 2018 to 2025

## Chapter Eight **Manufacturers Profiles**

### Info from 04.10.23

#### 8.1 Bruker Corporation

#### 8.2 NT-MDT SI

#### 8.3 Keysight Technologies

#### 8.4 Park Systems

#### 8.5 Witec

#### 8.6 Asylum Research(Oxford Instruments)

#### 8.7 Nanonics Imaging

#### 8.8 Nanosurf

#### 8.9 Hitachi High-Technologies

#### 8.10 RHK Technology

#### 8.11 A.P.E. Research

# Trends in Global AFM Probe Market 2023-2028

The following manufacturers are analyzed independently in the report (info from 17.06.2023):

1. NanoWorld AG
2. Bruker
3. NT-MDT
4. Asylum Research (Oxford Instruments)
5. Advanced Diamond Technologies
6. AppNano
7. Team Nanotec GmbH
8. NaugaNeedles
9. SmartTip
- 11.
12. ...

# Этапы развития

1990 – 2003

Первые приборы,  
освоение режима  
Tapping Mode

2003 – 2014

Многоуровневые  
приборы,  
метрологические  
сканеры

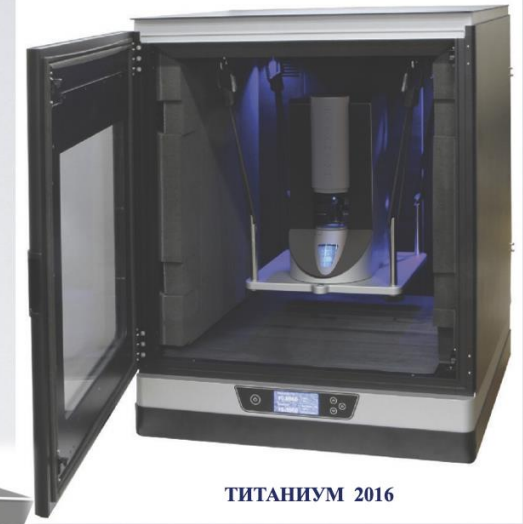
2015 – и далее

Технология  
искусственного  
интеллекта



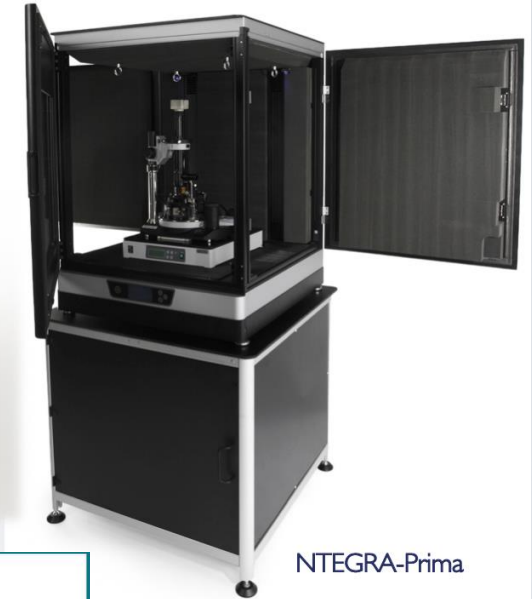


## NT-MDT Spectrum Instruments Продуктовая линия 2020



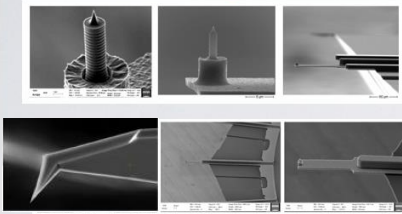
**ТИТАНИУМ 2016**

**ИНТЕГРА СПЕКТРА II, 2021г.**



**NTEGRA-Prima**

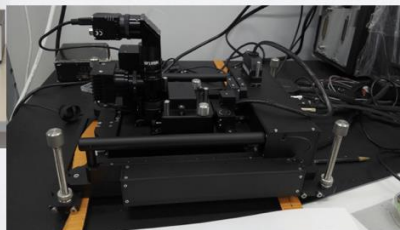
polySi-Technology,  $R_c$  - 3-5 nm



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



**SOLVER-Pipe -2017**



**ScanTronic™**  
Получите АСМ с первой в мире системой самообучения

**RapidScan™**  
Ускорьте темп ваших исследований

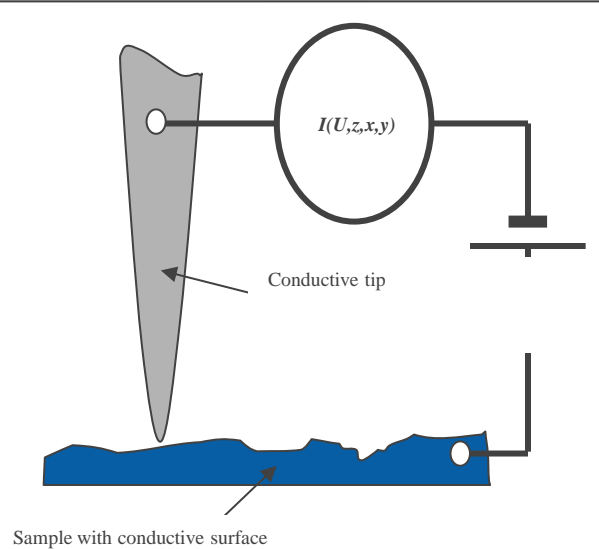
**HybridMode™**  
Расширьте восприятие наномира

## Group of companies NT-MDT Spectrum Instruments:

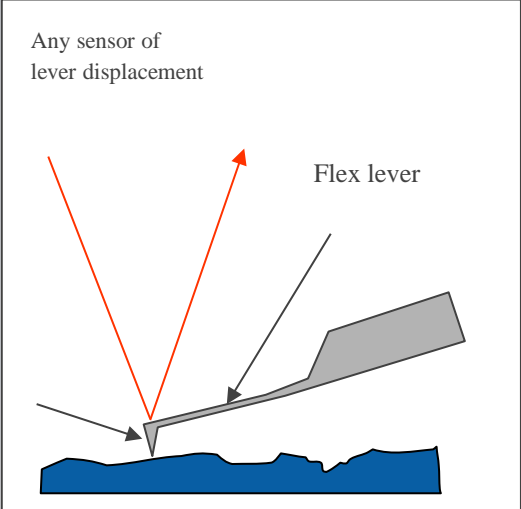
- ❖ 30 years in the market of scientific instrument making;
- ❖ More than 4600 devices in 64 countries;
- ❖ Development Center - NT-MDT LLC (Zelenograd);
- ❖ Sales offices - in the USA, China and Ireland;
- ❖ Registered intellectual property - patents, trademarks, certificates of registration of software in Russia and abroad

- ❖ Туннельная микроскопия и спектроскопия;
- ❖ Профиль поверхностных структур и его зависимость от давления прижима;
- ❖ Неоднородность силы трения в системе зонд – поверхность;
- ❖ Неоднородность адгезионных сил;
- ❖ Распределение поверхностного потенциала (Кельвин-мода);
- ❖ Распределение электрической емкости в системе кантилевер –поверхность;
- ❖ Распределение теплопроводности;
- ❖ Распределение модуля Юнга;
- ❖ Диагностика пределов упругой деформации;
- ❖ Распределение магнитных сил;
- ❖ Распределение пьезоэлектрических характеристик поверхностных структур;
- ❖ Распределение оптических свойств поверхности в видимой (спектроскопия комбинационного рассеяния с пространственным разрешением до 10 нм) и ИК области спектра с разрешением значительно превышающим дифракционные ограничения (ближнепольная беапертурная оптическая микроскопия);
- ❖ Беапертурная ИК и терагерцовая спектроскопия с пространственным разрешением до 10 нм – качественный анализ поверхности;
- ❖ Возможность модификации поверхности с созданием и исследованием свойств наноструктур

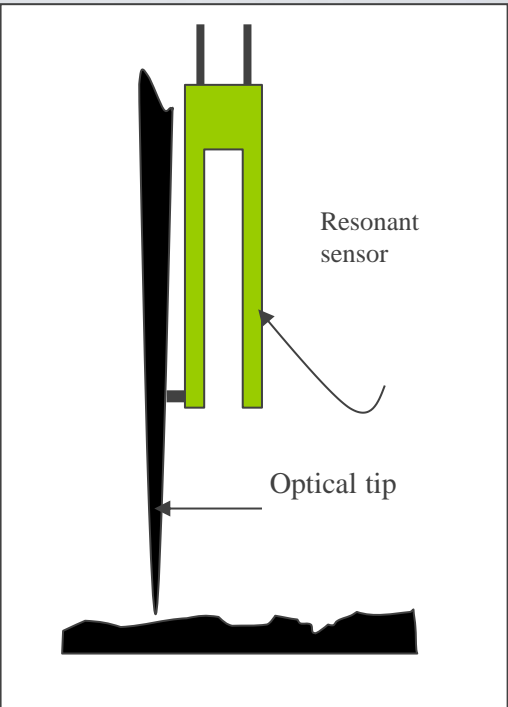
# Scanning Probe Microscopy (SPM)



Scanning Tunneling  
Microscopy  
Conductive samples

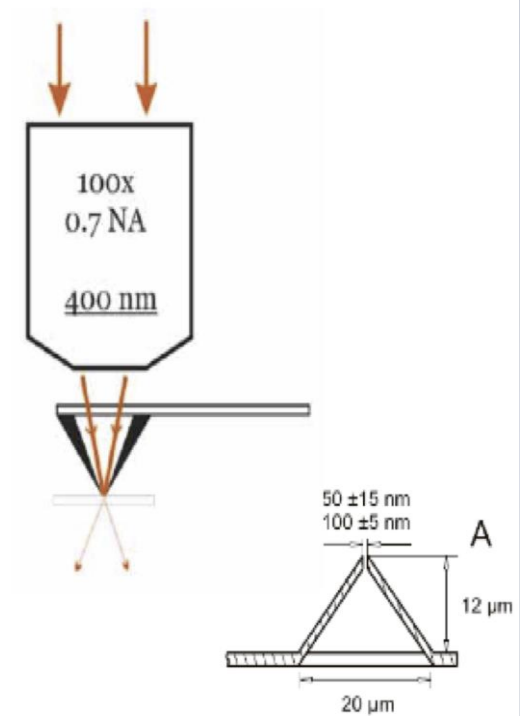


Atomic Force  
Microscopy  
Any solid surfaces

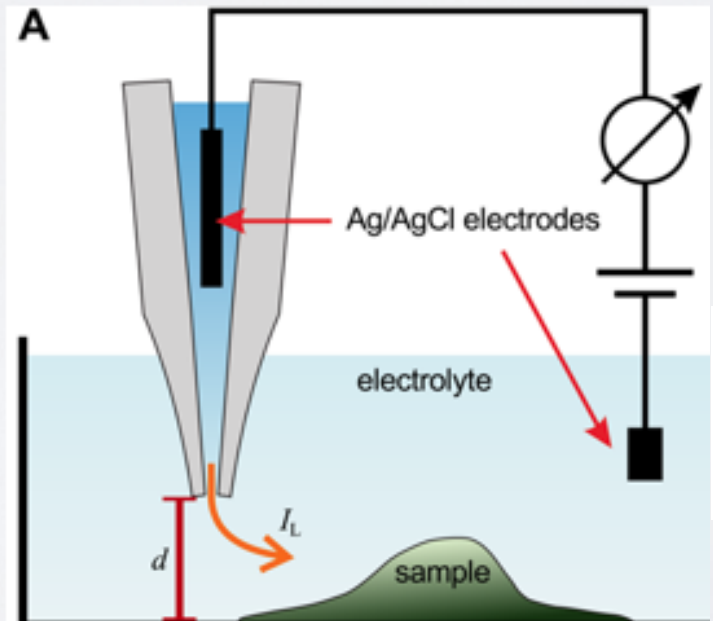


Aperture  
Scanning Near-Field  
Microscopy  
Optical properties

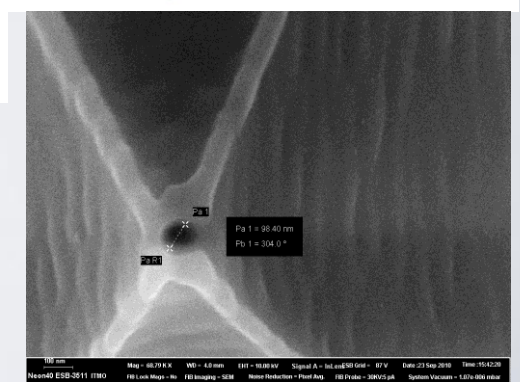
Silicon cantilevers with aperture

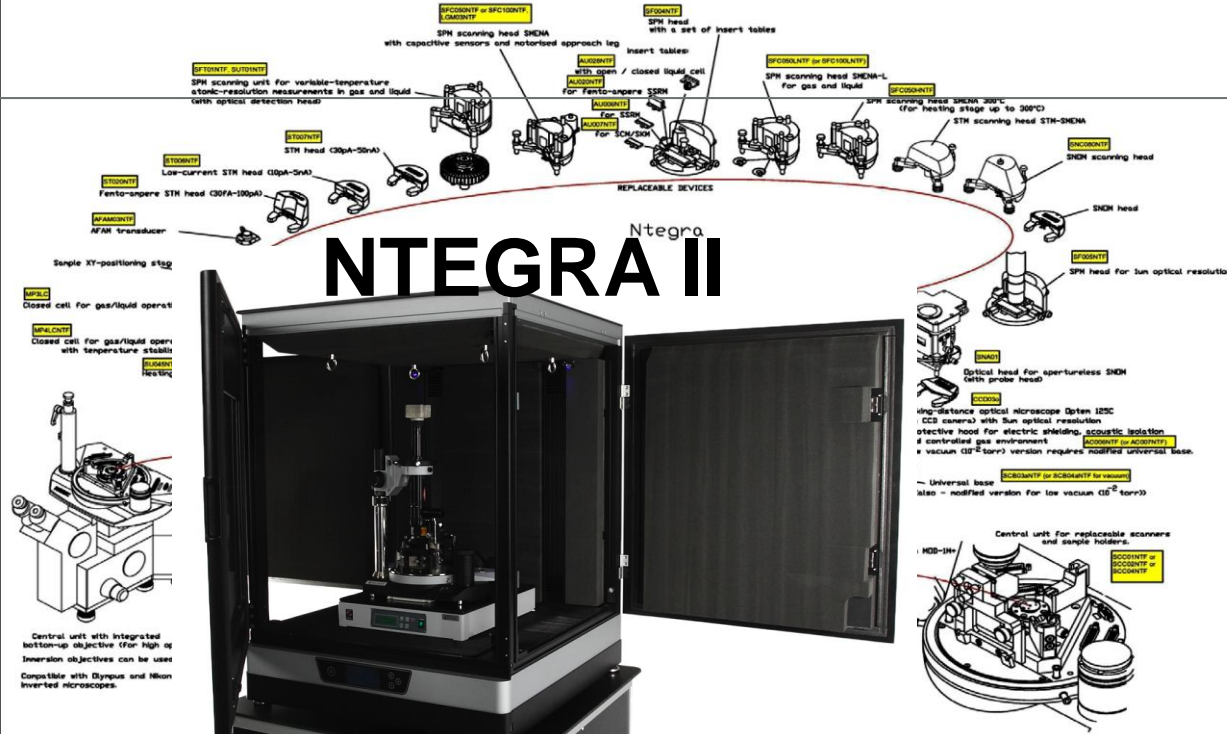


NT-MDT produces all hardware and software to work with such probes at all SNOM modes.

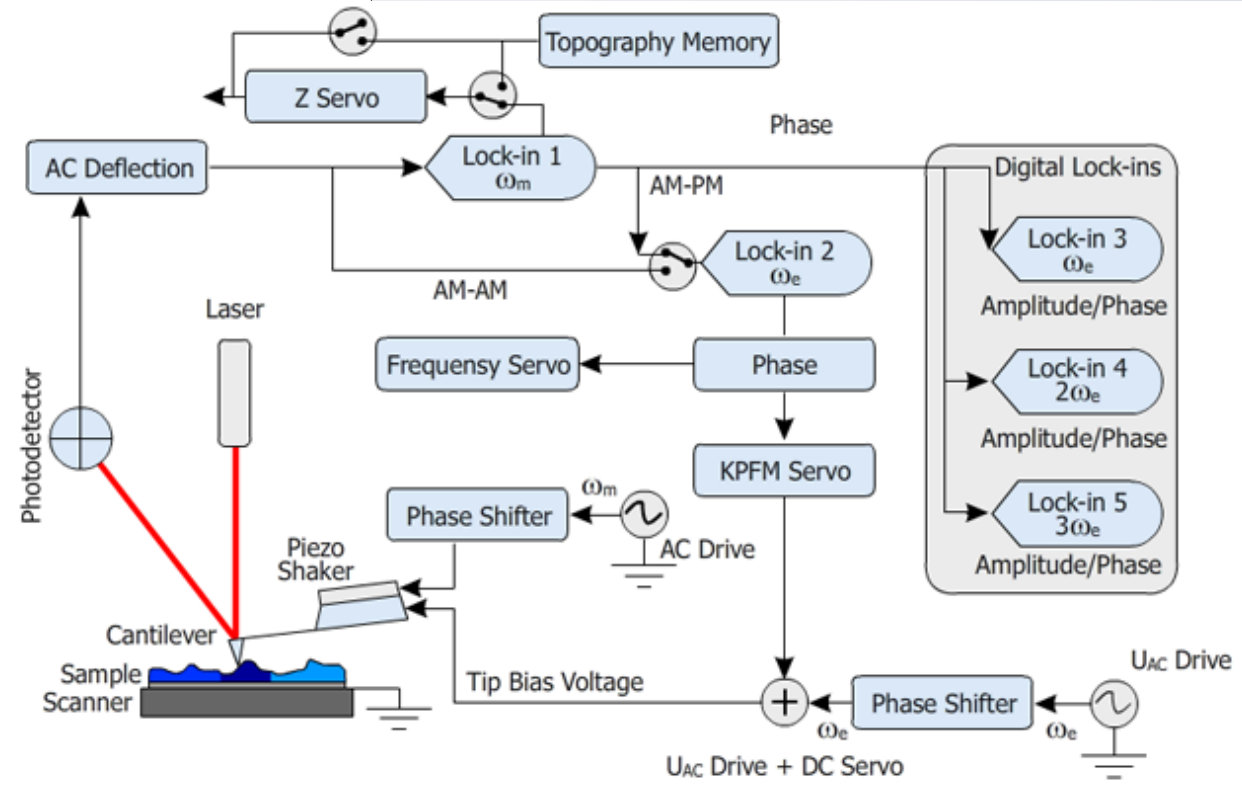


Scanning Electrochemical  
Capillary Microscopy,  
 $I - 10^{-9} - 10^{-15}$





## PX ULTRA CONTROLLER

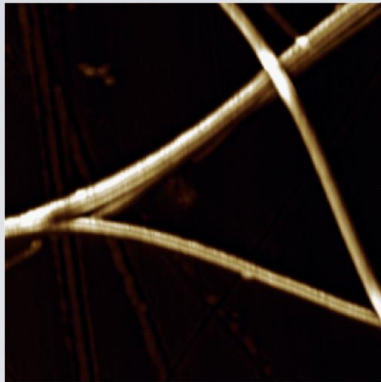
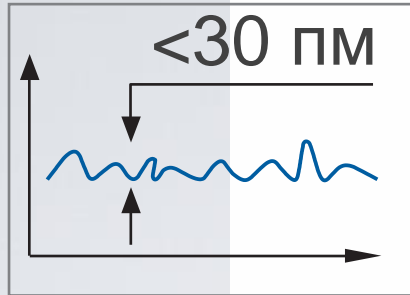


- Частотный диапазон до 5MHz
- 5 предусилителей
- ADC скорость обработки – 500kHz
- ADC разрешение – 18bit
- Шум фазы до – 0,01°
- Температура –  $T_{room} + 5^0$  с точностью 0,005°

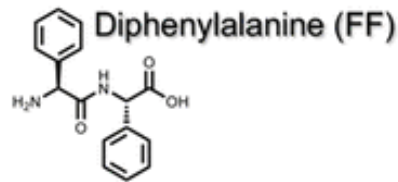
**VEGA – АСМ для больших образцов - с размерами до 200×200 мм и толщиной до 40 мм с позиционированием в любой точке поверхности с точностью позиционирования 1 мкм и возможностью получения атомарного разрешения.**



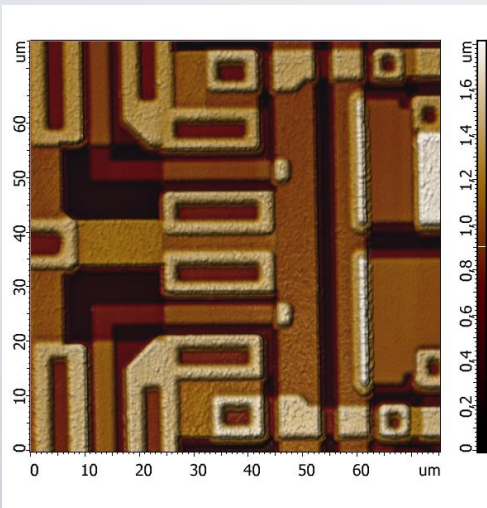
5x5 nm, HOPG



**8×8 МКМ**  
diphenylalanine



Специально разработанная оптическая схема обладает **самым низким значением уровня спектральной плотности шума (25 фм/√Гц)** датчика оптической системы регистрации изгибов кантилевера среди коммерческих АСМ для большеразмерных образцов.



**Фрагмент интегральной схемы**

## Образовательный проект СТАРТ



15-03-1930 – 01-03-2019

Инициатором проекта по использованию сканирующих зондовых микроскопов в школах, колледжах, высших учебных заведениях был лауреат Нобелевской премии по физике Жорес Иванович Алферов. Идея оказалась жизнеспособной и популярной.

Разработки приборов начались с 2002 года. Последовательно было выпущено три поколения приборов этого типа. Уже вторая версия приборов – НАНОЭДЮКАТОР-II вошла в сотню лучших мировых разработок.

Учебно-исследовательский лабораторный комплекс НАНОЭДЮКАТОР

установлен в более чем 80 ВУЗах, и 320 школах в России и за рубежом.

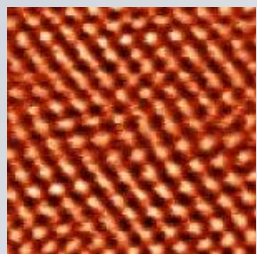


В настоящее время создан 3-й вариант этих приборов с мощным интеллектуальным наполнением на базе алгоритмов искусственного интеллекта, позволяющий сосредоточить внимание учащихся не на методике и приборе, а на предмете исследования исследования – биологических препаратах клеток, вирусов, молекул. На свойствах исследуемых материалов.

- 2003 году первые продажи НЭ I;
- в 2011 модернизация комплекса до НЭ II;
- В 2013 модернизация НЭ II функциональными модулями.
- В 2018 году модернизация контроллера и программного обеспечения – автоматизация настроек, программа ScanTronic



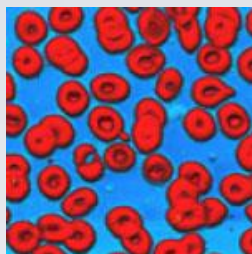




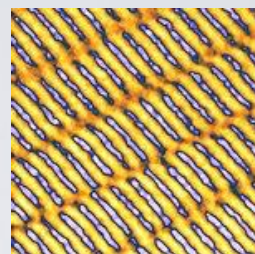
Атомная  
решетка ВОПГ.  
Размер скана 4×4  
нм.  
Контактная  
латеральная АСМ



Атомные слои на  
графите.  
Размер скана  
1.8×1.8 мкм.  
АМ АСМ



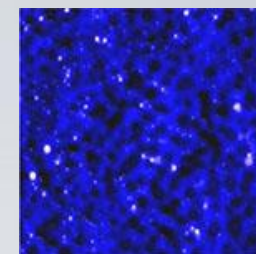
Клетки  
крови.  
Размер  
скана 50×50  
мкм.  
АМ АСМ



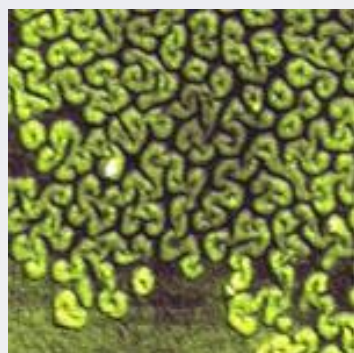
Магнитные  
домены  
НЖМД.  
Размер скана  
30×30 мкм.  
АМ МСМ



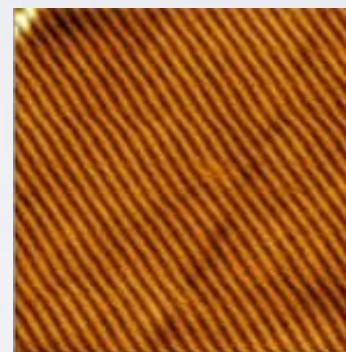
Серебряные  
провода.  
Размер скана  
4×4 мкм.  
АМ АСМ



Смесь полистирен-  
полиэтилена.  
Размер скана 20×20  
мкм.  
Hybrid метод АСМ



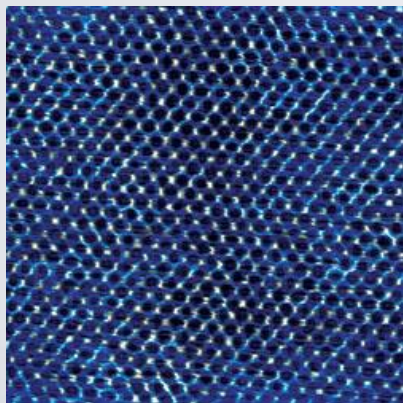
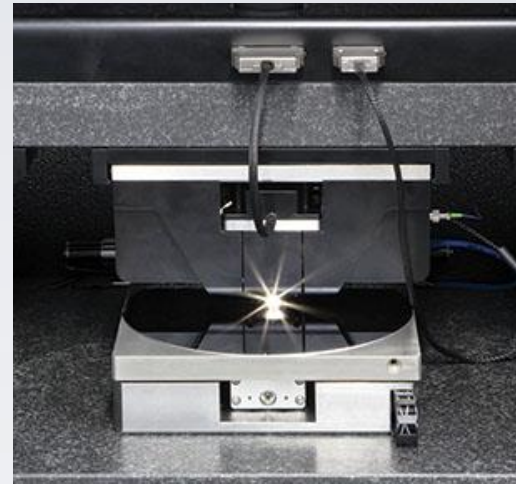
Флуороалканы.  
Размер скана 500×500 нм.  
АМ АСМ



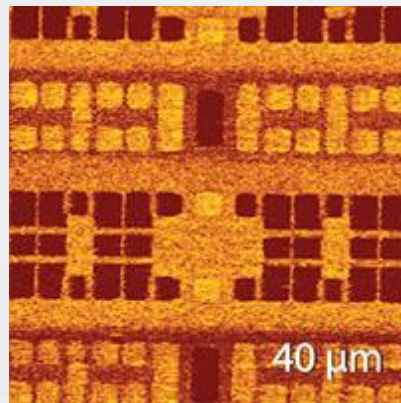
C60H122 на ВОПГ.  
Размер скана 250×250 нм.  
АМ АСМ

Получено на приборах СОЛВЕР-НАНО

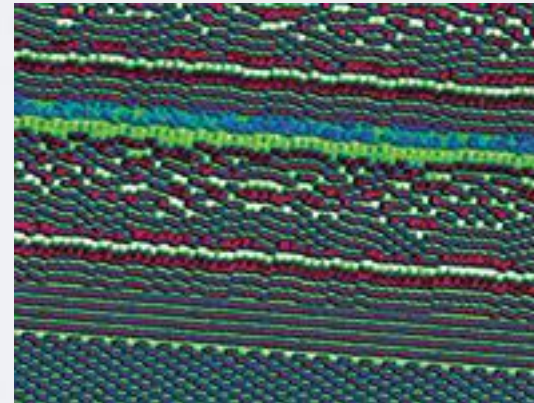
# SPM VEGA – Scanning probe microscope for effective samples investigation with the size up to 200x200x40 mm with resolution up to atomic



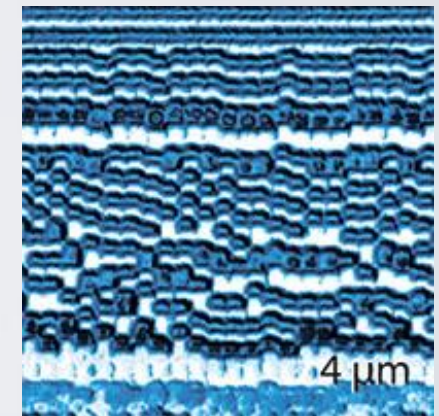
HOPG, 6x6 nm



Surface potential of  
SRAM  
Scan size is 40x40 μm



HDD servo sector.  
Scan size is 10x6 μm



Magnetic domains  
of high-density  
HDD. Scan size is

**Теппинг мода – великое дело, но есть и недостатки «ручной» настройки:**

Необходимость управлять четырьмя параметрами одновременно делает процесс настройки в значительной степени зависящим от опытности пользователя и его понимания, как эти параметры влияют на поведение системы зонд-сканер и изображение сканируемой поверхности.

Обучение пользователя требует длительного времени, причем не всегда пользователю удастся понять все особенности настройки прибора. Это наиболее актуально для тех, кто использует прибор эпизодически или работа на нем не является приоритетной деятельностью.

Отсутствие объективного критерия качества изображения делает настройку прибора неоптимальной даже для опытных пользователей.

Высока вероятность «порчи» кантилевера, что делает СЗМ прибором, дорогим в эксплуатации

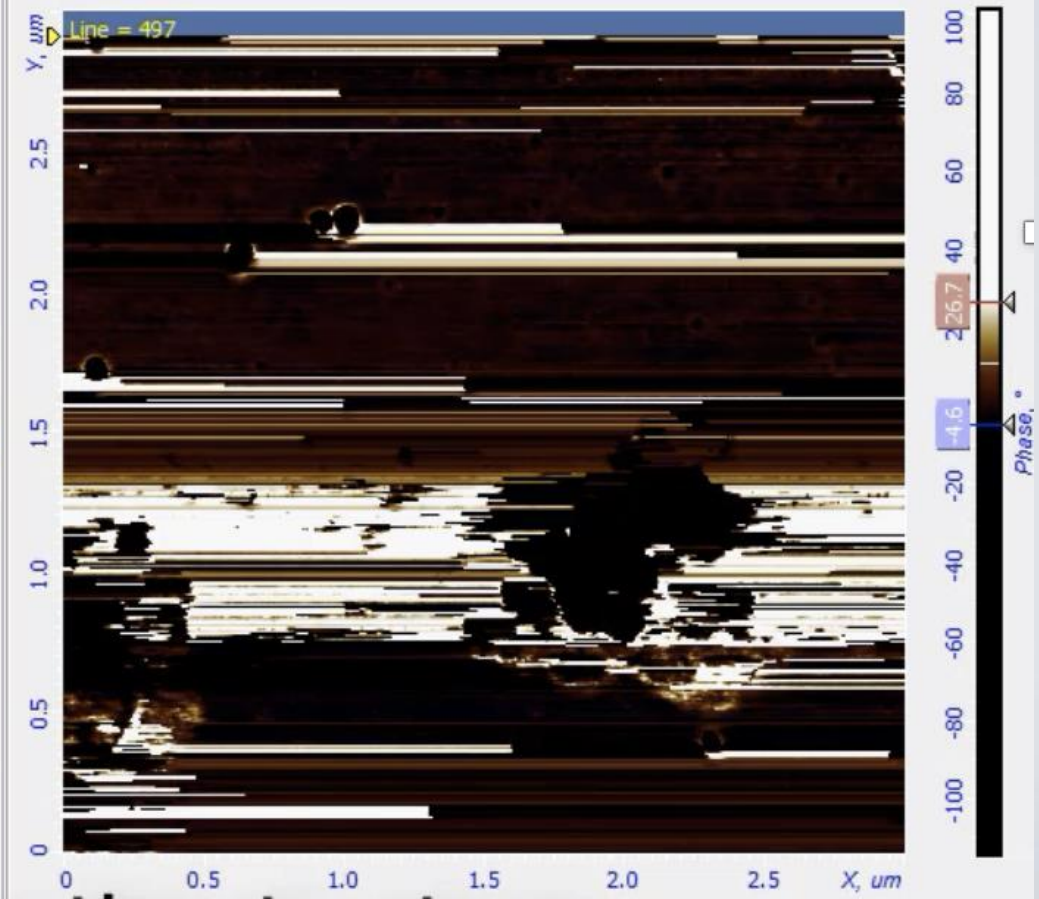
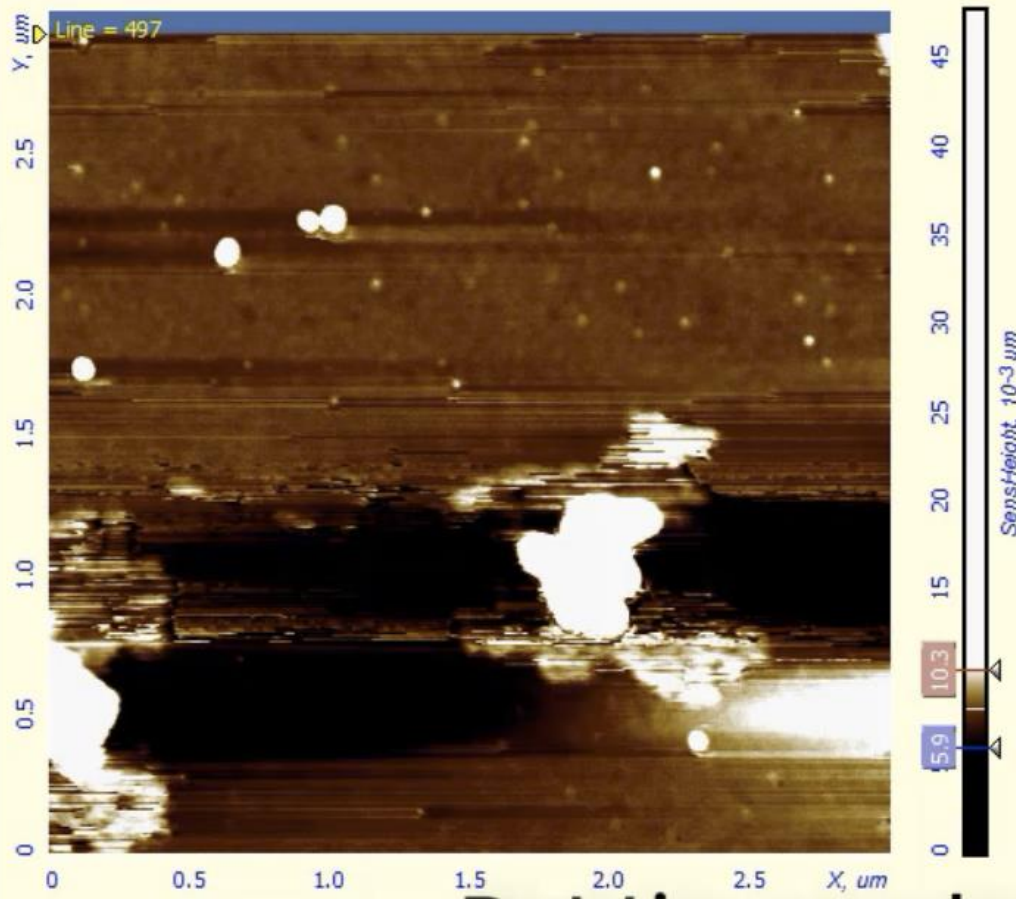
Resonance Approach Scan

Signals Sub

1F:Height	S1
1B:Height	S1
1F:SensHeight	Off
1B:SensHeight	Off
1F:Phase	Off
1B:Phase	Off

Graphs : 1F:Height

1D: 2D: 3D



Для получения хороших результатов сканирования необходимо оптимизировать как минимум 4 параметра:

- амплитуда раскачки зонда  $A_0$ ;
- рабочая точка (set point) сигнала обратной связи (SP);
- интегральный коэффициент обратной связи ( $k_i$ )
- скорость сканирования ( $V_x$ ) ;

Другие влияющие параметры:

- LP – полоса фильтра низких частот
- $k_p$  - коэффициент усиления пропорциональной обратной связи

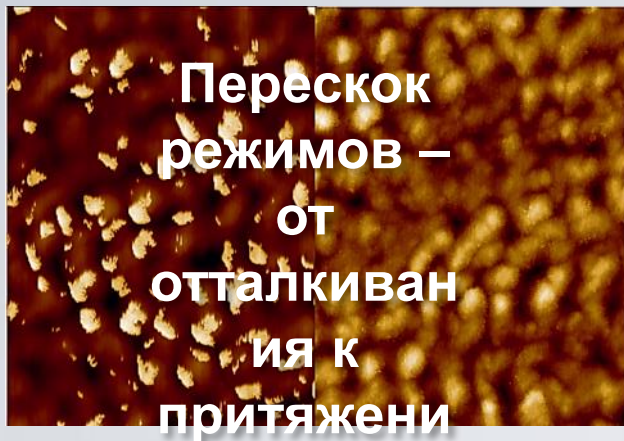
# ScanTronic

TM - Artificial

intelligence in AFM  
radically reduces the  
requirements for user  
specialization



Straightforward for beginners  
Helpful for experts



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

# Выбор начальных параметров для оптимизации

Topography, p-p, nm	Roughness	Stiffness	Stickiness	Charge
<20	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
20-50	Low	Low	Low	Low
50-100	Mid	Mid	Mid	Mid
100-250	High	High	High	High
250-500				
>500				

Buttons: Set as Actual, Set as Initials

Перед экспериментом

Scan procedure is over. Please, select the sample features and save adjuster's parameters

Sample features:

Roughness: Mid

Stiffness: Low

Stickiness: High

Static charge: Semiconductor

Comments:

tgz1

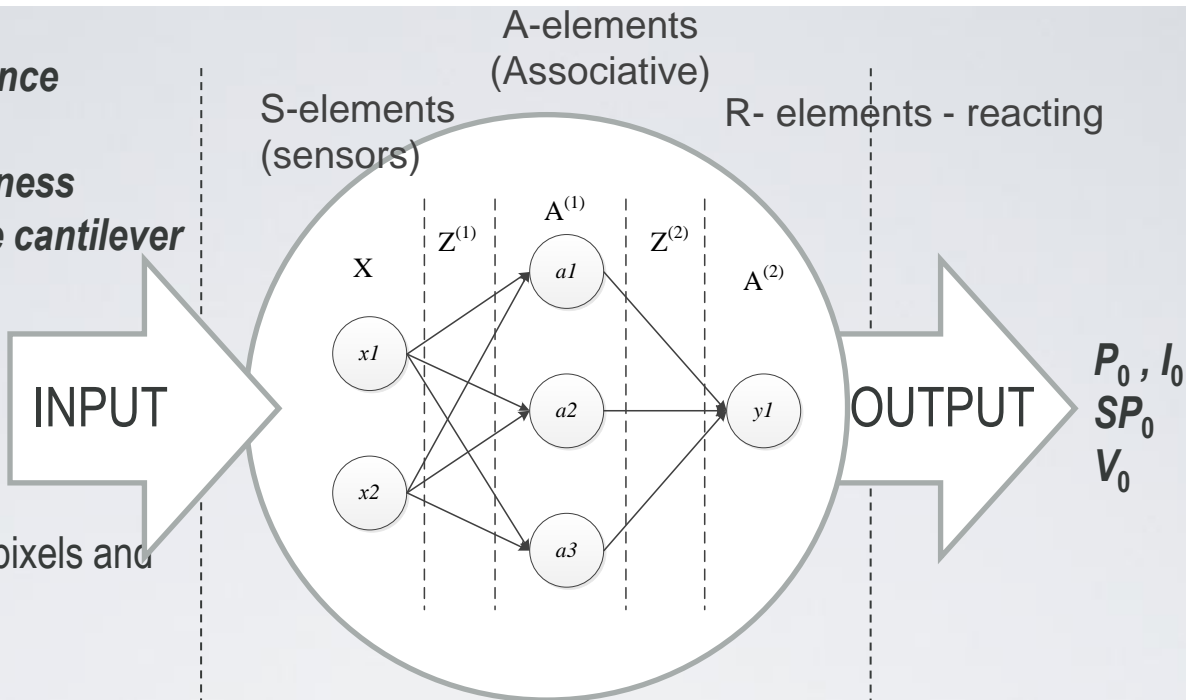
Save XML     Save Excel Manual  
 Save Excel

Buttons: Save, Cancel

После эксперимента

# Automatic choice of optimal scan parameters

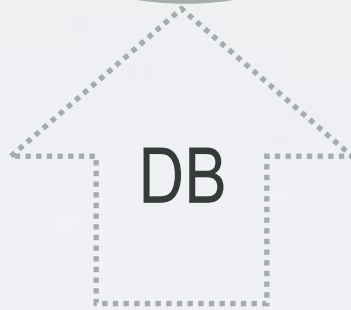
*f* - cantilever resonance frequency  
*K* - Cantilever's stiffness  
*Q* - the quality of the cantilever



$P_0, I_0$   
 $SP_0$   
 $V_0$

$N_x$  – the numbers of pixels and scan size

Characteristics of the sample (stickiness, charge, roughness and rigidity)



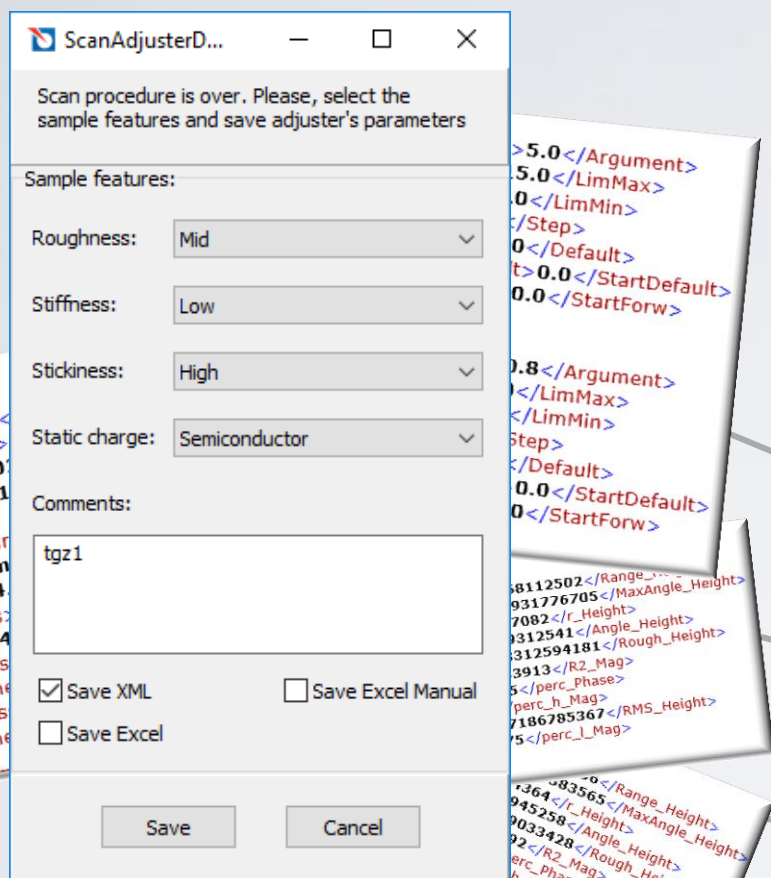
Education

Based on the method of reverse propagation of error using the BFGS algorithm (Broeden-Fletcher-Goldfarba-Shano)



# Выбор начальных параметров для оптимизации

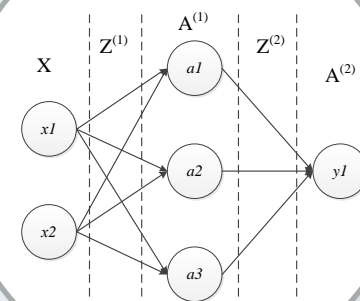
## Сохранение



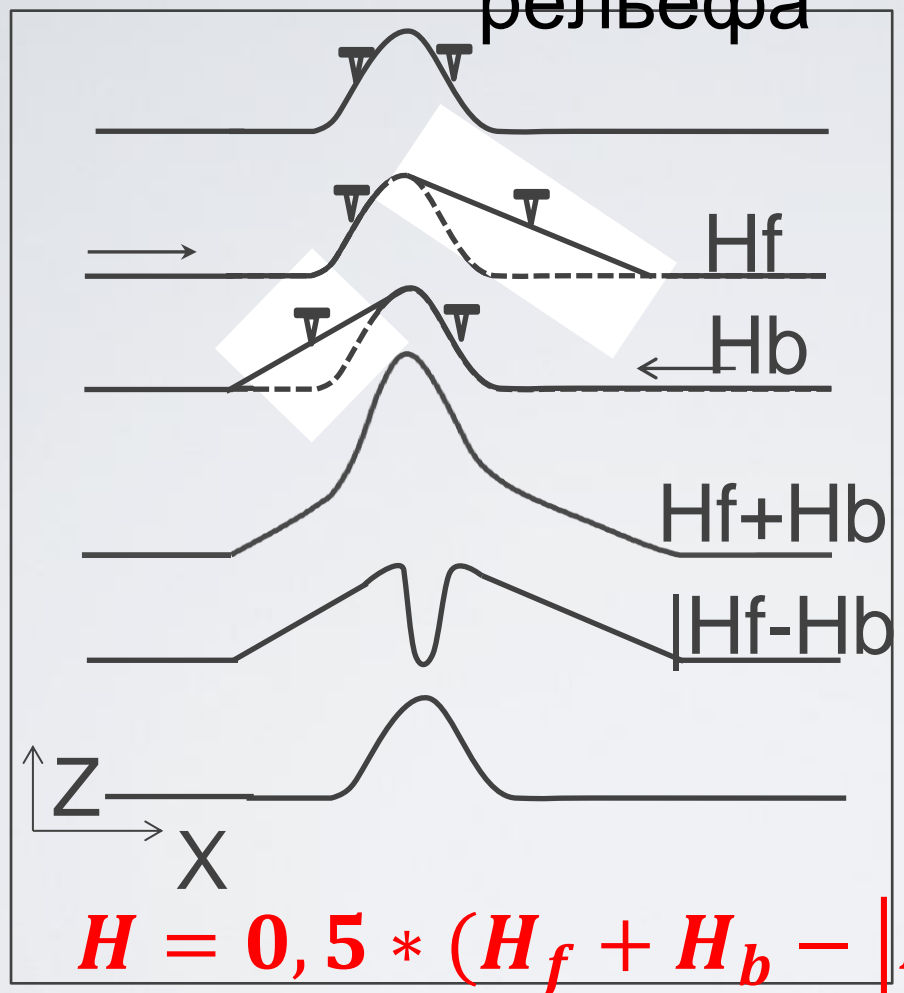
## Обучение

Основано на методе обратного распространения ошибки с использованием алгоритма BFGS (Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно)

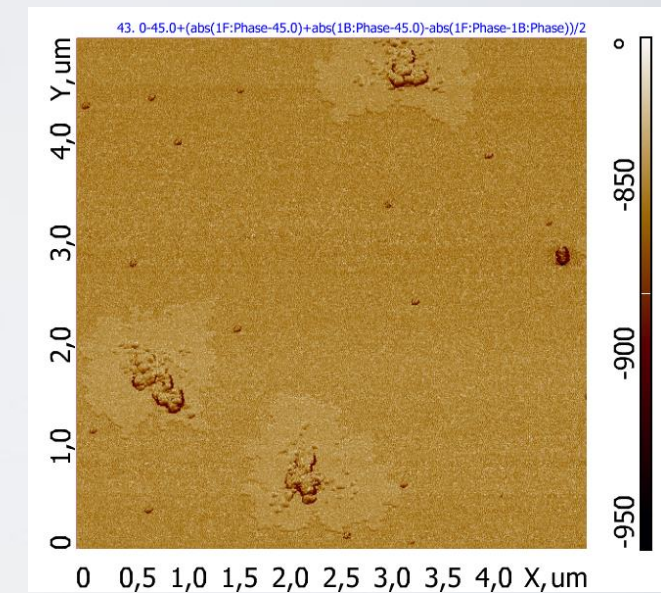
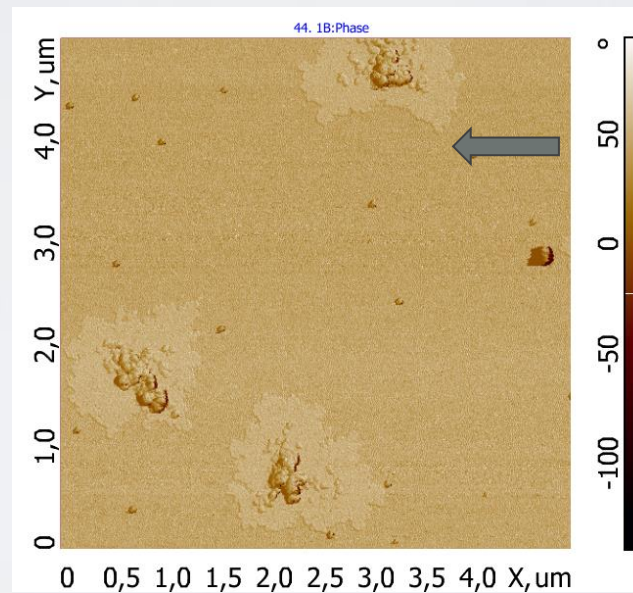
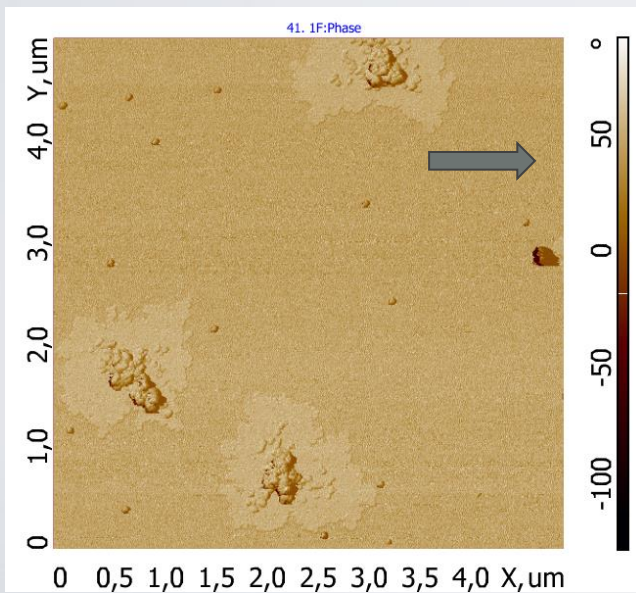
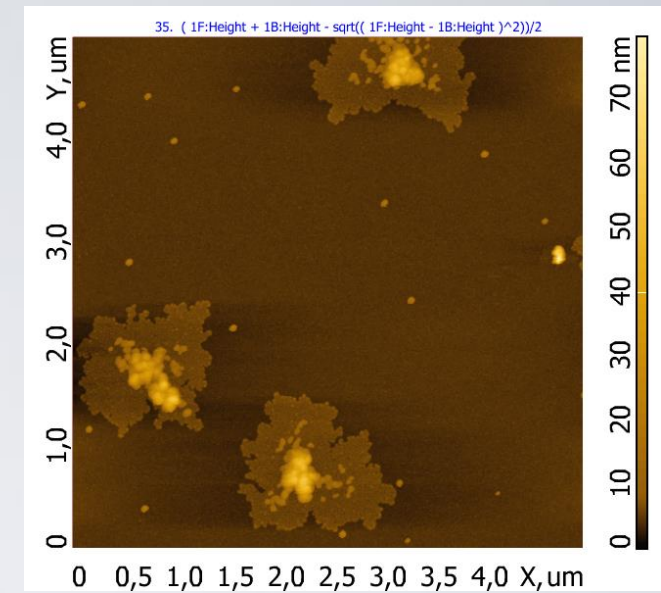
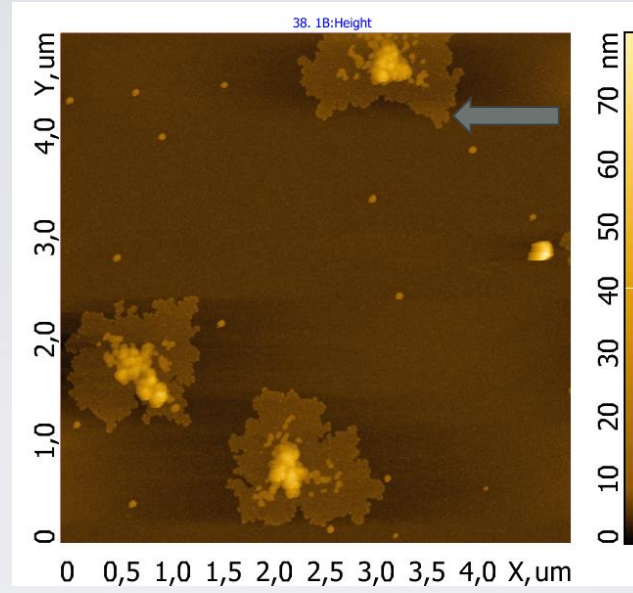
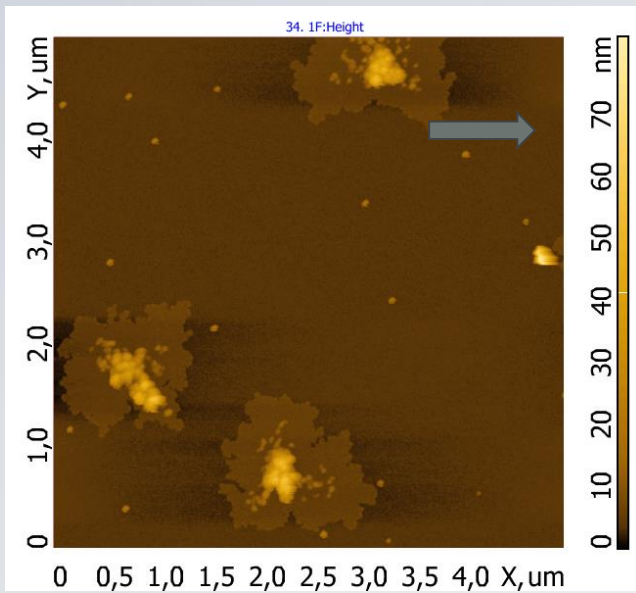
Производится поиск минимума целевой функции, что позволяет настраивать веса синапсов оптимальным образом



# Схема процедуры коррекции изображения рельефа



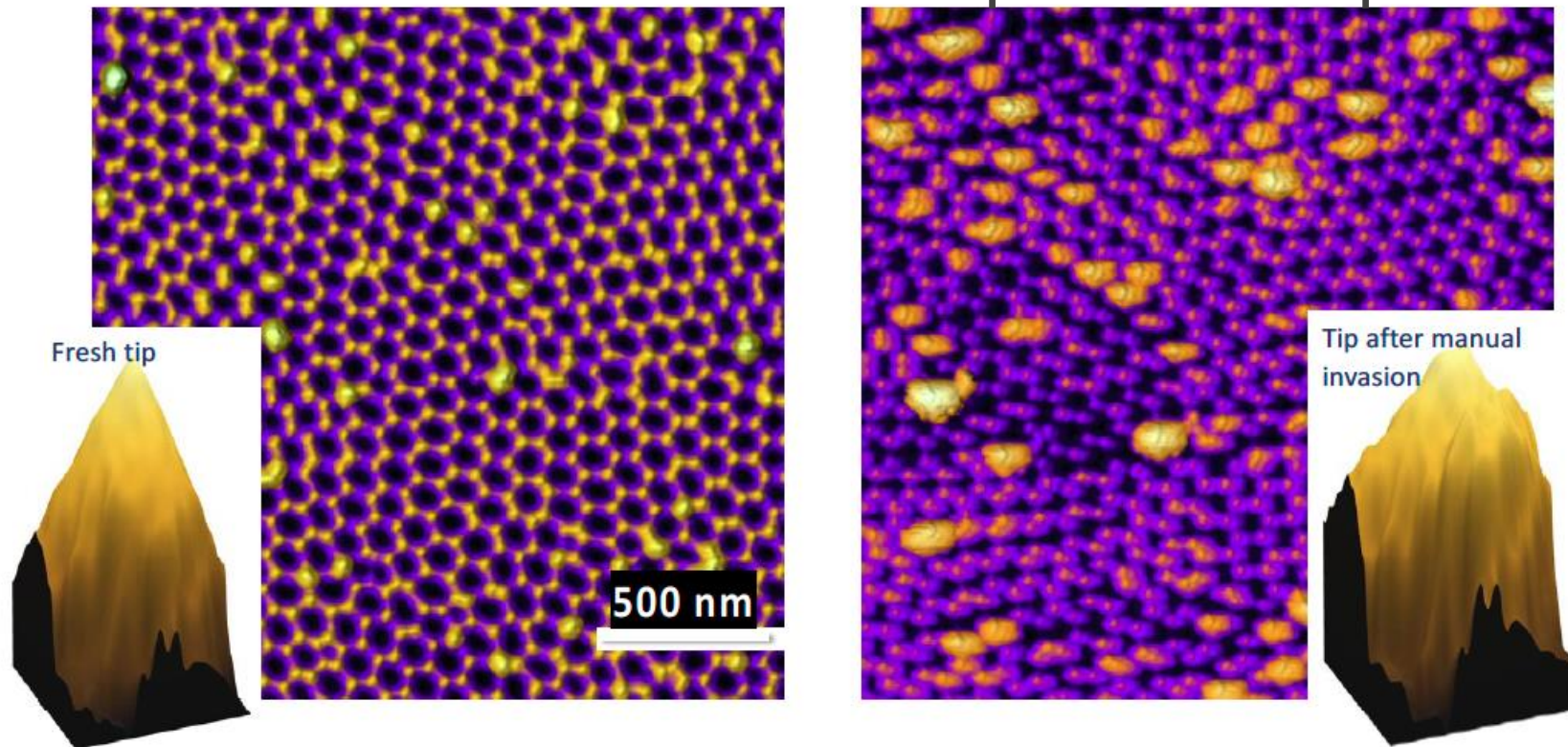
# Коррекция изображений рельефа и фазового контраста



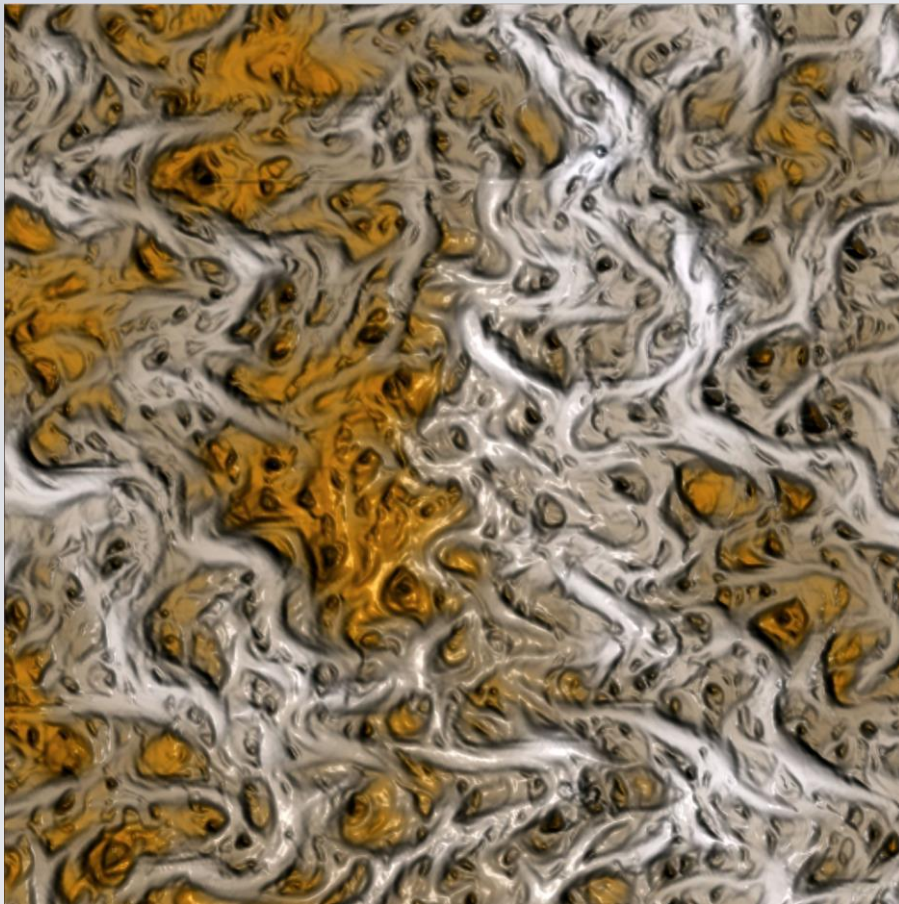
## Scan Tronic: Examples of application

AI – ScanTronic!!!

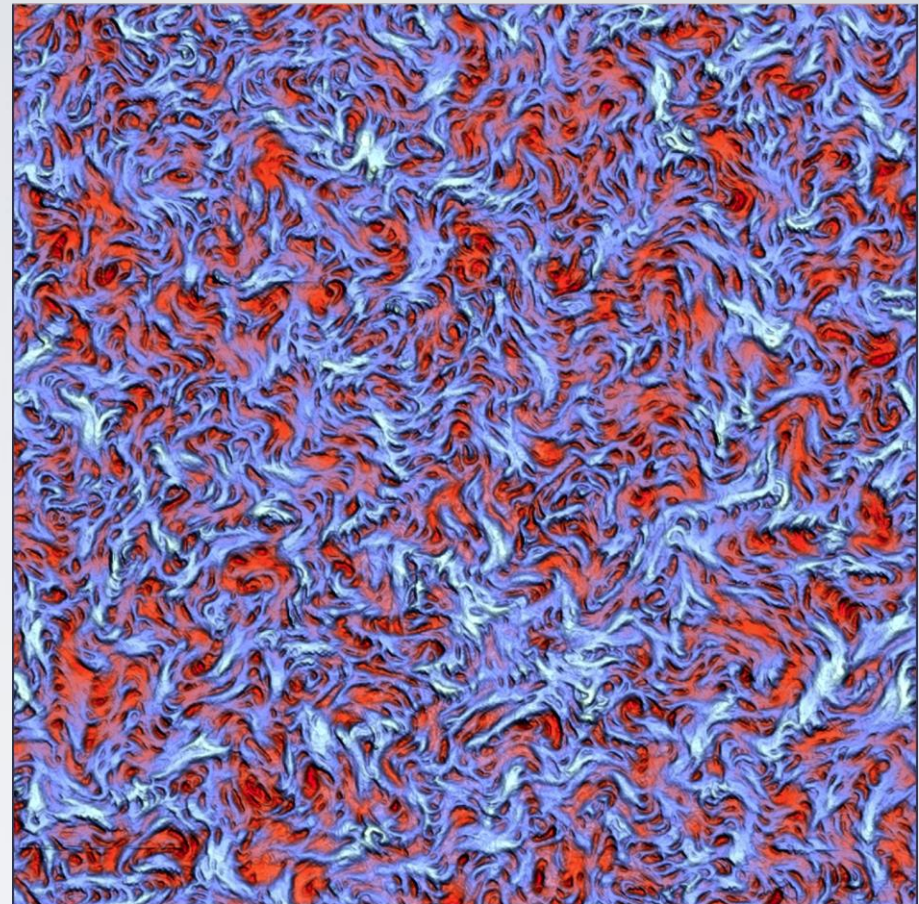
Experienced specialist



Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - "Grater" sample for tips.  
Left – topography, ScanTronic used, right – manual attempt to adjust scanning parameters

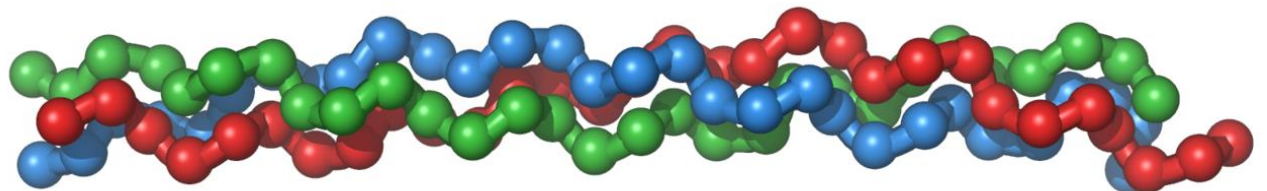


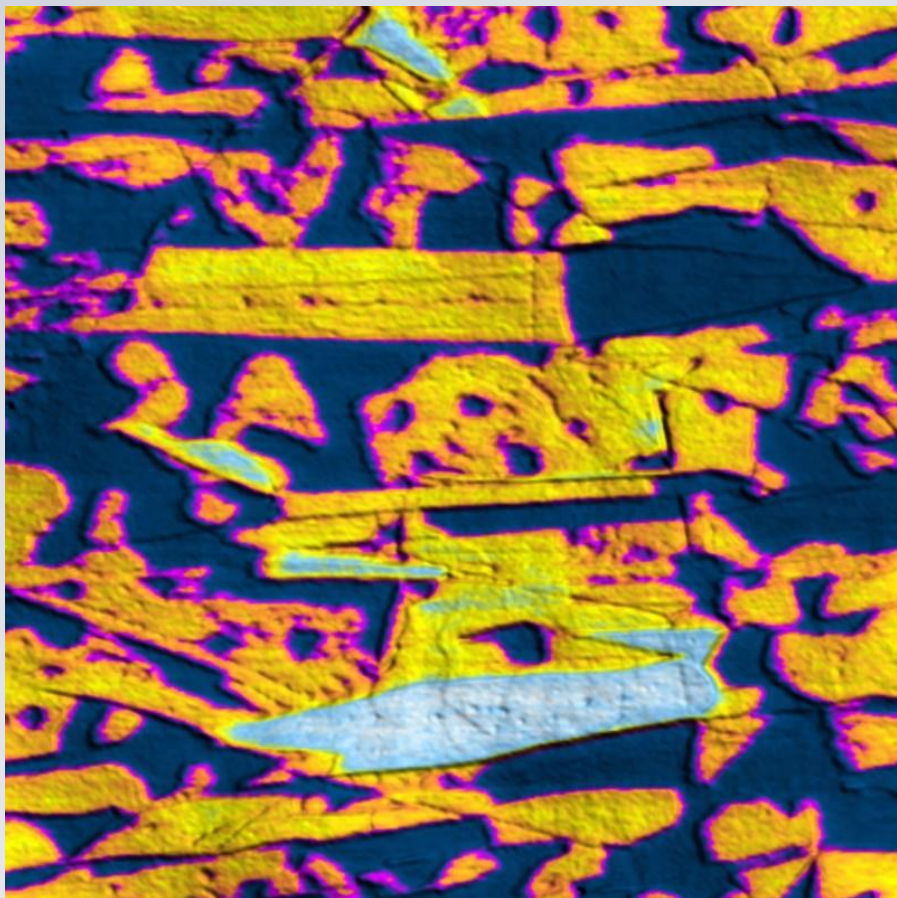
F03BA Collagen  
20x20x1,2 мкм



E13DD Collagen  
20x20x0.35mкм

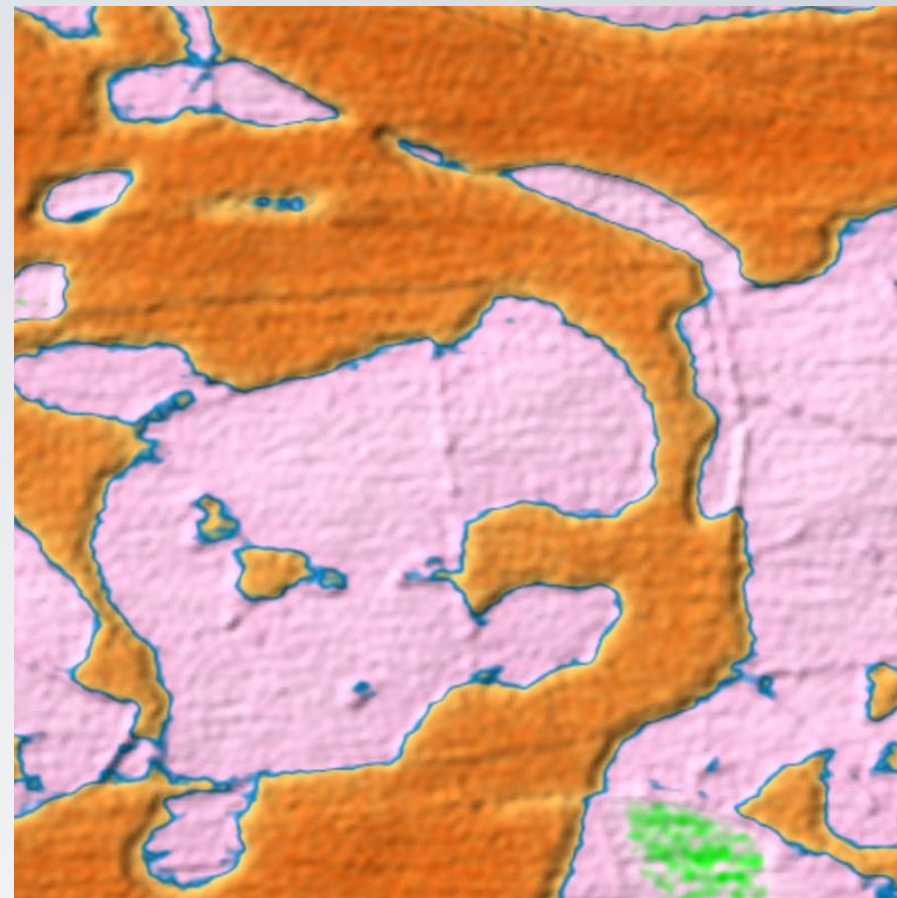
Коллаген



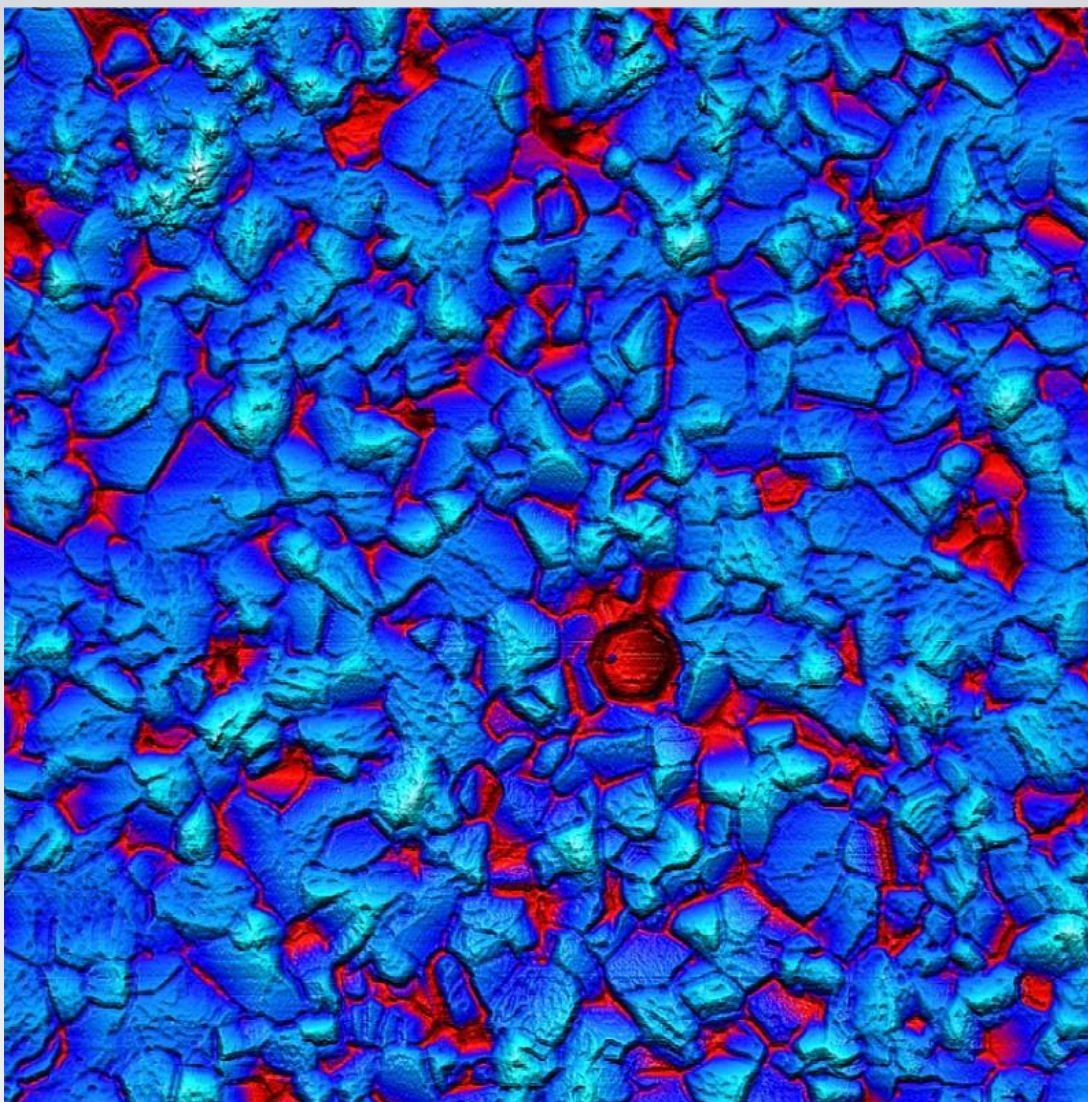


14x14 microns, from  
-275..-55 mV

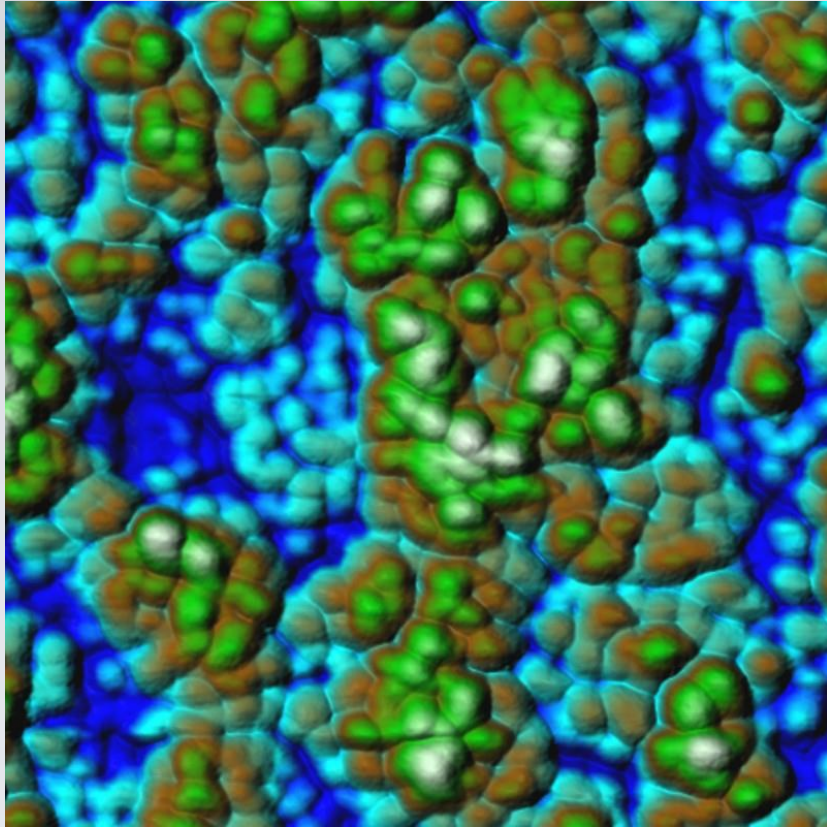
KPFM map overlaid over HOPG  
topography



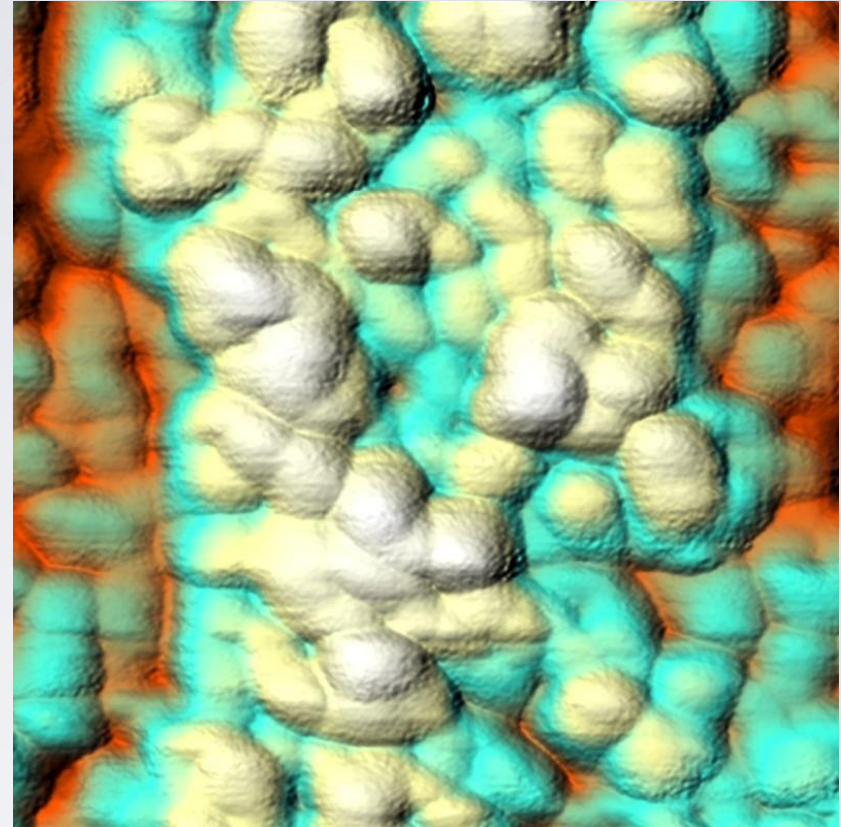
6x6 microns, from -  
320..-105 mV



Etched Si, 10x10 Mkm, NTEGRA Prima, Tip – NSG01  
Amplitude modulation AFM



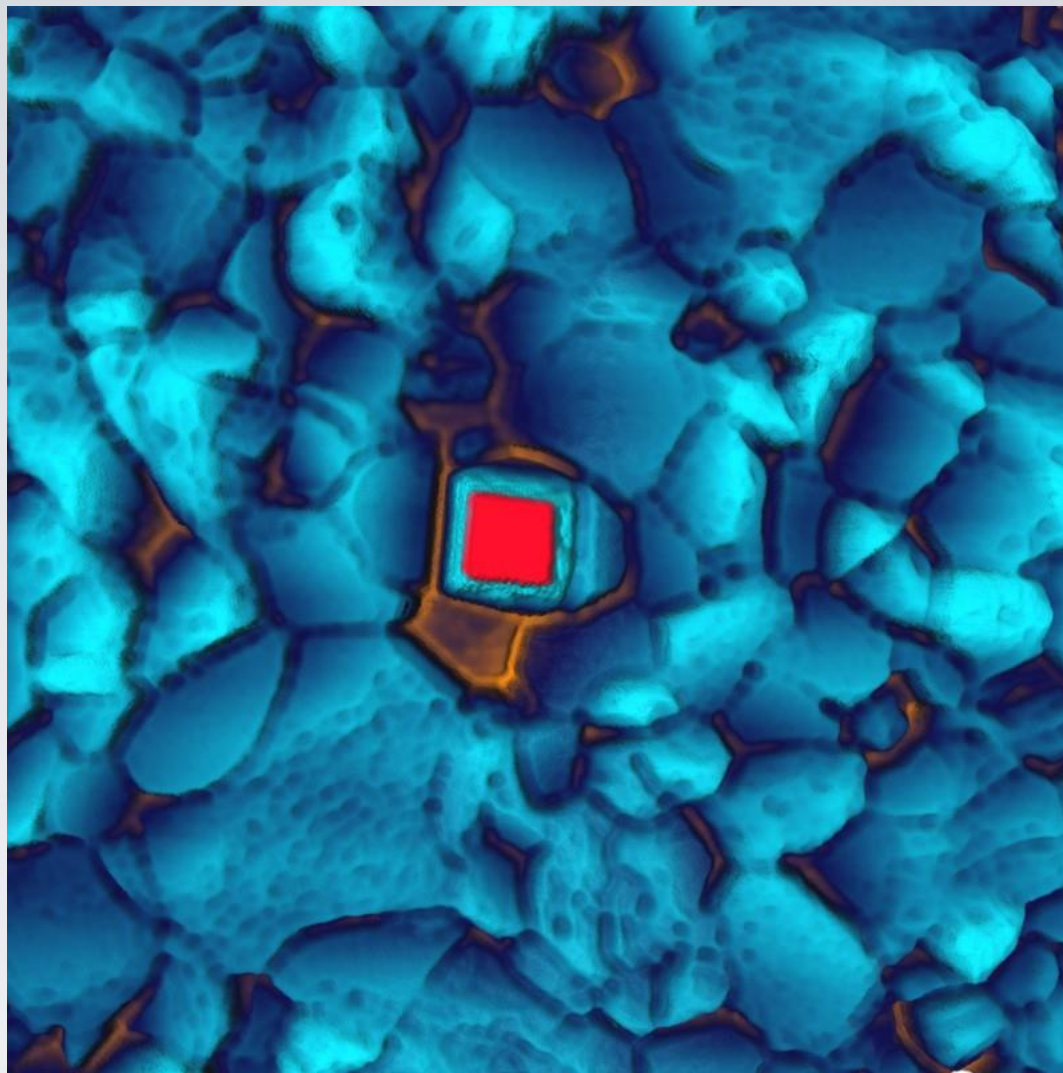
1x1 mkm



1x1 mkm

Etched Si, Amplitude modulation AFM, NTEGRA Aura



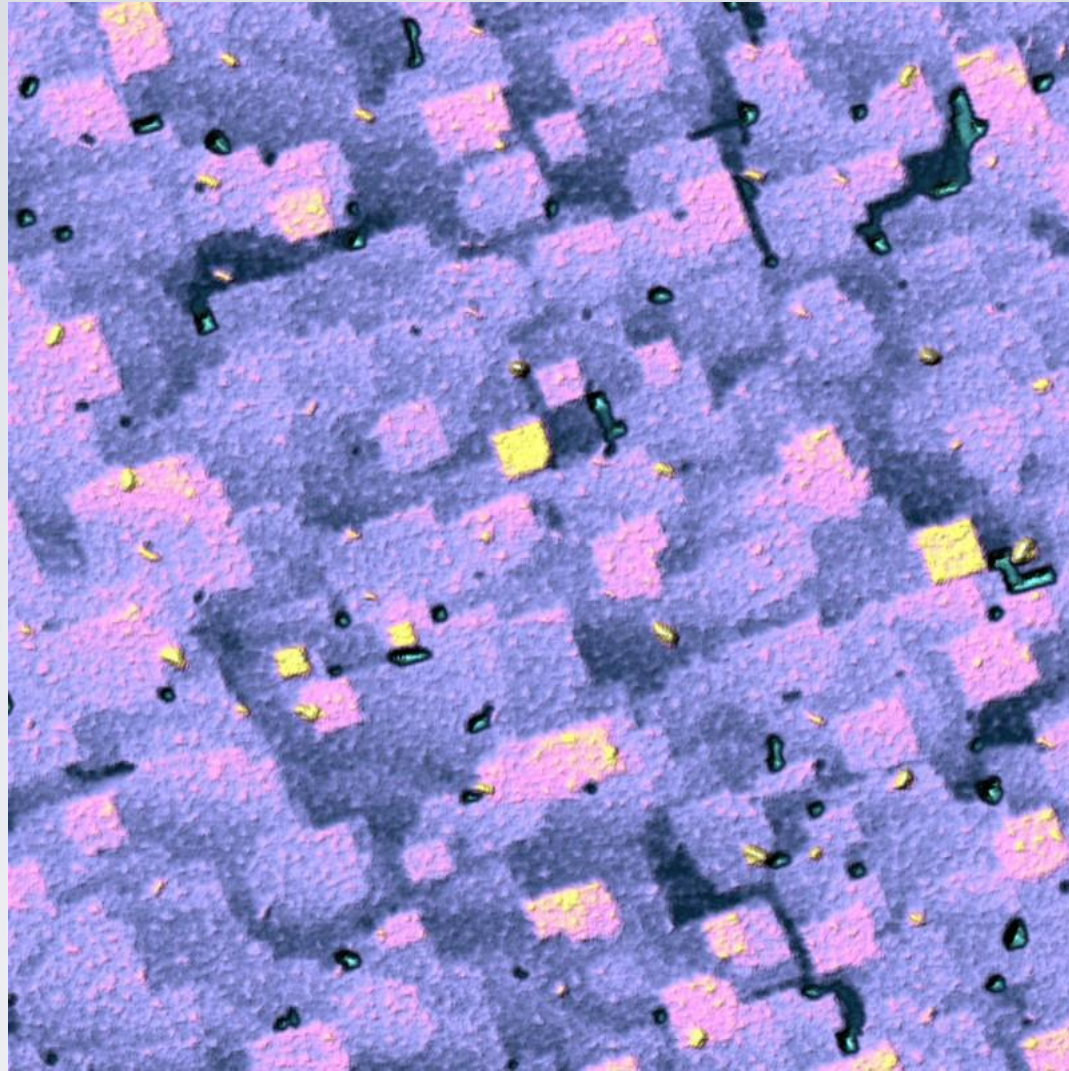


Etched Si, 5x5 mKm, Amplitude modulation AFM

Etched Silicon structure with high square feature (200 nm). Scan parameters adjusted by ScanT

**Device:** NTEGRA Aura

**Tip:** NSG01



Etched Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, ScanT mode, 2x2 mKm, Amplitude modulation AFM

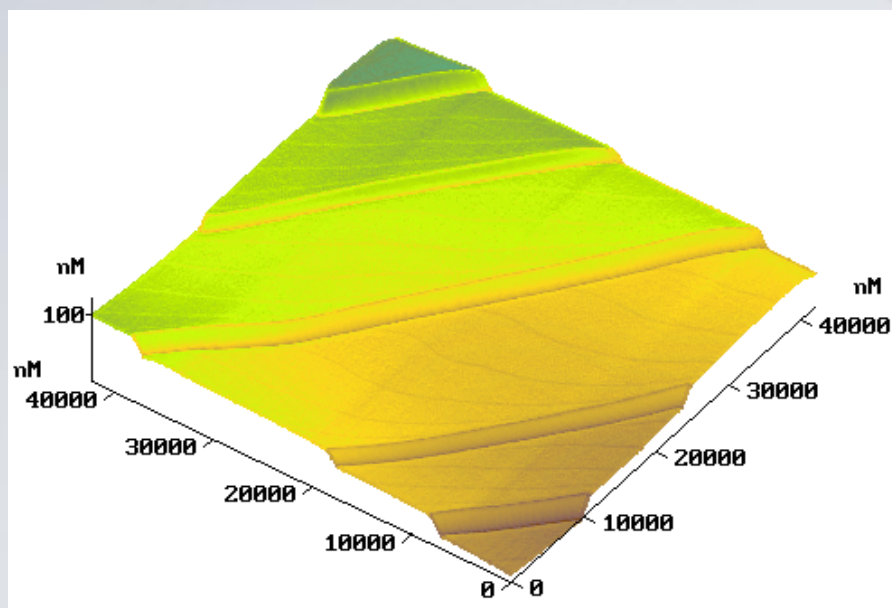


**size:** 5x5x0.0045 um

**SPM principle:** Intermittent contact mode

Single Atom Steps on Si (001) growing on Si surface under the room temperature. Pointed holes are due to the impurity effects

## Моноатомные Ступеньки на поверхности Si



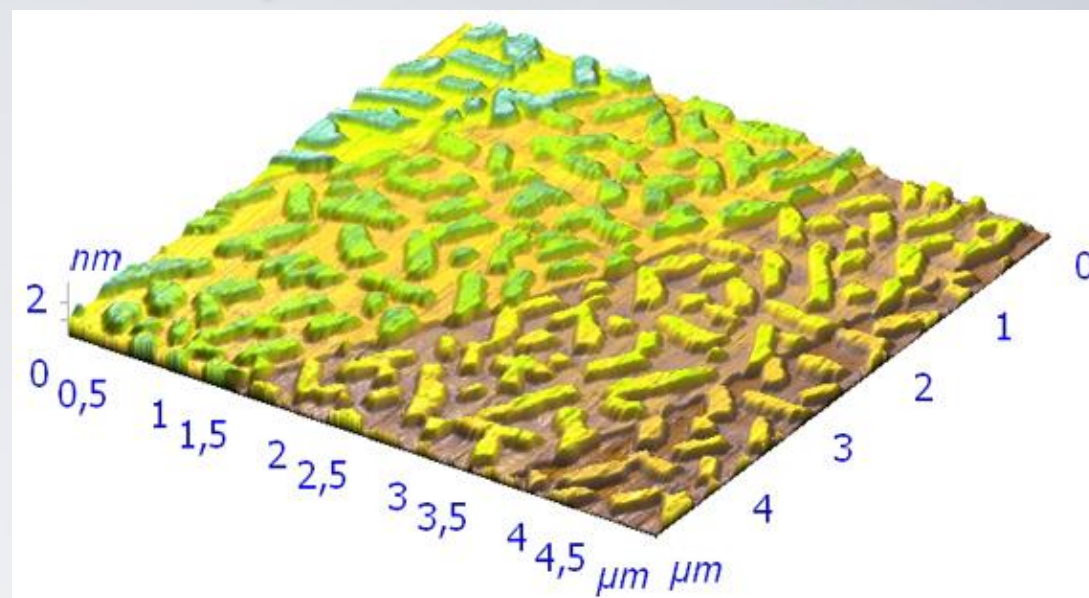
### Пример применения Полуконтактного метода

Слева – моноатомные ступеньки, справа – нанометровые террасы с моноатомными ступеньками.

Высота моноатомной ступени – 3,14 Å, средняя шероховатость любого участка между моноатомными ступенями - 0,06 нм – 0,6Å – около 20% от Ван-дер-Ваальсового диаметра атома кремния.

Изображение получено на воздухе.

Структуры разработаны и производятся в ИФП СО РАН (лаб. Латышева А.В.)



Ступенчатая поверхность кремния (111) после осаждения 0,2 МС золота при температуре 9000С в сверхвысоком вакууме с последующим охлаждением до комнатной температуры. В результате охлаждения происходит объединение адатомов на террасах в островки моноатомной высоты.

Впервые экспериментально зарегистрировано увеличение концентрации атомов за счёт выхода на поверхность междоузельных атомов кремния, образующихся при диффузии золота в объёме полупроводника при повышенных температурах. Изображение получено Родякиной Е.Е., Косолобовым С.С., Щегловым Д.В., Латышевым А.В., Институт физики полупроводников СО РАН, Россия

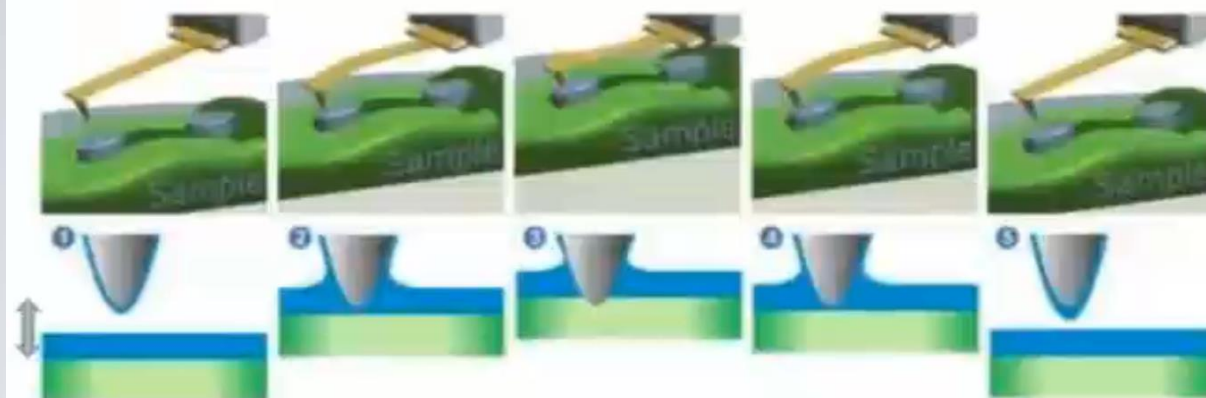
## Basics of the Hybrid Mode

### Predecessors

H. Becker, et al "Stylus profiler featuring an oscillating probe" US Patent 2728222, 1955.

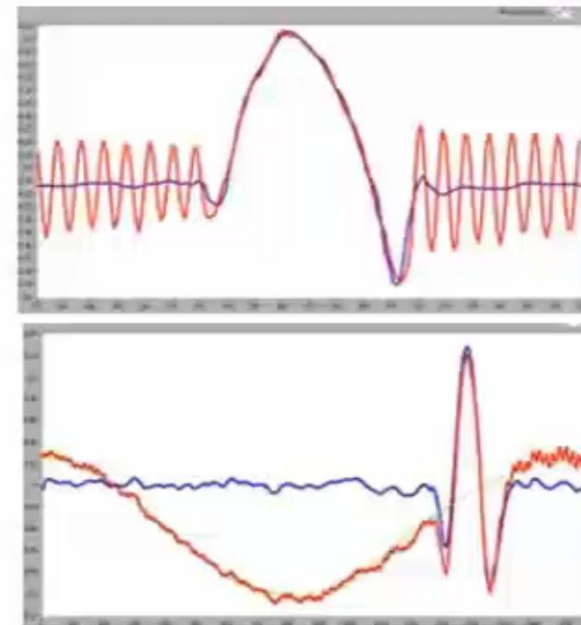
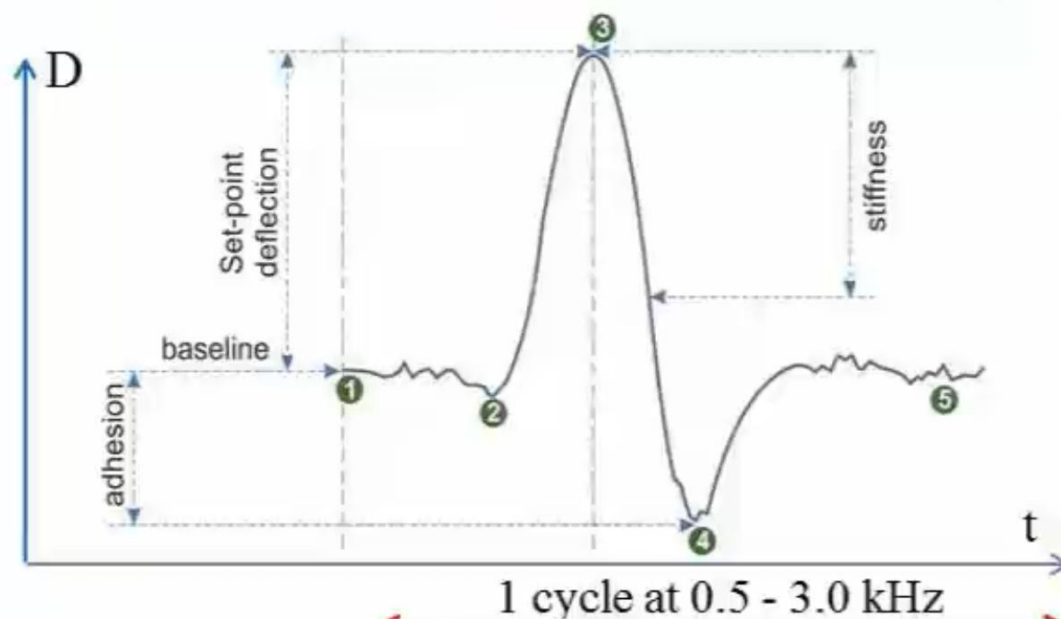
V. Elings, & J. Gurley "Jumping probe microscope" US Patent 5,229,606, 1993.

Pulsed Force (Witec), Jumping Mode (NanoTech), Peak Force (Bruker), Anasys



*Temporal Deflection Plot – The Bank of the Local Properties!*

*Real-time Wavelet Filtering*



New generation of control electronics for Hybrid mode

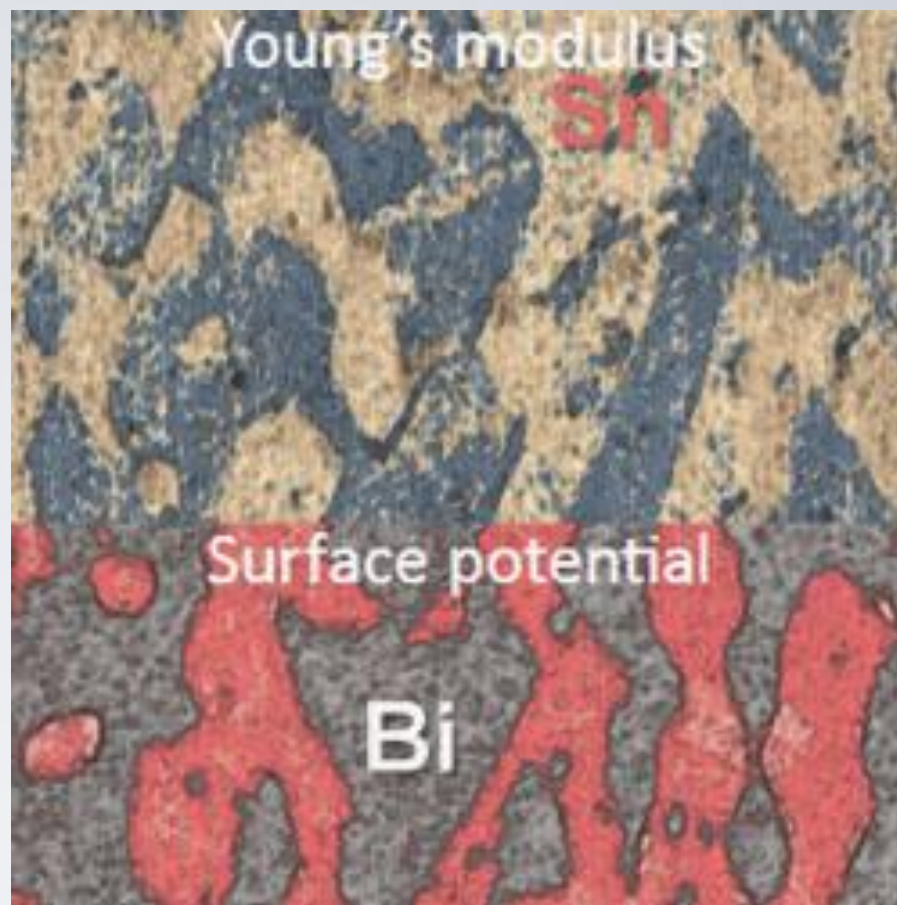
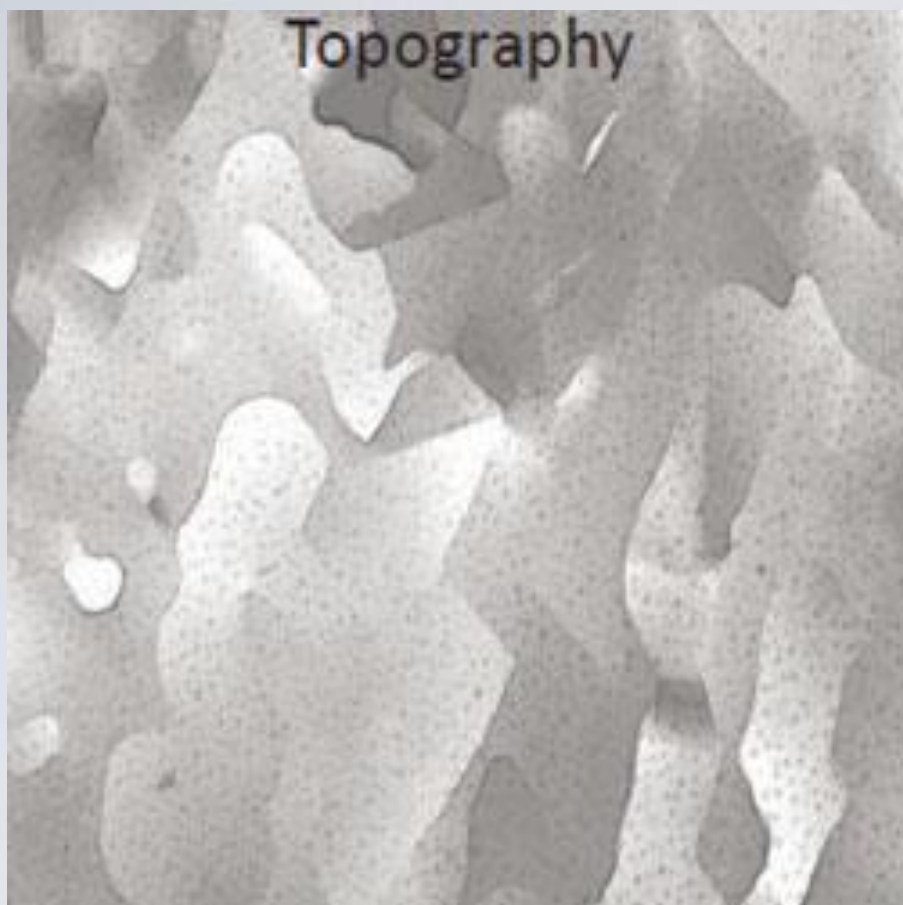


*2012: HD Control electronics*



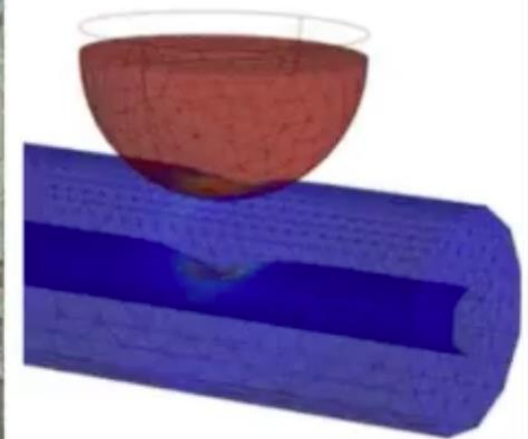
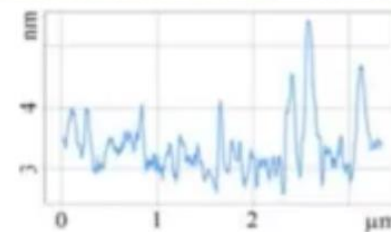
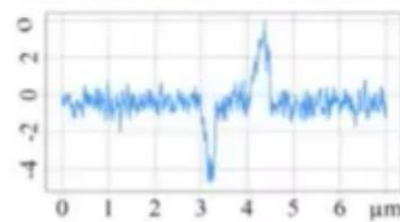
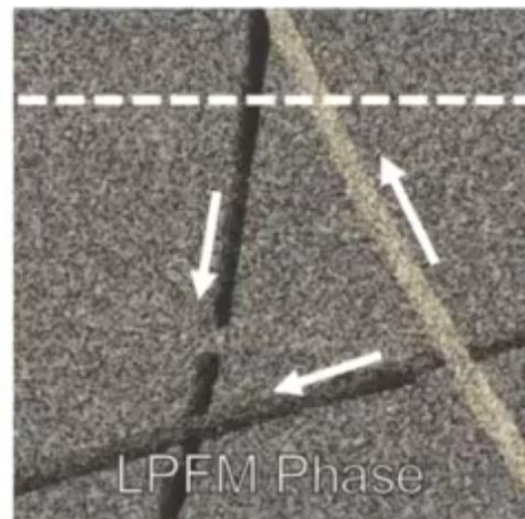
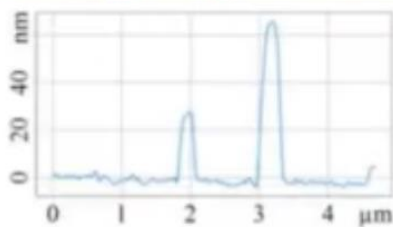
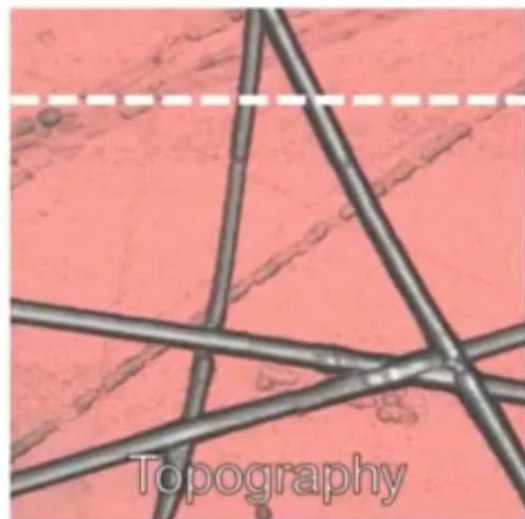
*2017: New HD 2.0 Control electronics*

- + 4x faster FPGA and DSP
- + 2x faster ADCs
- + High-speed digital LIAs and generators
- + Build-in 150V AC and DC voltage extension for PFM measurements



**Исследование сплава олово-висмут прыжковой АСМ (Hybrig Mode). Размер скана 10x10 мкм. Слева – топография, справа – поверхностный потенциал и модуль Юнга.**

For the first time HD PFM mode allowed non-destructive piezoresponse study of diphenylalanine peptide nanotubes – a very prospective material for biomedical applications.

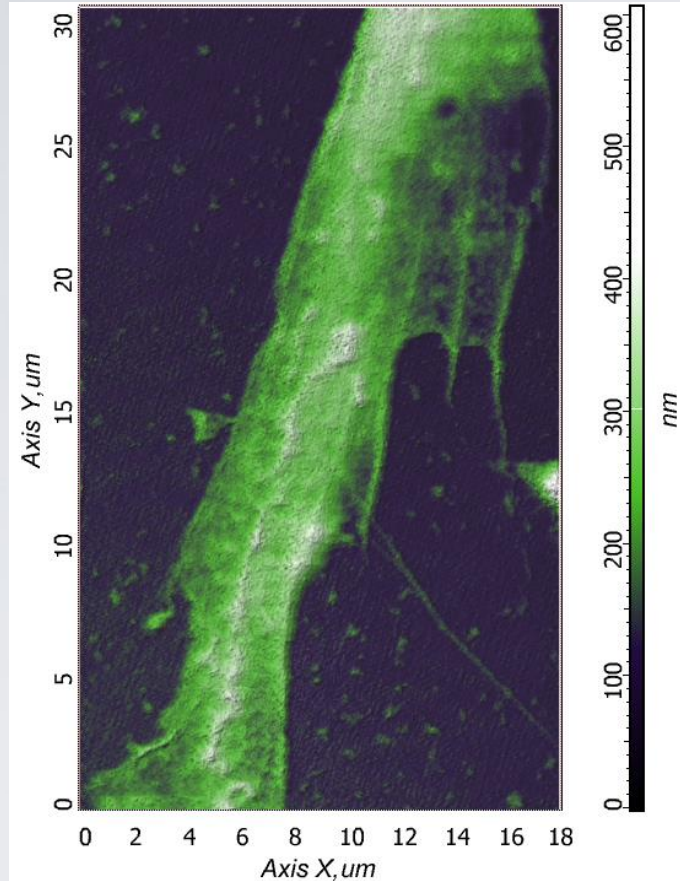


*Non-destructive electromechanical study of diphenylalanine peptide nanotubes. Scan size: 7×7 μm, nanotubes diameter: 70±100 nm<sup>1</sup>. Sample courtesy: Dr. A. Kholkin, University of Aviero*

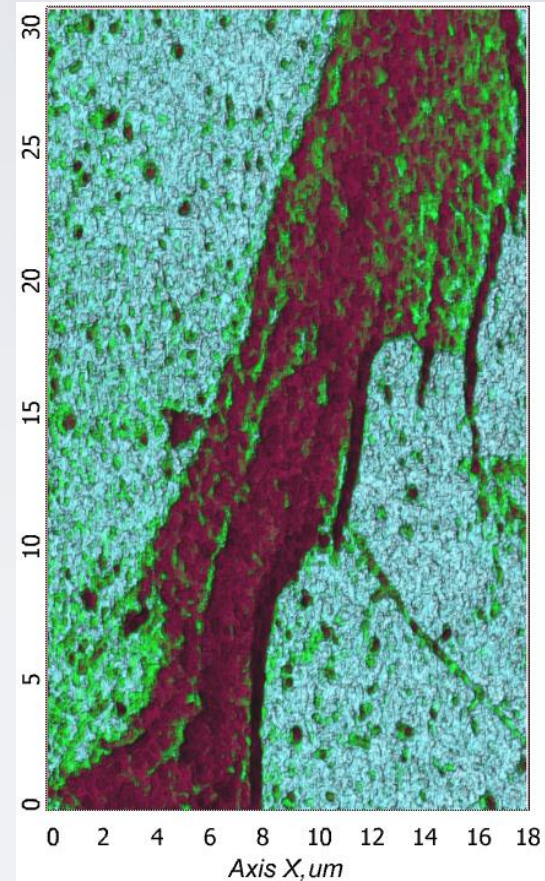


# LIVING stem cells

## Topography

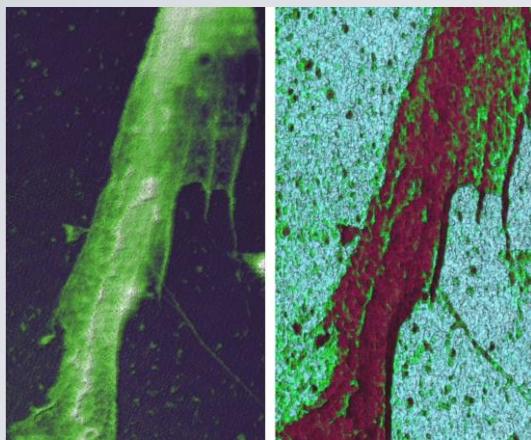


## Hardness

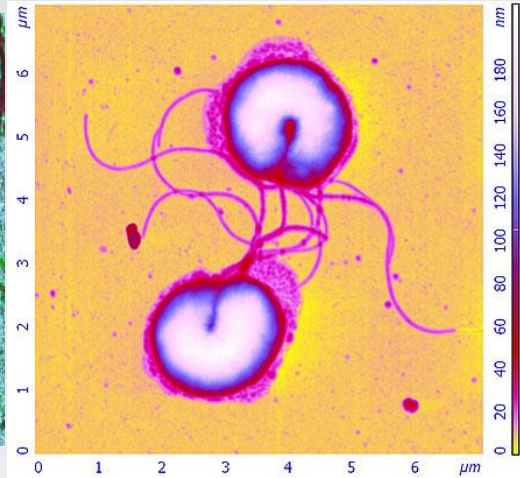


An array of data from 180x300 power curves allows you to build a stiffness map of the sample (right) and an image of its relief (on the left)

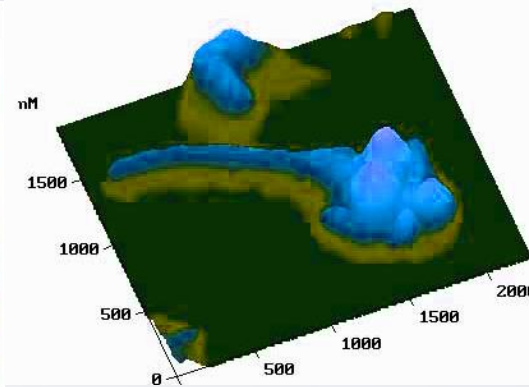
Scanning probe microscopy allows you to study and diagnose the condition, including living tissues and cells, to study their reaction to various drugs. The objects of research can be individual bacteria, viruses, molecules including proteins, RNA and DNA, ...



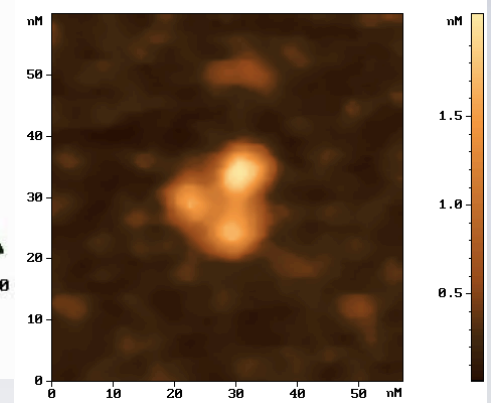
A fragment of a living stem cell (left) and its stiffness (right). Scan size 18x30 mkm



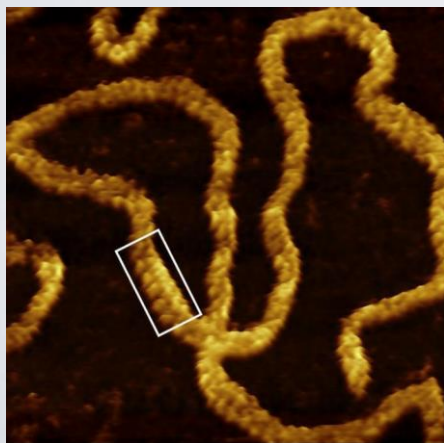
Two *Helicobacter pylori* bacteria during mating



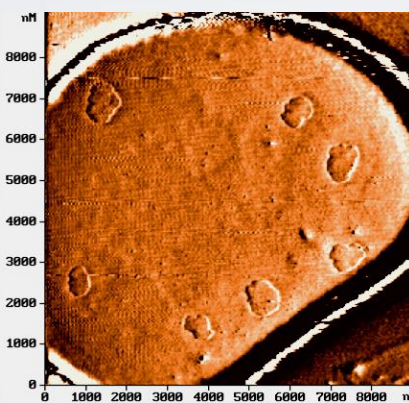
Ebola virus (FBSI SSC WB "Vector")



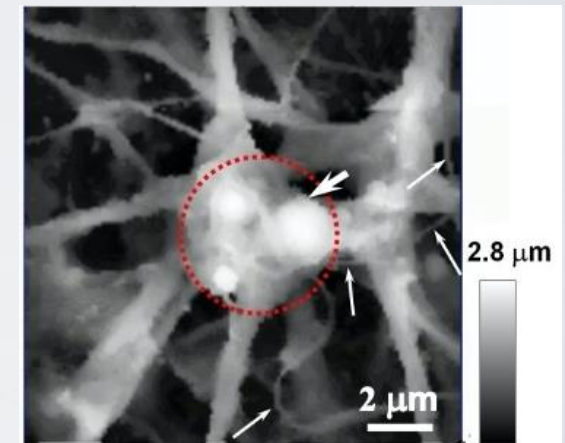
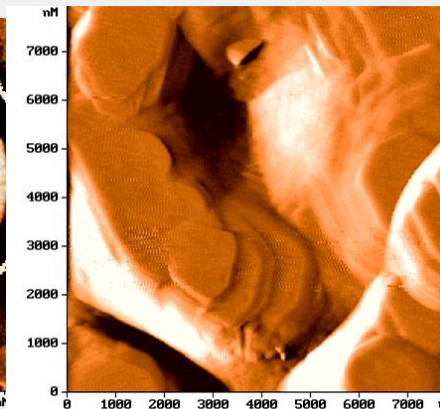
Immunoglobulin molecule



DNA molecules on the surface of HOPG (90x90 nm)



Defects of the RBC membrane of a patient with iron and B12 deficiency of chronic severe anemia. The surface of the membrane has crater-shaped defects with a diameter of 0.5-1 microns and has no primordia. Depths of craters



Neural network structure, ion conductivity spectroscopy

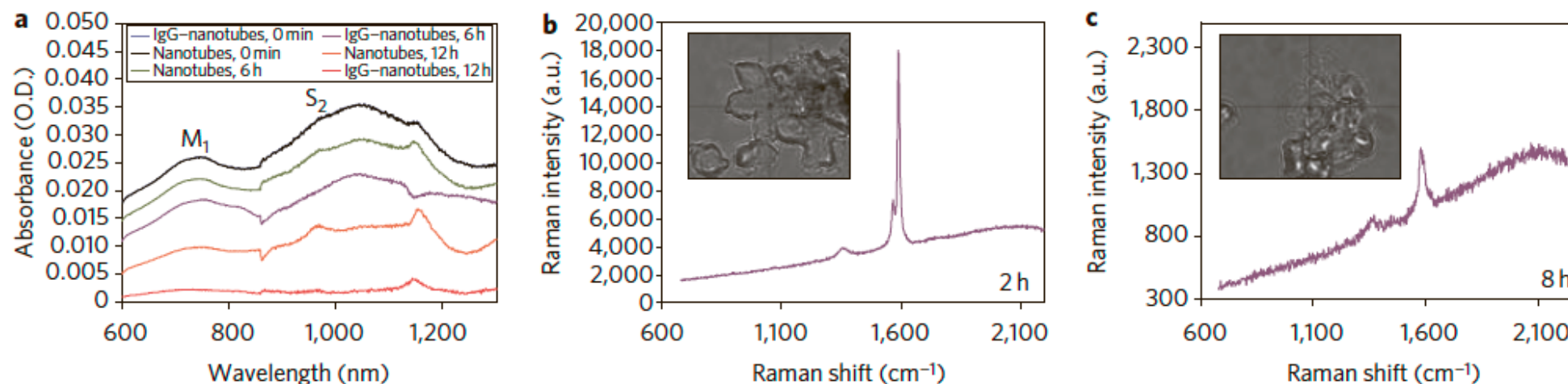
# In the last decade, it has appeared about the practical use of the use of probe microscopy methods for the diagnosis of cancer

To date, the necessary documents for using AFM diagnostic methods in medical practice have been received and the development of technologies and devices is ongoing. At the same time, the time required for diagnosis is reduced from 3 weeks to 3 hours (quick diagnosis of cancer)



# Carbon nanotubes degraded by neutrophil myeloperoxidase induce less pulmonary inflammation

Valerian E. Kagan<sup>1\*</sup>, Nagarjun V. Konduru<sup>1</sup>, Weihong Feng<sup>1</sup>, Brett L. Allen<sup>2</sup>, Jennifer Conroy<sup>3</sup>, Yuri Volkov<sup>3</sup>, Irina I. Vlasova<sup>1</sup>, Natalia A. Belikova<sup>1</sup>, Naveena Yanamala<sup>4</sup>, Alexander Kapralov<sup>1</sup>, Yulia Y. Tyurina<sup>1</sup>, Jingwen Shi<sup>5</sup>, Elena R. Kisin<sup>6</sup>, Ashley R. Murray<sup>6</sup>, Jonathan Franks<sup>7</sup>, Donna Stolz<sup>7</sup>, Pingping Gou<sup>2</sup>, Judith Klein-Seetharaman<sup>4</sup>, Bengt Fadeel<sup>5</sup>, Alexander Star<sup>2</sup> and Anna A. Shvedova<sup>6</sup>



**Figure 4 | Biodegradation of nanotubes in neutrophils evaluated by infrared and Raman spectroscopy.** **a**, Vis-NIR spectra showing biodegradation of nanotubes and IgG-nanotubes by human neutrophils after 0, 6 and 12 h. O.D., optical density. **b,c**, Raman spectra (excitation, 473 nm) recorded from different areas of neutrophils containing IgG-nanotubes at 2 h (**b**) and 8 h (**c**). Inset shows bright-field image of the neutrophils with engulfed IgG-nanotubes. The Raman spectra (red lines) with their corresponding G- and D-bands recorded from different areas of neutrophils are indicated by the cross-wire on the bright-field images.

# «НАНОСПЕКТР»



**Оптические сканирующие микроскопы и спектрометры**

(База – разработки ЗАО «НТ-МДТ»)

# 1999 год - Проект “Нано Спектр”.



# High Space Resolution Confocal Scanning spectrometer + SPM = Enhance Raman Spectrometer

NT-MDT + Renato Zenobi = TERS System



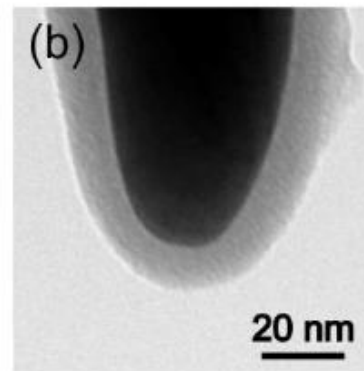
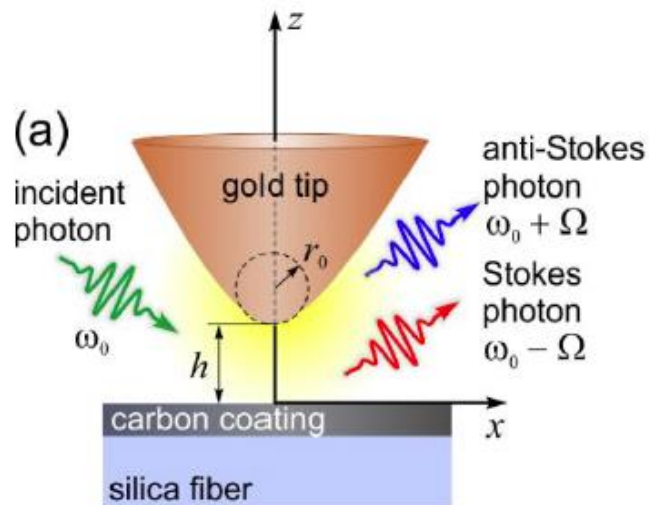
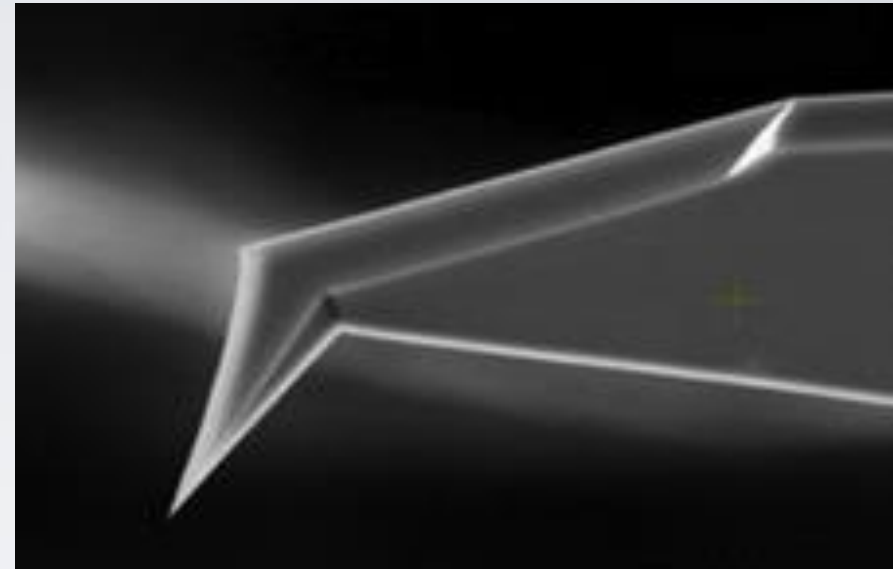
Ренато  
Зеноби,  
Профессор  
аналитической  
химии  
лаборатории  
органической  
химии, Цюрих,  
Швейцария  
**RUSNANO prize  
(2014)**



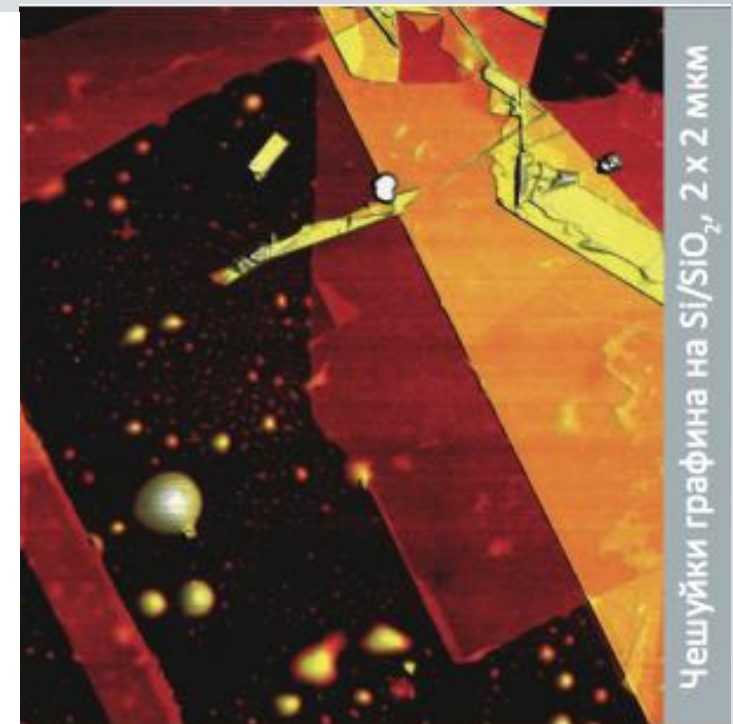
# Высокоэффективные и долгоживущие зонды для TERS

## Gold/Silver coated TERS AFM Probes

- **Enhancement factors: up to  $10^4$**
- Lateral resolution in TERS: down to 20nm
- High speed TERS mapping
- Top-down illumination configuration (opaque samples)
- Based on commercial AFM cantilevers (contact, non-contact):
  - multiple AFM modes, excellent imaging performance



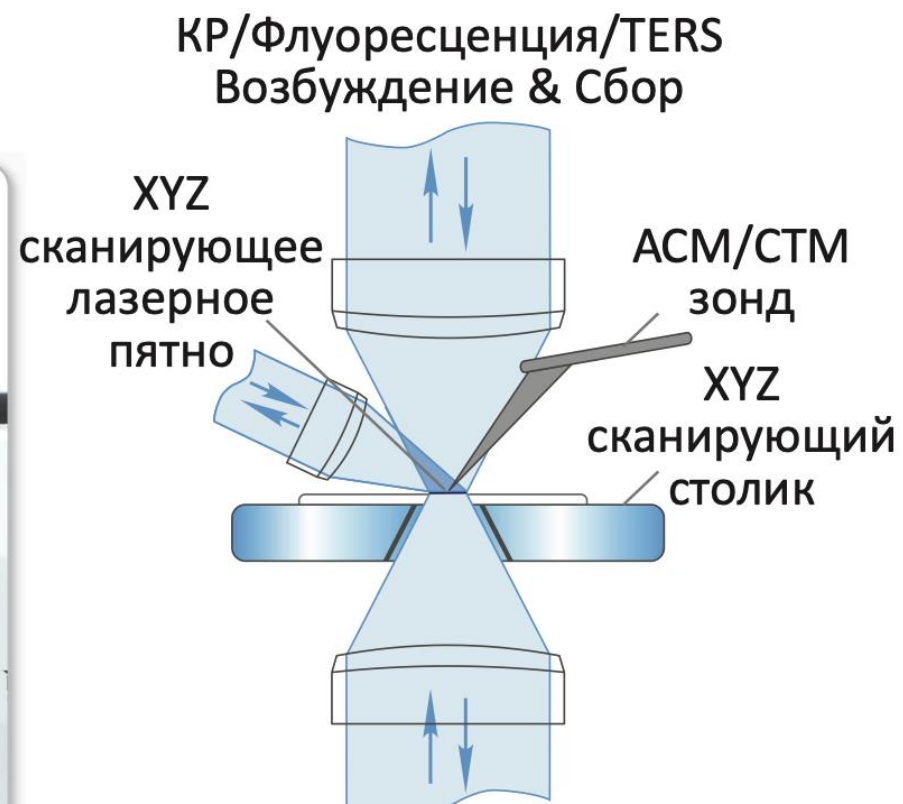




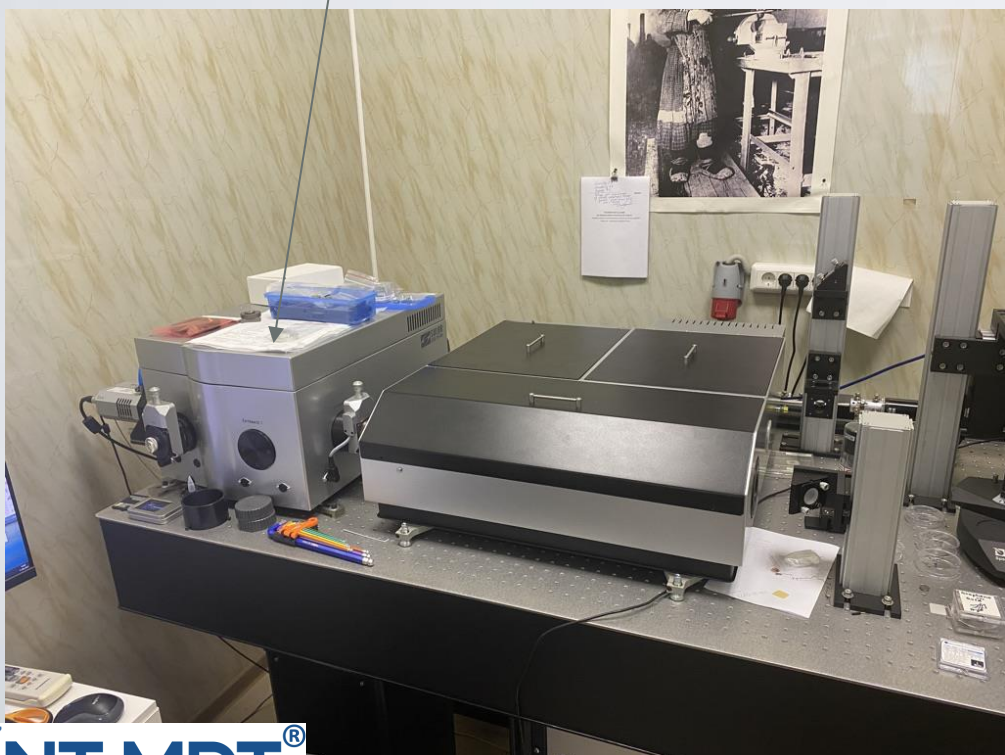
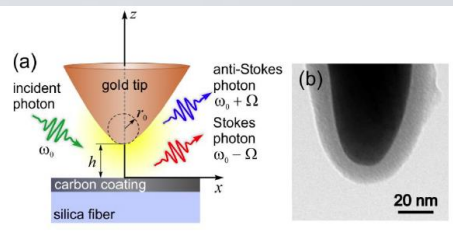
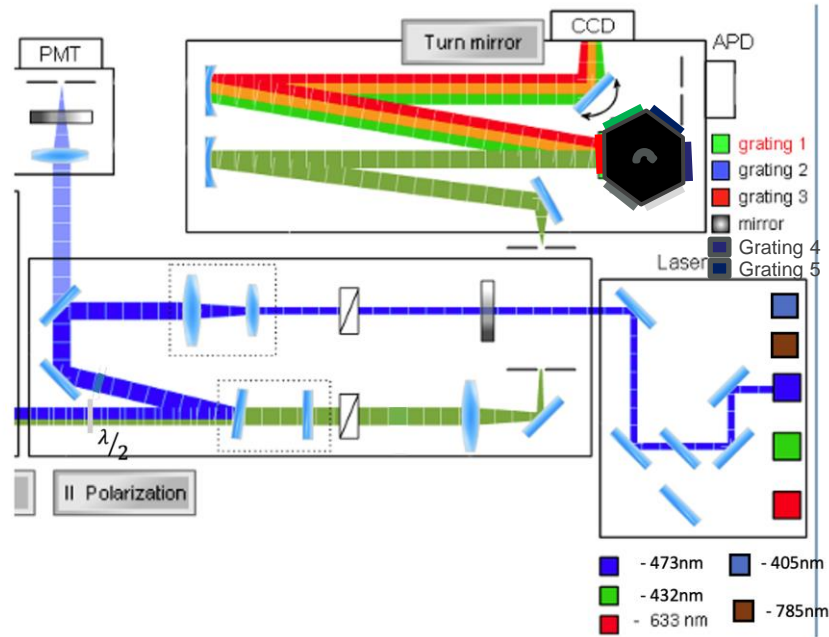
# ИНТЕГРА Спектра II

- Автоматизированный АСМ высокого разрешения
- Конструктивные решения, оптимизированные для TERS-экспериментов: оптический доступ сверху, снизу и сбоку
- Модульная оптическая система позволяет реализовать любую конфигурацию возбуждения и сбора оптического отклика
- Автоматизированная настройка системы лазер-зонд-фотодиод
- Простая смена длины волны источника излучения оптической системы АСМ
- Легкая и точная настройка объективов

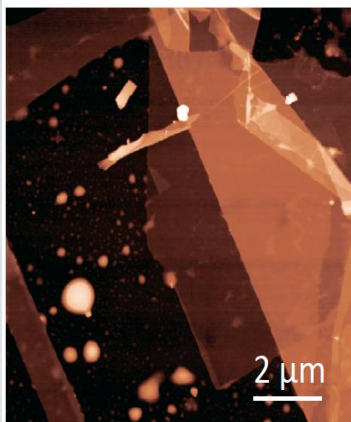
# NTEGRA Spectra II



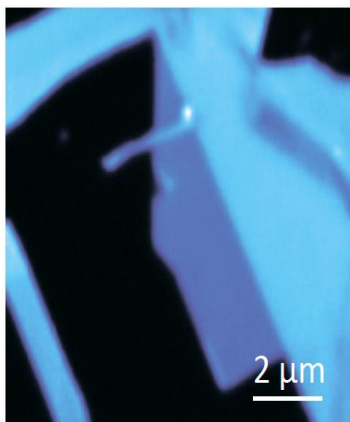
# Система СПЕКТРА II в МФТИ, 2021



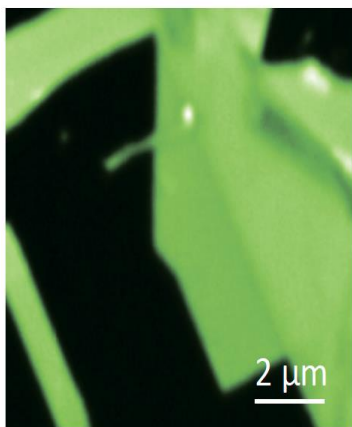
## Чешуйки графена на Si/SiO<sub>2</sub>



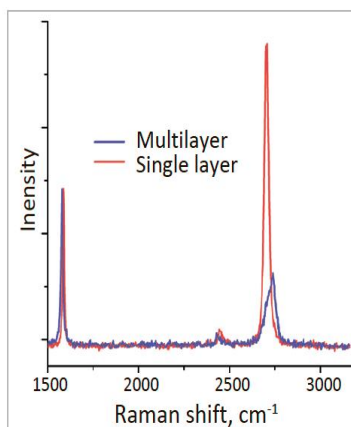
Рельеф



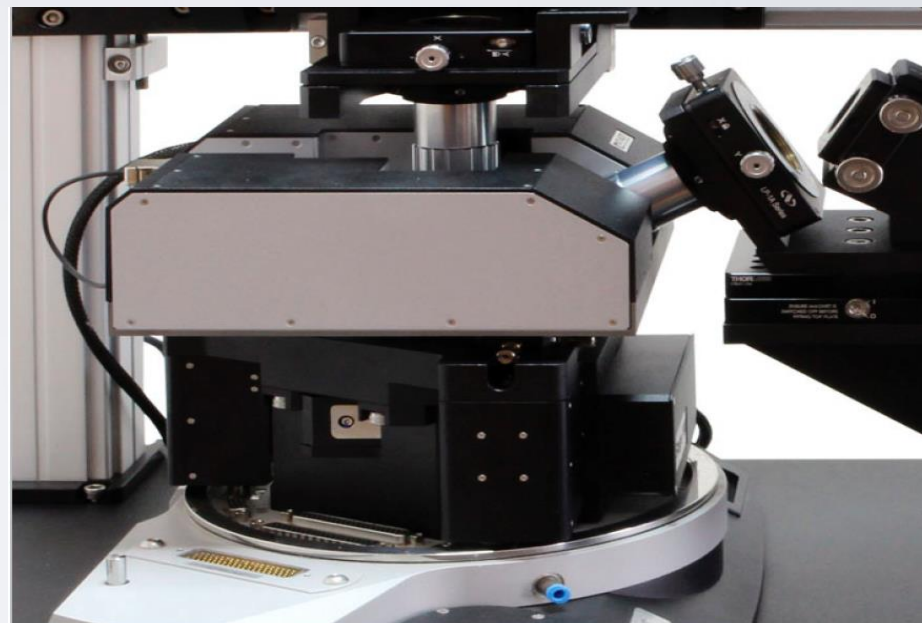
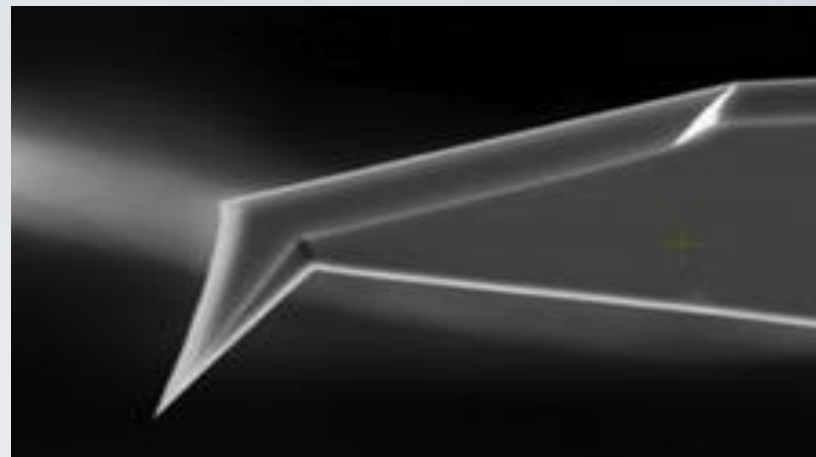
Интенсивность G полосы



Интенсивность 2D полосы

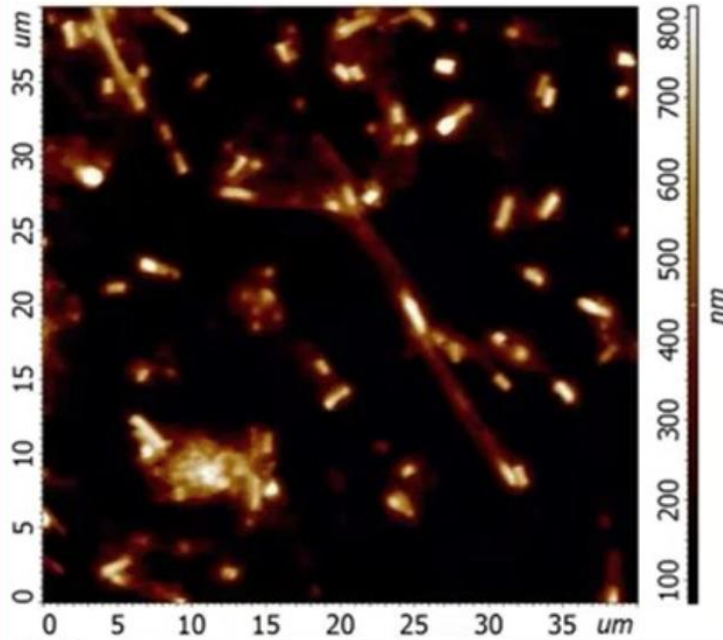


Рамановский спектр

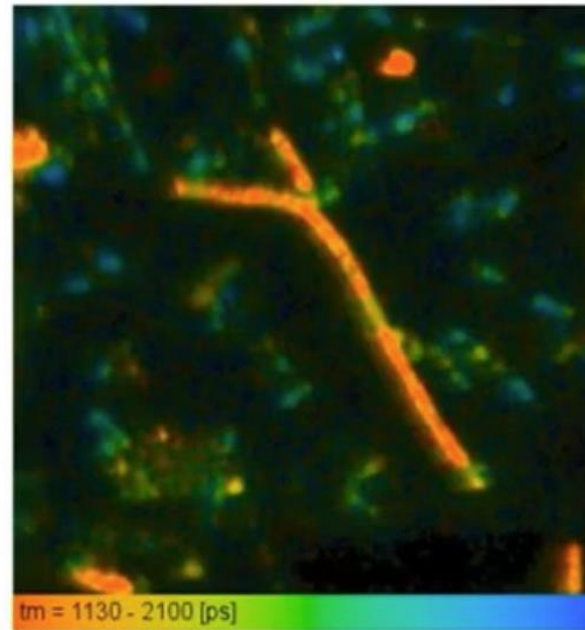


# Topography and FLIM image of e-coli

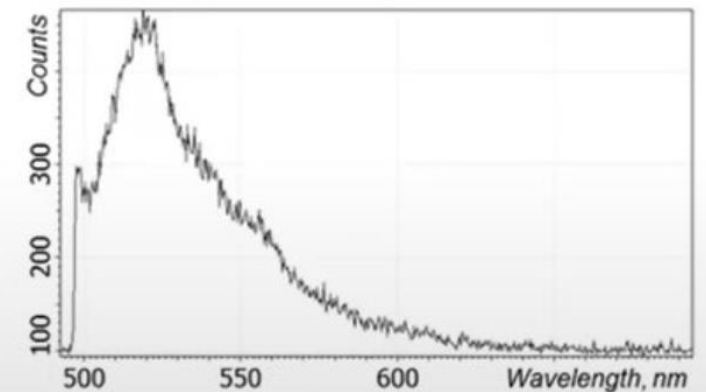
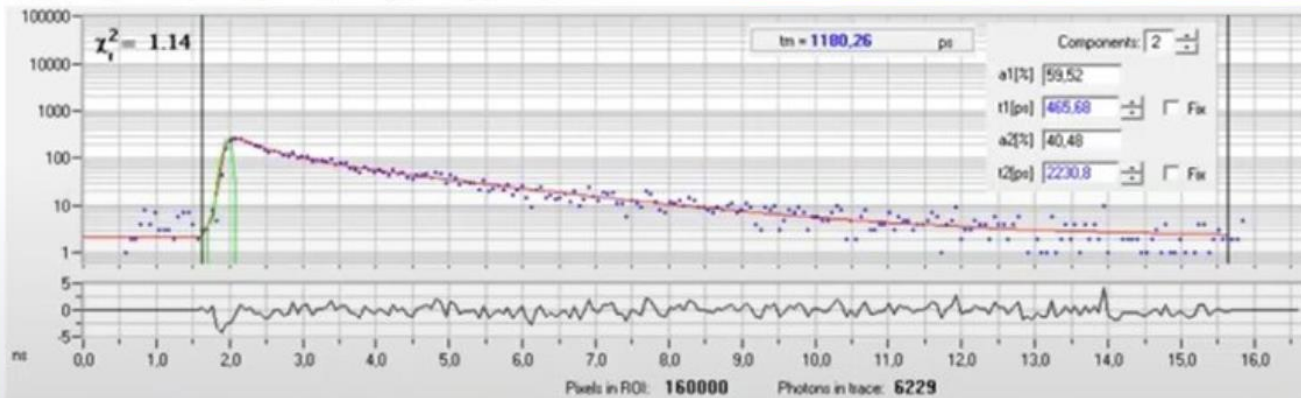
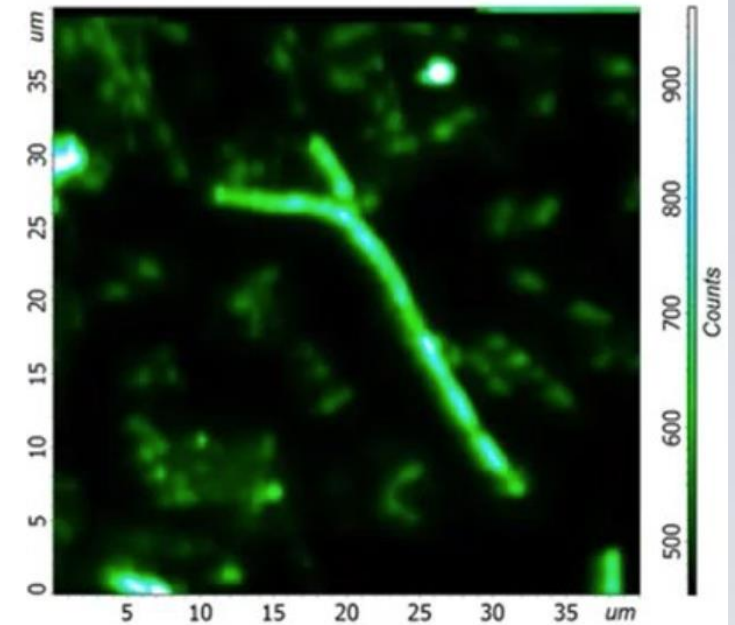
AFM Topography



Lifetime map 525-540 nm

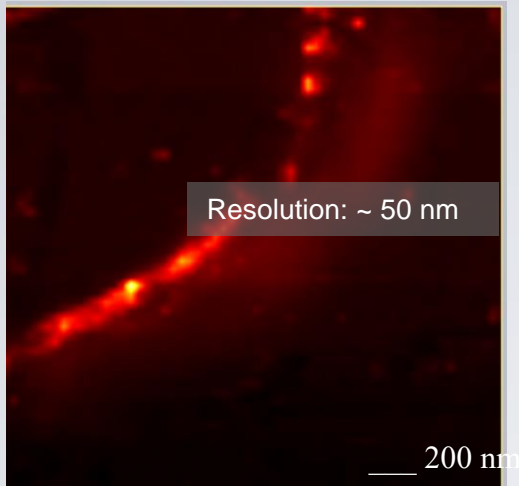


Fluorescence 525-540 nm

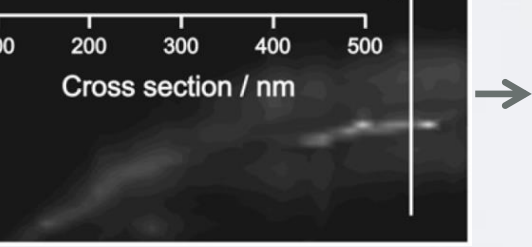
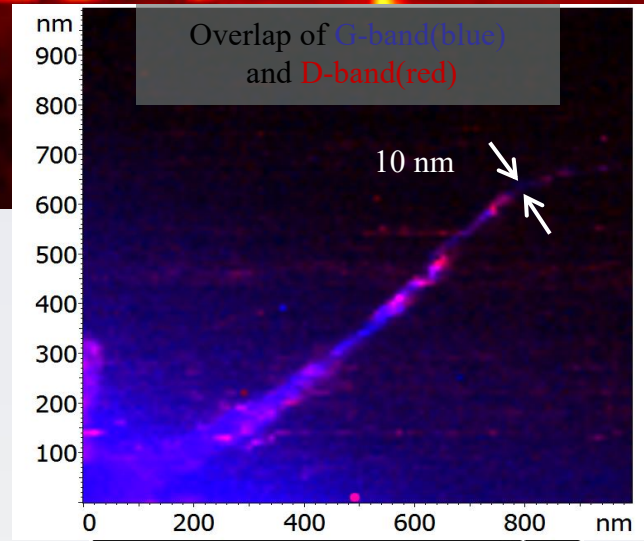
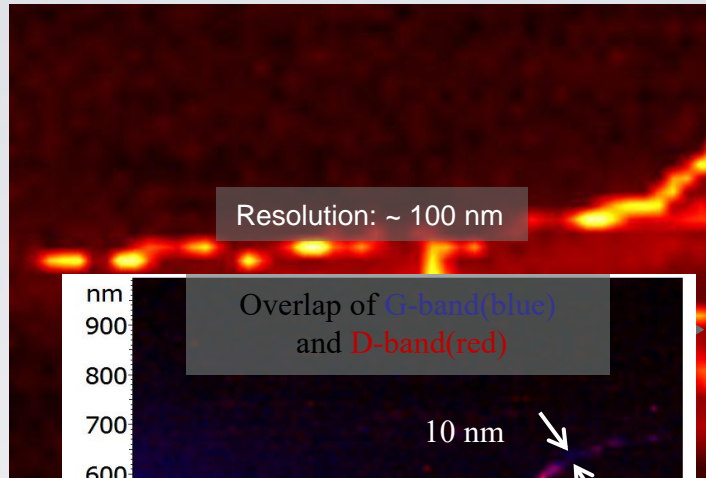


Topography (left) and FLIM mapping of 525-540 nm band (center) and fluorescence intensity (right). Decay curve on the bottom left image and fluorescence spectrum on the bottom right one. Different FLIM signals come from different fluorescent proteins, which produced by e-coli genetically modified in different ways. Spectrum shape is very similar. Intensity and lifetime is different. AFM + Spectrometer + FLIM provides sufficient information to identify different proteins in bacteria.

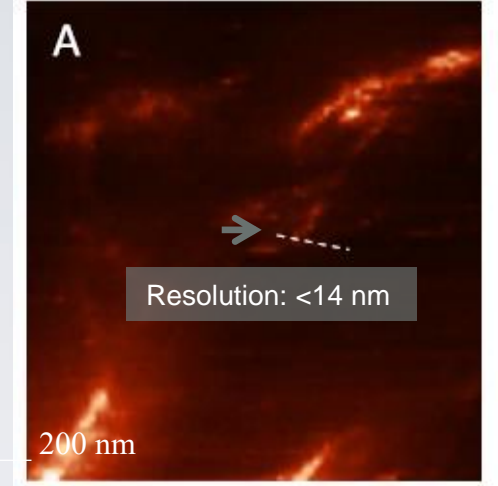
# TERS of Carbone Nanotubes



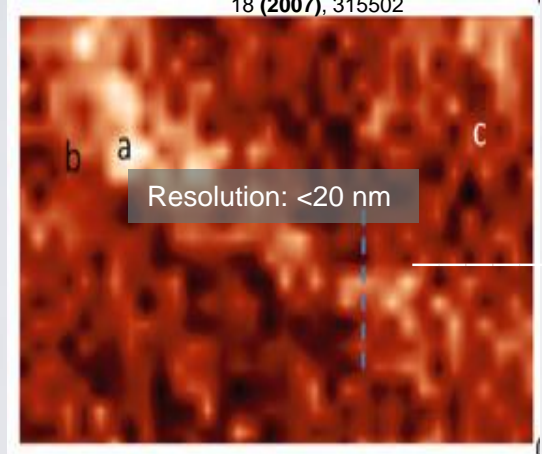
S.S. Kharintsev, G. Hoffmann, P.S. Dorozhkin, G. de With, and J. Loos, *Nanotechnology* 18 (2007), 315502



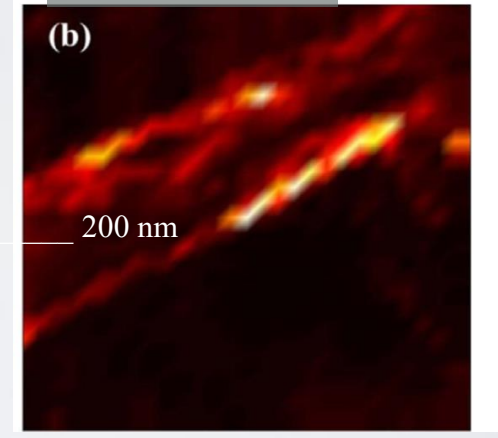
S. Kharintsev, G. Hoffmann, A. Fishman. & M. Salakhov *J. Phys. D: Appl. Phys.* 46 (2013) 145501



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



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

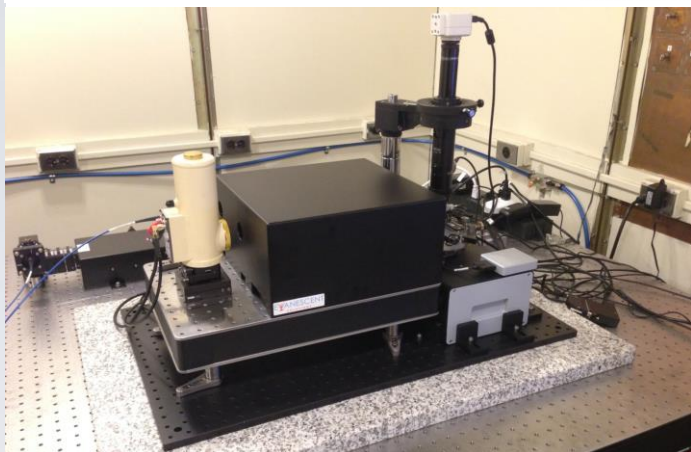
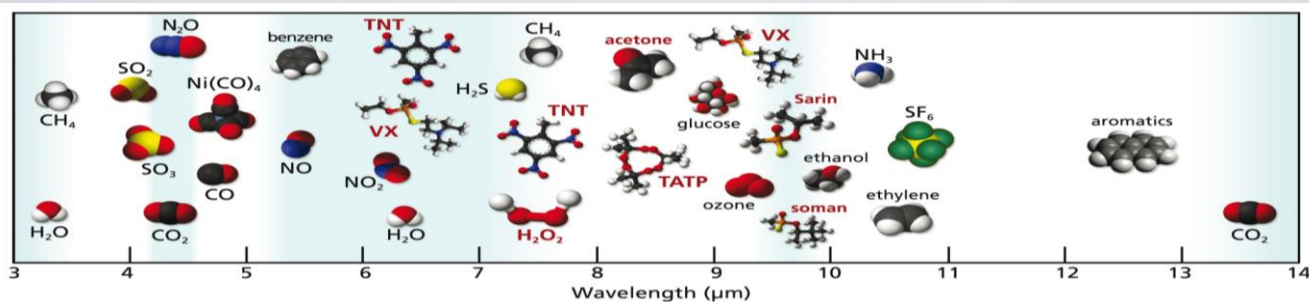


M. Zhang, J. Wang, Q. Tian, *Optics Communications* 315, 164 (2014)

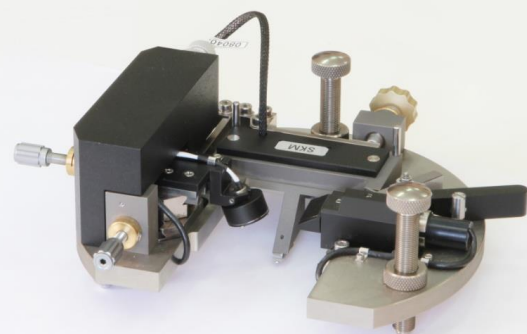
Resolution: <1

# NTEGRA nano IR: s-SNOM

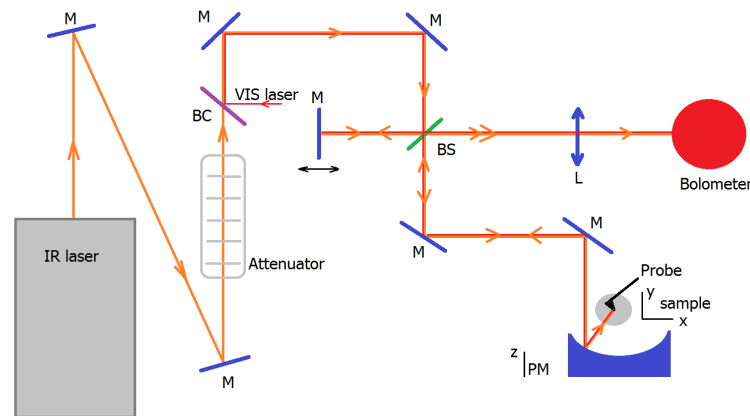
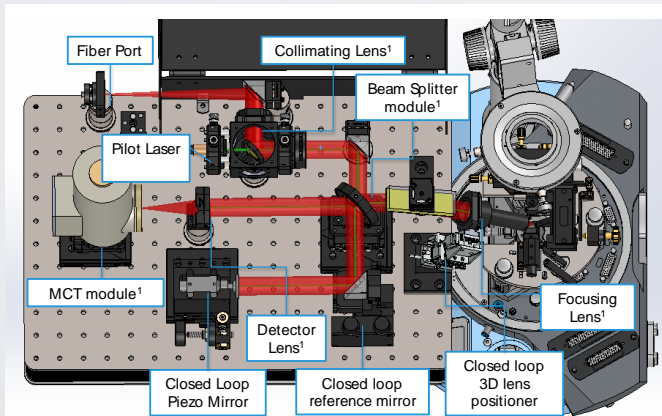
techn



ИНТЕГРА nano-ИК (университет Стони Брук, NY)

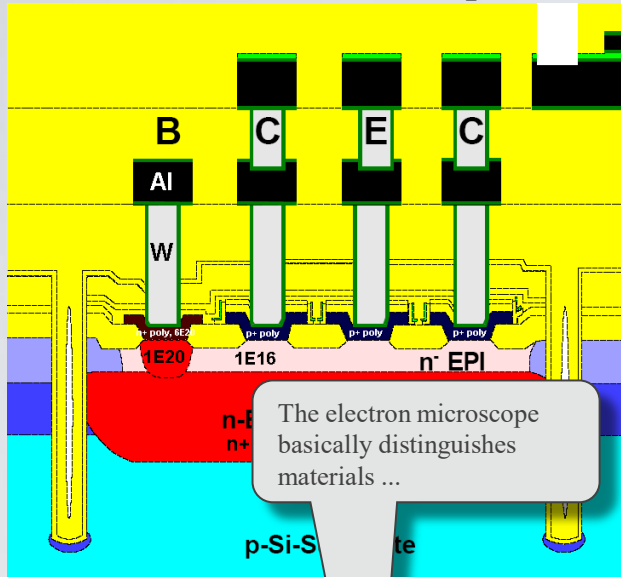


Измерительная АСМ-головка с доступом для параболического зеркала

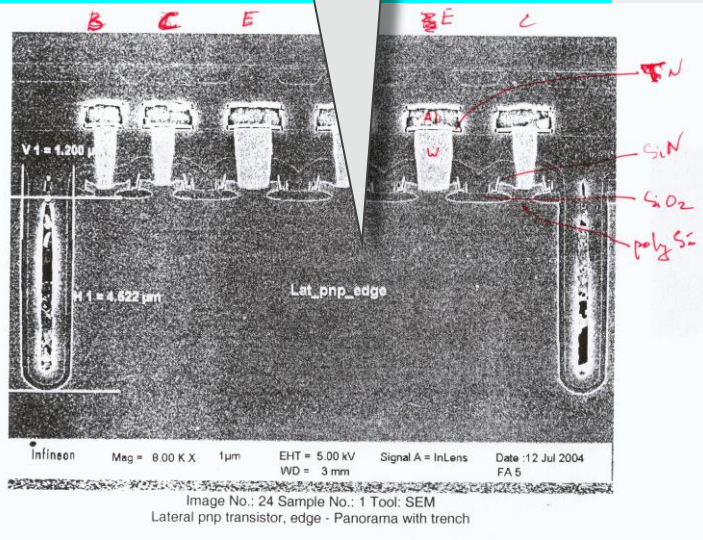


Оптические схемы прибора: ввод излучения лазера по волокну с фоку сбором рассеянного излучения через объектив (слева) и прямой ввод излучения с фокусировкой и сбором с помощью параболического зеркала (справа)

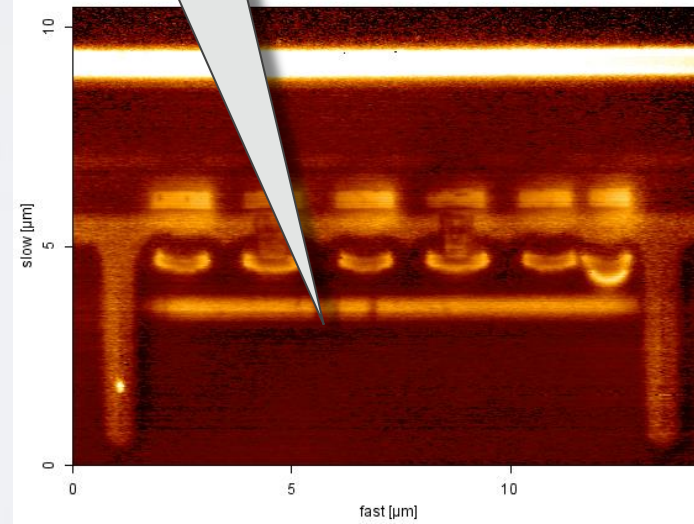
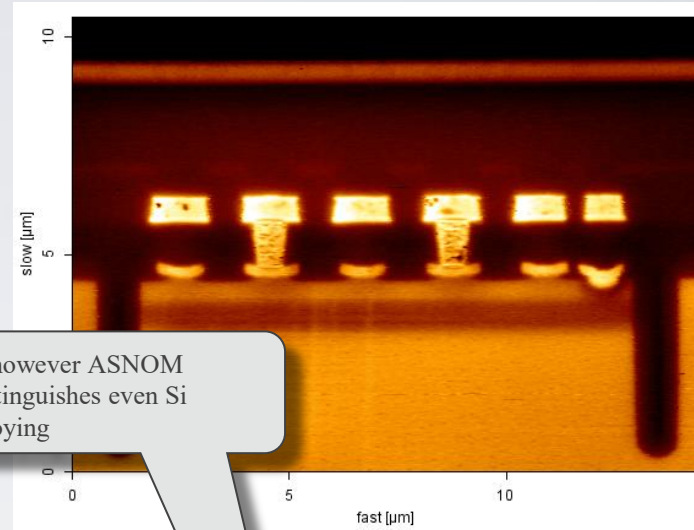
## Bipolar transistor (Si) Skew plate with a planar p-n-p transistor



The electron microscope basically distinguishes materials ...

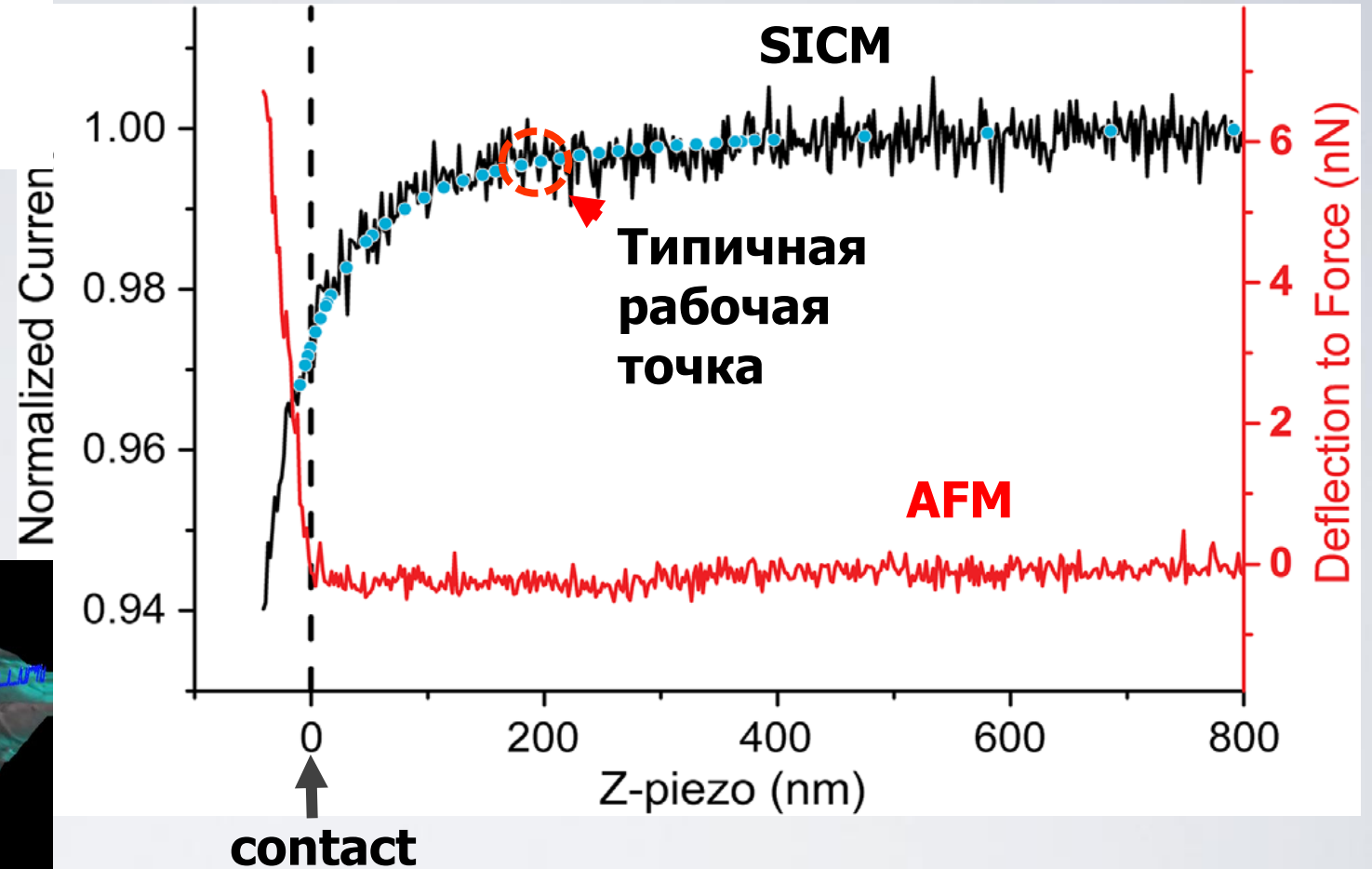
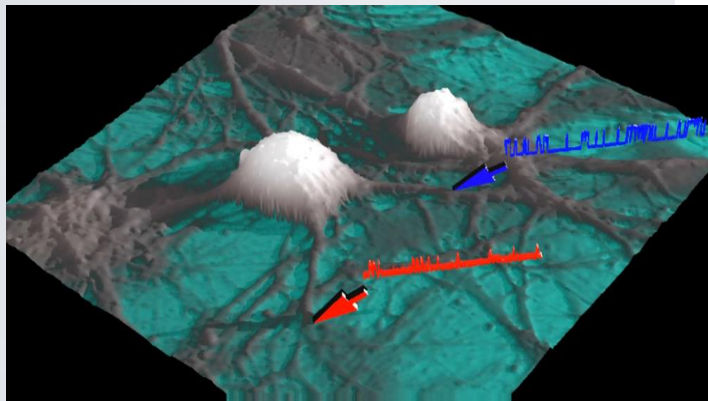
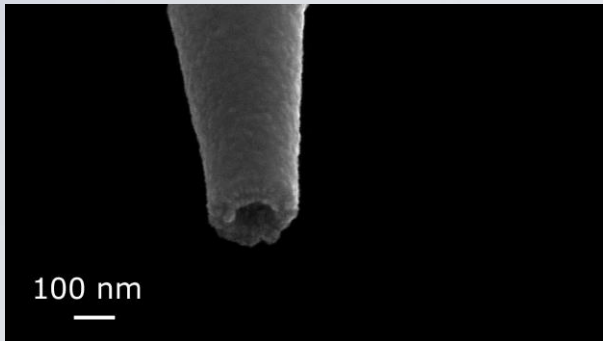
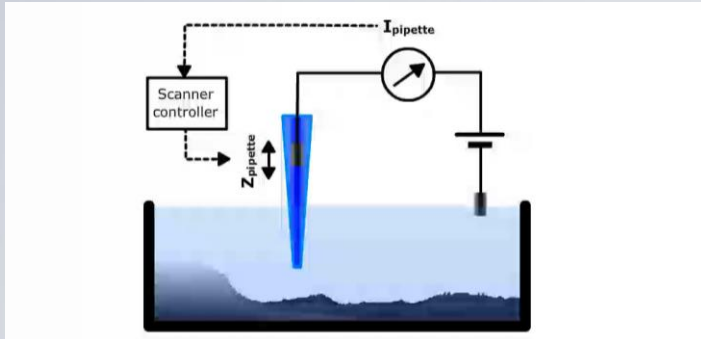


... however ASNOm distinguishes even Si alloying



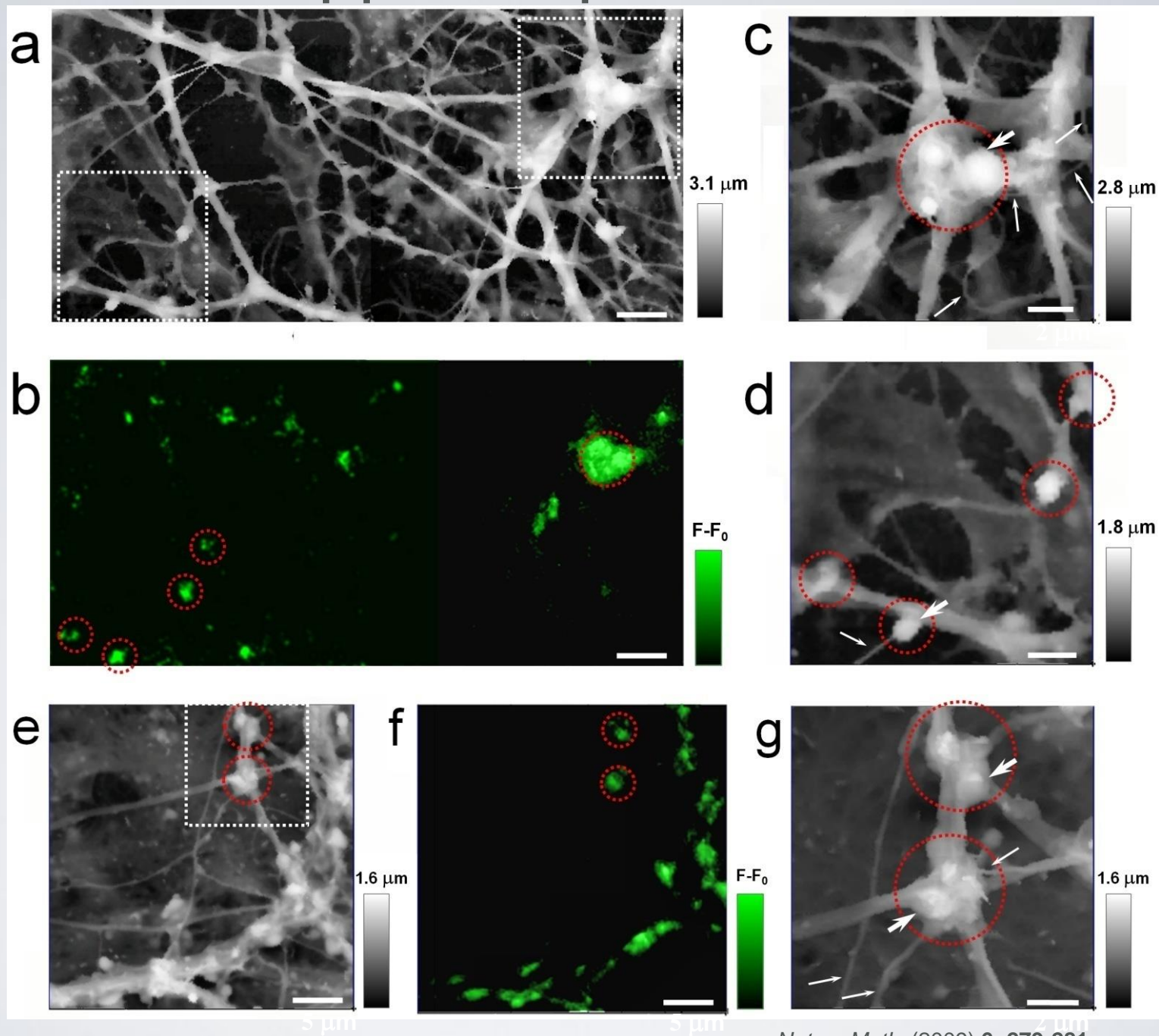


# Capillary Scanning Microscopy, "Hopping" - mode



The current is measured between the electrode in the capillary and the electrode in an aqueous solution

# Hippocampal Neurons

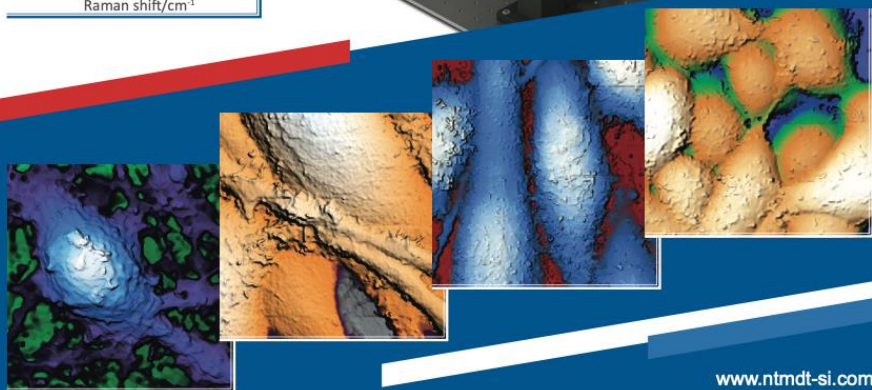
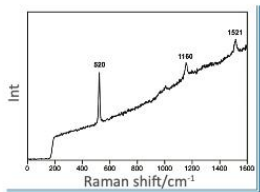




# NTEGRA Marlin

Новейшая система АСМ-Раман-СМИП для биологических и локальных электрохимических исследований

Проект реализуется при содействии Фонда содействия инновациям

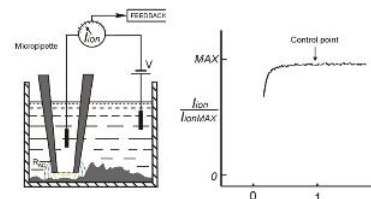


www.ntmdt-si.com

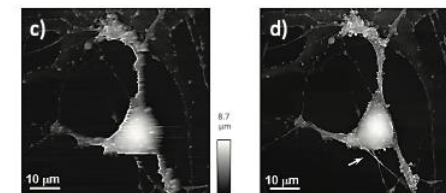
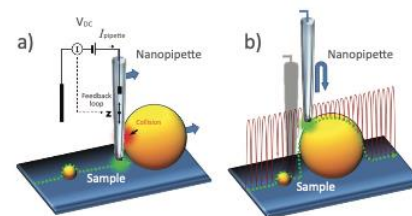
ИНТЕГРА Марлин – Новейшая система АСМ-Раман-СМИП для биологических и локальных электрохимических исследований

## ИНТЕГРА Марлин – Новейшая система АСМ-Раман-СМИП для биологических и локальных электрохимических исследований

### Принцип СМИП



СМИП (сканирующая ионно-проводящая микроскопия) – это метод СЗМ, который использует нанопипетку (острый стеклянный электрод) для бесконтактного трехмерного картирования поверхности с высоким разрешением. В СМИП расстояние между зондом и образцом контролируется уменьшением ионного тока, протекающего через наконечник по мере приближения к поверхности образца. Biophys.Journ. 73, 653-658



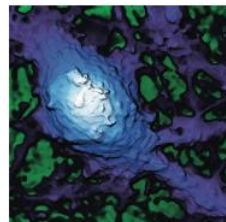
Непрерывные и «скачковые» СМИП изображения нейронной клетки с сильно развитым рельефом. (а) Рисунок сканирующего зонда с нанопипеткой, работающего в режиме непрерывного сканирования, сталкивающегося со сферическим объектом, имеющим крутой вертикальный наклон. (b) Рисунок «скачкового» режима, используемого в СМИП, показывающий, как пипетка отводится в положение значительно выше образца перед приближением к поверхности. (с, d) Изображения

одного и того же фиксированного нейрона гиппокампа, полученного сначала в «скачковом» режиме (d) и затем в режиме растрового сканирования слева направо (с), используя ту же нанопипетку. Скачковый алгоритм, применяемый к СМИП, позволяет отображать неровные и слабоукрепленные объекты с высоким разрешением, благодаря тому, что зонд-пипетка всегда приближается к образцу сверху, а не «тащит» его по поверхности. Nature Meth. 6, 279-281

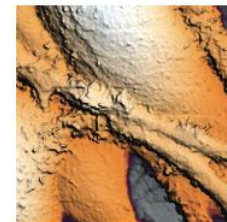
### СМИП визуализация живых клеток

Бесконтактный скачковый алгоритм СМИП позволяет проводить быстрые и стабильные измерения мягких и сильно «гофрированных» объектов с высоким разрешением, таких как живые клетки, в естественной физиологической среде.

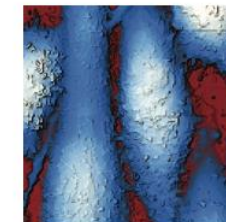
Поскольку метод сканирования гарантирует, что зонд всегда приближается к образцу в вертикальном направлении, становится возможным визуализировать даже те объекты, которые «подвешены» в пространстве.



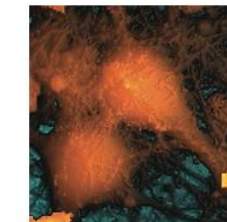
СМИП-изображение нейрона из мышшиного гиппокампа 10×10×6,3 мкм



СМИП-изображение клеток меланомы В16 25×25×5,4 мкм

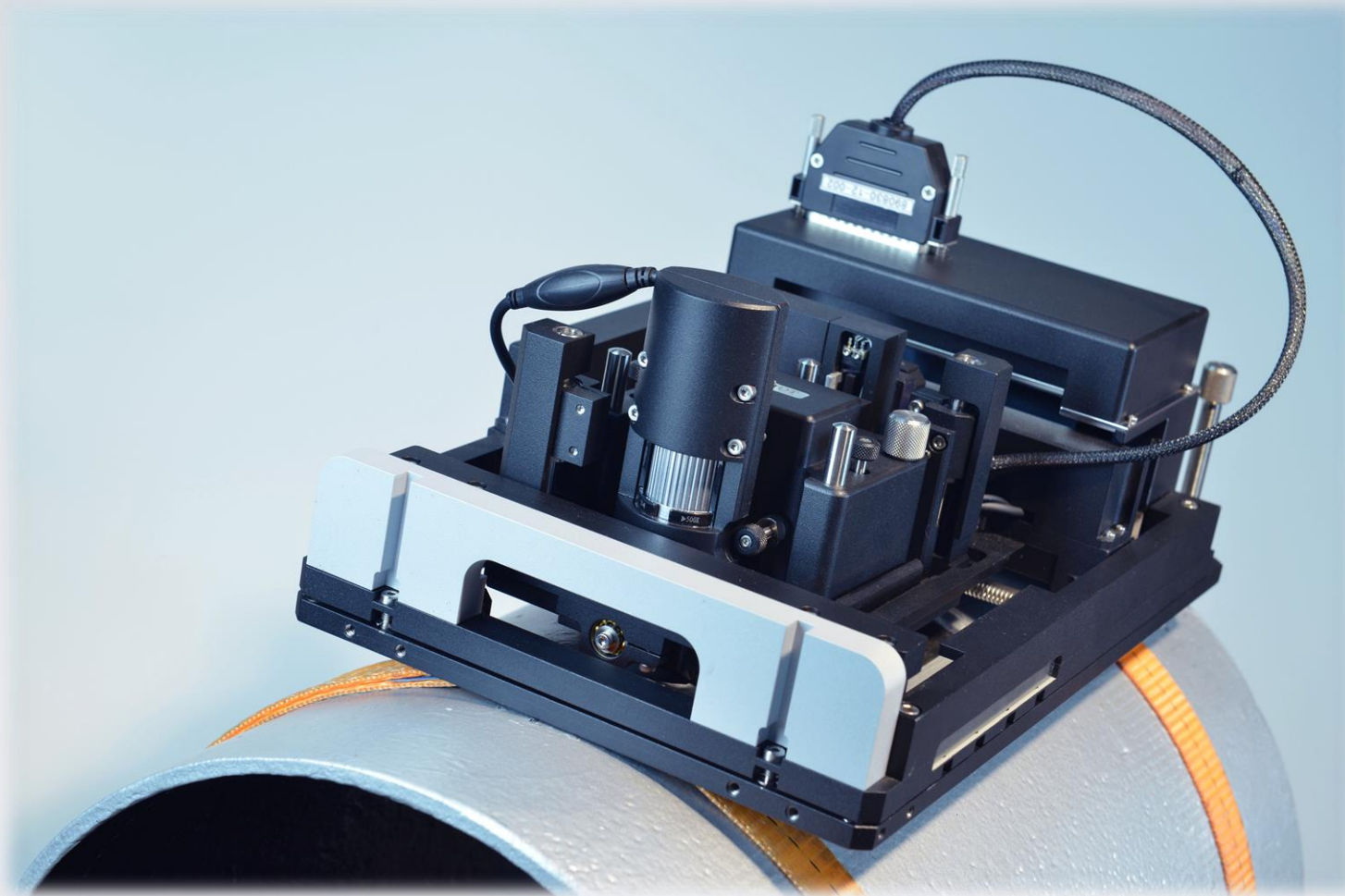


СМИП-изображение клеток карциномы РС3 предстательной железы человека 40×40×6,8 мкм



СМИП-изображение живого нейрона из гиппокампа мыши 40×40×13,3 мкм

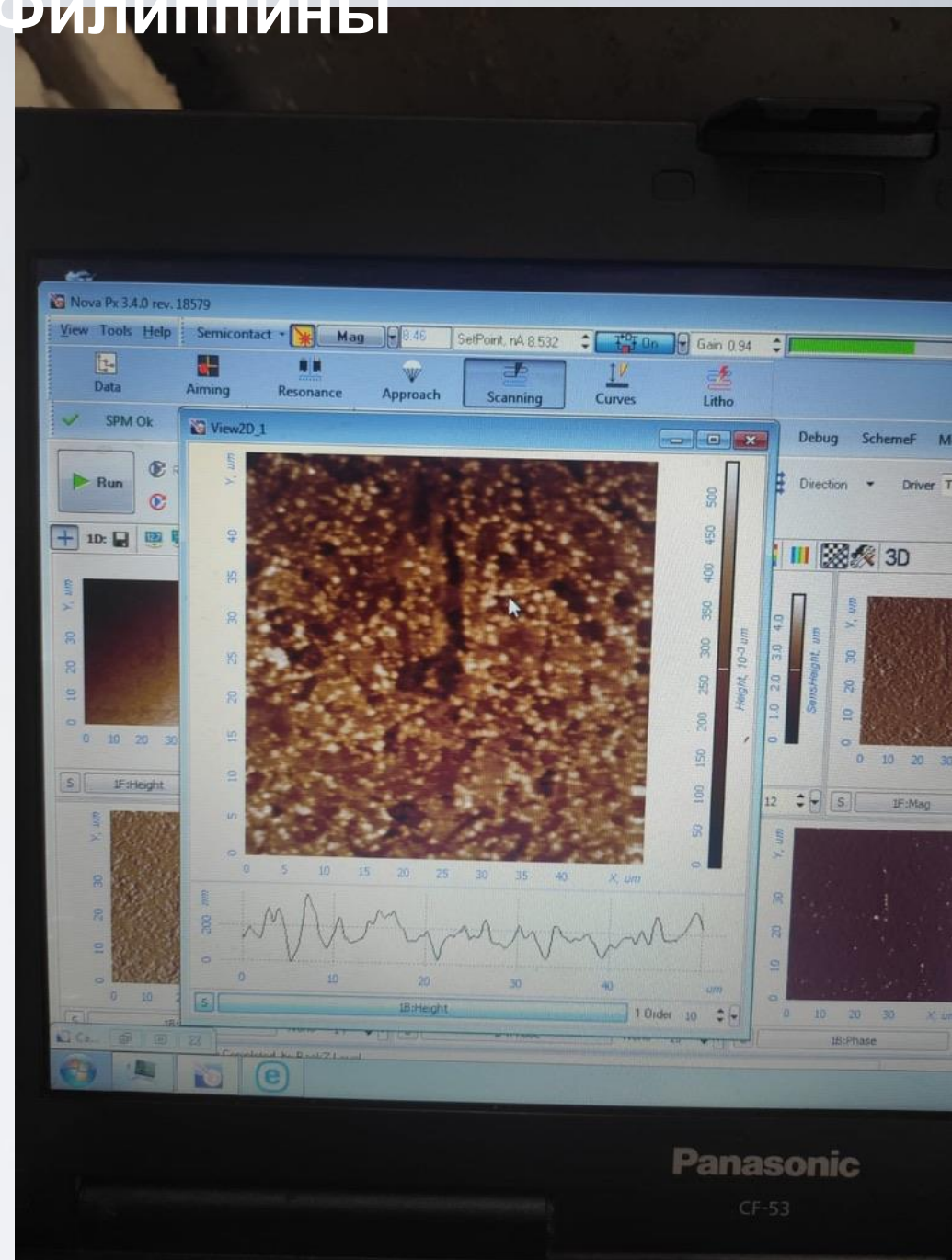
Первый в мире аппаратно-программный комплекс для диагностики состояния промышленных объектов и неразрушающего контроля



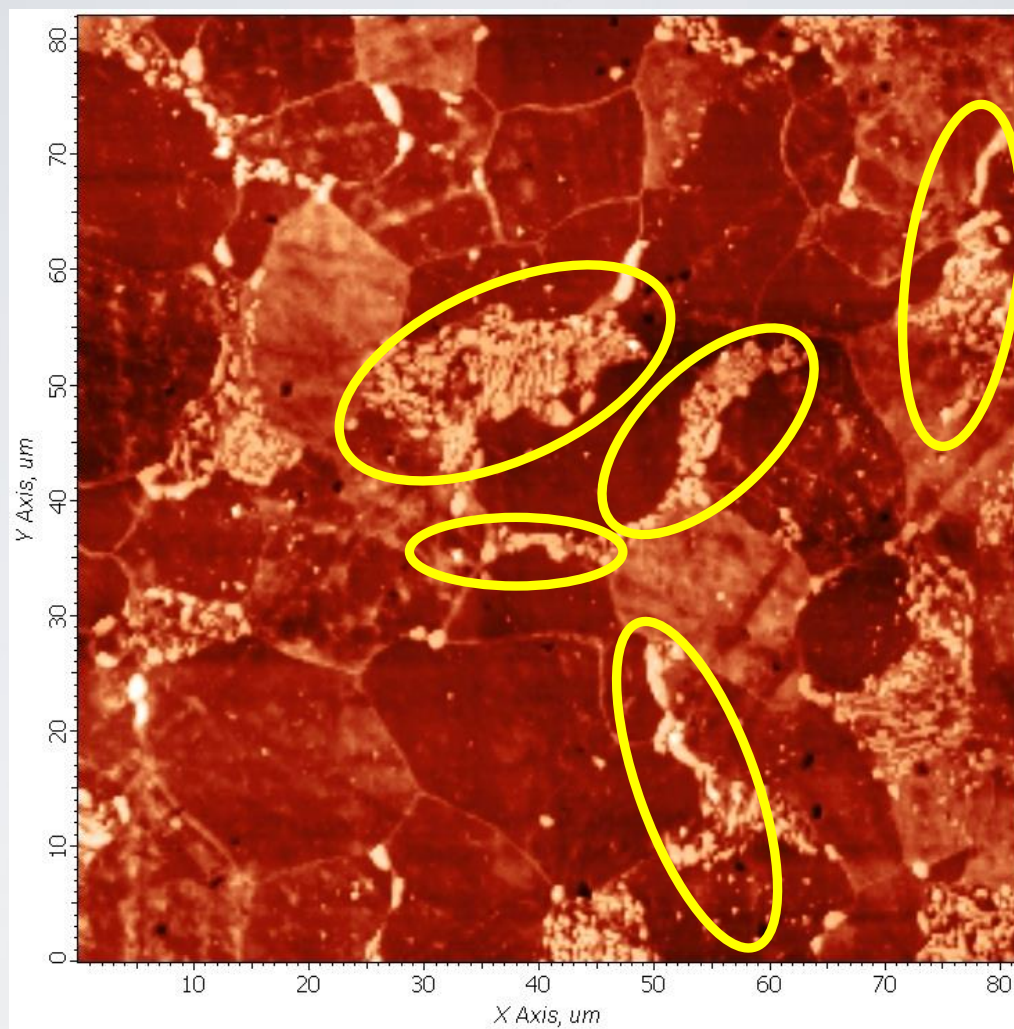
Февраль 2022, Quezon, Филиппины



Февраль 2022, Quezon, Филиппины



Сталь мартенситно-ферритного класса после  
250000 часов эксплуатации (около 30 лет)



## NT-MDT SI на MRS-2017 (29 ноября – 1 декабря)



Иван Быков и Станислав Леесмент на стенде выставки E-MRS, Страсбург 07.07.2018

## NT-MDT SI на MRS-2018 (25-30 ноября)



**NT-MDT**  
Spectrum Instruments

**ACS**  
Chemistry for Life™

ACS Meetings & Expos

**ACS  
FALL  
2021**

August 22-26 | Atlanta, GA

**RESILIENCE  
OF CHEMISTRY**

In-Person & Virtual | #ACSFall2021

**NT-MDT**  
Spectrum Instruments

BioSPM - 2022

**MISIS**  
**RSF**

The 4th International school-conference  
"Scanning Probe Microscopy  
for Biological Systems – 2022"

November 24-25, 2022 | **NUST MISIS, Moscow**

**NT-MDT**  
Spectrum Instruments

**MRS** MATERIALS RESEARCH SOCIETY®  
Advancing materials. Improving the quality of life.

Booth #708

**2022 MRS®  
FALL MEETING & EXHIBIT**

November 27–December 2, 2022 | Boston, Massachusetts  
December 6–8, 2022 | Virtual

**NT-MDT**  
Spectrum Instruments  
Booth #926

**MSA**  
Microscopy Society of America

Microscopy & Microanalysis  
2023

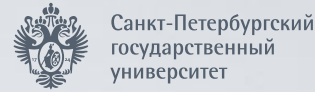
July 23-27, 2023 – Minneapolis, MN

**MM2023**  
MICROSCOPY &  
MICROANALYSIS  
Minneapolis, MN July 23-27



ASU Arizona State University TU/e Eindhoven University of Technology UAB THE UNIVERSITY OF ALABAMA AT BIRMINGHAM

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR KOLLOID- UND GRENZFLÄCHENFORSCHUNG



Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)



OAK RIDGE National Laboratory



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ"



ДВФУ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

BASF Fraunhofer

CHAPMAN UNIVERSITY



NPL National Physical Laboratory



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



NT-MDT®

AMD The future is fusion

Крупные ПОЛЬЗОВАТЕЛИ ПРИБОРОВ КОМПАНИИ



ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ИМ. А.В. РЖАНОВА СО РАН



WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE

OntarioTech UNIVERSITY



Новосибирский государственный университет



ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина



УНИВЕРСИТЕТ ЛОБАЧЕВСКОГО



北京工业大学 BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Johnson & Johnson



МИСИС Университет науки и технологий



College of Chemistry and Molecular Engineering PEKING UNIVERSITY

School of Economics, Business Administration and Accounting at Ribeirão Preto University of São Paulo



Chevron Phillips Chemical Company



Санкт-Петербургский государственный технологический институт

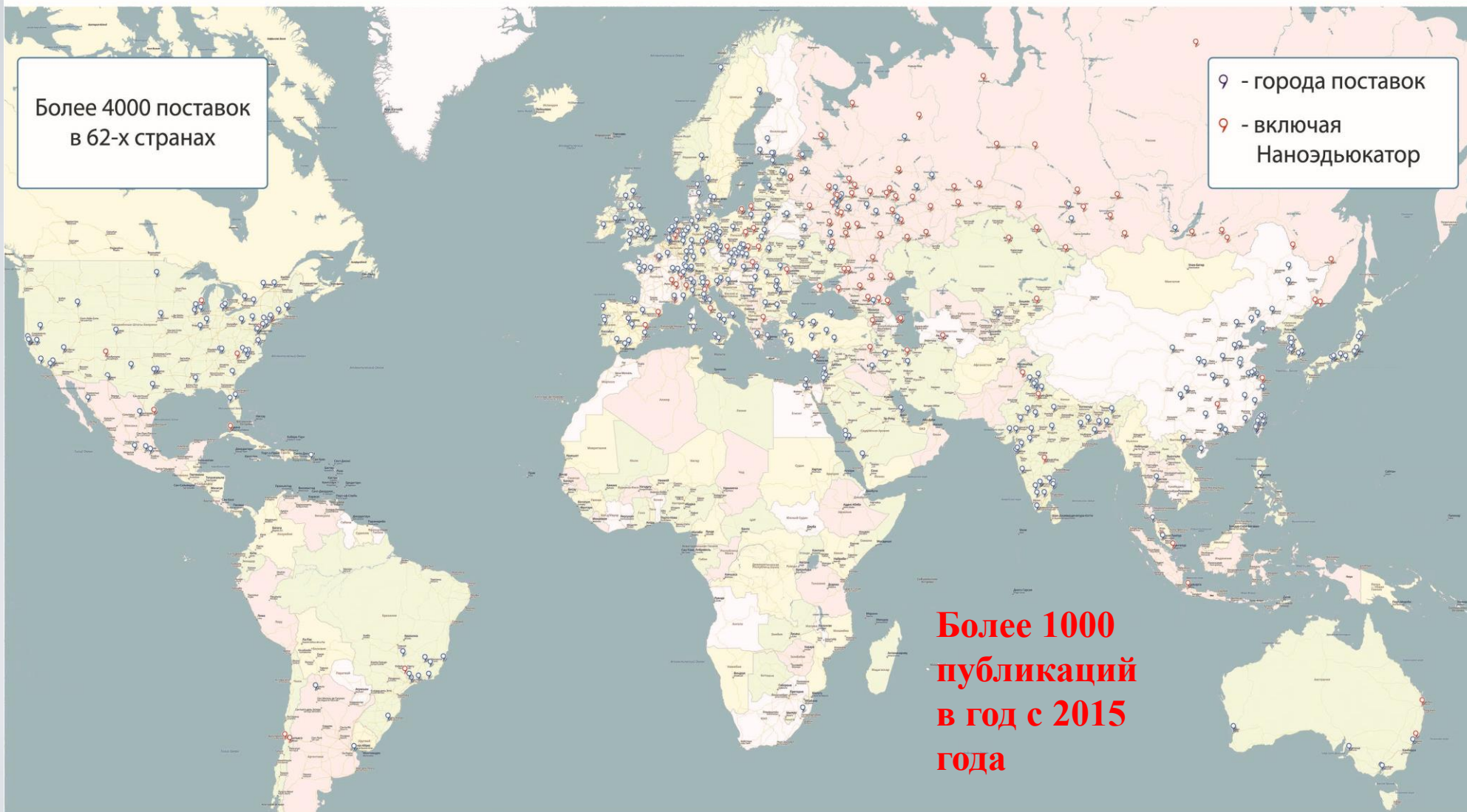
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

UNIVERSITY OF ONTARIO INSTITUTE OF TECHNOLOGY



國立臺灣師範大學 National Taiwan Normal University

## География поставок оборудования по России и миру





НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБЩЕСТВО РОССИИ

На сайте на  о общества  
России – [rusnor.org](http://rusnor.org)

Вы можете посмотреть и считать  
ПРЕЗЕНТАЦИЮ:

<http://www.rusnor.org/pubs/presentations/18172.htm>

Сканирующая зондовая техника НТ-МДТ -  
приборы и возможности

**THANK YOU FOR THE ATTENSION**

