*От молекулярной электроники к молекулярной нанотехнологии и сканирующей зондовой микроскопии

*

1968 - 2020

* Предприятие п/я А-1631, МЭП, Зеленоград
  * Отдел бионики, начальник отдела Айрапетянц Сандро Вартанович (последний аспирант акад. А.Ф. Иоффе)

12.09.1926 – 9.02.2001

* Чтобы понять мембраны надо исследовать монослои – пленки Ленгмюра на поверхности воды!
* Может ли что полезное для микроэлектроники быть из этих самых Ленгмюровских пленок?

1972 – 73 год

* Исследование мономолекулярных слоев на воде:

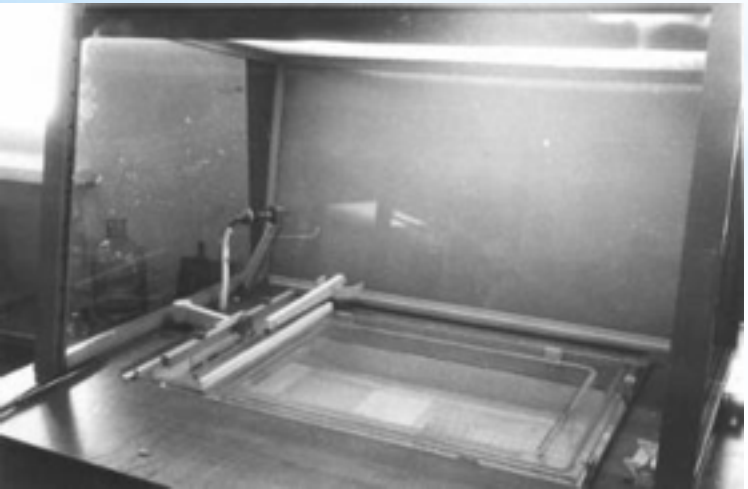
- πA изотермы – Весы Ленгмюра, метод Вильгельми;
- Скачек потенциала – Метод Кельвина

* 1973 год – сделано железо из которого можно было делать ЛБ-ванны
* В начале 1974 года первая установка была собрана, сделана примитивная электроника с весами Вильгельми на основе механотронов, на которой в автоматическом режиме можно было наносить ЛБ-пленки Y-типа, работа которой была продемонстрирована заместителю министра электронной промышленности СССР, Владиславу Григорьевичу Колесникову. Это первая самостоятельная разработка Быкова В.А. в НИИФП.
* Он поставил задачу:

  * Ориентация нематических жидких кристаллов для ЖК-индикаторов, производство которых разворачивалось на заводе АНГСТРЕМ и НПО ИНТЕГРАЛ (МИНСК).

* Пленки Ленгмюра-Блоджетт и жидкокристаллические дисплеи (1973-1976)

Обнаружен эффект образования текстуры при одноосном сжатии Ленгмюровского слоя водорастворимого поверхностно-активного вещества (поливиниловый спирт, $(-CH_2-CHOH-)_n$), которая сохраняется при переносе слоя на твердую подложку и является ориентирующей структурой для нематических жидких кристаллов.
Была создана технология изготовления ЖК устройств, обеспечивающая 100% выход годных изделий (до этого выход годных не превышал 20%) – результат – на Минском объединении ИНТЕГРАЛ началось производство часов с ЖК индикаторами.



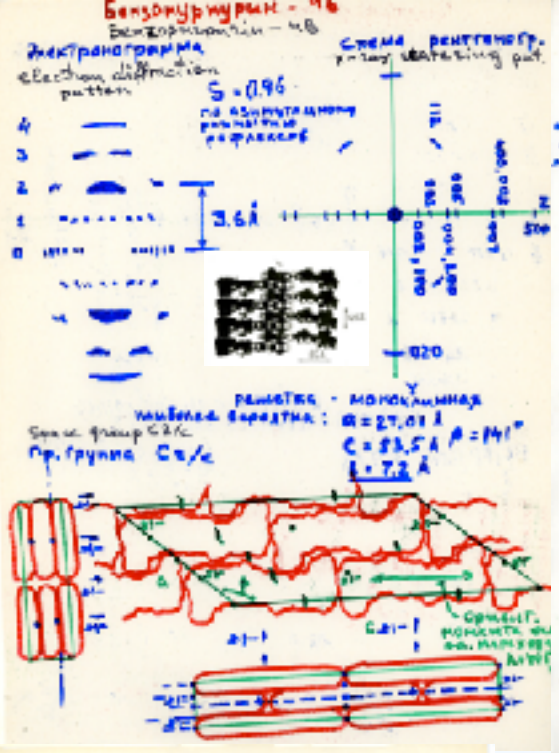
Авторское свидетельство СССР № 697950, СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, опубл. 15.11.1979, Быков В.А.; Агальцова Н.А.; Банников В.С.; Берестенко М.К.; Гайденко П.П.; Григос В.И.; Дударчик А.И.; Матвеева Н.К.; Мягков И.В.; Саламатина Р.Н.; Сотников П.С.; Стремина Т.И.; 4 с., (Патент Франции FR № 2383494, 20.11.1981, Патент Швейцарии CH № 624529, 15.01.1981, Патент ФРГ DE № 2809335 C2, 21.02.1998, Патент Голландии NL № 178629, 1985, Патент Японии JP № 1428108, 1988).

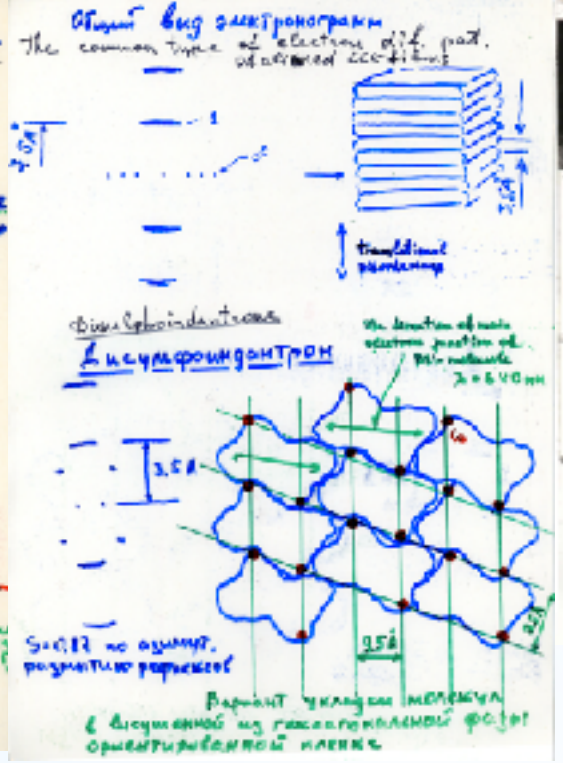
* В нас поверили, началась разработка Всесоюзной программы «Молекулярная электроника»
* Министерство электронной промышленности инвестировало в нас 2,5 млн. долларов на покупку ультрасовременной исследовательской техники того времени

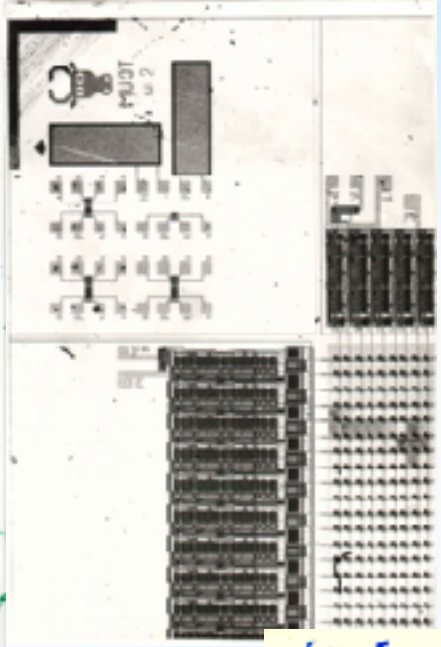
Май 1976 года, острова на Волге под Саратовом
Здесь и была разработана концепция программы «Молекулярная электроника»

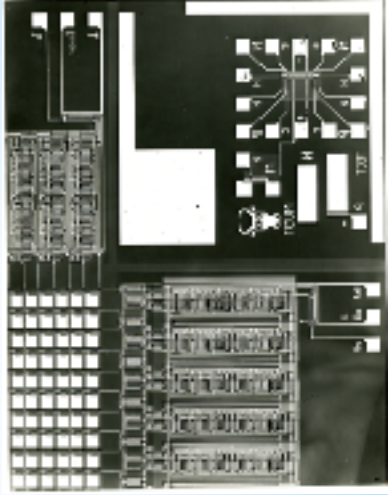
Сотников П.С., Мягков И.В., Айрапетянц С.В., Бенинг Г.П. Быков В.А.

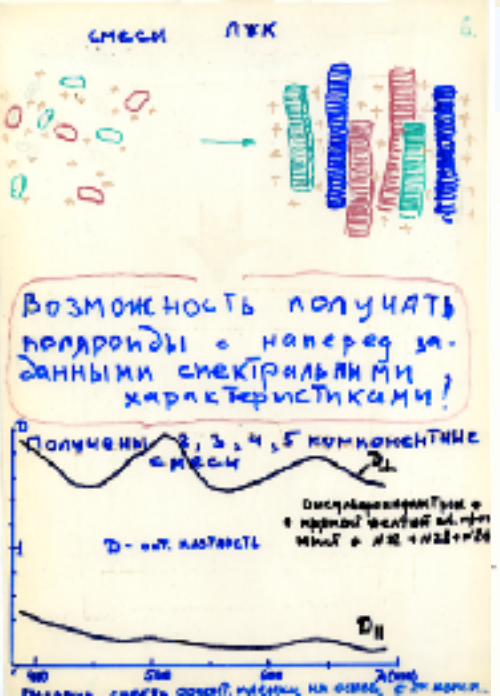
* Установка для формирования ориентированных пленок ЛЖК, рук. Работ - Быков В.А.

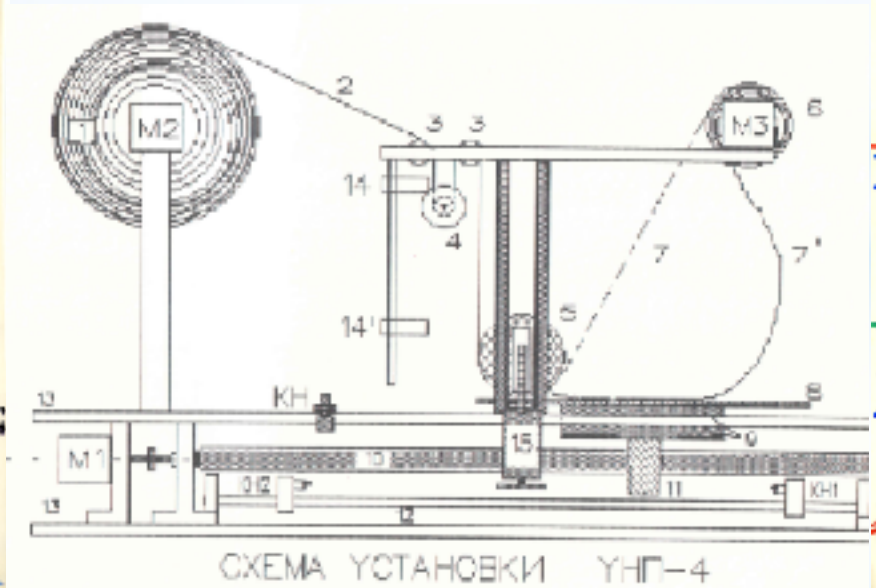

Бензоксиурацил
Электронограмма
electron diffraction pattern
Схема рентгенограм.
S = 0.96
3.6Å
Решетка - моноклинная
Пр. группа C2/c

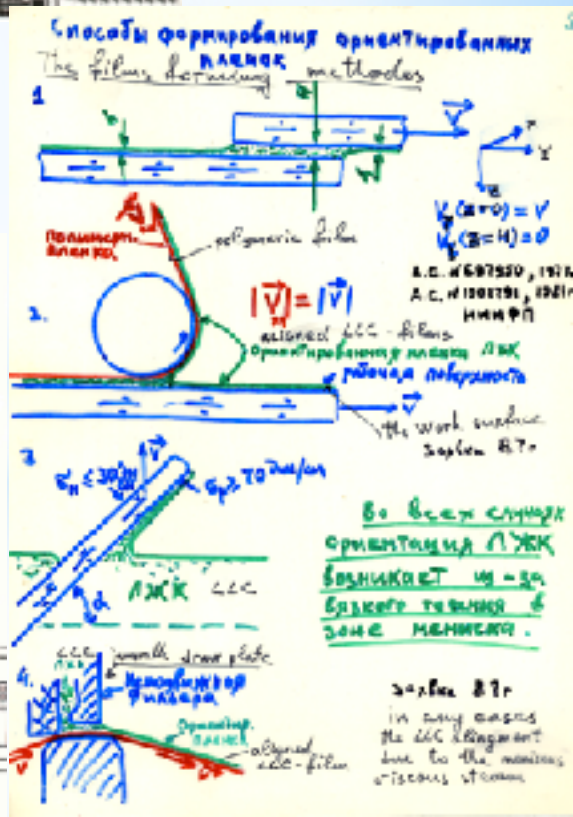

Общий вид электронограммы
The common type of electron diff. patt. obtained LCC-films
translational periodicity
Дисульфоиндантрон
3.5Å
S=0.82 по азимут. рассеяние
Вариант укладки молекулы в вакуумной из гексагональной фазы ориентированной пленке





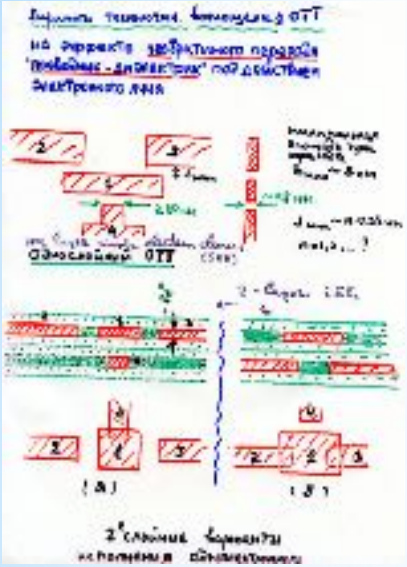

смеси ЛЖК
Возможность получать полароиды с наперед заданными спектральными характеристиками!
Получены 2, 3, 4, 5 компонентные смеси
D - опт. плотность

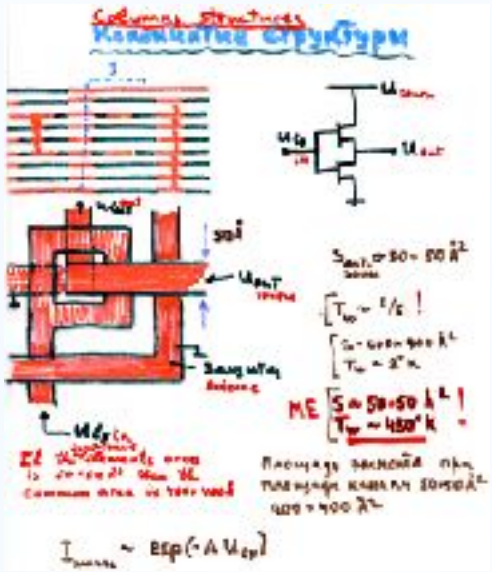

M1
M2
M3
KH
KH1
СХЕМА УСТАНОВКИ УНГ-4

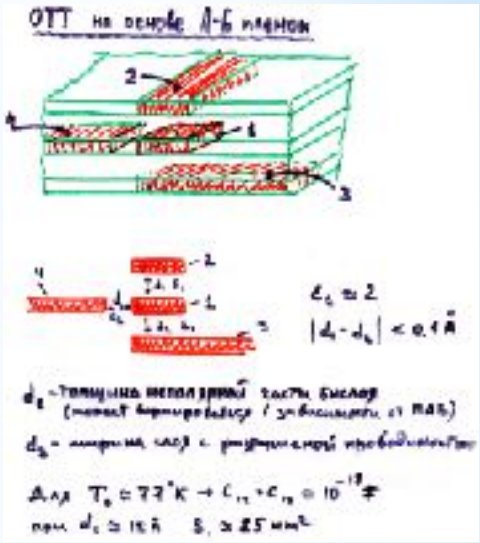

Способы формирования ориентированных пленок
The film forming methods
polymeric film
aligned LCC-film
ориентированная пленка ЛЖК
рабочая поверхность
the work surface
ЛЖК LCC
Во всех случаях ориентация ЛЖК возникает из-за взаимодействия в зоне мениска.

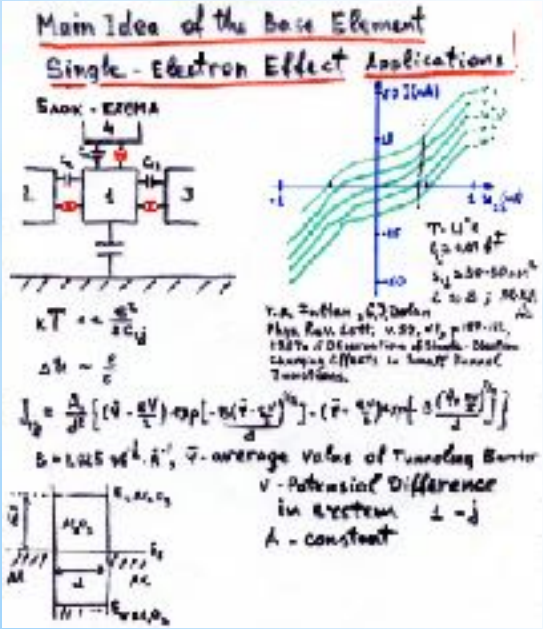
* В 1988 году был создан отдел молекулярной физики и электроники (отдел 102 НИИФП)
* Основное направление работ «Молекулярная нанотехнология»
* Осознана необходимость применения новых методов исследования наноструктур : Туннельная и атомно-силовая микроскопия, методы нанолитографии
* Начался поиск эффектов и возможных приборов на них
* Проект «ОДНОЭЛЕКТРОНИКА»

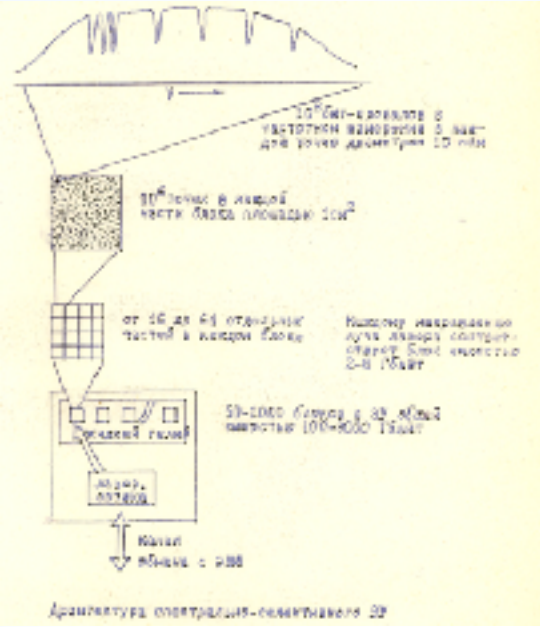
Молекулярная нанотехнология, возможность создания одноэлектронных транзисторов, грант ГКНТ «ОДНОЭЛЕКТРОНИКА» (с 1988 года)

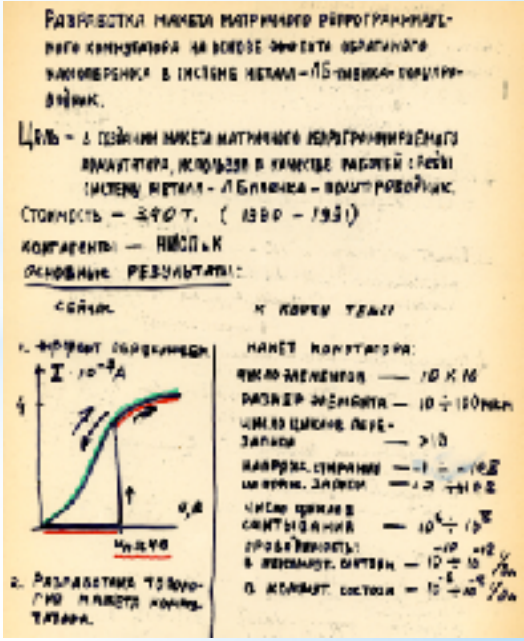


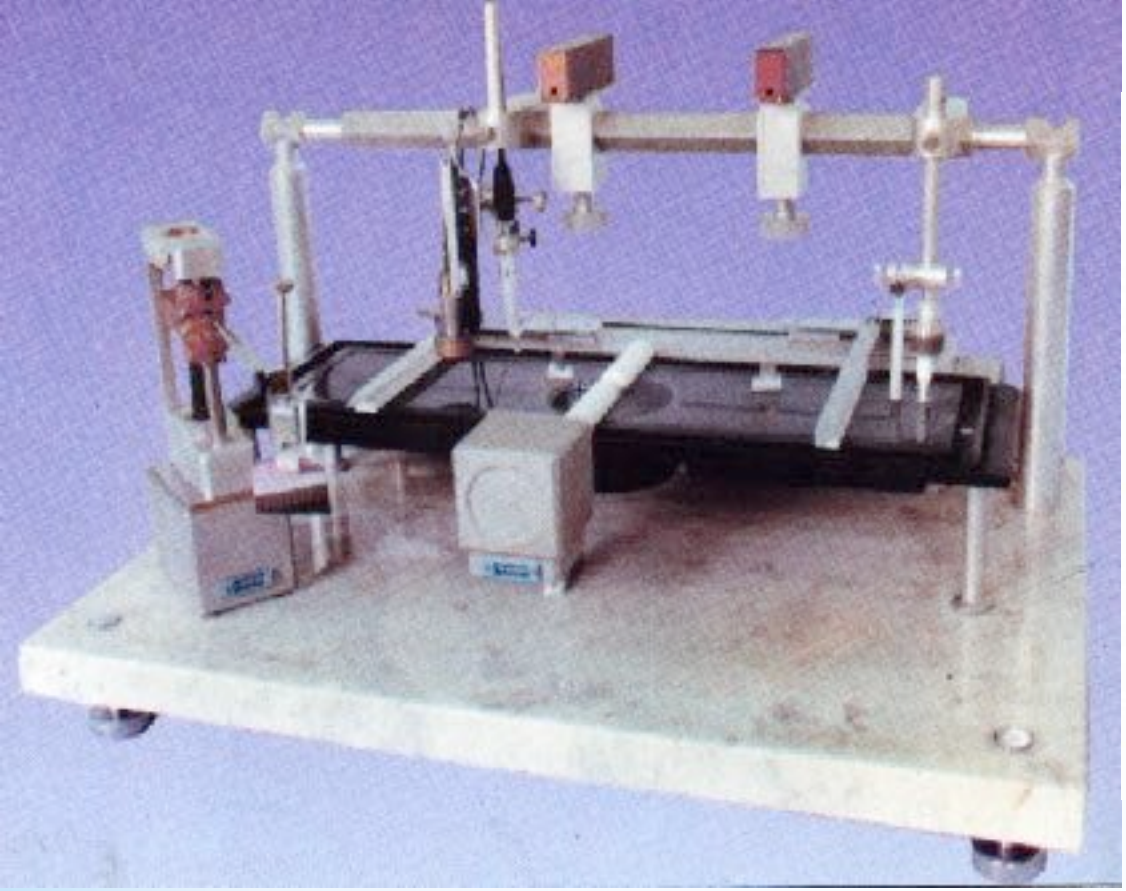


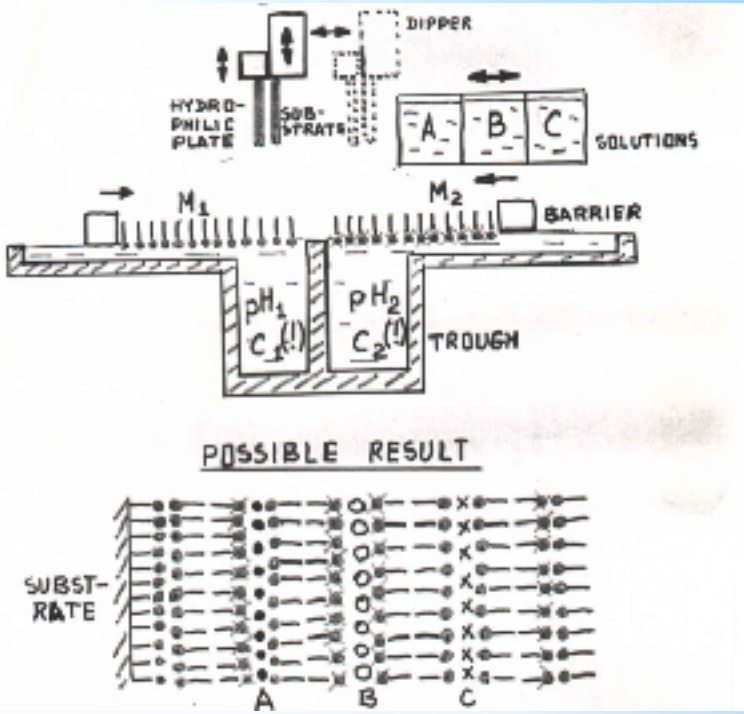






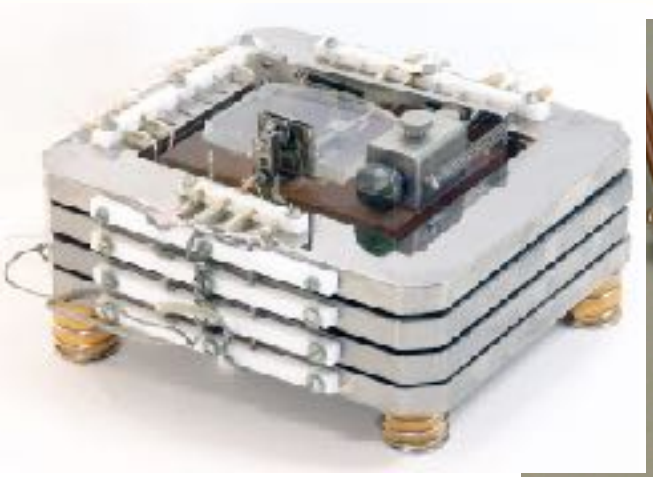




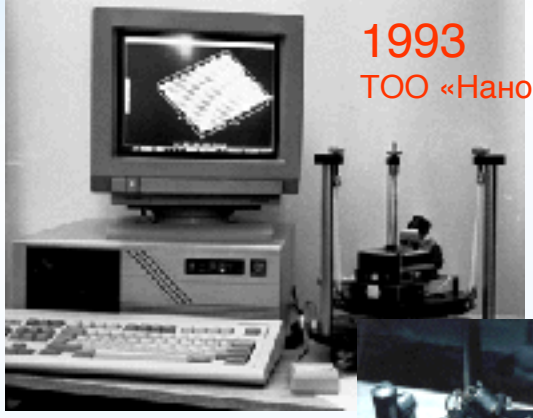


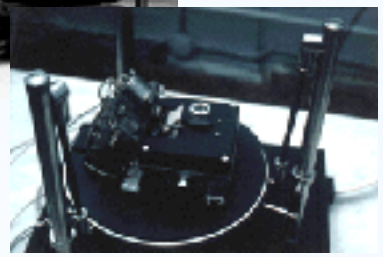
* Установка для исследования слоев Ленгмюра и формирования ЛБ-пленок образца 1993 года

1990 – Первый СТМ – STM-10-90-MDT



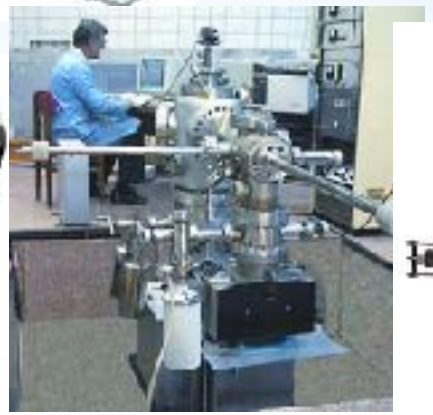
Your choice is granted

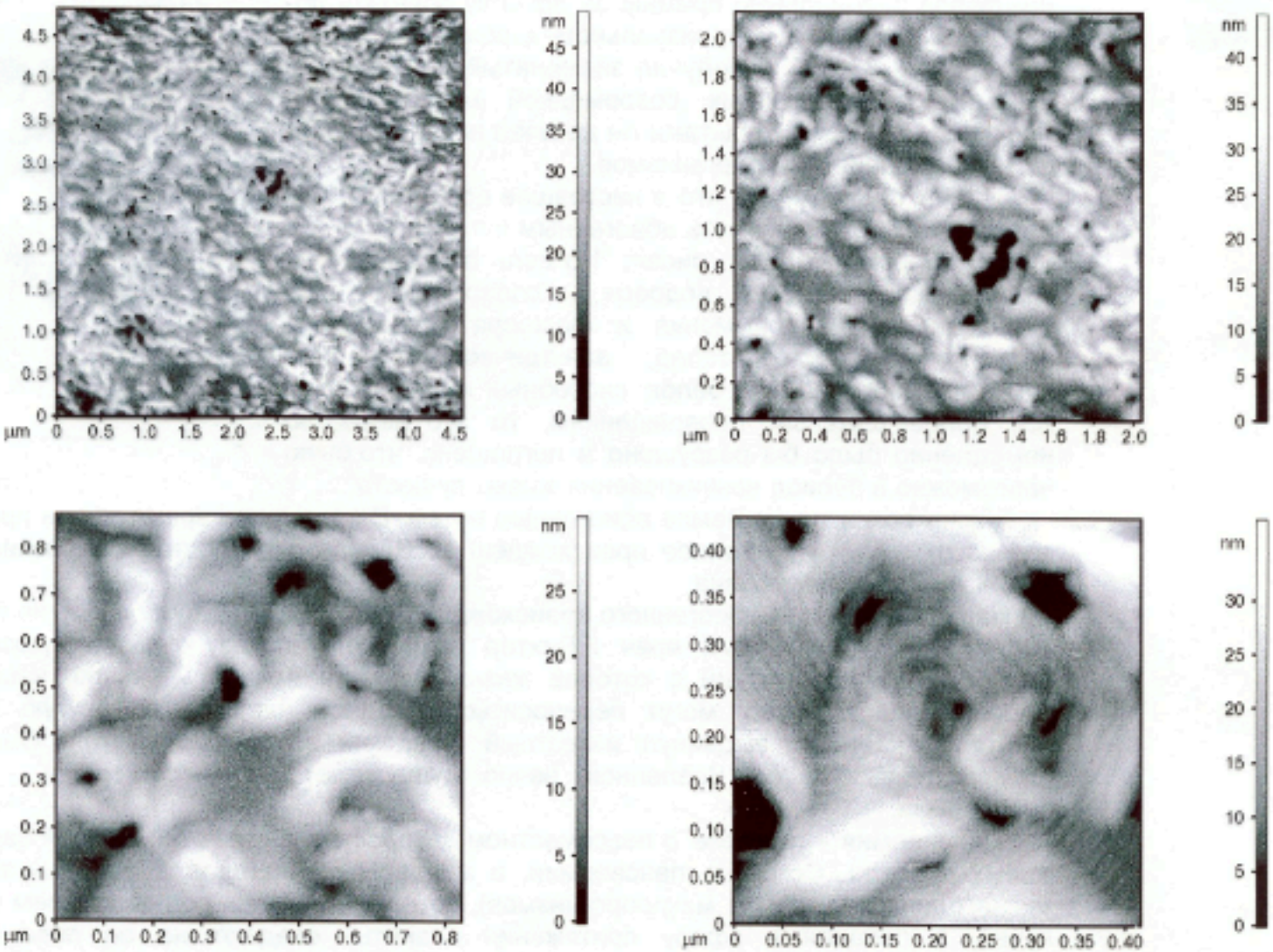




ИСТОРИЯ

До 2003





SURFACE MORPHOLOGY OF ARACHIDIC ACID/Cd ARACHIDATE LB-FILMS

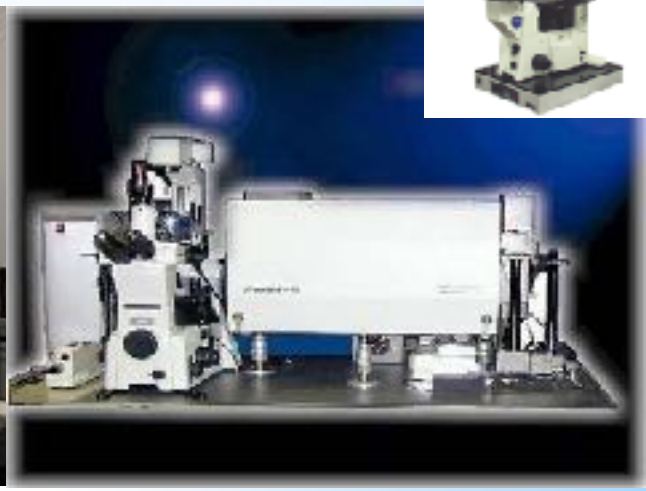
Multilayer film of the mix of arachidic acid and Cd arachidate was imaged with scanning force microscope in semicontact mode. LB-film was deposited from the surface of water subphase at pH=5.3 onto the fused quartz substrate and used as an optical waveguide. Sample surface has crescent-shaped features with characteristic length about 100-300 nm and height 10-30 nm (rms roughness 4.5 nm). Each portion of the surface has also fine stripe-like structure with stripe width about 10 nm. These ordered areas have characteristic size about 100-300 nm. Stripes orientation differs arbitrarily from area to area, but changes only slightly within each area. Some kinds of disclinations are also observed on the image.

2002 (5,1M$)

* Предложена концепция платформ: Эдьюкатор, Солвер, Интегра.
* Родилась идея МЕГАПРОЕКТа.
* Открыто первое дочернее предприятие в НТ-МДТ России: НТ-Спб, группа А.О. Голубка начала разработку НаноЭдьюкатора (финансирование – фонд Бортника).
* Передали SW в отдел инф. техн. и сервиса

Minilab, Nanolabs based on SPM

2003-2005



Технология «слепых» - глаза НАНОМИРА

ИНТЕГРА – многомодульная система, реализующая полный набор опций СЗМ

Design

Specification

Applications

Highly Stable
Measurements
At Different T!

Temperature ranges:
-30°C … +80°C
Room … +200°C

Drift XY: 15nm/ °C
Drift Z: 10nm/ °C

SOLVER NEXT

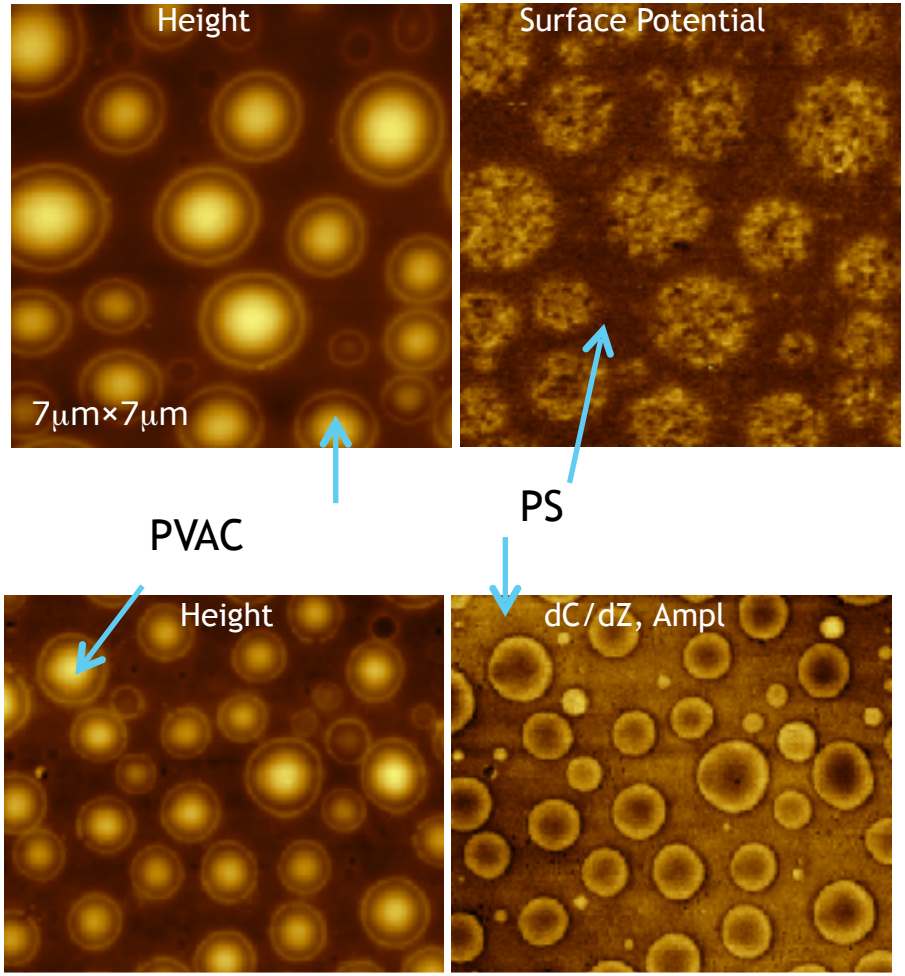
Universal Automatic Metrological SPM

- SW as Mac OS Leopard or Windows Vista
- With Mac OS Leopard SW Solver Next is the First Net SPM
- Modern Design

СОЛВЕР НЕКСТ: Film of polystyrene/polyvinyl acetate blend on ITO glass

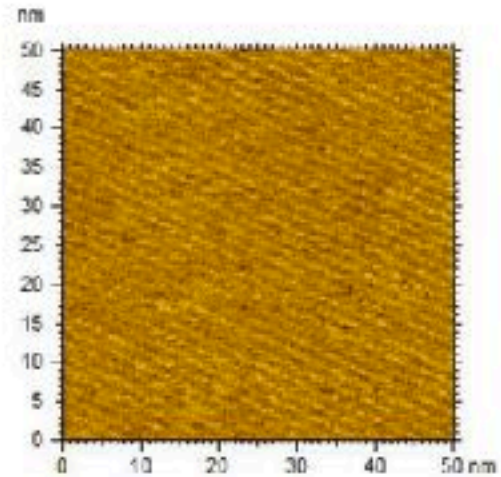
~100 nm thick film of PS-PVAC blend after spin-casting

KFM-FM

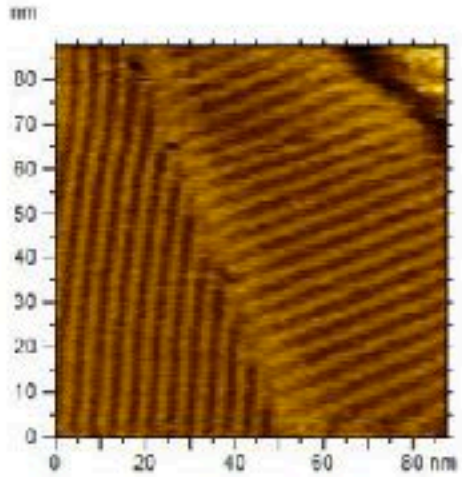


СОЛВЕР НЕКСТ:

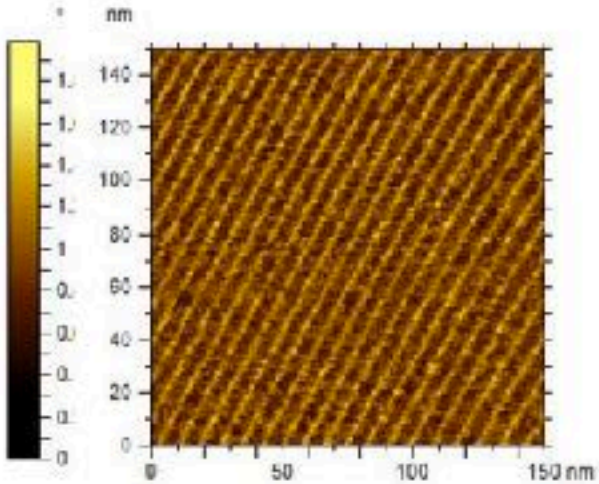
Alkanes on HOPG #2



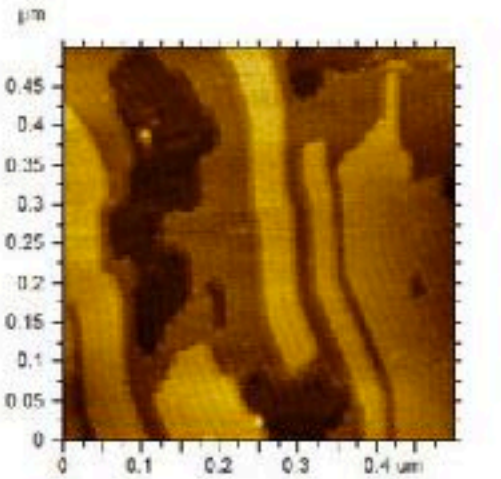
C18



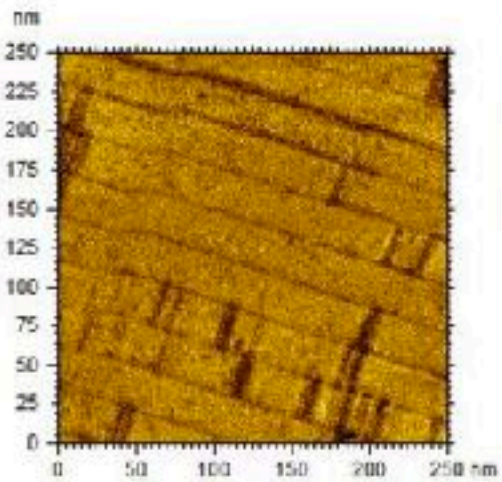
C36



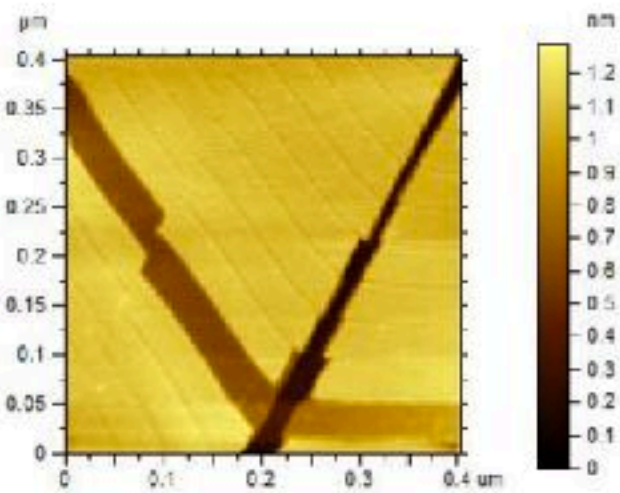
C60



C122



C242

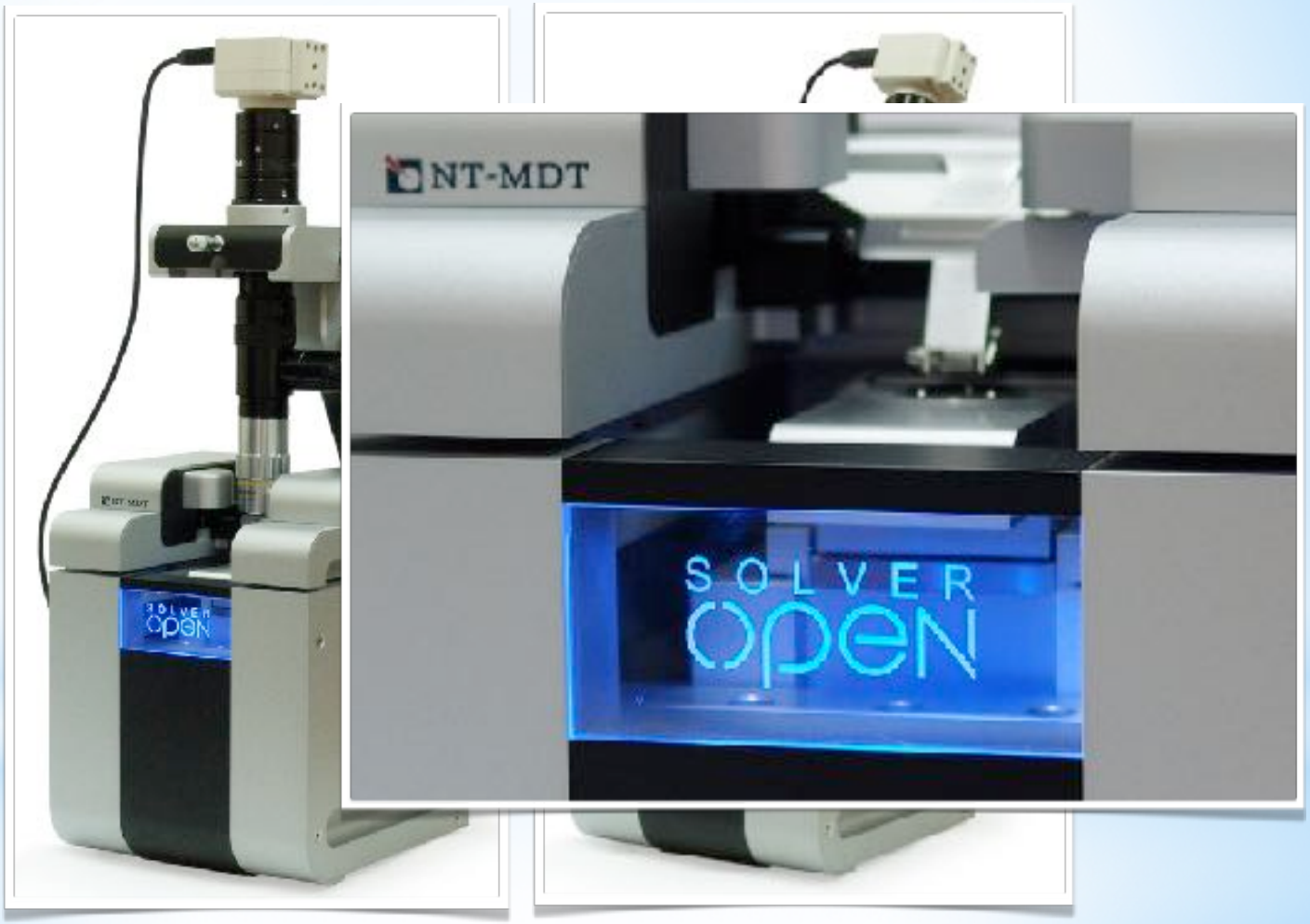


C390

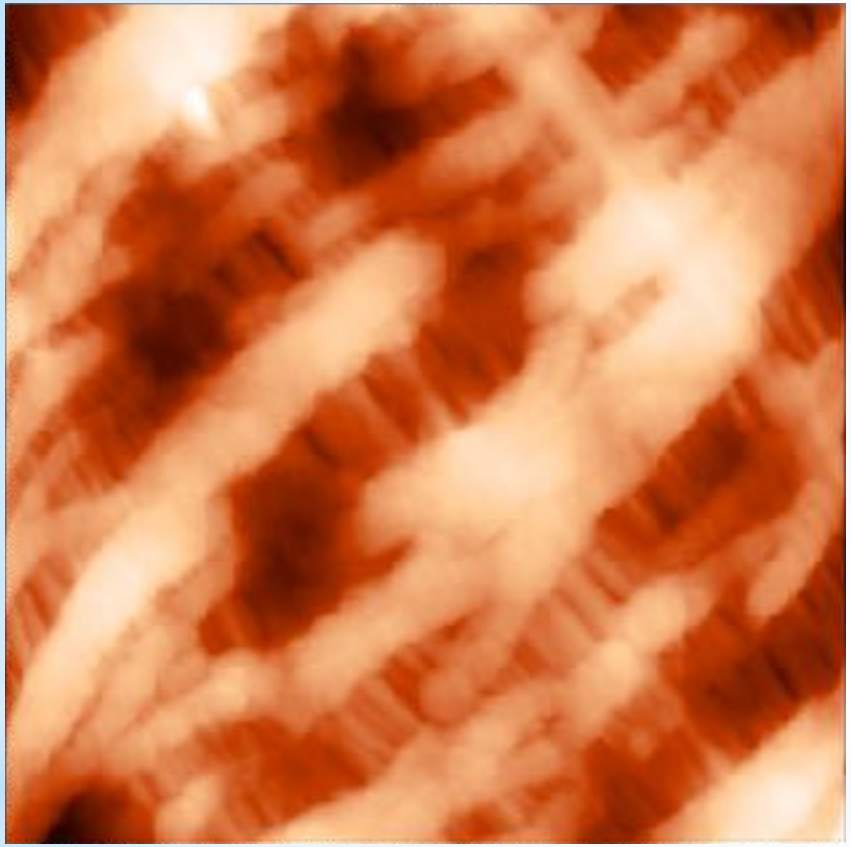
SOLVER - OPEN

	Scanning by sample	Scanning by tip
Sample size	up to 30 mm diameter, up to 24 mm height	up to 50 mm diameter, up to 24 mm height, 75×25 mm microslides, 100 mm diameter wafer*
Motorized sample positioning	15×15 mm, 3 μm repeatability	35×35 mm, 3 μm repeatability
	15×15 mm, 0.5 μm repeatability	35×35 mm, 0.5 μm repeatability
Maximum scan size	100×100×10 μm (CL) 10×10×2.5 μm (OL) 1×1×2.5 μm (OL)	100×100×10 μm (CL) 100×100×10 μm (CL, flexure stage)
Sample t° and environment control options	RT..150 °C in air, RT..65 °C in liquid	-20..150 °C in air, 5..65 °C in liquid, electrochemistry cell
SPM modes available	basic AFM and STM modes, KPM, SCM, MFM, C-AFM, PFM, SThM, Tuning Fork, SCM dC/dV, nanoindentation	basic AFM modes, KPM, SCM, MFM, C-AFM, PFM, SThM, Tuning Fork
Optics	1 μm resolution, manual continious zoom and focusing	2 μm resolution, manual continious zoom and focusing

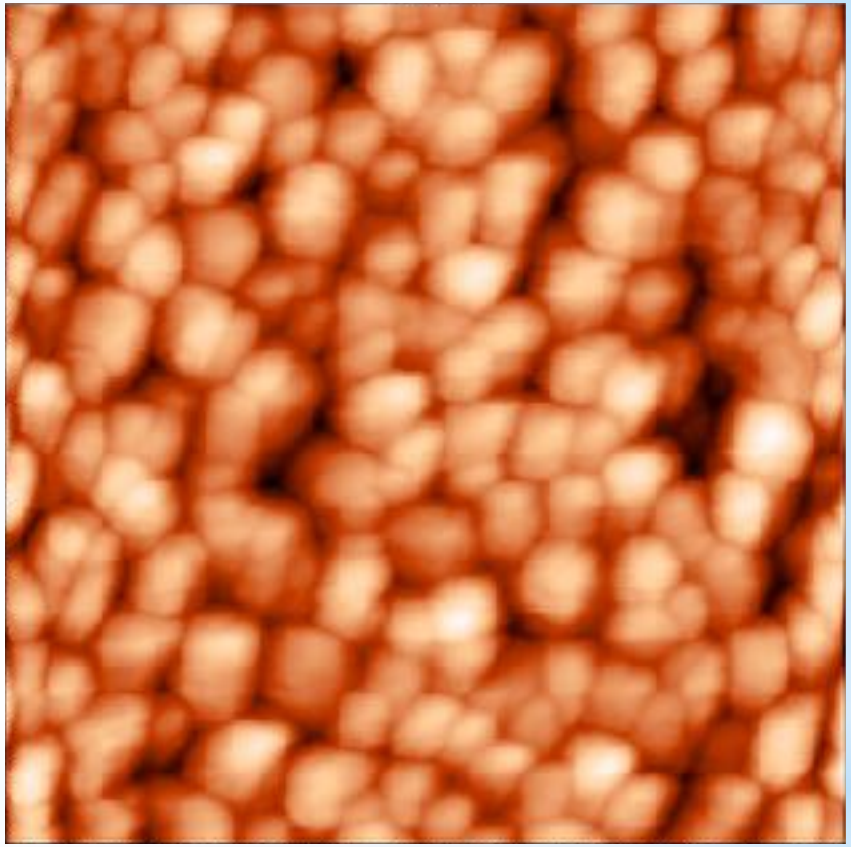
Внешний вид Solver Open



Solver Open

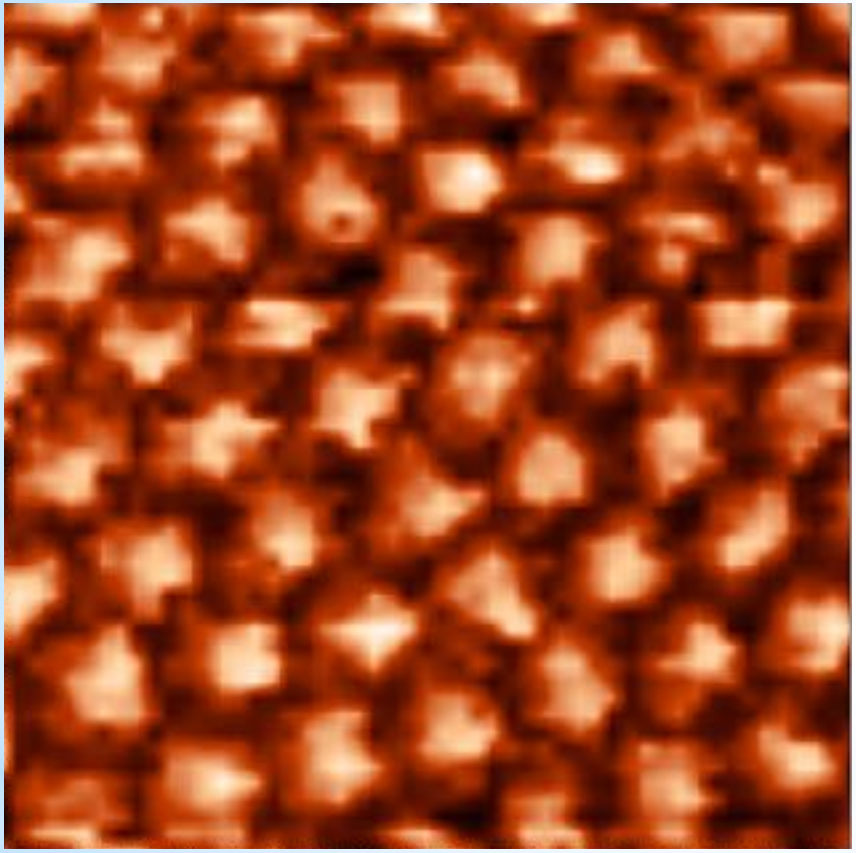


Cellgard topography,
scan size 3×3 μm

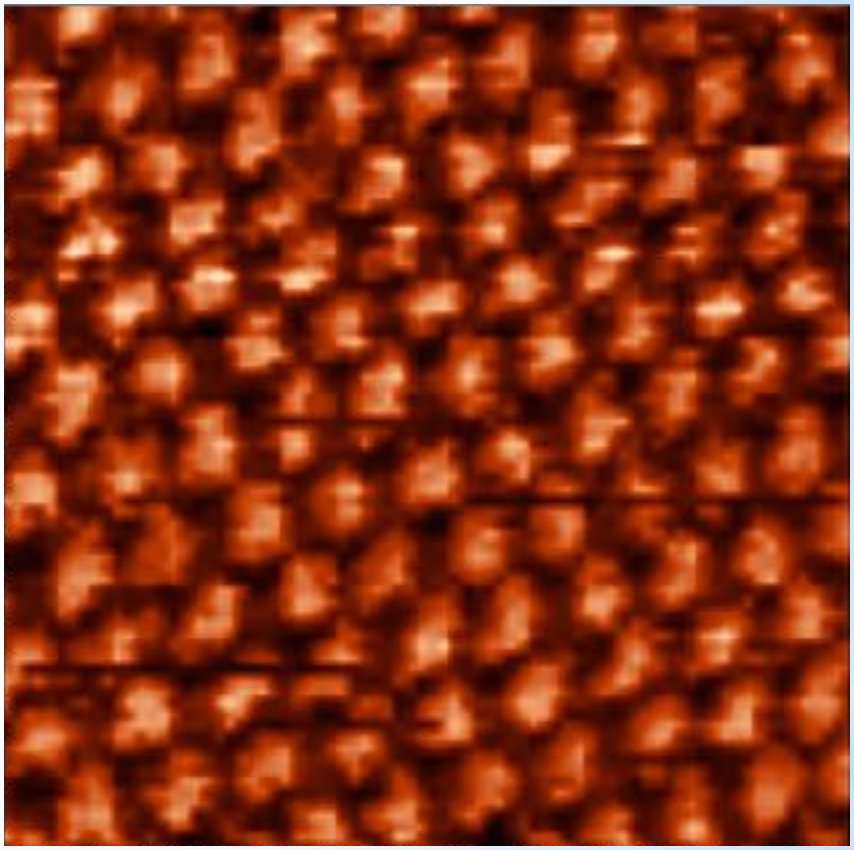


HSG-S topograhy,
scan size 2×2 μm

Solver Open, STM Atomic Resolution, HOPG

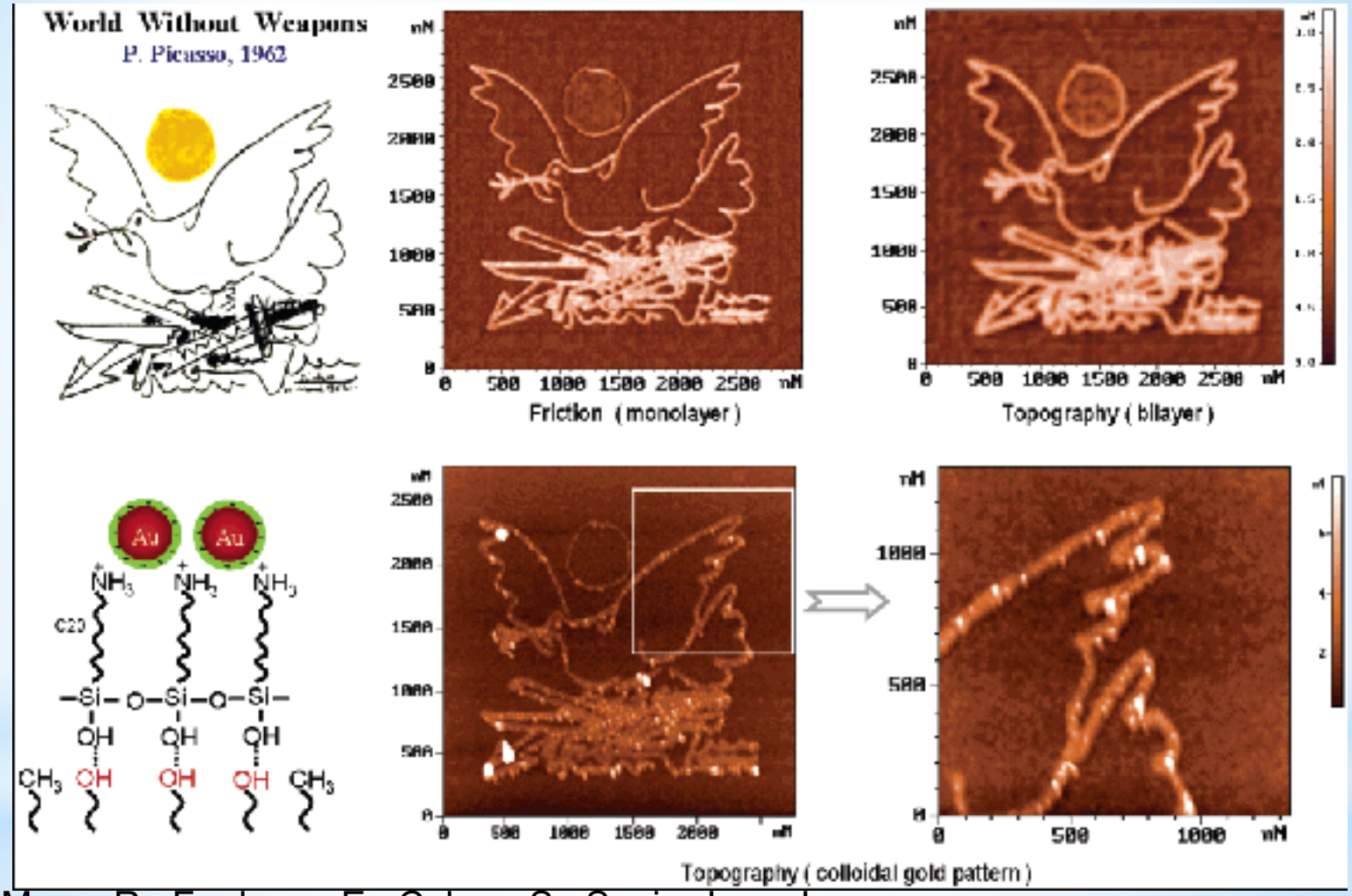


HOPG atomic resolution, STM (1 μm scanner)
scan size 2×2 nm



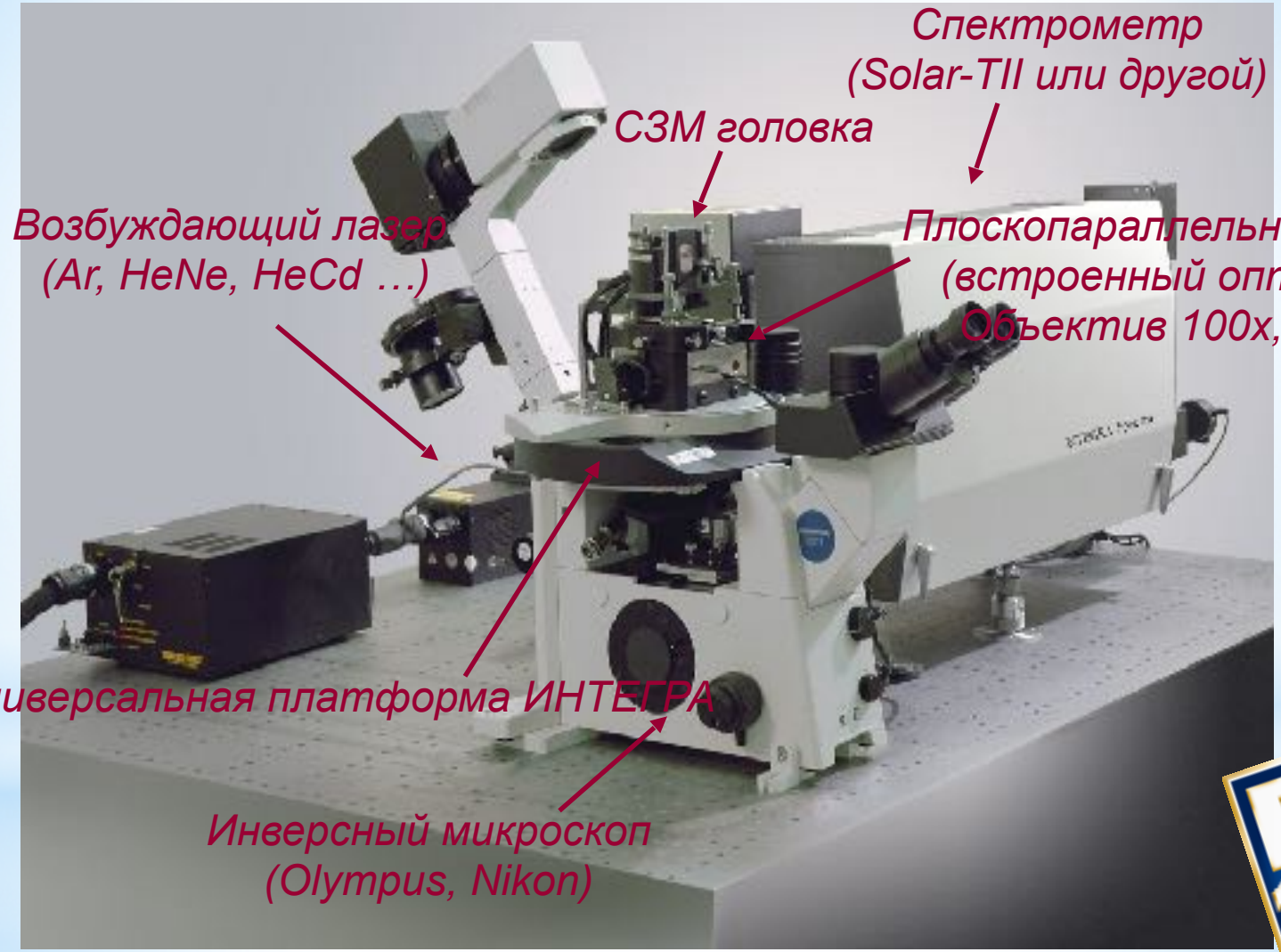
HOPG atomic resolution, STM (100 μm scanner)
scan size 3×3 nm

SPM Lithography

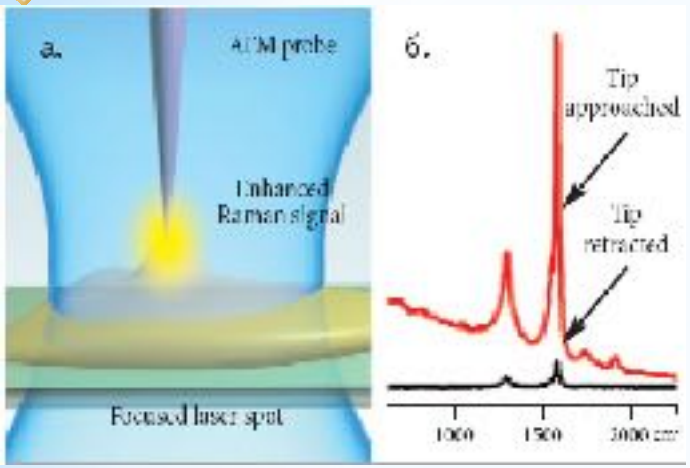


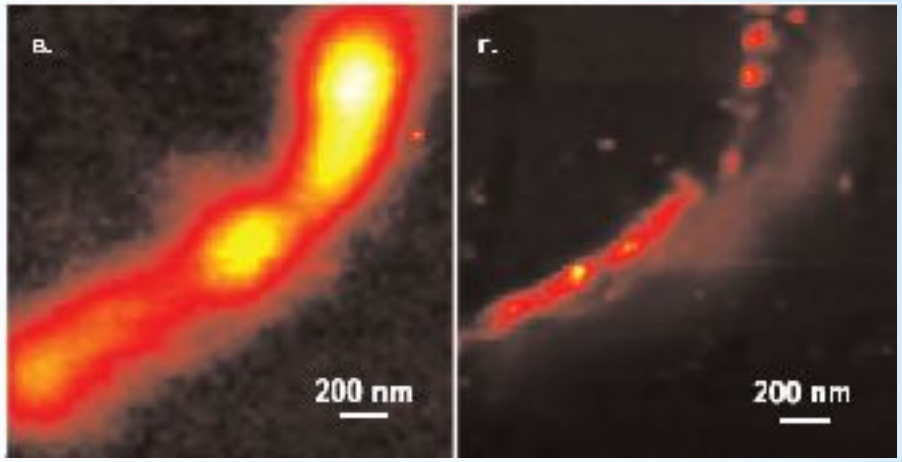
Maoz, R., Frydman, E., Cohen, S., Sagiv, J. - J. Adv. Mater. 2000, 12, 725 – 731.

Нанолаб ИНТЕГРА-СПЕКТРА, приз журнала R&D (США) - лучший инновационный прибор 2006 года



* Микроскопия комбинационного рассеяния сверхвысокого разрешения

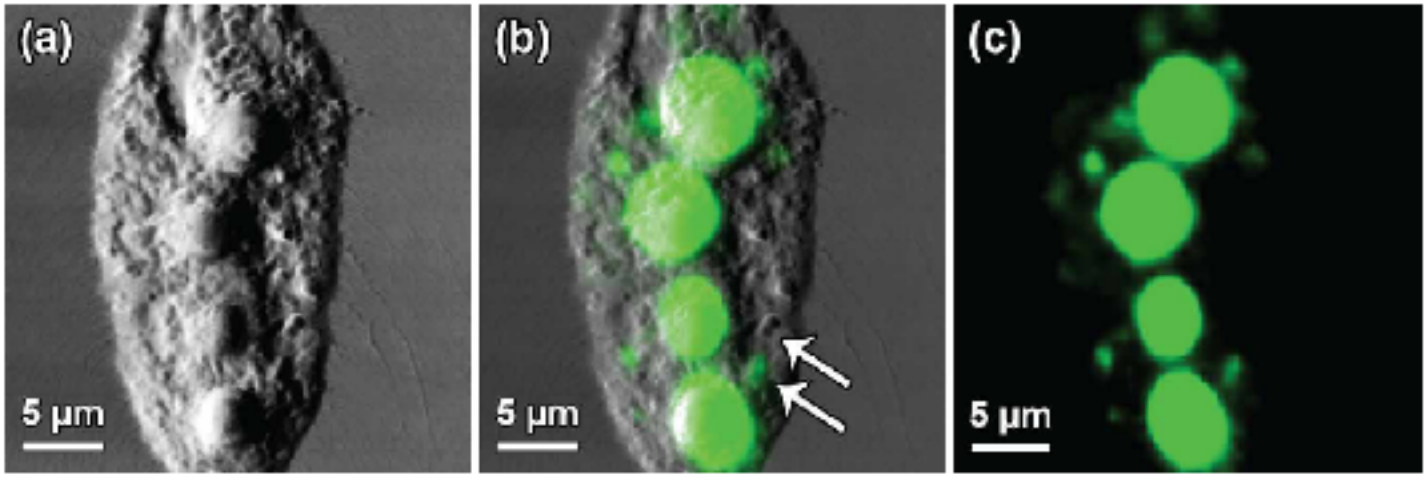




* а) схематическое представление TERS-спектроскопии
* б) зонд находится вблизи от пучка углеродных нанотрубок , при этом сигнал комбинационного рассеяния от них увеличивается на порядок
* в) изображение пучка углеродных нанотрубок, полученное с помощью КР микроскопии
* г) изображение того же пучка с применением TERS. Эффект локального усиления поля позволяет улучшить пространственное разрешение КР микроскопии, по крайней мере, в 4 раза

Данные получены в лаборатории Prof. Dr. G. de With , TUE, Голландия, коллективом авторов Dr. S.Kharintsev, Dr. G. Hoffmann, Dr. J. Loos, а также П.Дорожкиным, НТ-МДТ

Biofilm studies by AFM - Raman



Combined AFM-Raman microscopy investigation of cyanobacterial biofilm. The AFM phase image in (a) provides nanometer-scale resolution imaging, but no chemical information about the sample. The Raman map in (c) shows specifically the distribution of β-carotene with a diffraction-limited resolution of approx. 400-500 nm. This pigment is known to be present in photosynthetically active cyanobacteria. Arrows in the overlay (b) of both images indicate cells that appear similar in AFM but have different chemical composi-tions.

On the AFM phase image, cells and small extracellular structures can be seen in detail (Figure A). The investigated part of the sample consists of individual cells (approx. 1-um long rod-shaped bacteria) and 4 clusters of cells with a diameter of a few micrometers. The cells are embedded into a network-like matrix. Cells cannot be distinguished from the extracellular matrix.
The plot of the intensities of the b-carotene bands (1160 cm^{-1} and 1521 cm^{-1} lines were used) over the sample area reveals the distribution of cyanobacterial cells (Figure …C). Comparison of the AFM image and Raman microscopy image indicates that some cells visible by AFM do not contain b-carotene (Figure …B). The data clearly demonstrates the advantages of combined AFM and Raman investigations of biological samples. AFM provides images of nanometer-sized details of the studied samples, whereas Raman measurements make information about the chemical composition of the structures available.

Режимы работы – МОДЫ СЗМ

Список микроскопий, мод и методик

#	*en naming*	abbrev.	*ru naming*	ru abbrev.
	Scanning Probe Microscopy		Сканирующая зондовая микроскопия	
	Atomic Force Microscopy		Атомно-силовая микроскопия	АСМ
1.	HybriD mode	HD mode	HybriD метод	HD метод
2.	Topography (Topography imaging)		Рельеф (Отображение рельефа)	
3.	Adhesion force (Adhesion force imaging)		Сила адгезии (Отображение силы адгезии)	
4.	Mechanical properties		Механические свойства	
5.	Electric & magnetic properties		Электрические и магнитные свойства	
6.	Contact AFM		Контактная АСМ	
7.	Topography (Topography imaging)		Рельеф (Отображение рельефа)	
8.	Constant height mode		Метод постоянной высоты	
9.	Feedback (Feedback imaging)		Сигнал ОС (Отображение сигнала ОС)	
10.	Lateral Force Microscopy	LFM	Латерально-силовая микроскопия	ЛСМ
11.	Lateral modulation LFM	LM-LFM	Латерально-модуляционная ЛСМ	ЛМ-ЛСМ
12.	Spreading-Resistance Imaging	SRI	Отображение сопротивления растекания	ОСР
13.	Dark mode SRI		Темновое ОСР	
14.	Piezoresponce Force Microscopy	PFM	Силовая микроскопия пьезоотклика	СМП
15.	Vertical PFM (Ampl., Phase)		Вертикальная СМП (Ампл., Фаз.)	
16.	Lateral PFM (Ampl., Phase)		Латеральная СМП (Ампл., Фаз.)	
17.	Atomic Force Acoustic Microscopy	AFAM	Атомно-силовая акустическая микроскопия	АСАМ
18.	AFAM Resonance Spectroscopy	AFAM RS	АСАМ резонансная спектроскопия	АСАМ РС
19.	Contact Resonance Microscopy	CRM	Контактная резонансная микроскопия	КРМ
20.	Force Modulation Microscopy	FMM	Силовая модуляционная микроскопия	СММ
21.	Contact EFM		Контактная ЭСМ	
22.	Scanning Thermal Microscopy	SThM	Сканирующая тепловая микроскопия	СТеМ
23.	Scanning Capacitance Microscopy	SCM	Сканирующая емкостная микроскопия	СЕМ
24.	Amplitude Modulation AFM	AM-AFM	Амплитудно-модуляционная АСМ	АМ-АСМ
25.	Intermittent contact AFM	IC AFM	Прерывисто-контактная АСМ	ПК АСМ
26.	Topography (Topography imaging)		Рельеф (Отображение рельефа)	
27.	Amplitude (Amplitude imaging)		Амплитуда (Отображение амплитуды)	
28.	Phase (Phase imaging)		Фаза (Отображение фазы)	
29.	Feedback (Feedback imaging)		Сигнал ОС (Отображение сигнала ОС)	
30.	Magnetic Force Microscopy	MFM	Магнитно-силовая микроскопия	МСМ

Режимы работы – МОДЫ СЗМ

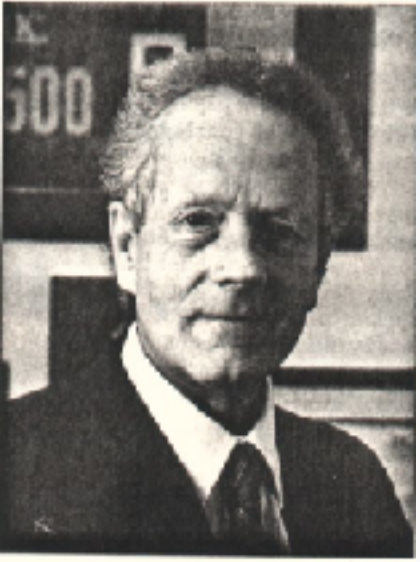
#	*en naming*	abbrev.	*ru naming*	ru abbrev.
31.	DC		Статическая	
32.	AC		Динамическая	
33.	DC, frame lift		Статическая frame lift	
34.	AC, frame lift		Динамическая frame lift	
35.	**Electrostatic Force Microscopy**	**EFM**	**Электростатическая силовая микроскопия**	**ЭСМ**
36.	Single-pass Amplitude modulation	**1P AM-EFM**	Однопроходная амплитудно-модуляционная	**1П АМ-ЭСМ**
37.	Single-pass Phase modulation	**1P PM-EFM**	Однопроходная фазово-модуляционная	**1П ФМ-ЭСМ**
38.	Two-pass Amplitude modulation	**2P AM-EFM**	Двухпроходная амплитудно-модуляционная	**2П АМ-ЭСМ**
39.	Two-pass Frequency modulation	**2P FM-EFM**	Двухпроходная частотно-модуляционная	**2П ЧМ-ЭСМ**
40.	**Scanning Capacitance Force Microscopy**	**SCFM**	**Сканирующая емкостная силовая микроскопия**	**СЕСМ**
41.	**dC/dZ imaging**		**Отображение dC/dZ**	
42.	Single-pass Amplitude modulation	**1P AM dC/dZ**	Однопроходная амплитудно-модуляционная	**1П АМ dC/dZ**
43.	Single-pass Phase modulation	**1P PM dC/dZ**	Однопроходная фазово-модуляционная	**1П ФМ dC/dZ**
44.	Two-pass Amplitude modulation	**2P AM dC/dZ**	Двухпроходная амплитудно-модуляционная	**2П АМ dC/dZ**
45.	**dC/dV imaging**		dopant profiling 3ω signal	
46.	Single-pass Amplitude modulation	**1P AM dC/dV**	Однопроходная амплитудно-модуляционная	**1П АМ dC/dV**
47.	Single-pass Phase modulation	**1P PM dC/dV**	Однопроходная фазово-модуляционная	**1П ФМ dC/dV**
48.	Two-pass Amplitude modulation	**2P AM dC/dV**	Двухпроходная амплитудно-модуляционная	**2П АМ dC/dV**
49.	**Kelvin Probe Force Microscopy**	**KPFM**	**Кельвин-зондовая силовая микроскопия**	**КЗСМ**
50.	Single-pass Amplitude modulation	**1P AM-KPFM**	Однопроходная амплитудно-модуляционная	**1П АМ-КЗСМ**
51.	Single-pass Phase modulation	**1P PM-KPFM**	Однопроходная фазово-модуляционная	**1П ФМ-КЗСМ**
52.	Two-pass Amplitude modulation	**2P AM-KPFM**	Двухпроходная амплитудно-модуляционная	**2П АМ-КЗСМ**
53.	**Double-drive AM-AFM** **AFM-based techniques**	DD AM-AFM	**Двухчастотная АМ-АСМ** **АСМ методики**	
54.	**(Atomic) Force Spectroscopy**		Атомно-силовая спектроскопия	
55.	Force-distance (curve)		Силовая спектроскопия	
56.	Force-tip voltage (curve)		Вольтовая спектроскопия	
57.	Force-volume mode		Объемная силовая спектроскопия	
58.	Amplitude-distance (curve)		Амплитудная спектроскопия	

Режимы работы – МОДЫ СЗМ

#	*en naming*	abbrev.	*ru naming*	ru abbrev.
59.	Phase-distance (curve)		Фазовая спектроскопия	
60.	Frequency-distance (curve)		Частотная спектроскопия	
61.	Current-voltage (curve)		Вольт-амперные кривые	
62.	Current-distance (curve)		Токовая спектроскопия	
63.	**AFM Lithography**		**АСМ литография**	
64.	Force		Силовая	
65.	Dynamic Force		Динамическая силовая	
66.	Voltage		Вольтовая	
67.	Current		Токовая	
68.	Local Anodic Oxidation		Локальное анодное окисление	
69.	**AFM-based nanoindentation**		**АСМ нанонидентирование**	
70.	Elastic modulus mapping		Картирование модуля упругости	
71.	Work of dissipation mapping		Картирование работы диссипации	
72.	**PFM Switching Spectroscopy** (step & pulse)	**SS PFM**	**СМП переключательная спектроскопия** (ступенчатая и импульсная)	**СМП СС**
73.	Amplitude		Амплитуда	
74.	Phase		Фаза	
75.	Piezoresponce		Пьезоотклик	
	STM modes & techniques		**СТМ методы и методики**	
76.	**Scanning Tunnelling Microscopy**	**STM**	Сканирующая туннельная микроскопия	СТМ
77.	Topography imaging		Рельеф (Отображение рельефа)	
78.	Current imaging		Отображение тока	
79.	Feedback imaging		Сигнал ОС (Отображение сигнала ОС)	
80.	**Scanning Tunnelling Spectroscopy**	**STS**	**Сканирующая туннельная спектроскопия**	**СТС**
81.	I-V Spectroscopy)	(CITS	I-V спектроскопия	
82.	Density of States Imaging (dI/dV)	LDOS	Отображение плотности состояний (dI/dV)	
83.	I-Z Spectroscopy		I-Z Спектроскопия	
84.	Barrier Height Imaging (dI/dZ)	LBH	Отображение работы выхода (dI/dZ)	
85.	**STM Lithography**		**СТМ литография**	
86.	Voltage		Вольтовая	
87.	Current		Токовая	
88.	**EC techniques**			
89.	**EC AFM**			
90.	**EC STM**			

Режимы работы – МОДЫ СЗМ

#	*en naming*	abbrev.	*ru naming*	ru abbrev.
91.	**Optical Microscopy**		**Оптическая микроскопия**	
92.	**Widefield Microscopy**		**Широкопольная микроскопия**	
93.	**Confocal microscopy**		**Конфокальная микроскопия**	
94.	**Confocal laser (Rayleigh scattering) microscopy**		**Конфокальная лазерная (Рэлеевская) микроскопия**	
95.	**Confocal fluorescence microscopy/spectroscopy**		**Конфокальная флуоресцентная микроскопия/спектроскопия**	
96.	**Confocal Raman microscopy/spectroscopy**		**Конфокальная Рамановская микроскопия/спектроскопия**	
97.	**Combined AFM/Optical techniques**		**Комбинированные АСМ/оптические методики**	
98.	**Tip Enhanced Raman Scattering**	TERS	**Зондово-усиленное рамановское рассеяние**	**ЗУРР**
99.	**TERS Microscopy/Spectroscopy**		**ЗУРР микроскопия/спектроскопия**	
100.	**Scanning Near-Field Optical Microscopy / Near-Field Scanning Optical Microscopy**	**SNOM./ NSOM**	**Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия**	**СБОМ**
101.	**Fiber-based SNOM./NSOM**	**Fiber SNOM**	Оптоволоконная СБОМ	
102.	Reflection		Отражательная	
103.	Tansmission		Проходящая	
104.	Fluorescence		Флуоресцентная	
105.	**Cantilever-based SNOM./NSOM**	**Cantilever SNOM**	Кантилеверная СБОМ	
106.	Reflection		Отражательная	
107.	Tansmission		Проходящая	
108.	Fluorescence		Флуоресцентная	
109.				



Virgil Elings, president, Digital Instruments

JUMPING MODE

US005229606A

United States Patent [19]

Elings et al.

[11] **Patent Number: 5,229,606**

[45] **Date of Patent: * Jul. 20, 1993**

[54] **JUMPING PROBE MICROSCOPE**

[75] Inventors: **Virgil B. Elings; John A. Gurley**, both of Santa Barbara, Calif.

[73] Assignee: **Digital Instruments, Inc.**, Santa Barbara, Calif.

[*] Notice: The portion of the term of this patent subsequent to Jun. 20, 2008 has been disclaimed.

[21] Appl. No.: **361,545**

[22] Filed: **Jun. 5, 1989**

[51] **Int. Cl.**[5] **H01J 37/26**

[52] **U.S. Cl.** **250/306**; 250/307

[58] **Field of Search** 250/306, 311, 302

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,618,767	10/1986	Smith et al.	250/311
4,665,313	5/1987	Wells	250/306
4,724,318	2/1988	Binnig	250/306
4,814,622	3/1989	Gregory et al.	250/306
4,823,004	4/1989	Kaiser et al.	250/306
4,902,892	2/1990	Okayama et al.	250/306

Primary Examiner—Jack I. Berman
Assistant Examiner—Kiet T. Nguyen
Attorney, Agent, or Firm—Donald A. Streck

[57] **ABSTRACT**

A microscope of the scanning probe variety. This device circumvents one of the serious problems of prior art scanning probe microscopes, i.e. that the probe is always near or on the surface of the object being scanned, creating the danger of damaging the probe on the surface especially on large scans or at high scan speeds. The microscope of this invention jumps the probe over the surface, causing the probe to be near or on the surface during only a very limited portion of the scan and therefore able to scan quickly over rough surfaces without undue damage to the probe or surface. Both scanning tunneling microscopes and atomic force microscopes employing the invention are disclosed. The scanning tunneling microscope is shown with both digital and analog control of the movement of the probe.

30 Claims, 4 Drawing Sheets

Basics of the Hybrid Mode

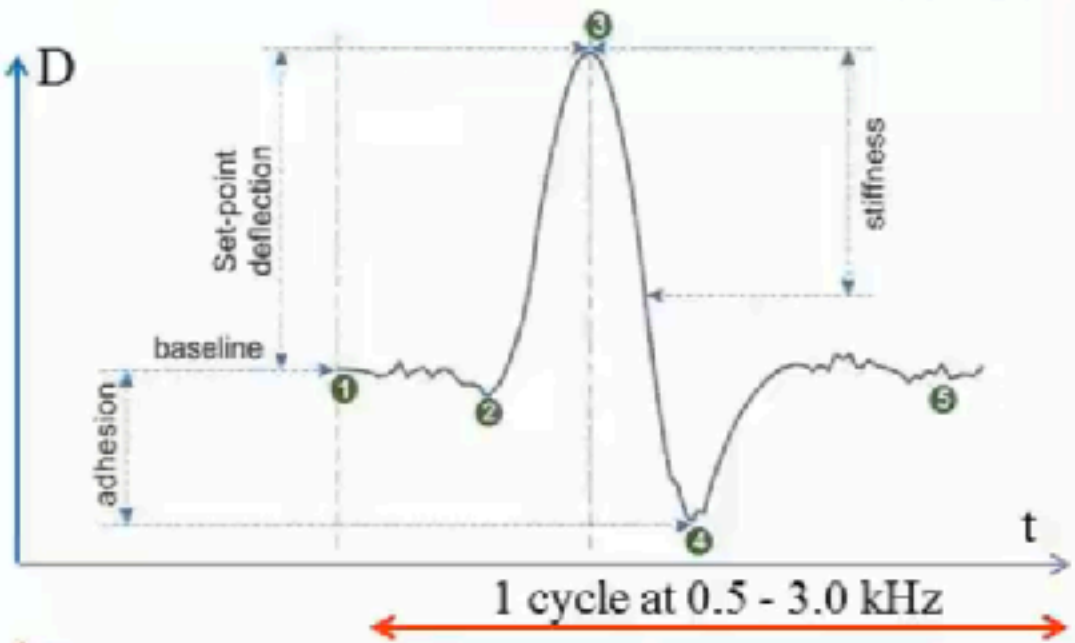
Predecessors

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

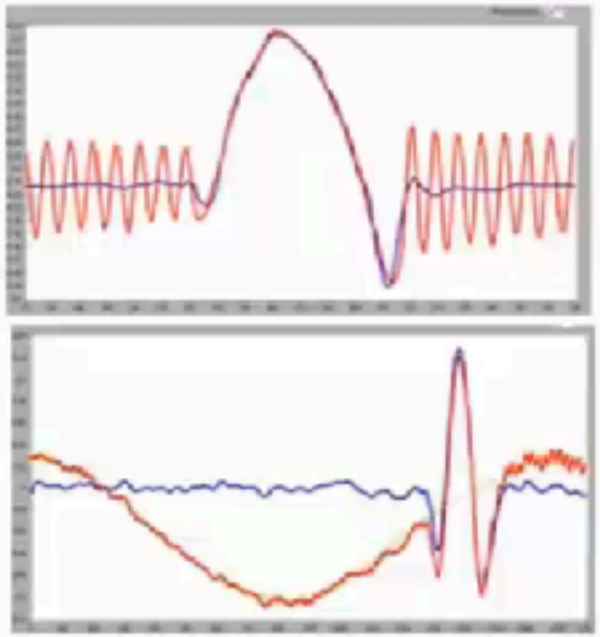
V. Elings, & J. Gurley "Jumping probe microscope" US Patent 5,229,606, 1993.

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

Temporal Deflection Plot – The Bank of the Local Properties!

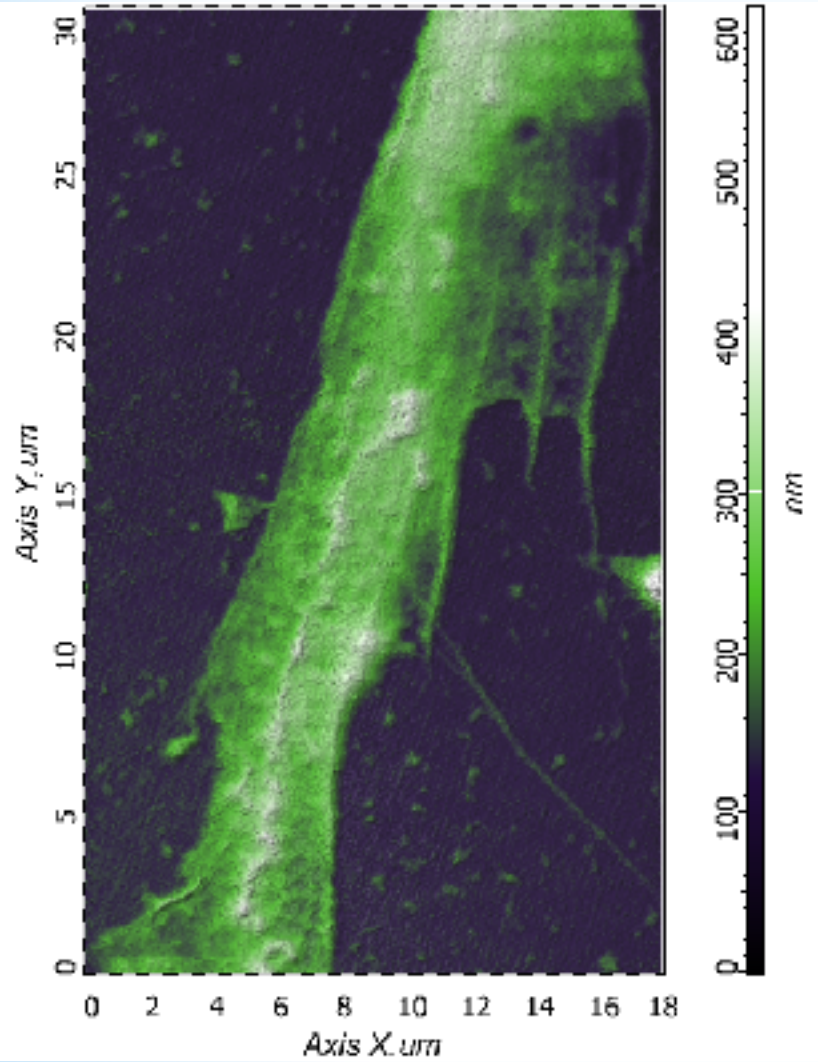


Real-time Wavelet Filtering

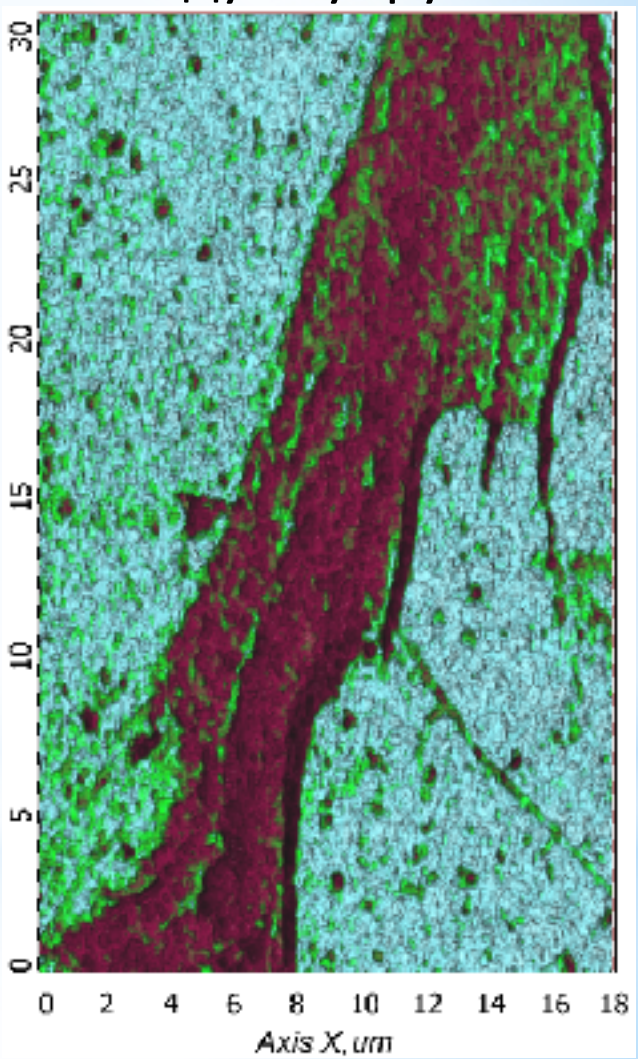


Живые стволовые клетки

Рельеф



Модуль упругости



NT-MDT Spectrum Instruments

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 – НАНОЭДЬЮКАРОР-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 приб

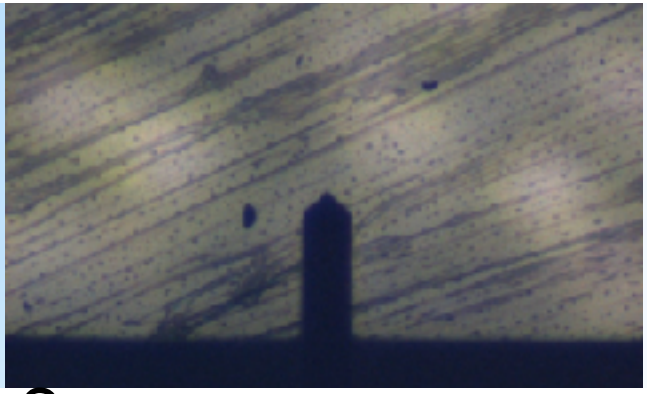
мощным интеллектуальным наполнением на базе алгоритмов искусственного интеллекта, позволяющий сосредоточить внимание учащихся не на методике и приборе, а на предмете исследования исследования – биологических препаратах клеток, вирусов, молекул. На свойствах исследуемых материалов.

NT-MDT Spectrum Instruments

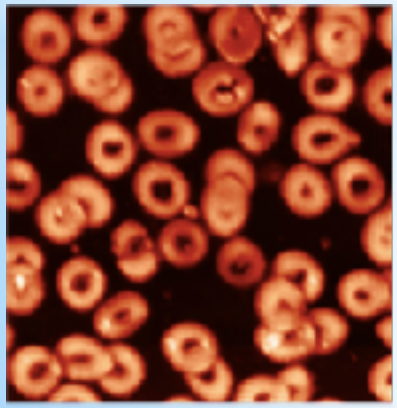
- 2003 году первые продажи НЭ I;
- в 2011 модернизация комплекса до НЭ II;
- В 2013 модернизация НЭ II функциональными модулями.
- В 2018 году модернизация контроллера и программного обеспечения – автоматизация настроек, программа ScanTronic

NT-MDT Spectrum Instruments

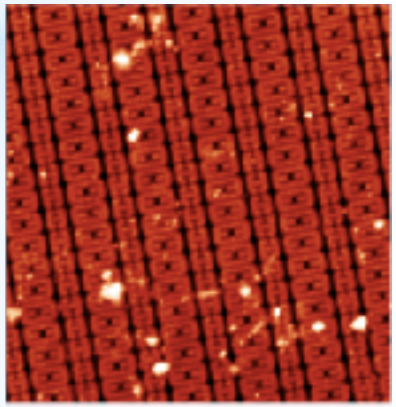
Солвер-НАНО – новая генерация НАНОЭДЬЮКАТОРА -Бюджетный сканирующий зондовый микроскоп с развитыми опциями туннельной и атомно-силовой микроскопии



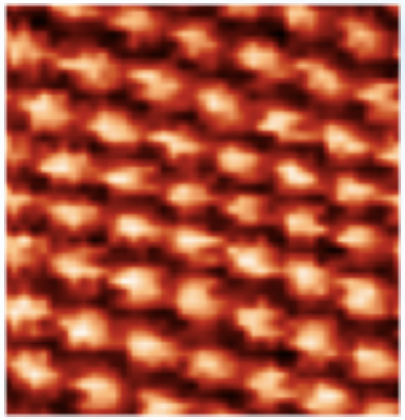
Оптика высокого разрешения (0,5 мкм).



Human erythrocytes, AFM
scan size 50×50 μm

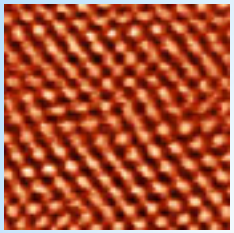


IC, AFM
scan size 30×30 μm



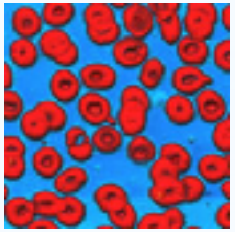
HOPG, atomic resolution, STM
scan size 2×2 nm

NT-MDT Spectrum Instruments

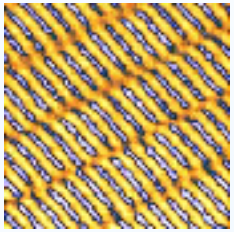


Атомная решетка ВОПГ.
Размер скана 4×4 нм.
Контактная латеральная АСМ

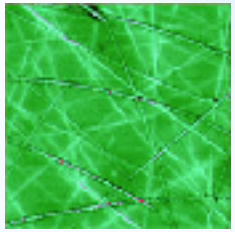
Атомные слои на графите.
Размер скана 1.8×1.8 мкм.
АМ АСМ



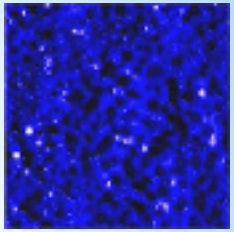
Клетки крови.
Размер скана 50×50 мкм.
АМ АСМ



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

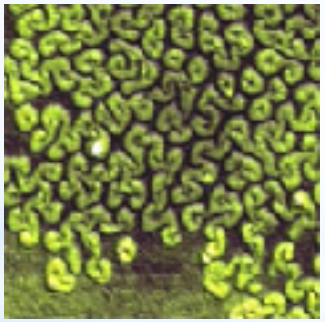


Серебряные проволоки.
Размер скана 4×4 мкм.
АМ АСМ

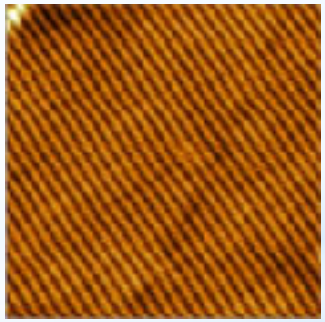


Смесь полистирен полиэтилена.
Размер скана 20×2 мкм.
HybriD метод АСМ

Получено на приборах СОЛВЕР-НАНО



Флуороалканы.
Размер скана 500×500 нм.
АМ АСМ



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

Методическое обеспечение

Учебно-научные комплексы НАНОЭДЬЮКАТОР II поставляются в сопровождении материалов на казахском языке*:

1. Методические плакаты
2. Сборники лабораторных работ
3. Учебники

* Материалы разработаны при содействии Казахского Национального Университета им. Аль-Фараби партнера компании НТ-МДТ в РК
http://kaznu.kz/

* Информационное обеспечение

НАНОЭДЬЮКАТОР

Учебно-научный комплекс
для преподавания основ нанотехнологии
в учреждениях среднего, высшего
и дополнительного образования

НАНОЭДЬЮКАТОР II

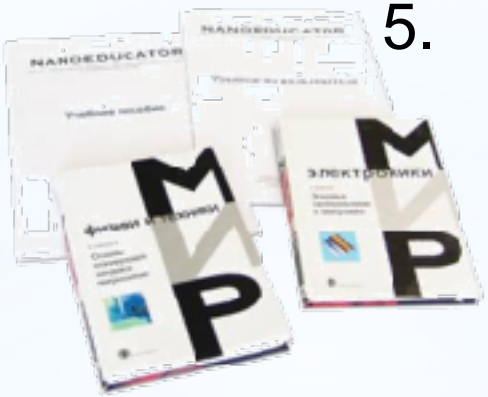
Новое поколение учебно-научных комплексов для преподавания основ нанотехнологии

- простота и удобство настроек
- защита от случайных поломок

Комплект поставки

1.

4.



5.

6.

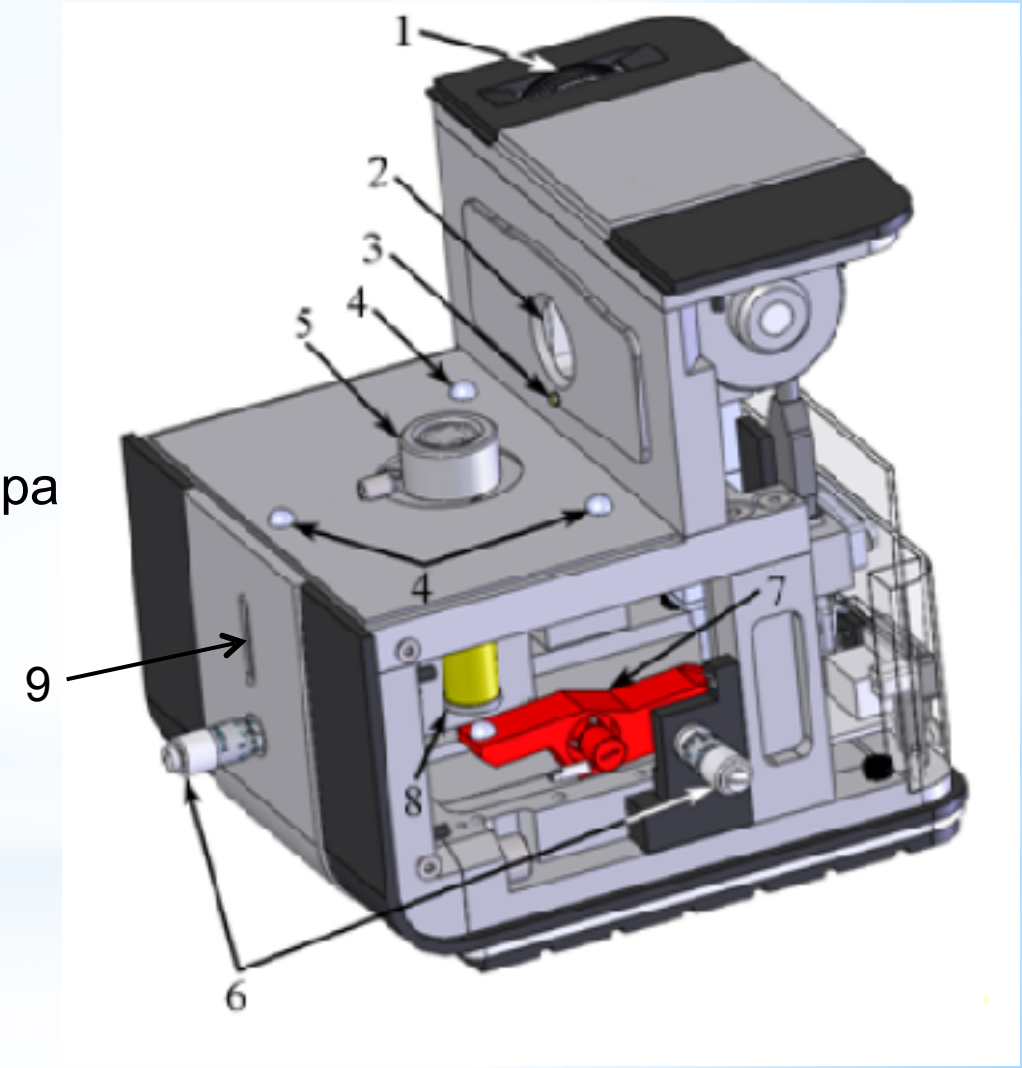
2.

3.

1. Сканирующий зондовый микроскоп
2. Цифровой контроллер на основе P9
3. Устройство заточки зондов
4. Учебно-методические пособия
5. Апробированный лабораторный практикум
6. Аксессуары

Базовый блок СЗМ

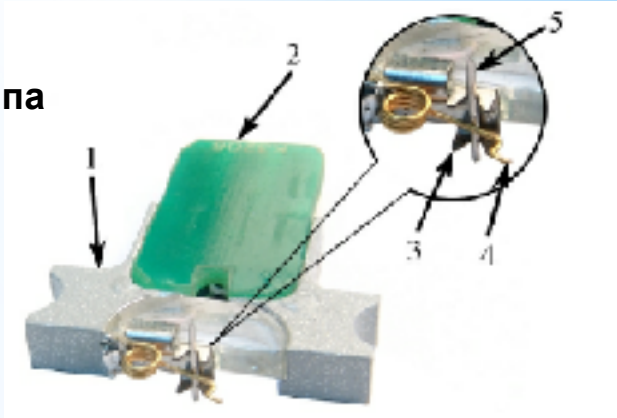
1. Фокусировка видеокамеры
2. Видеокамера
3. Светодиод
4. Суппорт на шариковых направляющих
5. Предметный столик
6. Винт позиционирования сканера
7. Подводящий механизм
8. Сканер
9. Индикатор вкл./выкл.



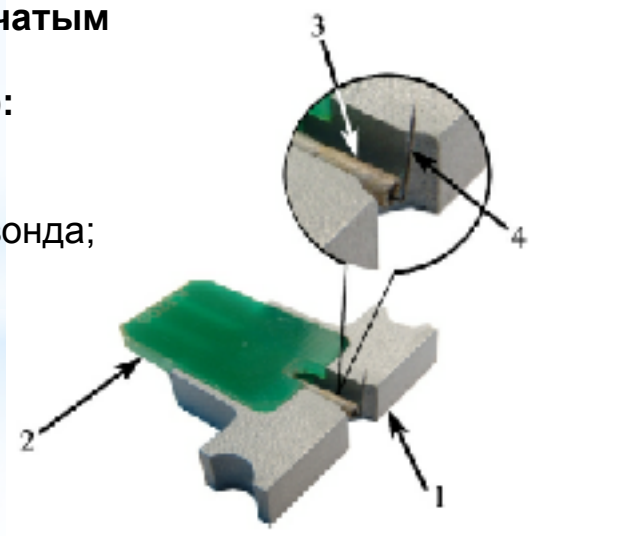
Измерительная головка

Измерительная головка для проведения СТМ-исследований и АСМ-исследований с использованием пьезотрубчатого зондового датчика

Зондовый датчик с держателем зажимного типа (для СТМ-исследований):
1 – основание;
2 – плата;
3 – держатель зонда;
4 – прижимная пружина;
5 – зонд.

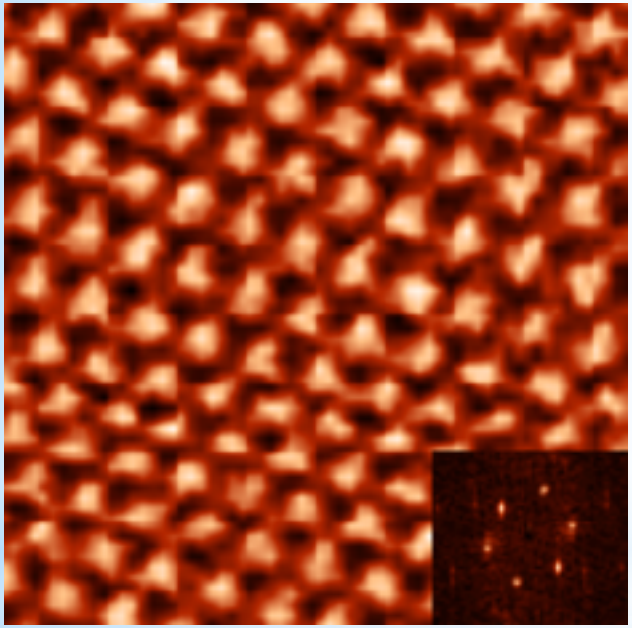


Зондовый датчик с трубчатым держателем (для АСМ-исследований):
1 – основание сборки;
2 – плата;
3 – трубчатый держатель зонда;
4 – зонд



НАНОЭДЬЮКАТОР II

Профессиональный подход к образованию в сфере нанотехнологии:

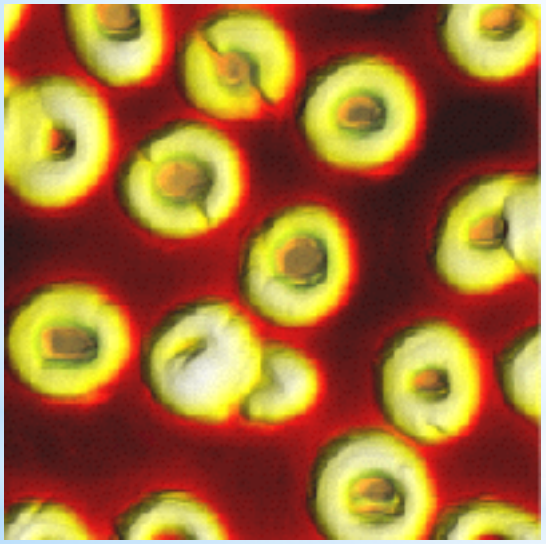


- атомное разрешение
- цифровой контроллер
- сканер с емкостными датчиками
- удобное программное обеспечение

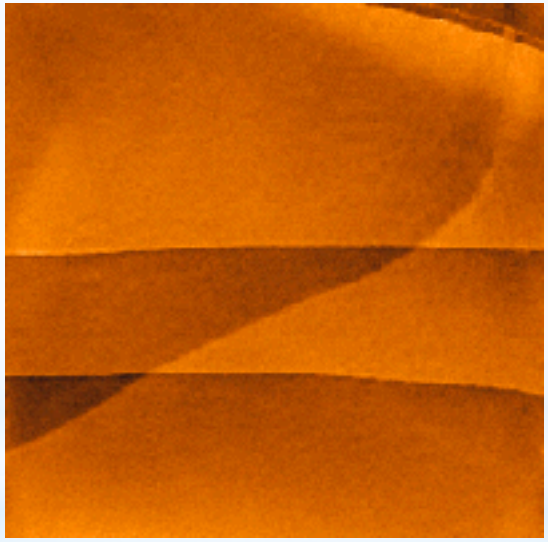
СТМ-изображение
атомной решетки на графите
Размер скана: 3 x 3 нм

Применение:

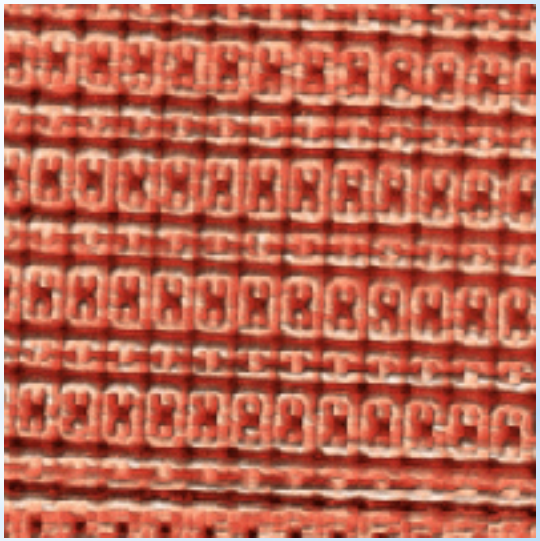
- Биология
- Материаловедение
- Запоминающие среды и накопители запоминающих устройств
- Микро- и наноструктуры.



АСМ-изображение эритроцитов человека
Размер скана: 35×35 мкм



СТМ-изображение поверхности графита
Размер скана: 800×800 нм



АСМ-изображение микроструктуры
Размер скана: 20×20 мкм

Образовательные центры нанотехнологии в России

Более 300 образовательных центров в России

515 units in Russia

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

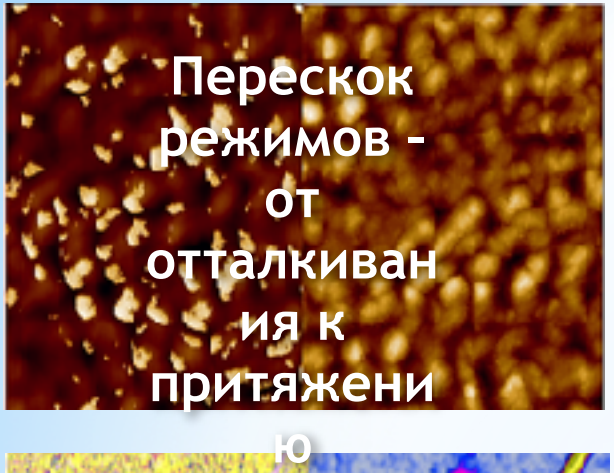
- **амплитуда раскачки зонда A_0;**
- **рабочая точка (set point) сигнала обратной связи (SP);**
- **интегральный коэффициент обратной связи (k_i)**
- **скорость сканирования (V_x) ;**

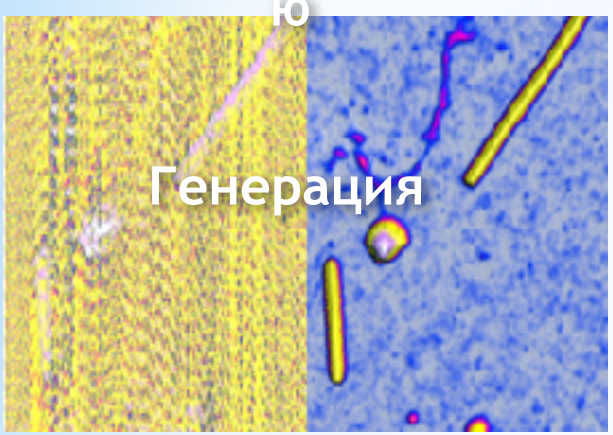
Другие влияющие параметры:

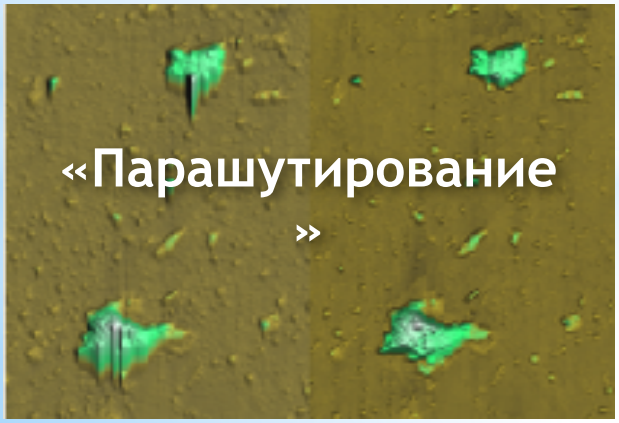
- **LP** – полоса фильтра низких частот
- **k_p** - коэффициент усиления пропорциональной обратной связи

ScanTronic™

- ИИ в АСМ







Straightforward for beginners Helpful for experts

www.ntmdt-si.com

Факторы и параметры, влияющие на выбор зонда и параметров сканирования

Среда

Воздух
Жидкость
Вакуум

Наши желания:

Метод сканирования
Разрешение
Скорость сканирования
Сила воздействия на образец

Образец

Вязко-упругие свойства:
Модуль Юнга E
Предел упругой деформации $\varepsilon_{пр}$
Адгезионные свойства
Электрические свойства: σ
Статистика поверхности:
Шероховатость: RMS
Ф-ция распределения Θ

Зонд

Коэффициент жесткости балки k
Резонансная частота ω_r
Длина кантилевера L
Коэффициент IOS
Радиус иглы
Предел упругой деформации зонда

Другие параметры, важные для конкретного приложения

Сканер

Резонансные частоты ω_{0x}, ω_{0y}, ω_{0z}
Добротность Qx, Qy, Qz

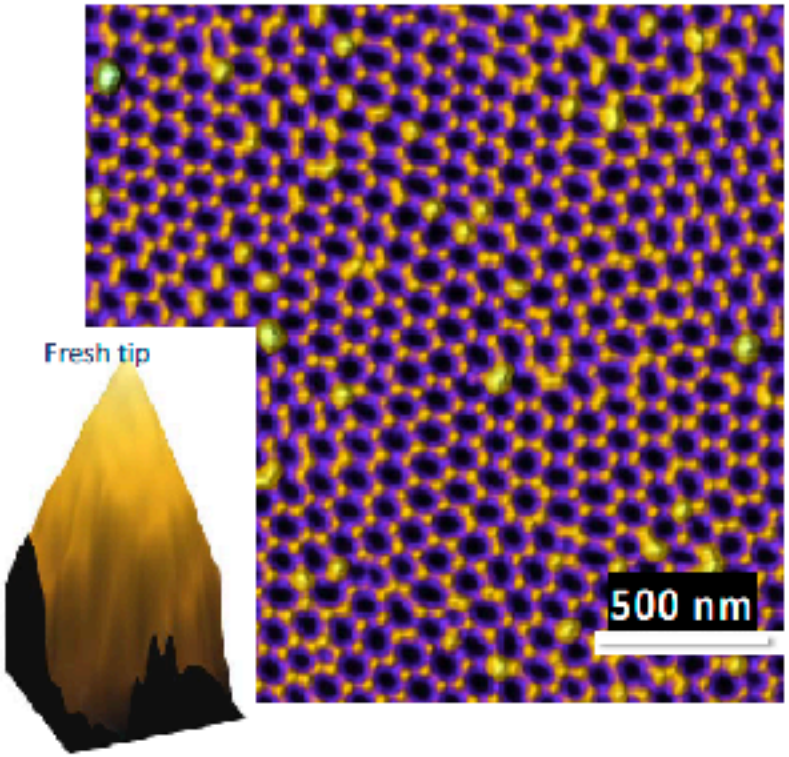
Операционные параметры

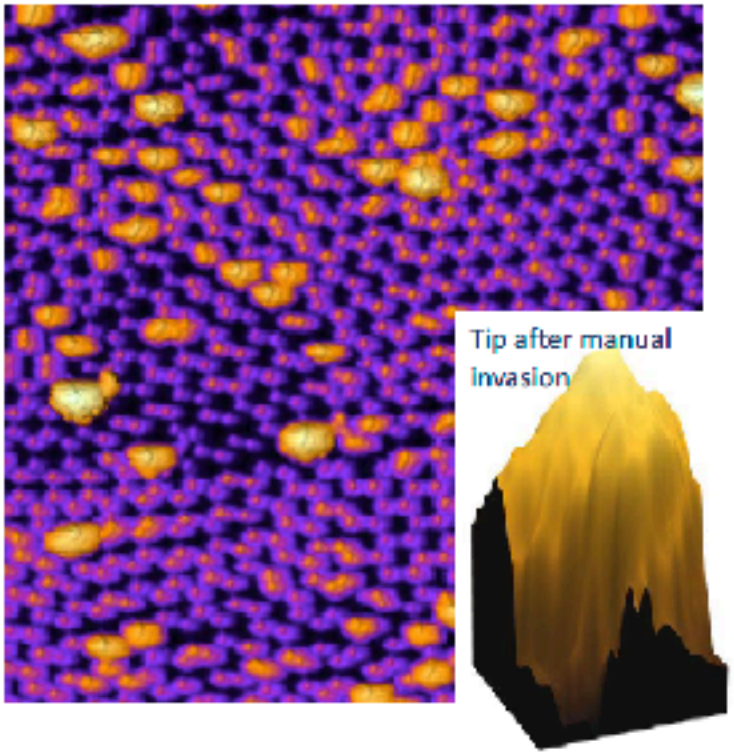
Амплитуда свободных колебаний зонда A_0
Рабочая точка (Set Point) A_{SP}
Коэффциент усиления обр. связи K_i
Размер изображения Lx, Ly
Частота сканирования ν

Scan Tronic: Examples of application

ИИ – ScanTronic!!!

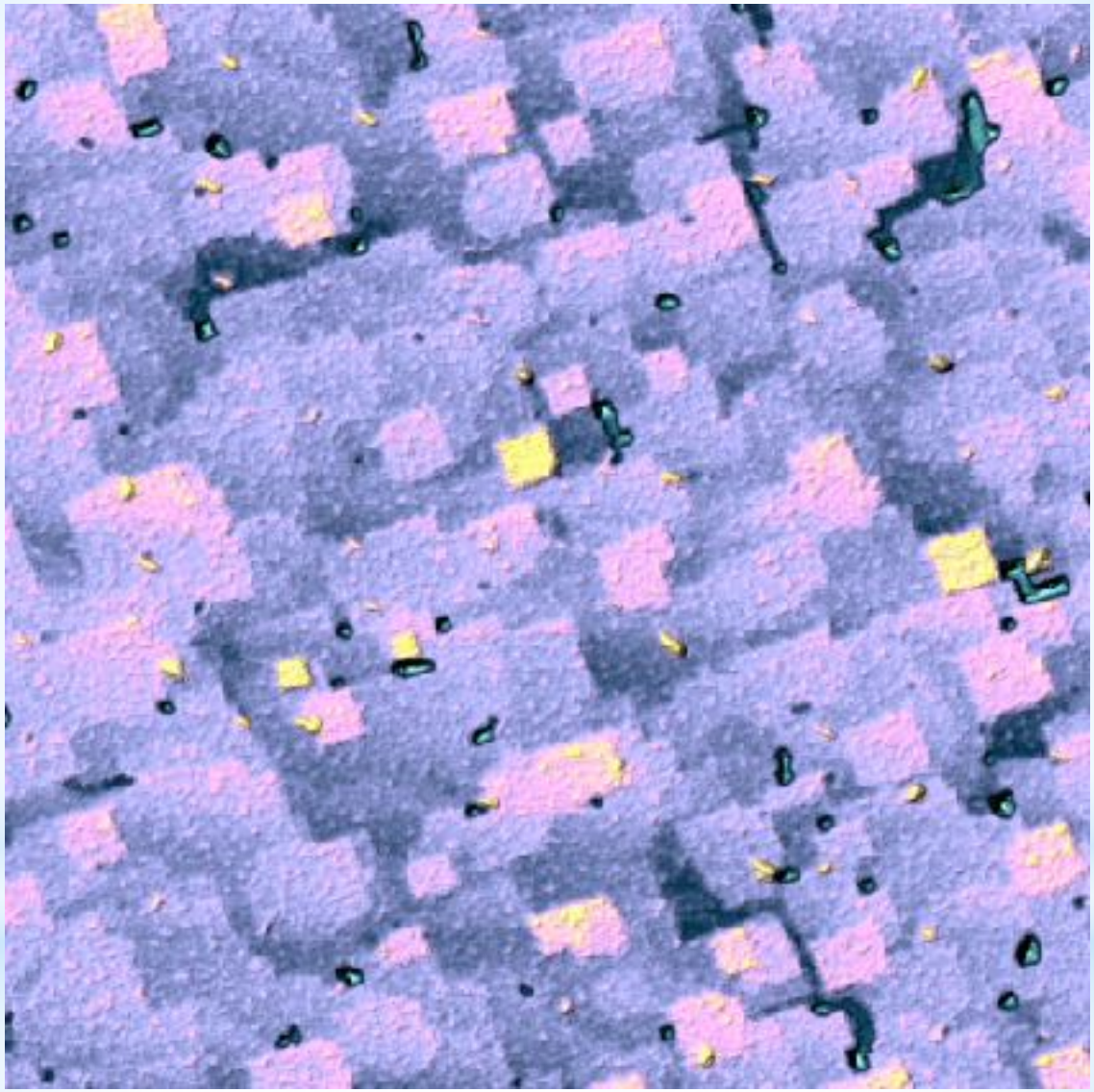
Опытный специалист



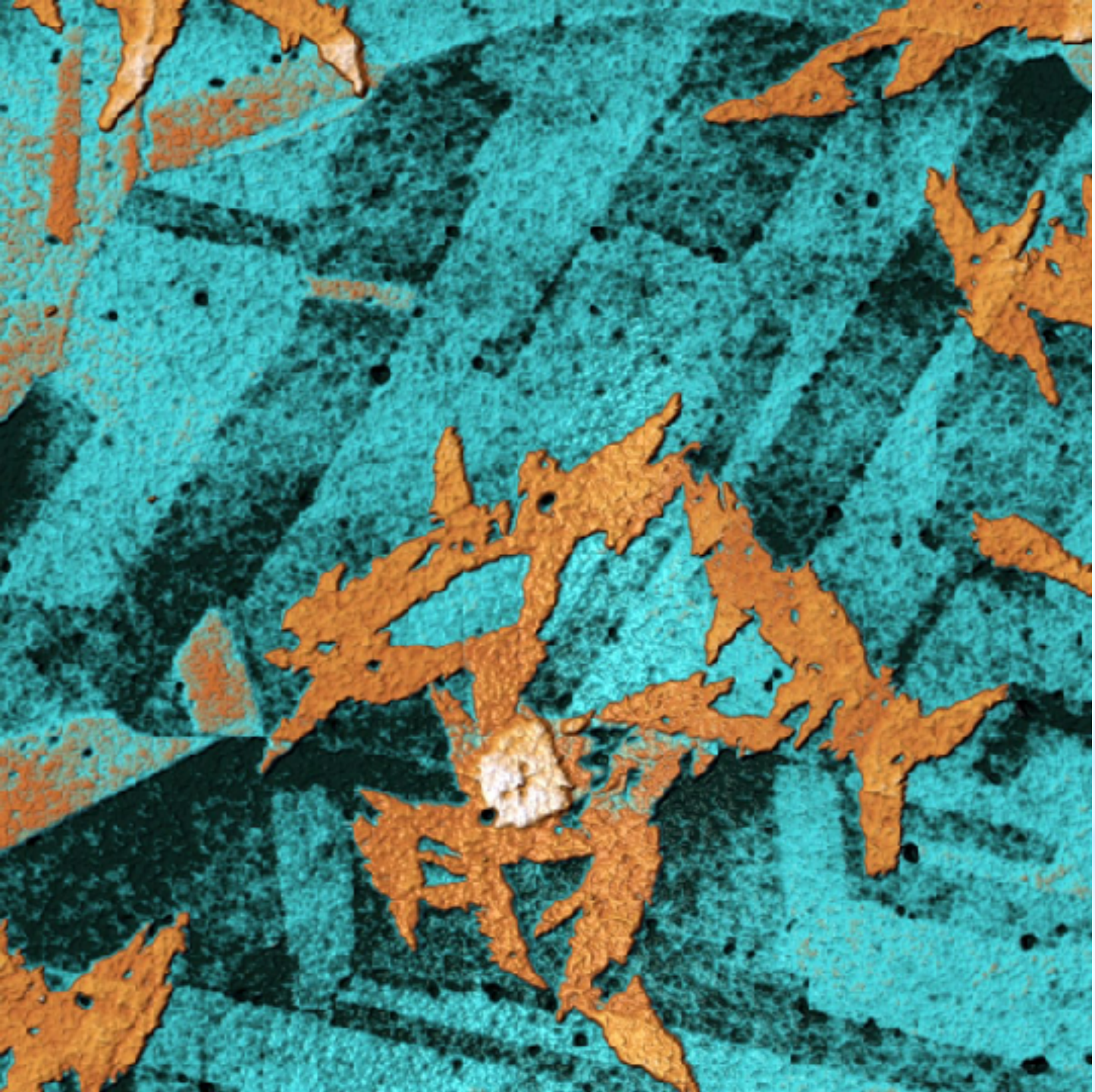


Al_2O_3 - "Grater" sample for tips.
Left – topography, ScanTronic used, right – manual attempt to adjust scanning parameters

ИИ – ScanTronic!!!



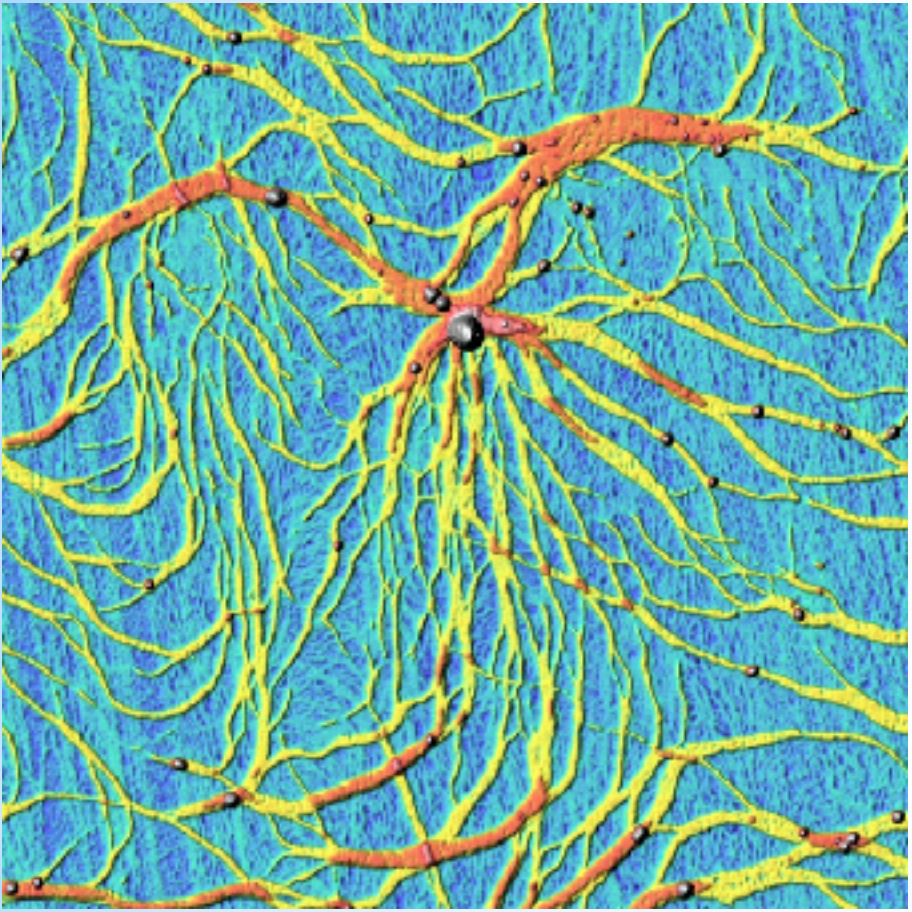
Si_3N_4, 2x2 mkm



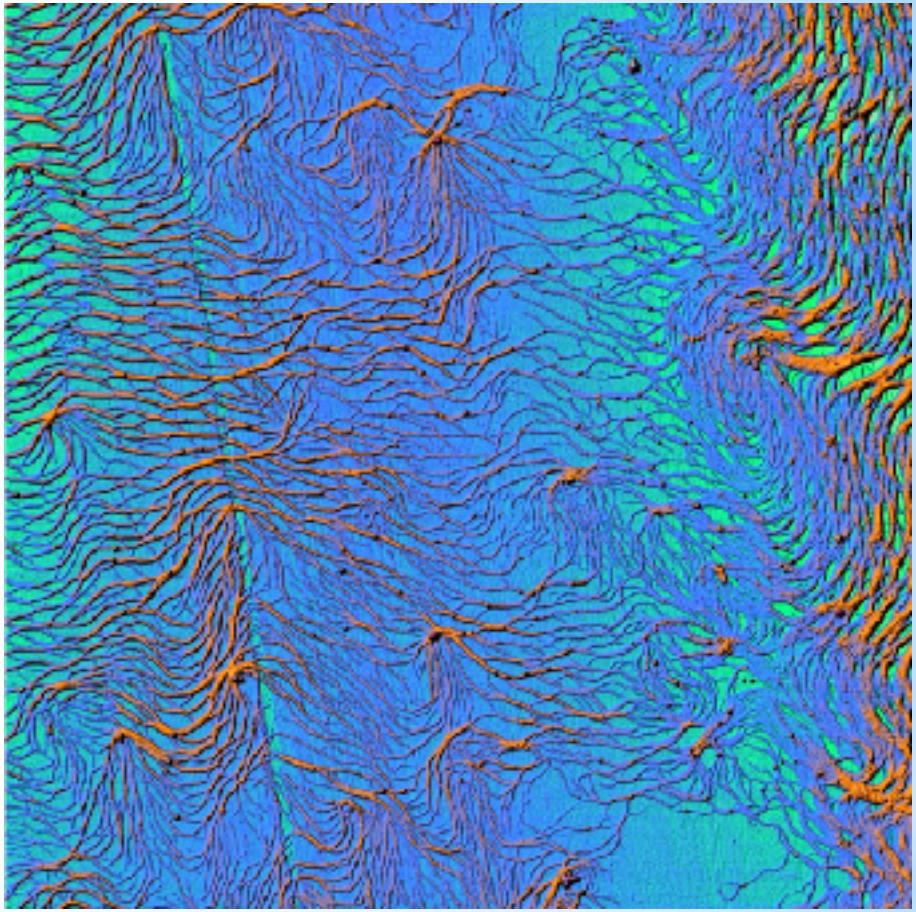
ИИ – ScanTronic!!!

Cu/CuO,
5x5 mkm
Топография в моде в полуконтактной моде в режиме ScanTronic

ИИ – ScanTronic!!!



4x4 mkm



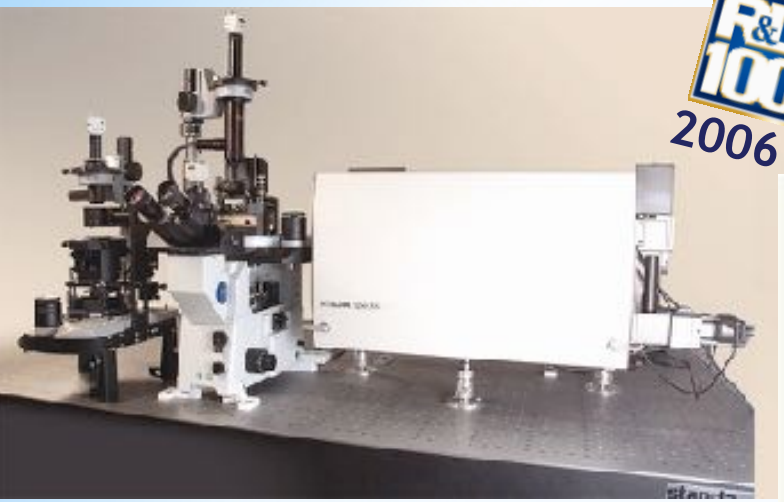
15x15 mkm

Кубовый красный краситель на слюде,
Топография в моде в полуконтактной моде в режиме ScanTronic

Модели компании регулярно входят в число лучших инновационных разработок года по версии журнала R&D

R&D 100
2012

NT-MDT R&D-100 Winners from 2006 and New NT-MDT Product Line



2006

2009

2012

2011

Solver Open

NTEGRA LIFE

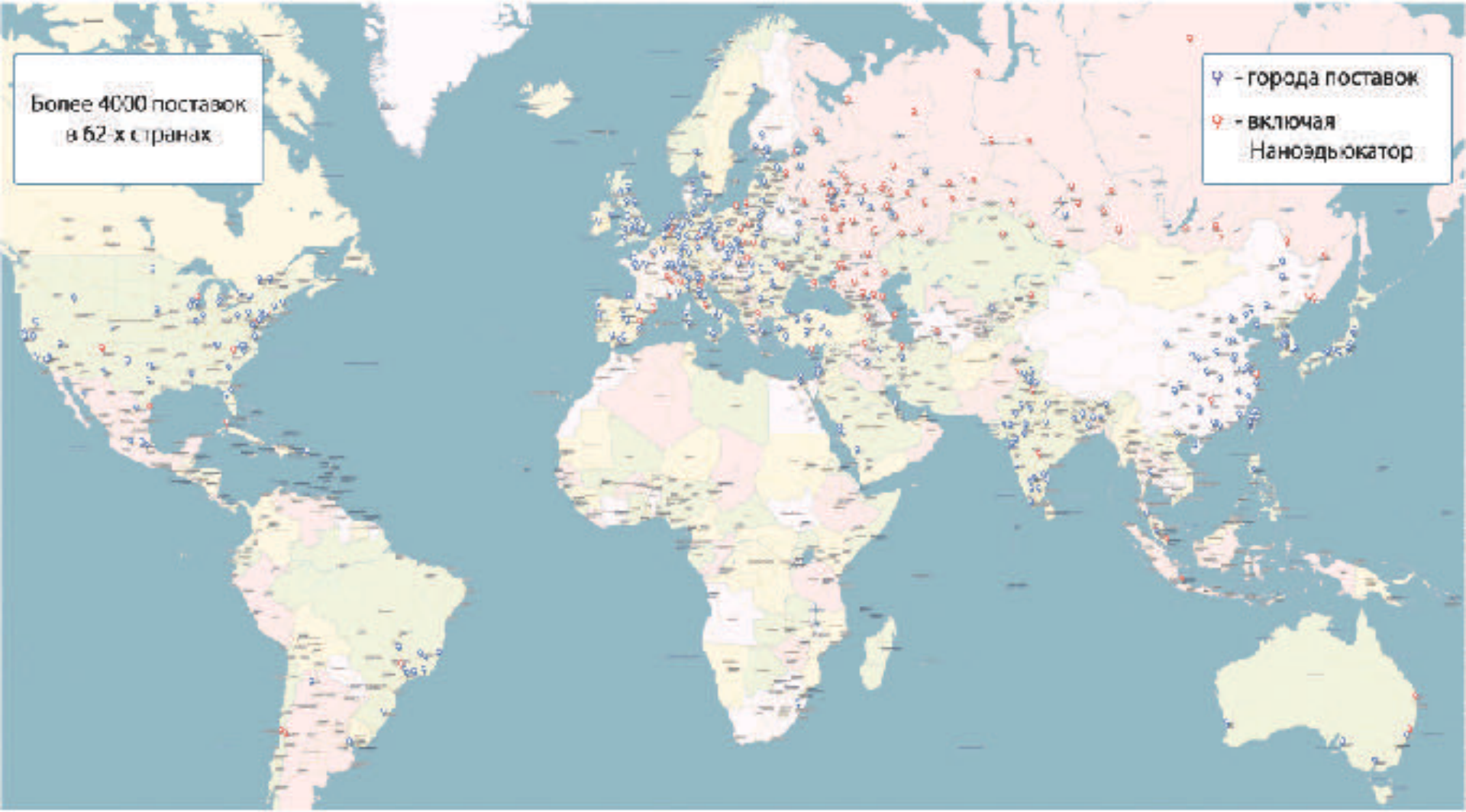
Solver Pipe

НТ-МДТ Спектрум Инструментс

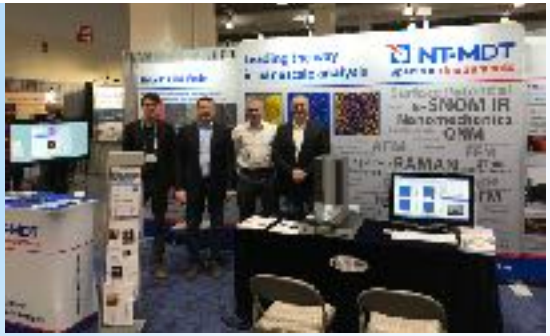
Коллектив разработчиков – самый опытный на мировом рынке – опыт работы с 1989 года

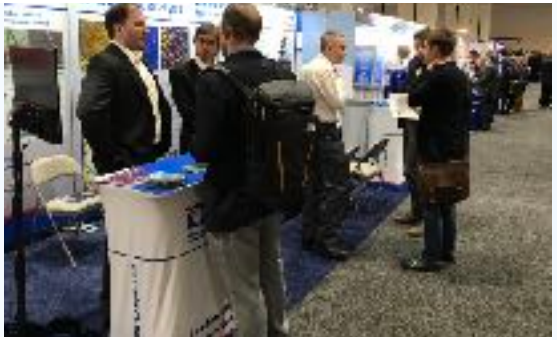
NT-MDT
Spectrum Instruments

География поставок оборудования по России и миру



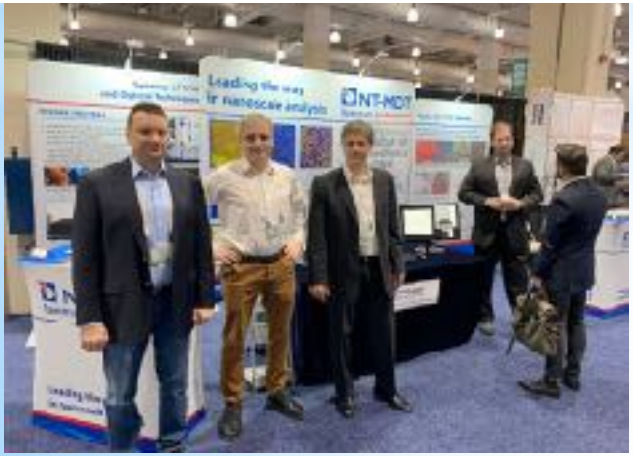
NT-MDT SI на MRS-2017 (29 ноября – 1 декабря)

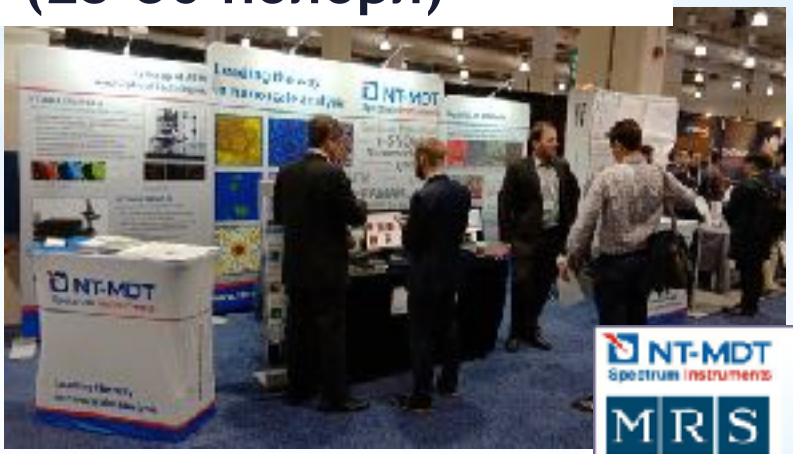




Иван Быков и Станислав Леесмент на стенде
выставки E-MRS, Страсбург
07.07.2018

NT-MDT SI на MRS-2018 (25-30 ноября)





NT-MDT Spectrum Instruments

Метрология микро- и наноструктур

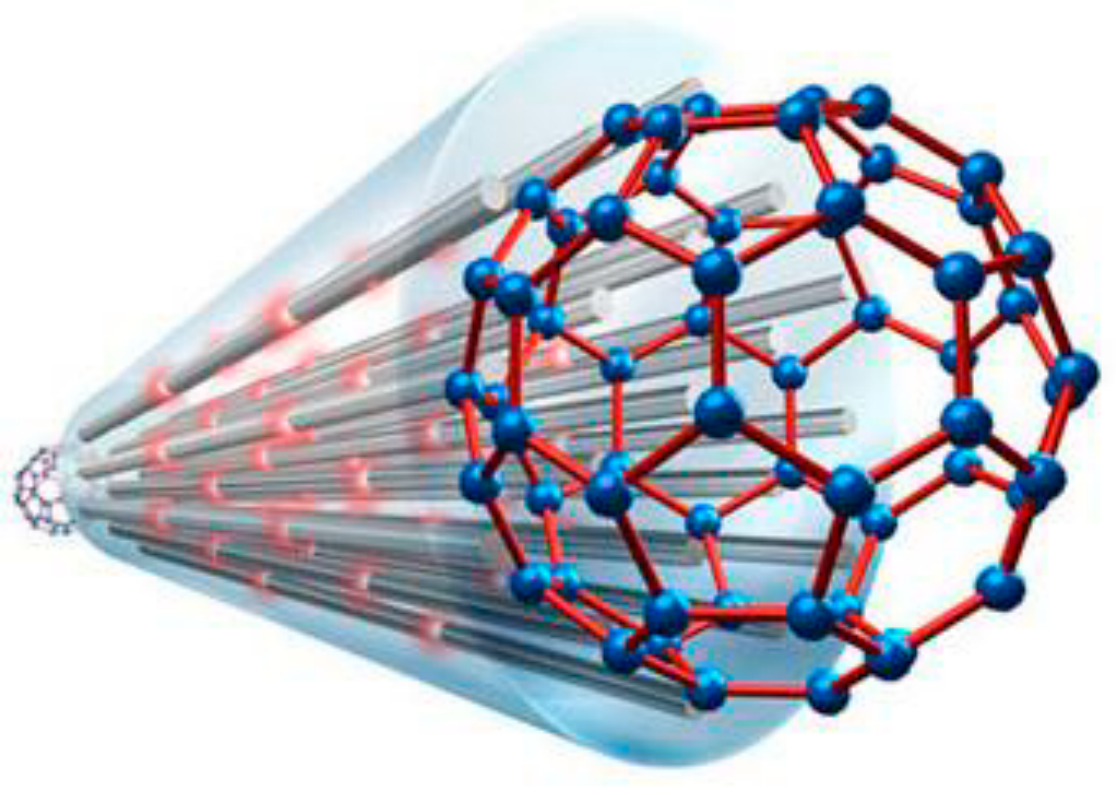
21 мая 2019 во Владикавказе

на базе Северо-Осетинского Государственного университета им. К.Л. Хетагурова будет проходить заседание круглого стола по теме «Метрология микро и наноструктур»

At spring EMRS conference,
May, 2019, in Nice, France

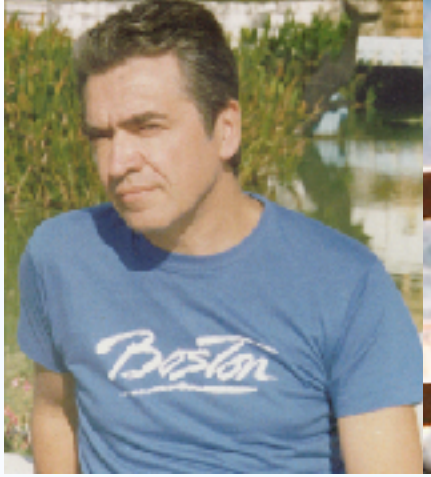
ISPM 2019,
Louvain, Belgium

NT-MDT
Spectrum Instruments



NT-MDT
Molecular Devices and Tools for NanoTechnology

В.И. Стафеев



А.А. Васенков

В.И.Троицкий

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

С.В. Айрапетянц Г.П. Бенинг

В.Д. Самойленко