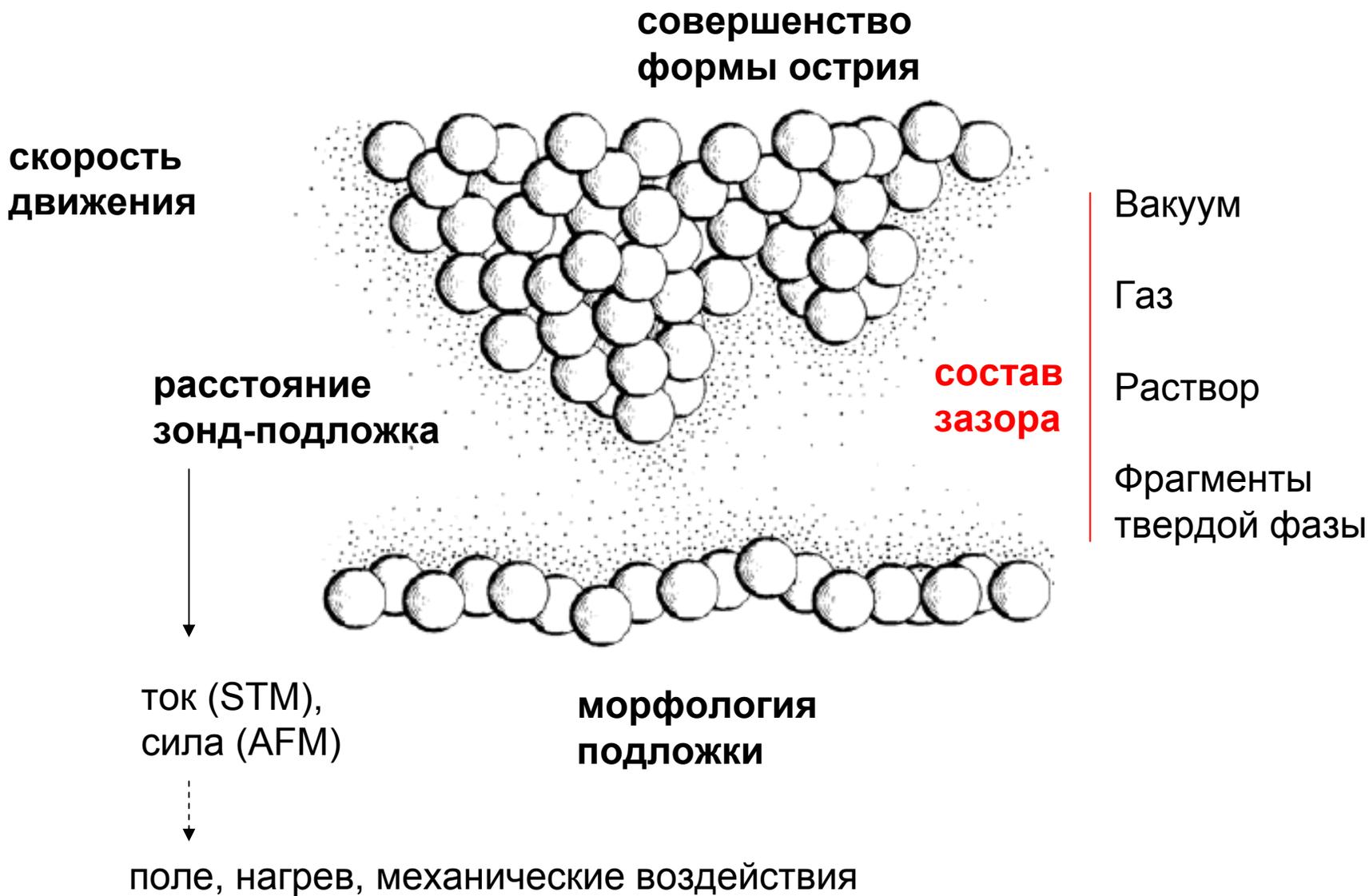
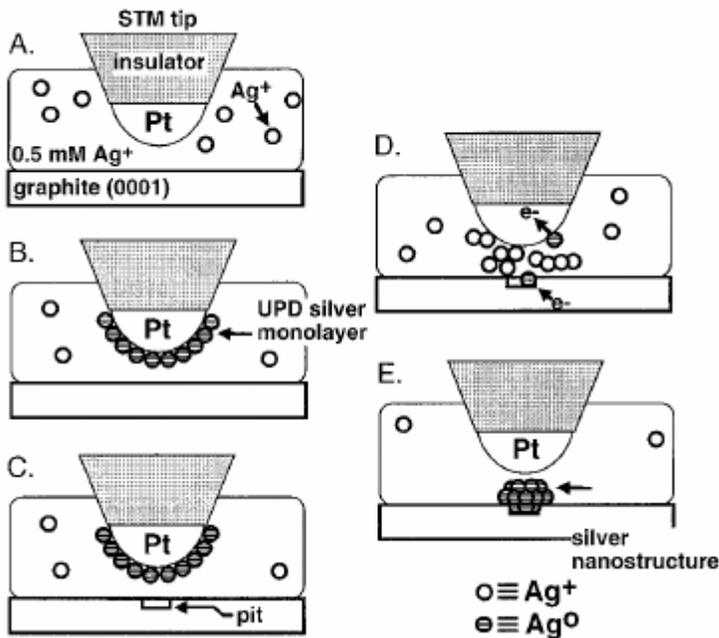


02.11.2009

Формирование наноразмерных объектов в конфигурации зондовых микроскопов: модифицированные зонды, локальное модифицирование поверхности в газовой фазе и растворах.
Квазилитография.

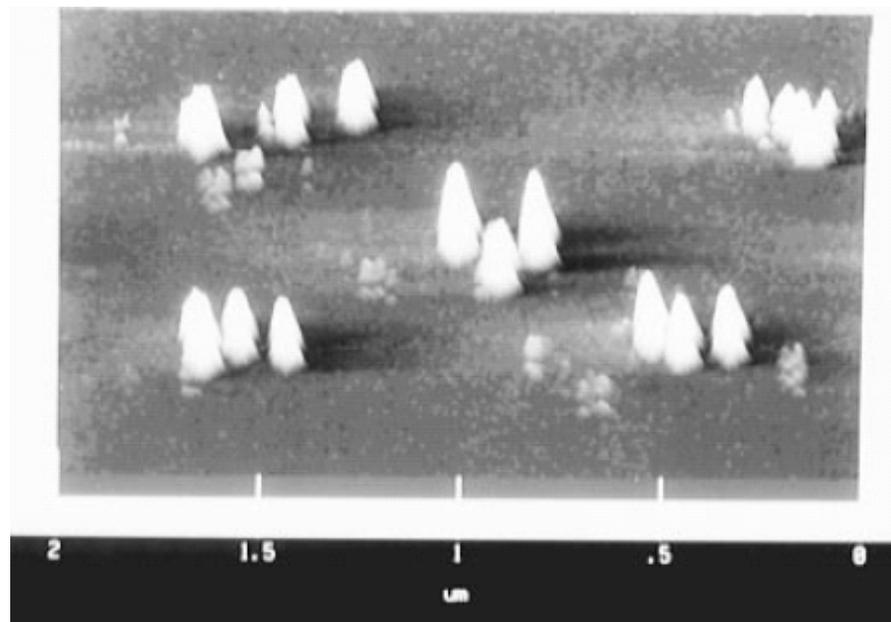
Факторы, определяющие локальность



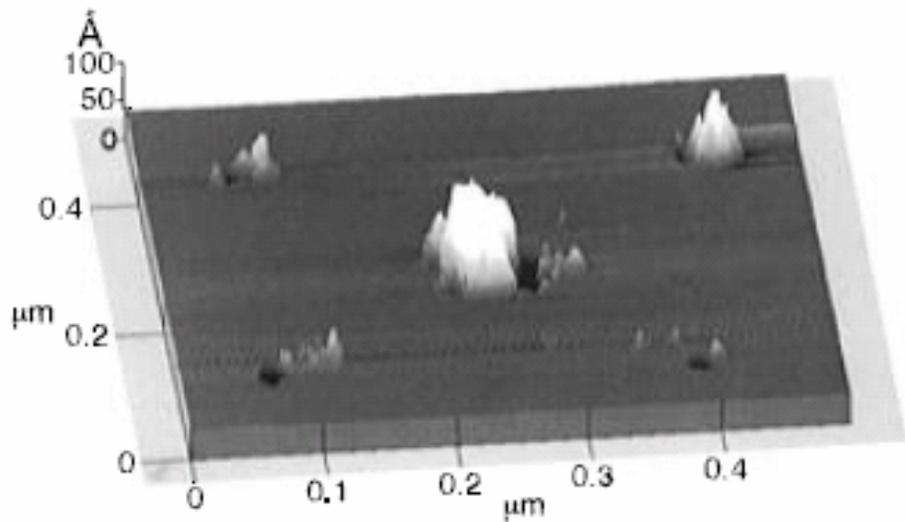


«Прямолинейное» переосаждение (недостаточная локальность)

~ 100 x 20 нм

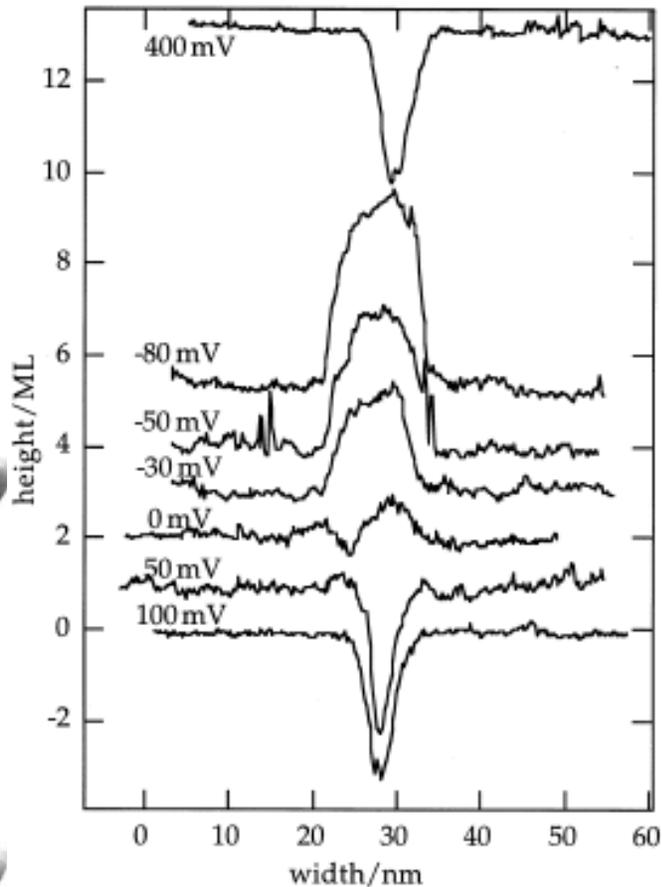
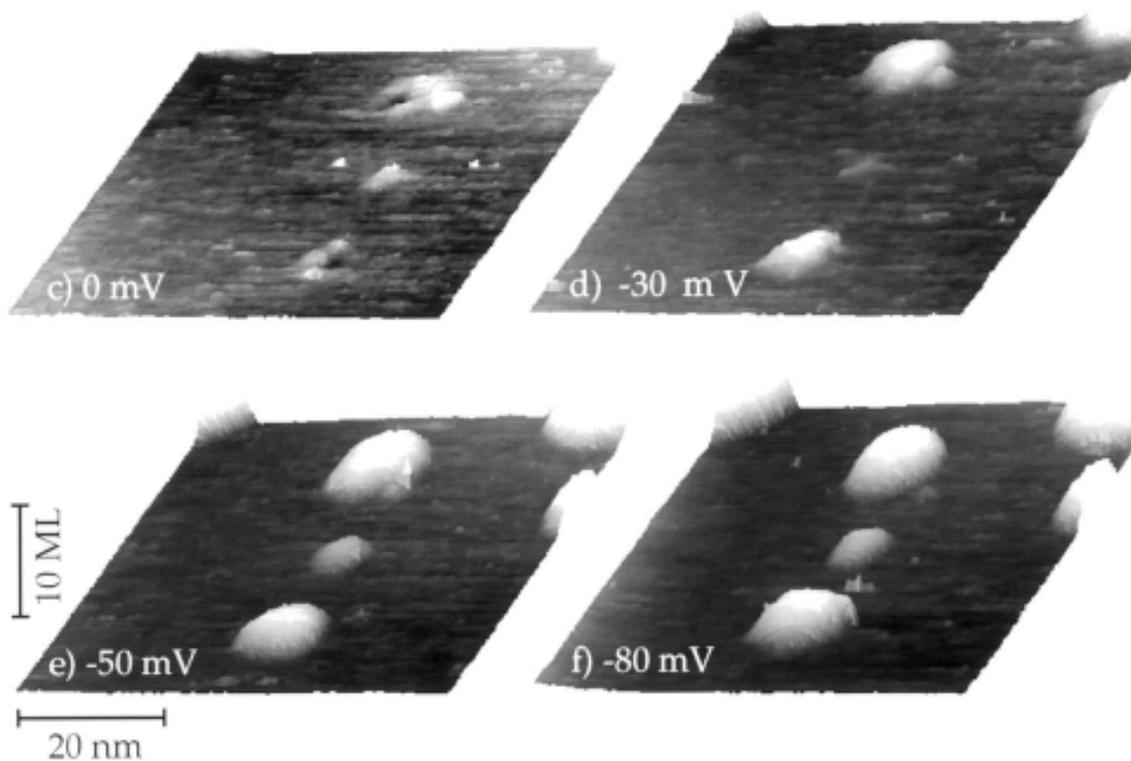


Перенос серебра на графит
переосаждением в растворе



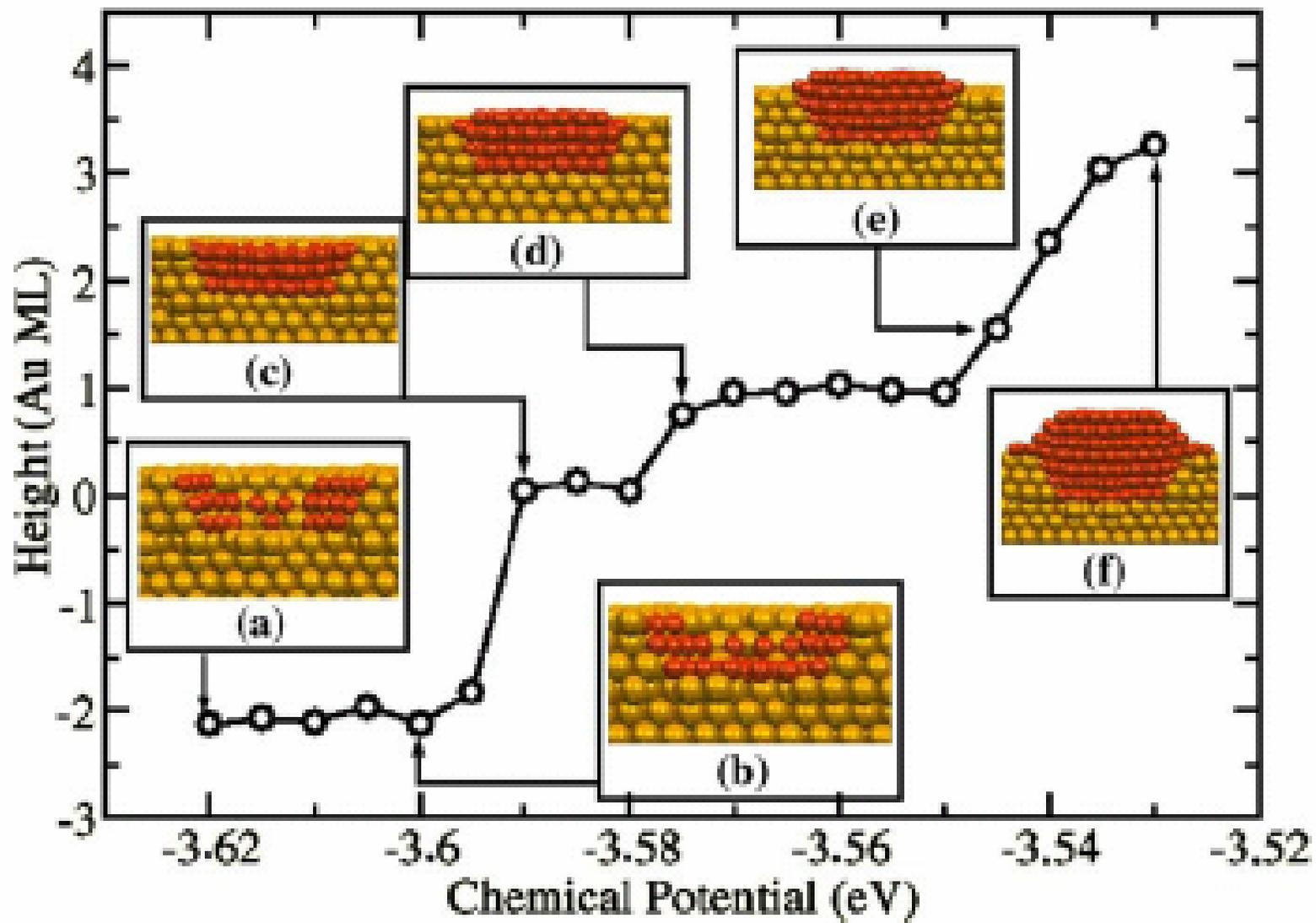
Перенос золота с зонда на кремний
при импульсах высокого напряжения

Электроосаждение на дефекты, созданные зондом

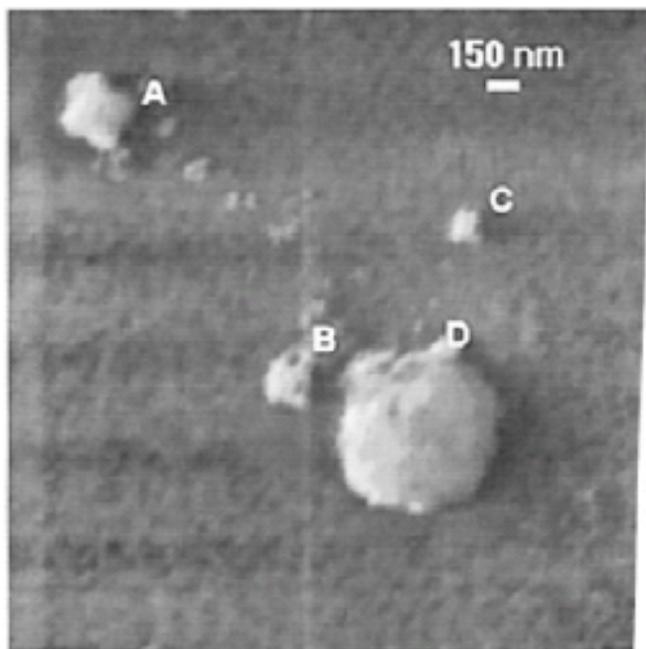


J. Electroanal. Chem.
461 (1999) 102

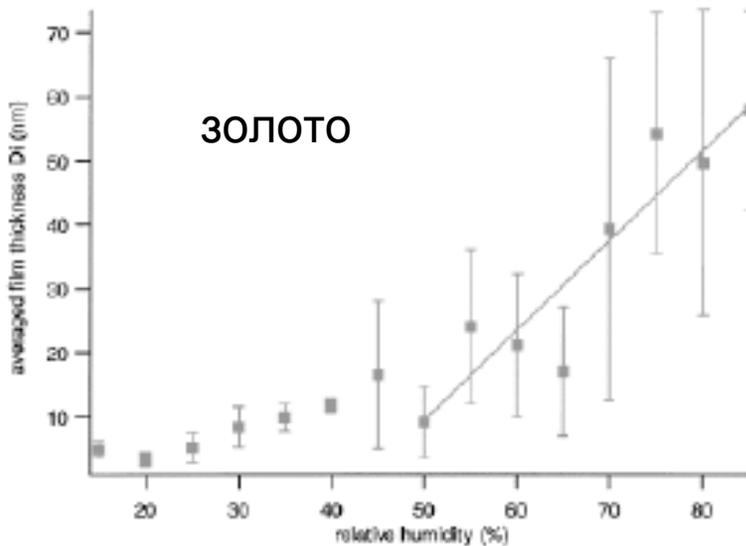
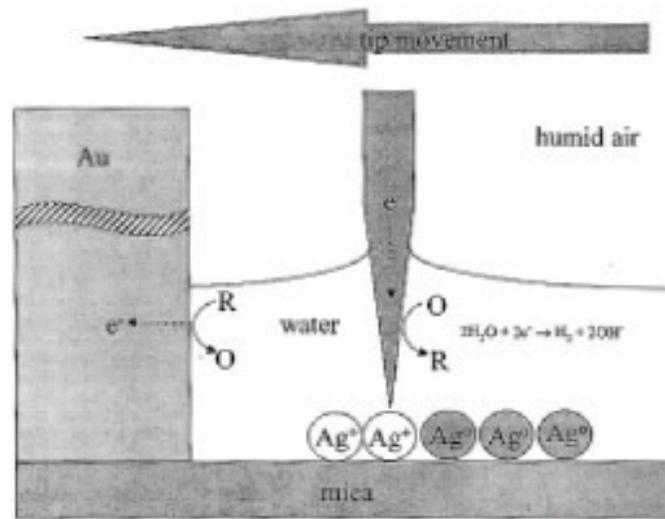
Моделирование роста кластера на дефекте (Monte Carlo)



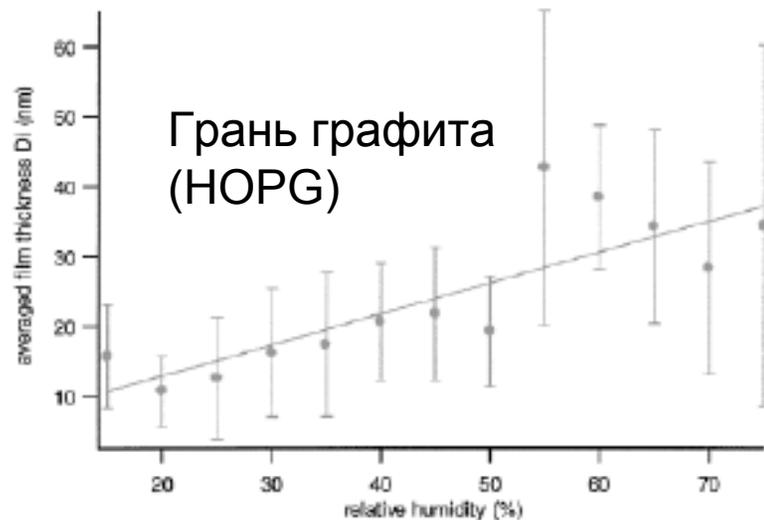
Конфигурация ex situ СТМ (на воздухе, комнатная температура)



a



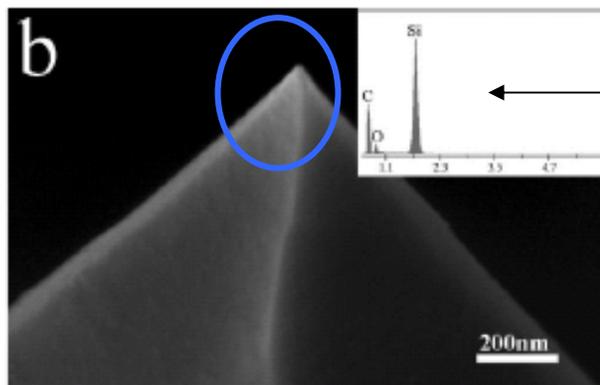
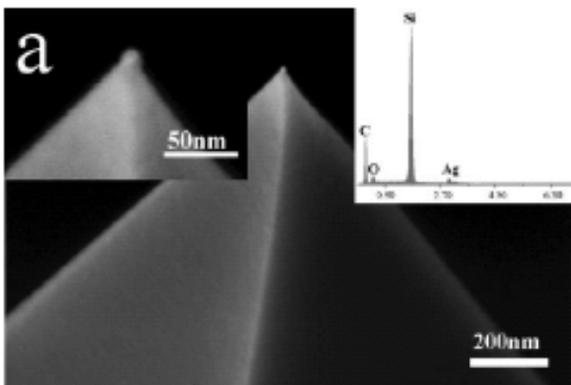
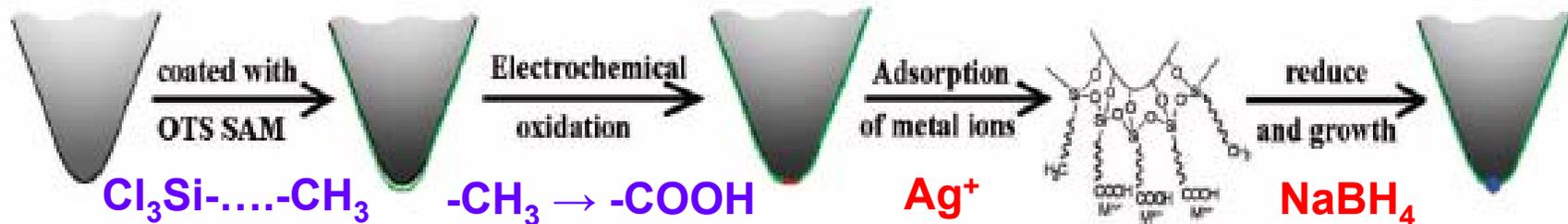
Толщина
слоя
конденсата



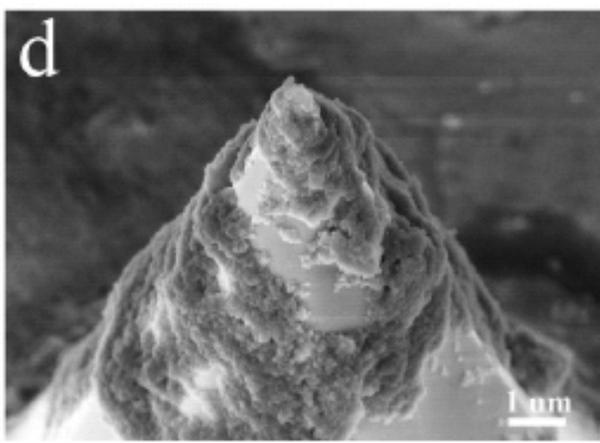
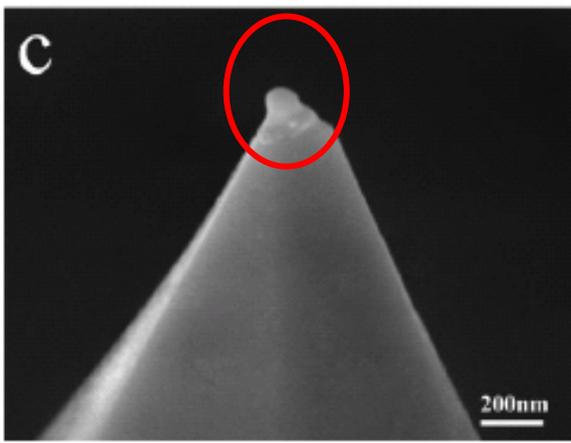
→ Влажность (%)

→

Модифицирование зондов. Предварительное связывание реагента.



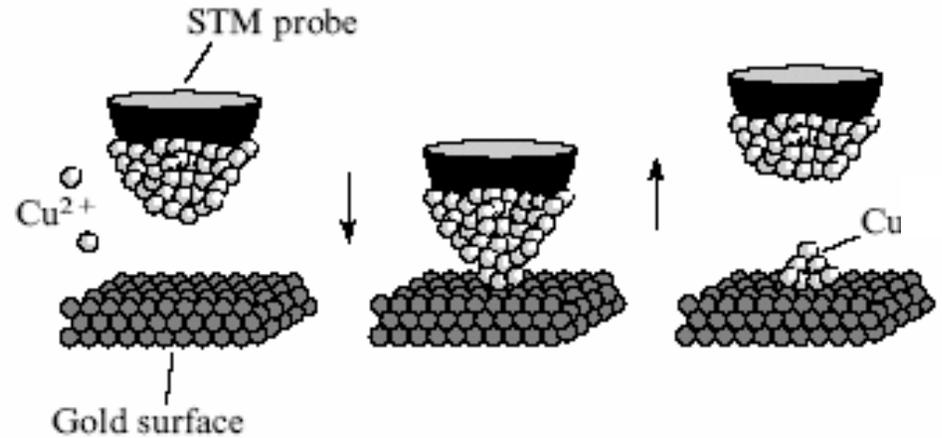
Energy-dispersive X-ray analysis (EDX, или EDXA)



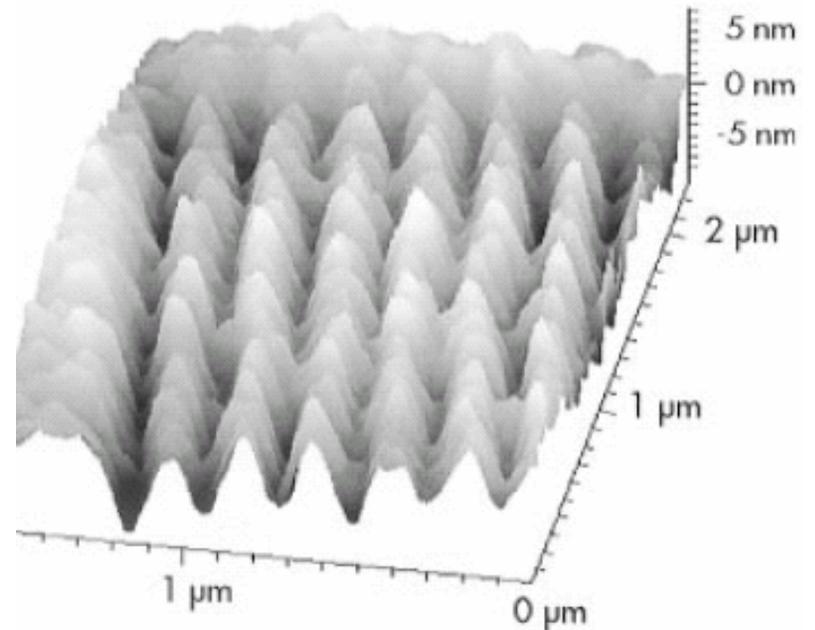
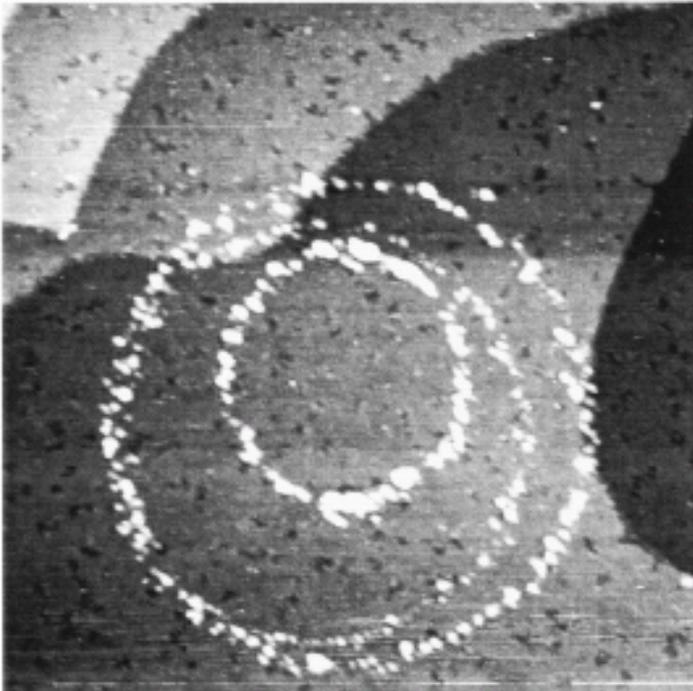
сравнительный эксперимент: прямое осаждение серебра

'Jump-to-contact' – механический перенос металла с зонда на поверхность при кратковременном контакте

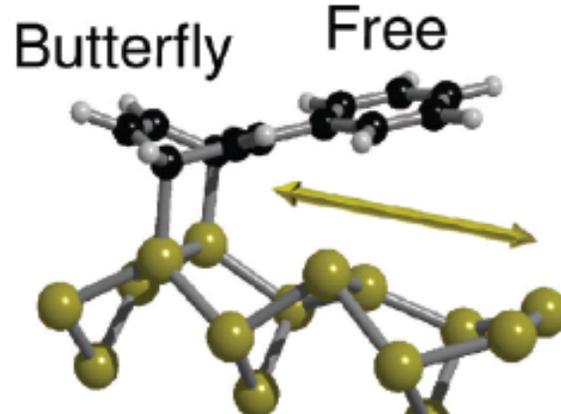
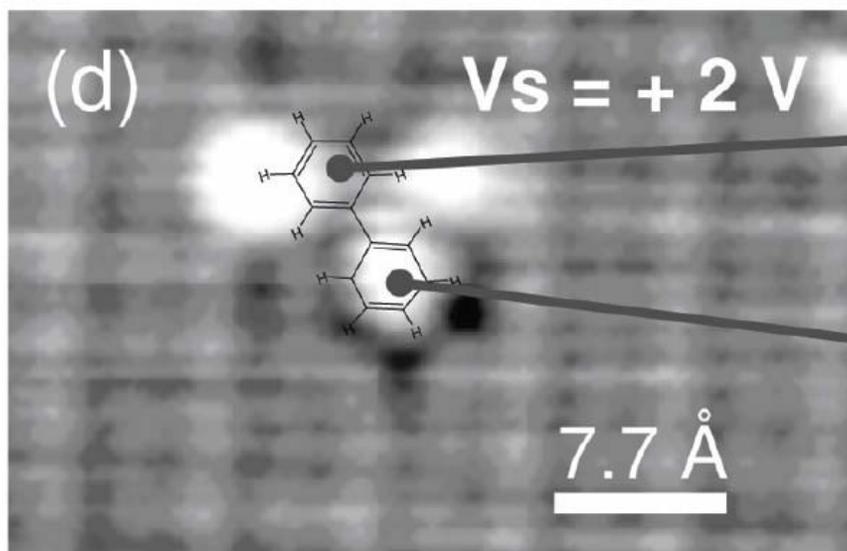
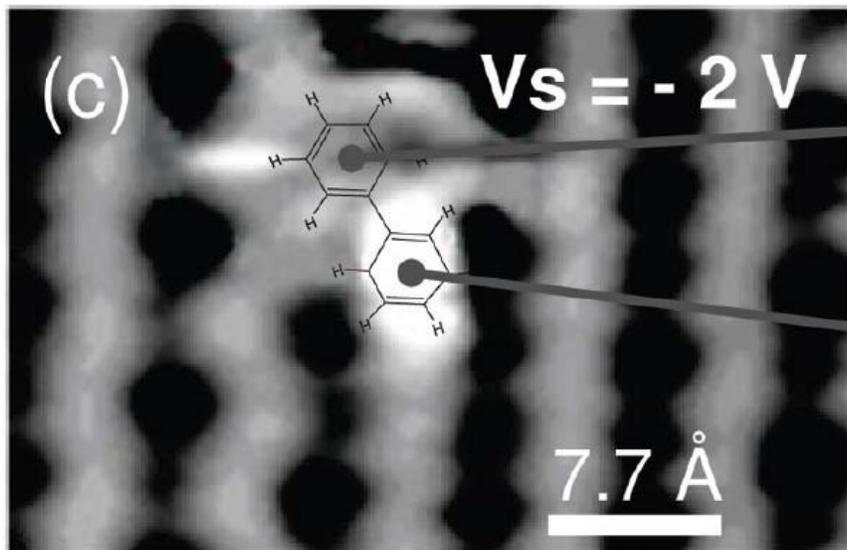
Кластеры меди на $\text{Au}_3\text{Cu}(001)$
350 x 350 нм



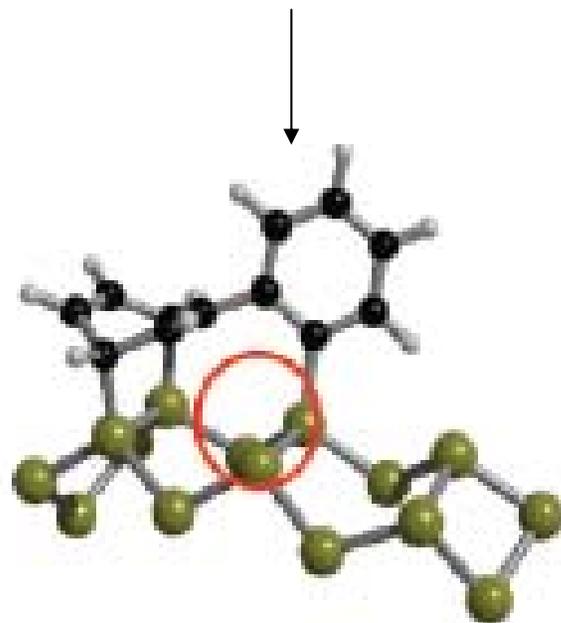
Кластеры меди на золоте



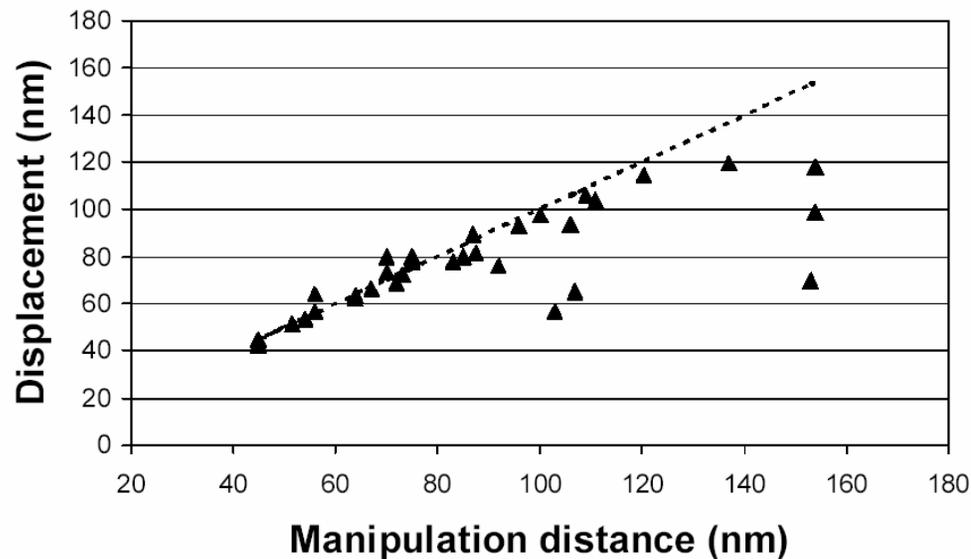
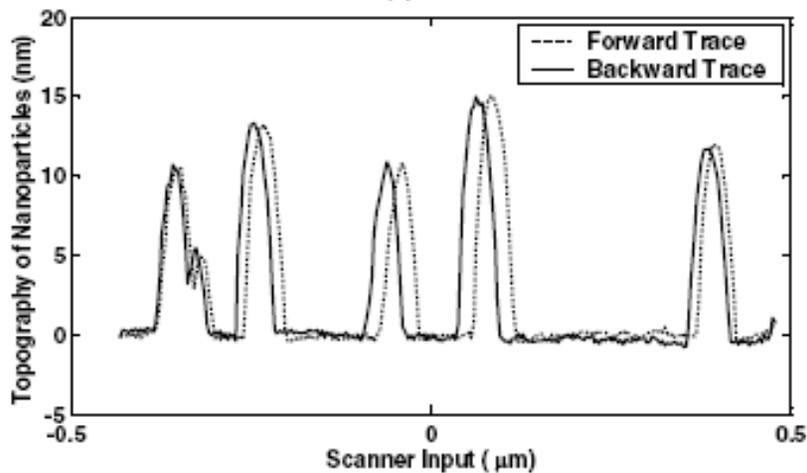
Превращения адсорбированных молекул



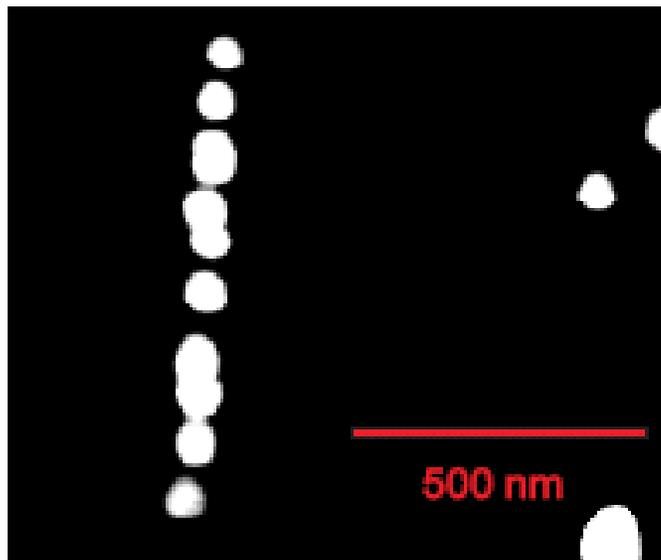
Si(100), 5 K



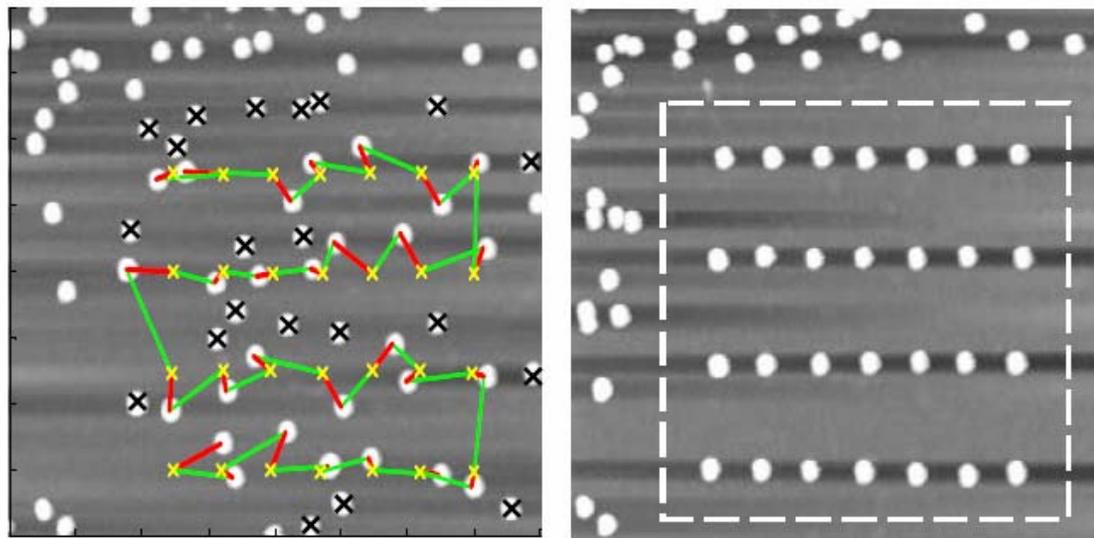
Механическое манипулирование зондом



AFM – манипулирование частицами коллоидного золота (конструирование волновода)

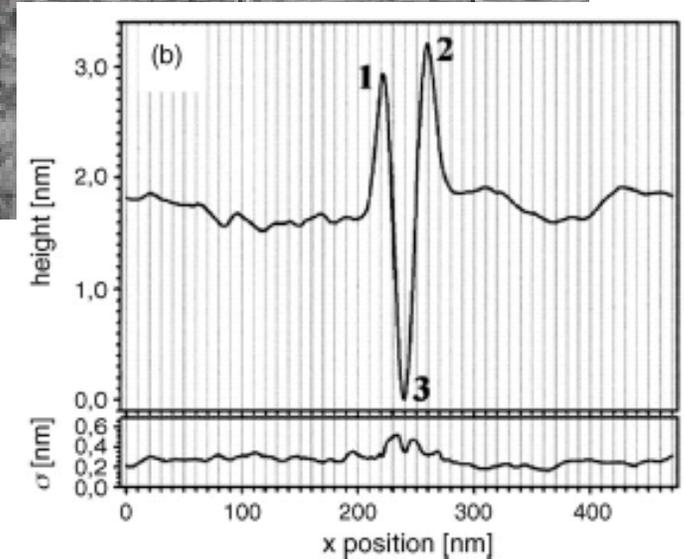
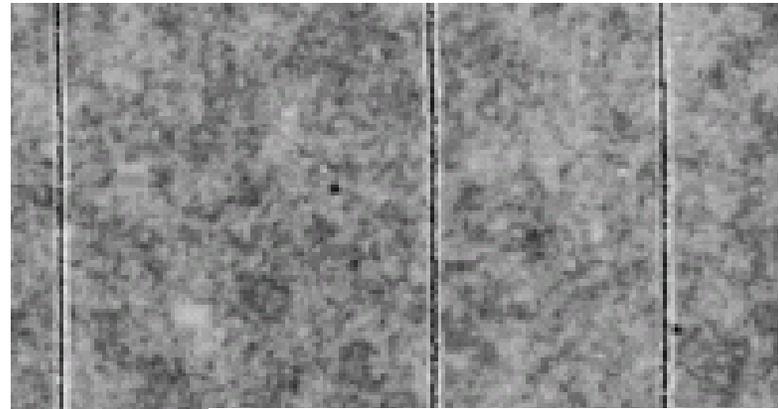
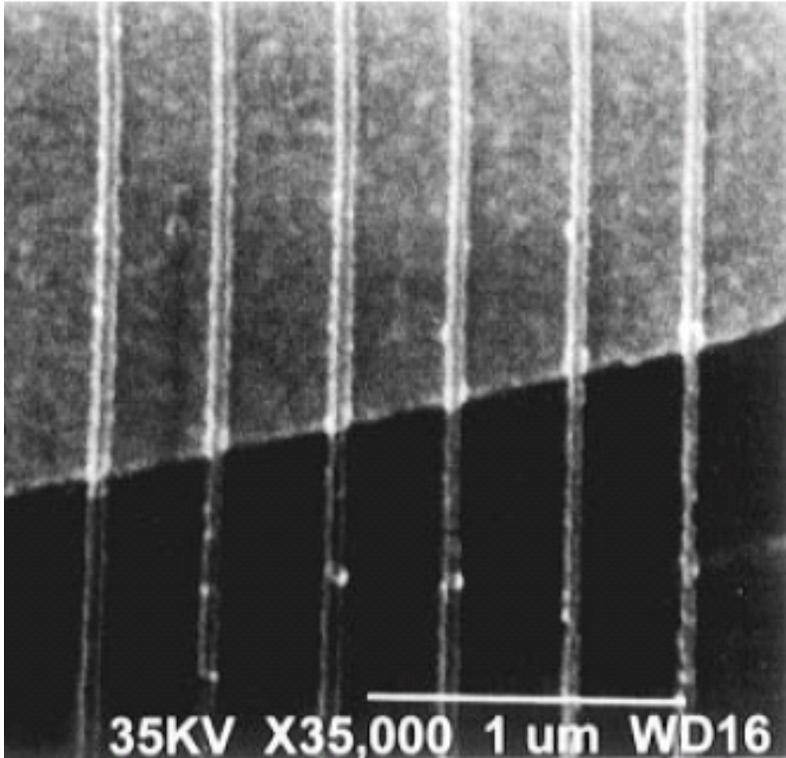


Частицы золота (15 нм) на слюде



«Ранняя» зондовая литография: условно управляемые режимы (локальный нагрев)

~ 40 нм



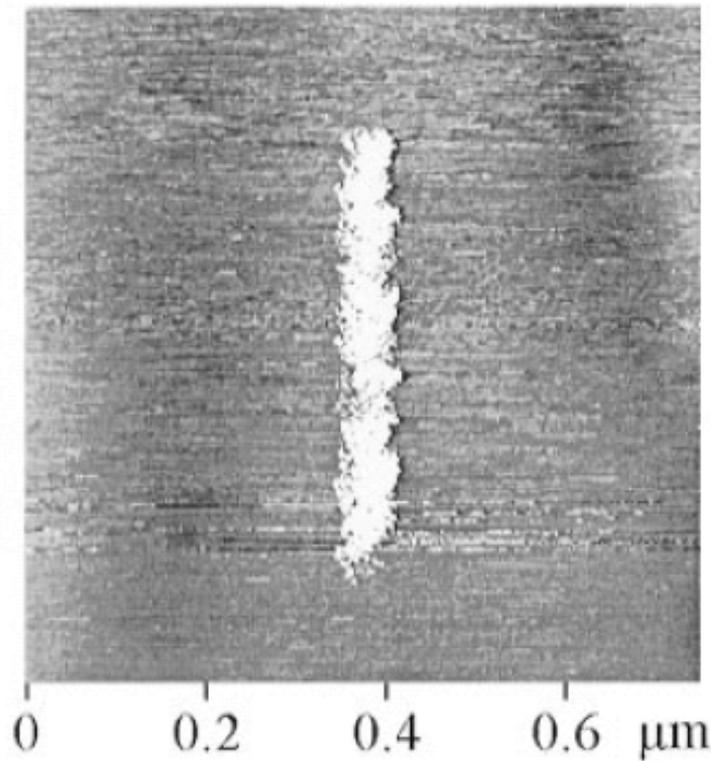
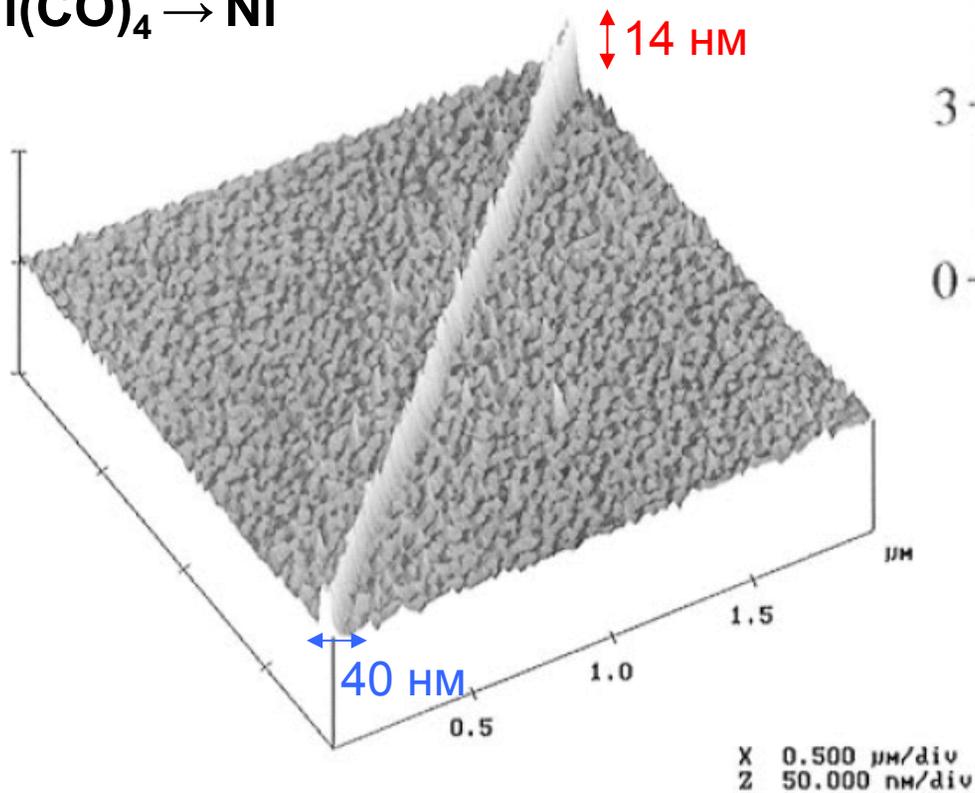
Механическая AFM-обработка
полимерного резиста

Mater. Sci. Eng. R54 (2006) 1

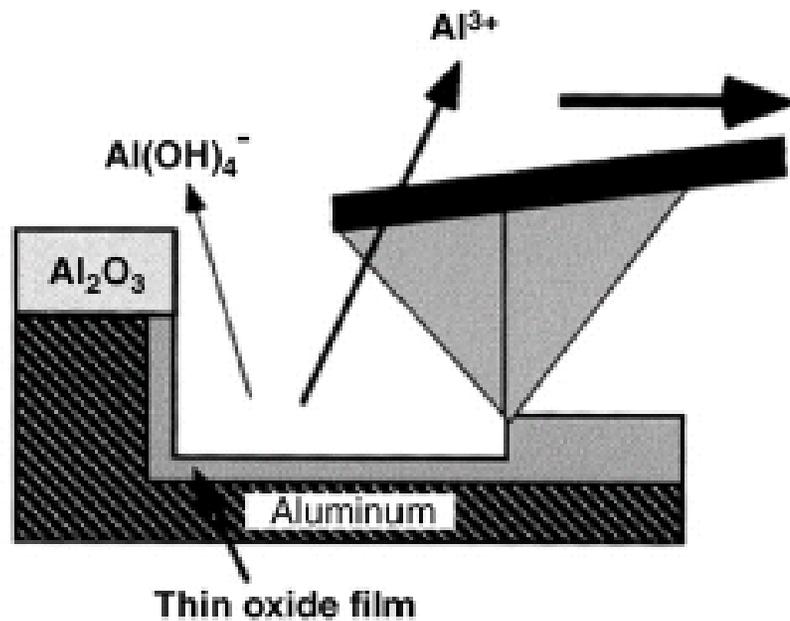
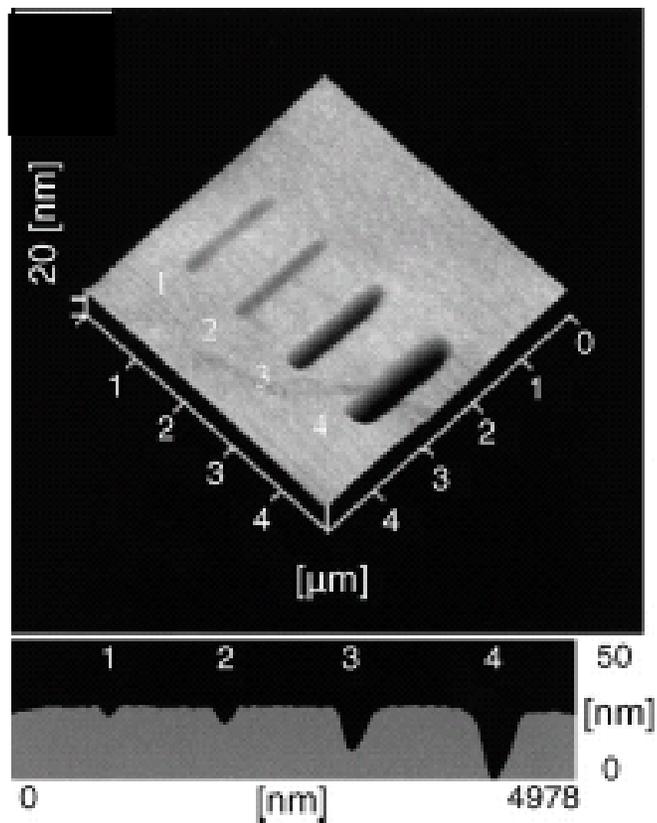
Chem. Rev. 97 (1997) 1195

Литография в конфигурации зондовых микроскопов,
осаждение из газовой фазы

и из раствора



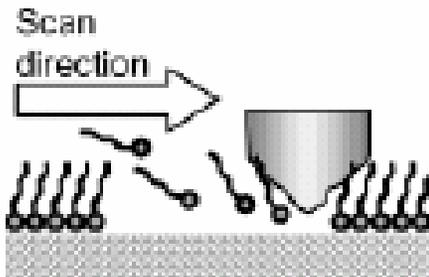
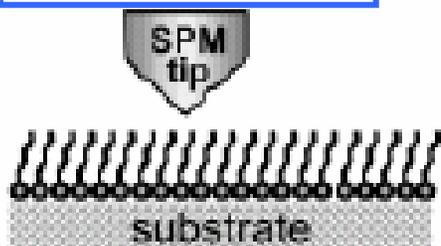
Окисление и травление в зондовых литографических режимах



Ограниченные возможности получения
нужной формы при глубоком травлении

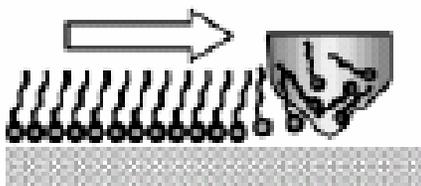
Mater. Sci. Eng. R54 (2006) 1

A. Elimination

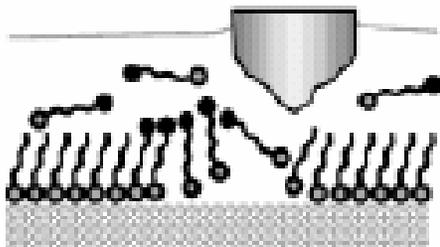
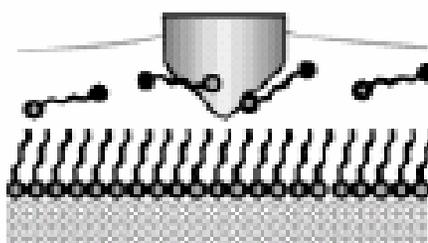


Литография в конфигурации зондовых микроскопов – тиолы или силаны вместо резиста

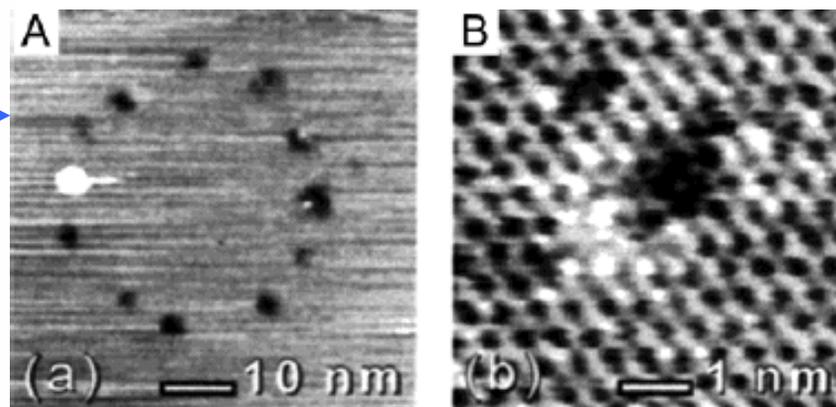
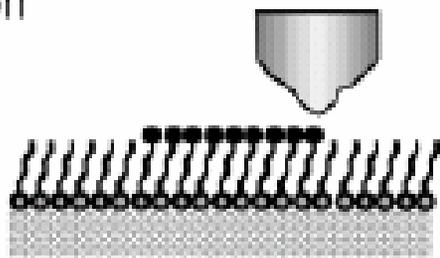
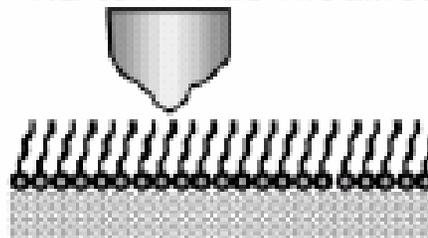
B. Addition



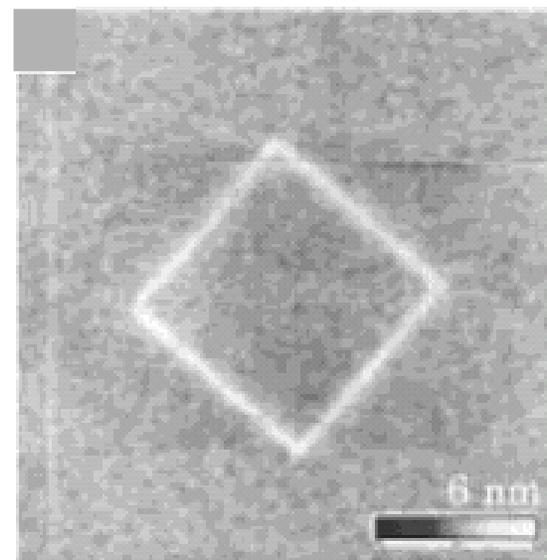
C. Substitution via *in-situ* addition



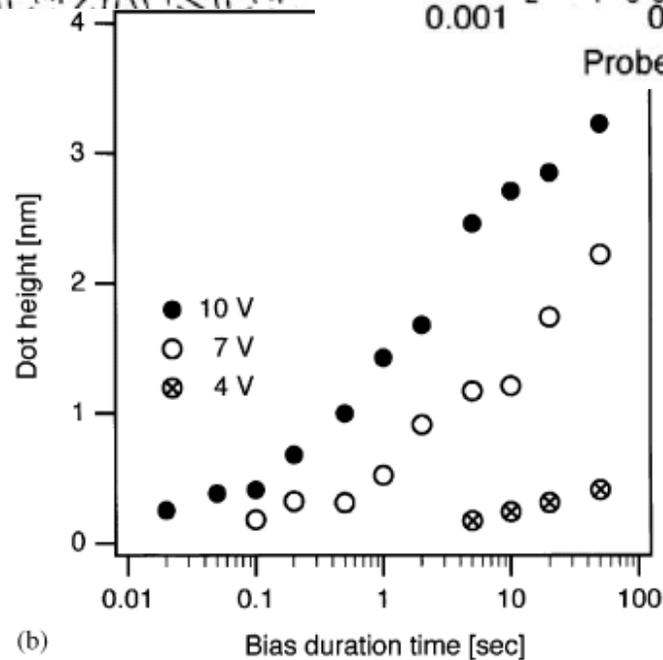
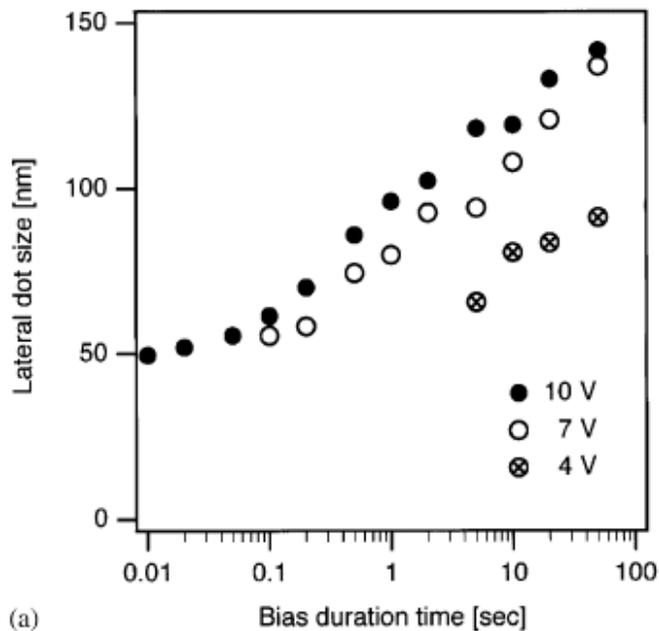
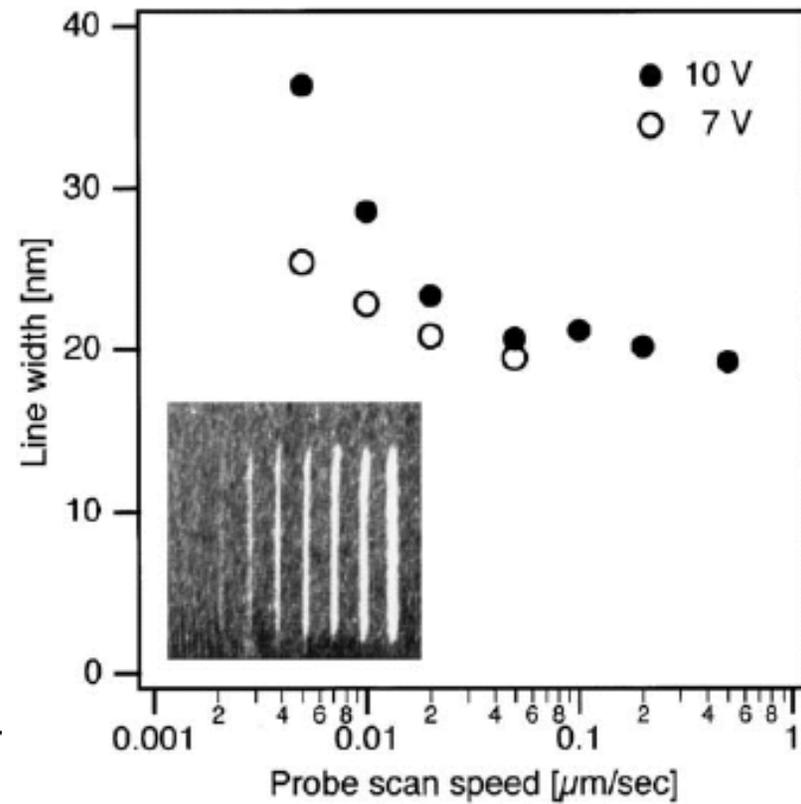
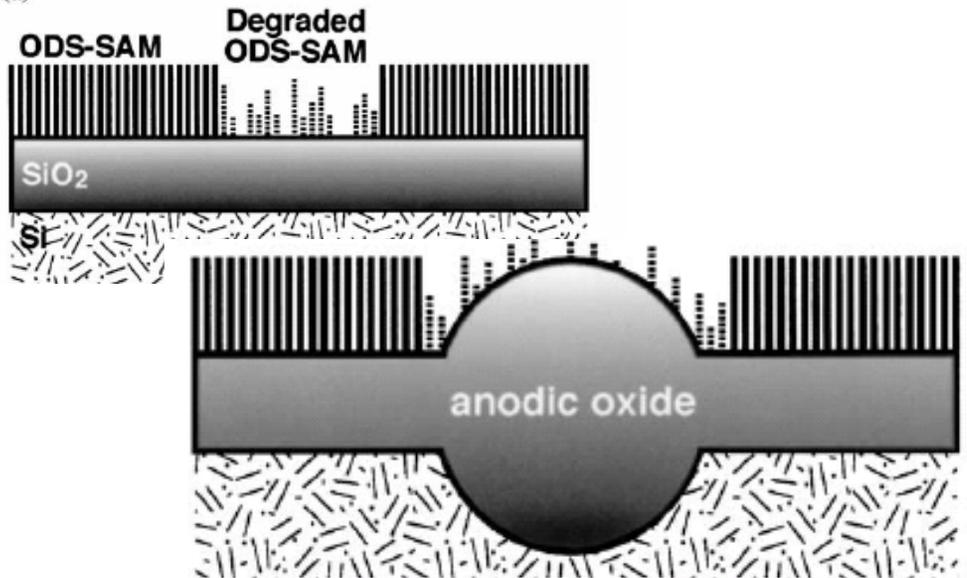
D. Substitution via terminus modification



СТМ в вакууме, импульсами –
- разрешение около 1 нм

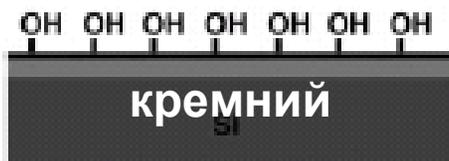


Управляющие параметры: время и напряжение



Ultramicroscopy
91 (2002) 221

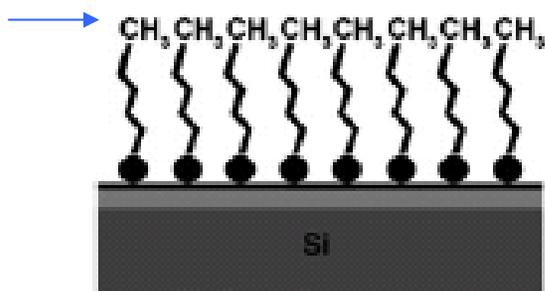
Литография на основе локальной гидрофилизации (AFM-анодирование во влажном воздухе)



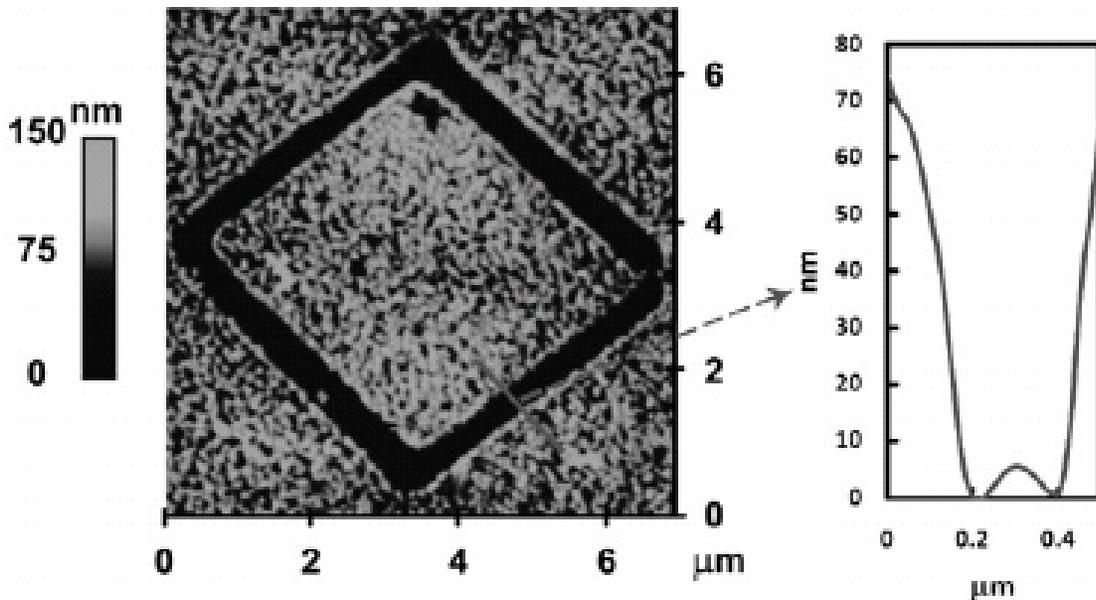
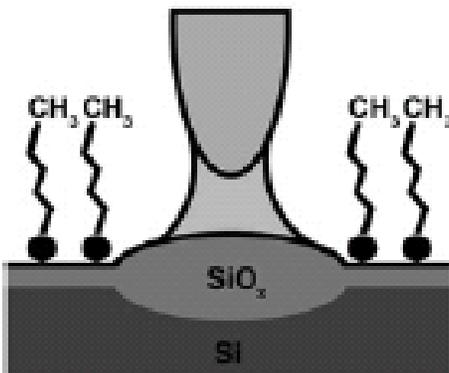
HTS Hexadecane



алкантиол

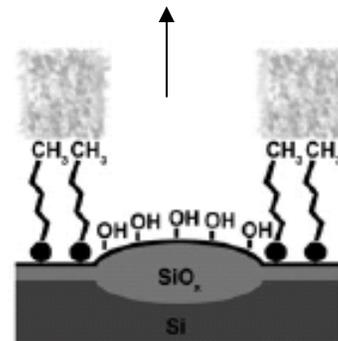


Anodization Lithography

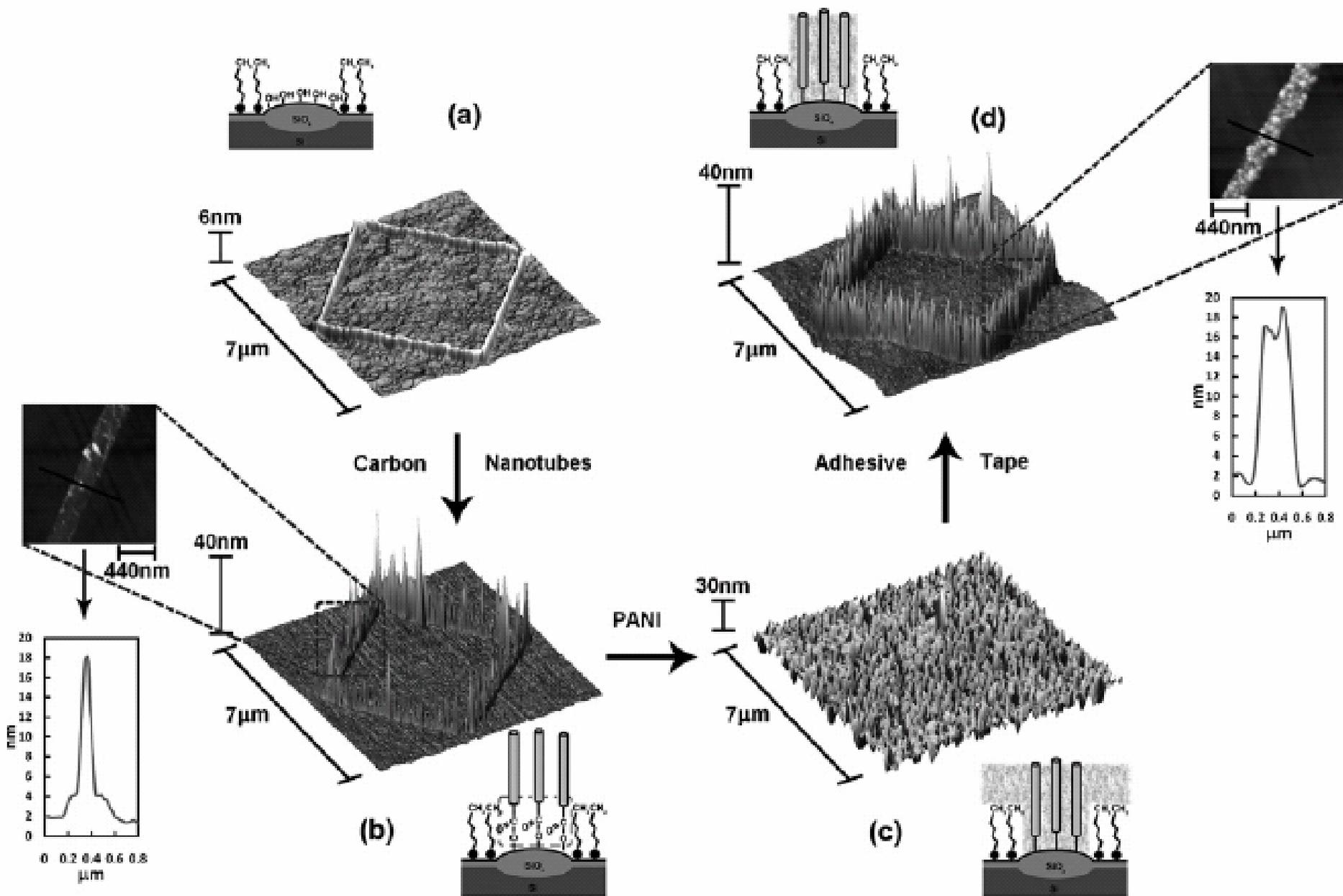


Осажденный на гидрофобные участки полианилин

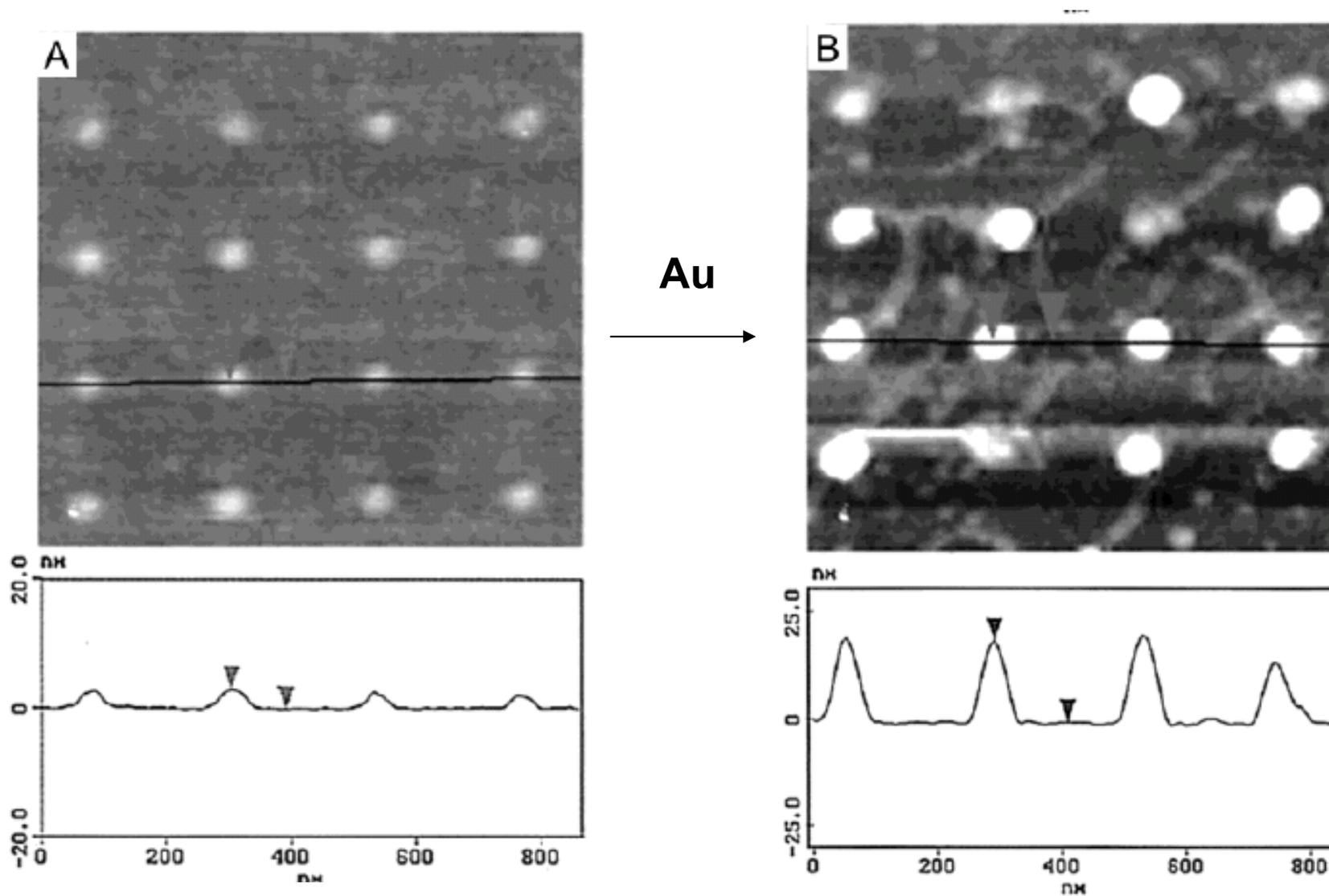
~ 1 μm/c



Иммобилизация углеродных нанотрубок на гидрофильных участках



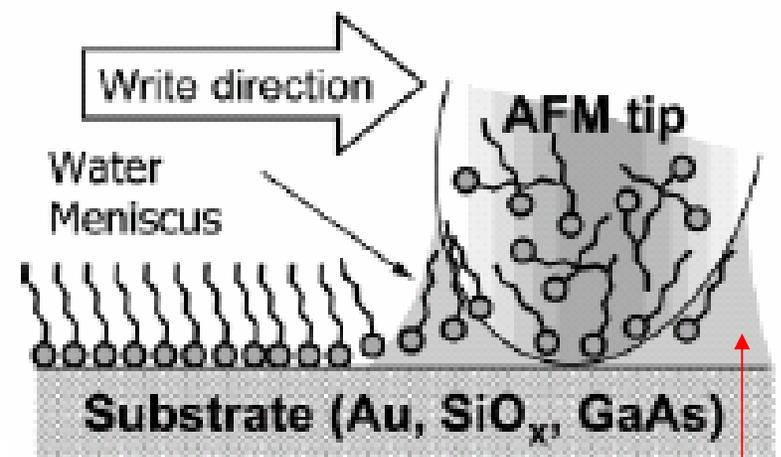
Иммобилизация коллоидного золота на AFM-окисленных участках



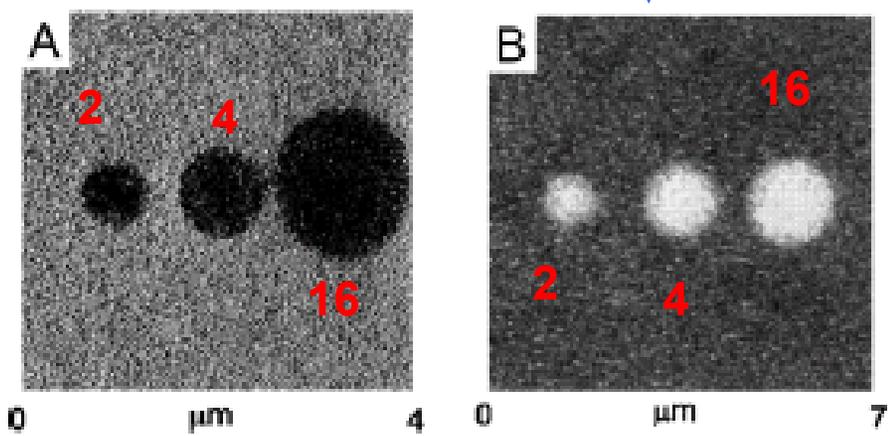
«Dip-pen» (DPN) литографические техники

Типичные «чернила»:

octadecanethiol ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{SH}$)
mercaptohexadecanoic acid,
МНА ($\text{HO}_2\text{C}(\text{CH}_2)_{15}\text{SH}$)

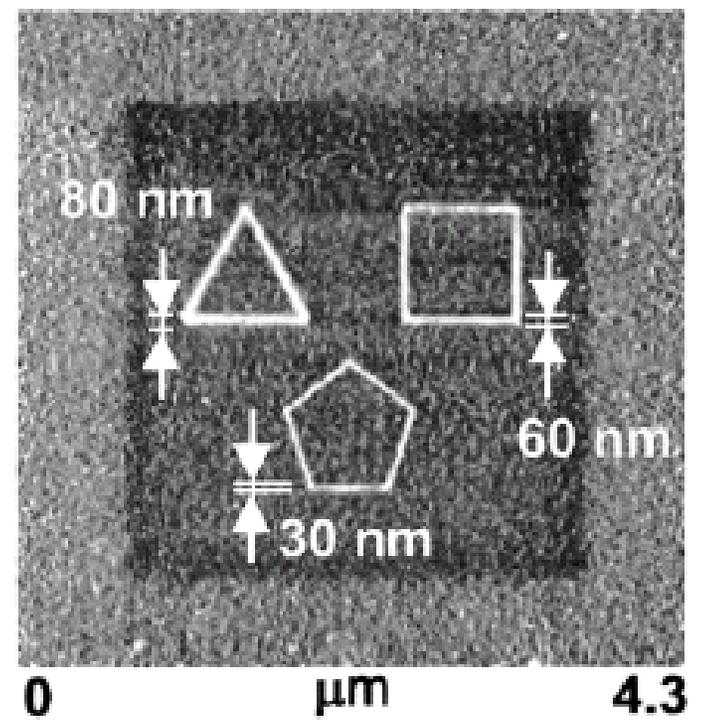
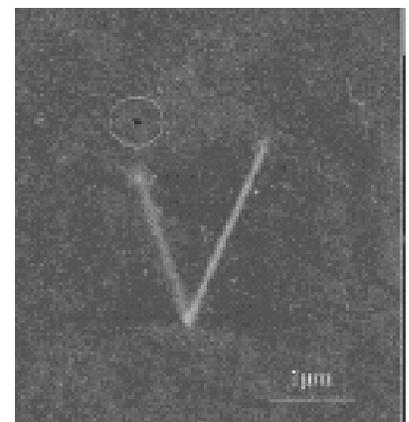


Вода – для ускорения переноса



Распространение по поверхности золота
(**время** 2, 4 и 16 мин)

10 - 100 нм/с

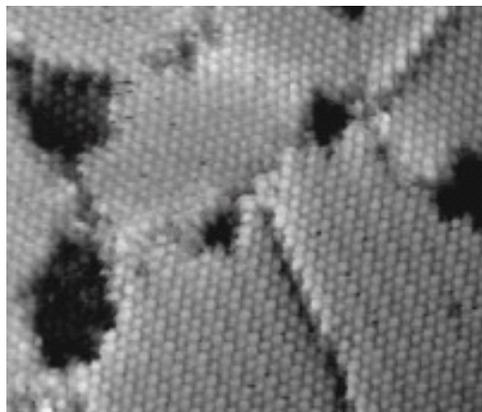
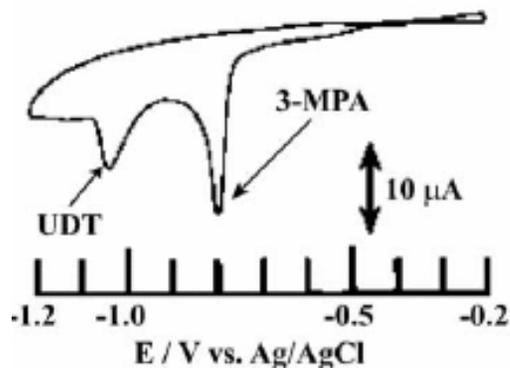


Chemical systems of adsorbates and substrates that form SAMs

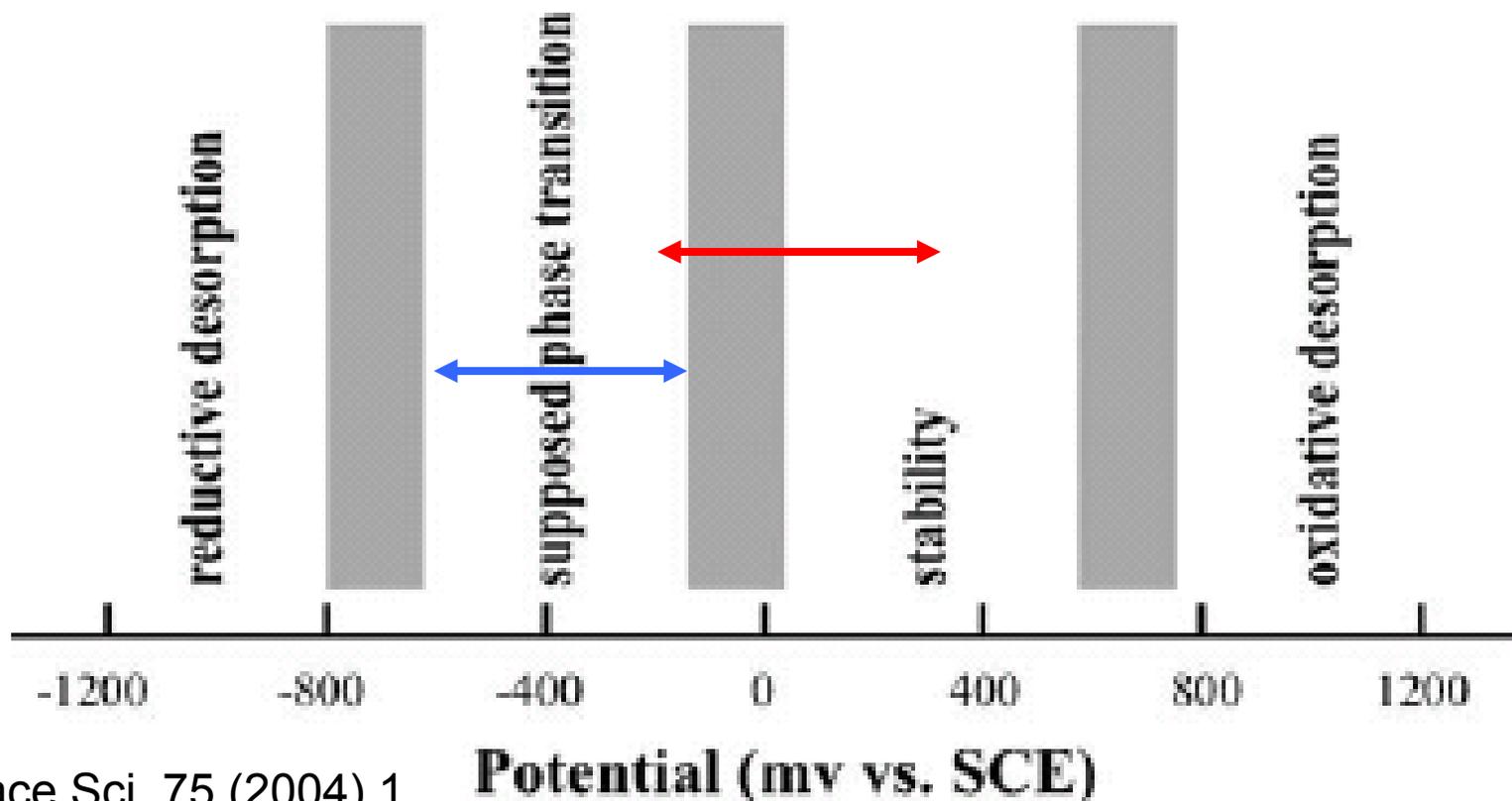
Surface	Substrate	Adsorbate(s)
Metal	Au	R-SH, R-SS-R, R-S-R, R-NH ₂ , R-NC, R-Se, R-Te
	Ag	R-COOH, R-SH
	Pt	R-NC, R-SH
	Pd	R-SH
	Cu	R-SH
	Hg	R-SH
Semiconductor	GaAs (III-V)	R-SH
	InP (III-V)	R-SH
	CdSe (II-VI)	R-SH
	ZnSe (II-VI)	R-SH
Oxide	Al ₂ O ₃	R-COOH
	TiO ₂	R-COOH, R-PO ₃ H
	YBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ}	R-NH ₂
	Tl-Ba-Ca-Cu-O	R-SH
	ITO	R-COOH, R-SH, R-Si(x) ₃
	SiO ₂	R-Si(x) ₃

R - алкил

Электрохимическое управление состоянием слоев тиолов

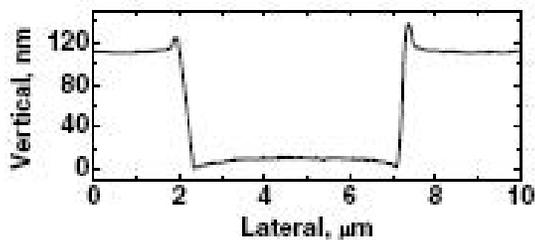
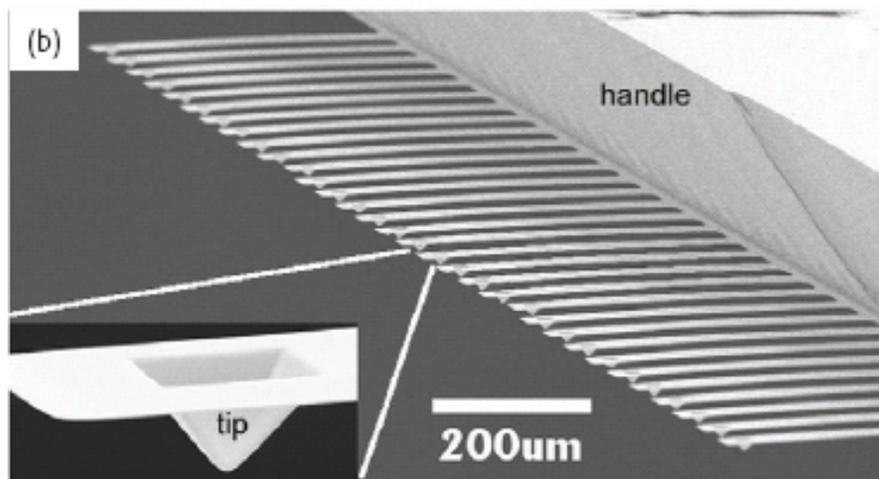
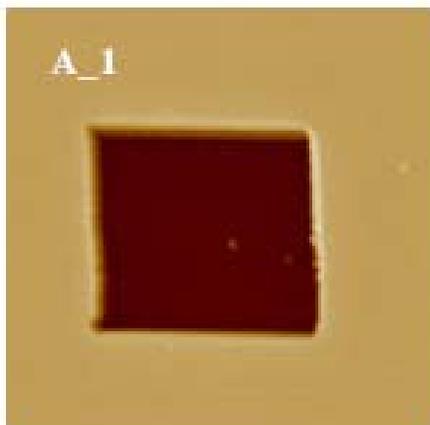


Осаждение металлов:
 - благородные
 - неблагородные



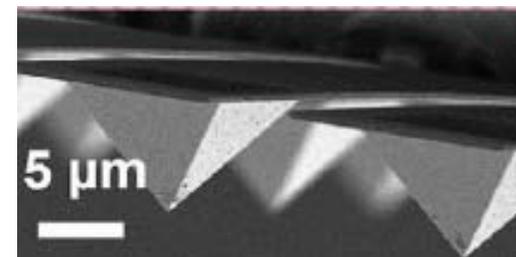
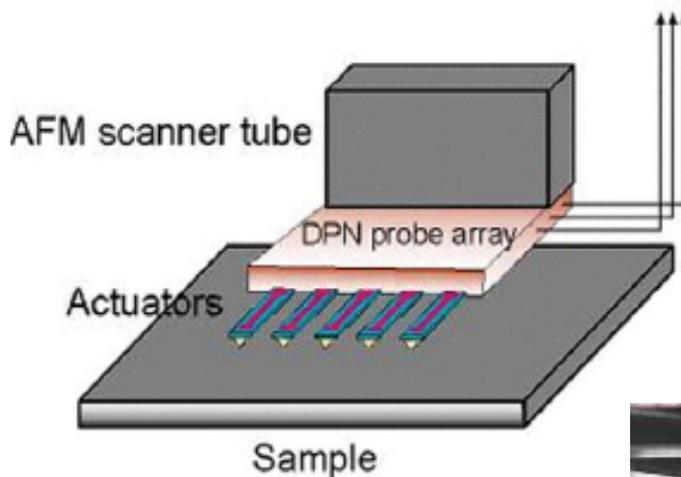
AFM-литография с нагреваемым зондом (модифицирование полимеров)

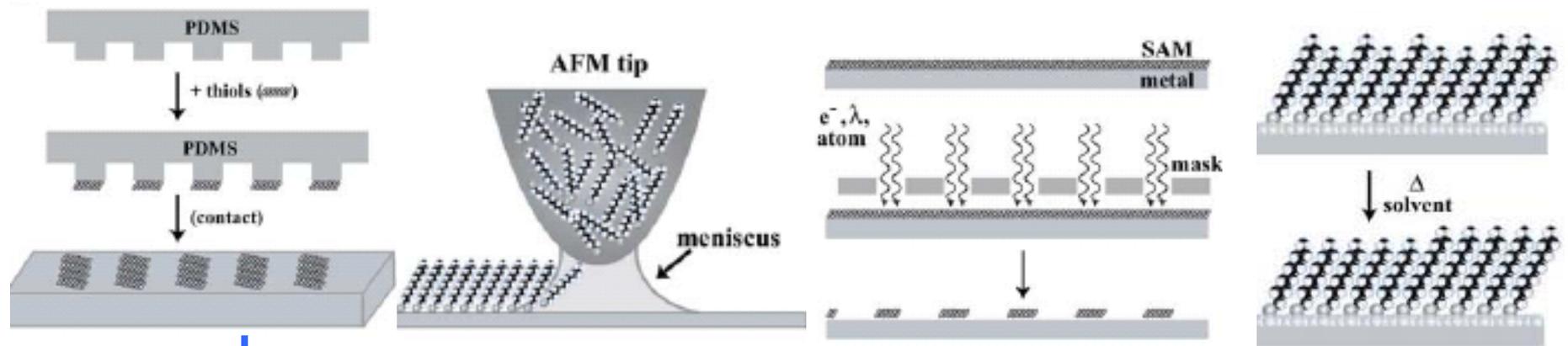
Наборы зондов



полиметилметакрилат

$\sim 5 \mu\text{m}/\text{c}$





Technique	Approximate resolution (nm)	Area	Comments
(A) Microcontact printing (μ CP)	30	$> \text{cm}^2$	Fast, parallel
(B) Dip-pen nanolithography (DPN)	10	$< \text{mm}^2$	Slow, serial
(C) Energetic beams (e^- , ions, photons)	100	$> \text{cm}^2$	Fast, parallel
(D) Solvent/heat reorganization	100–500	$> \text{cm}^2$	IC
(E) Differing functionality	10–50	$> \mu\text{m}^2$	NC
(F) Electrochemical desorption	10–50	$> \mu\text{m}^2$	IC
(G) STM-assisted desorption	> 1	$\text{nm}^2 - \mu\text{m}^2$	Slow, serial
(H) AFM-assisted nanografting	> 1	$\text{nm}^2 - \mu\text{m}^2$	Slow, serial

