

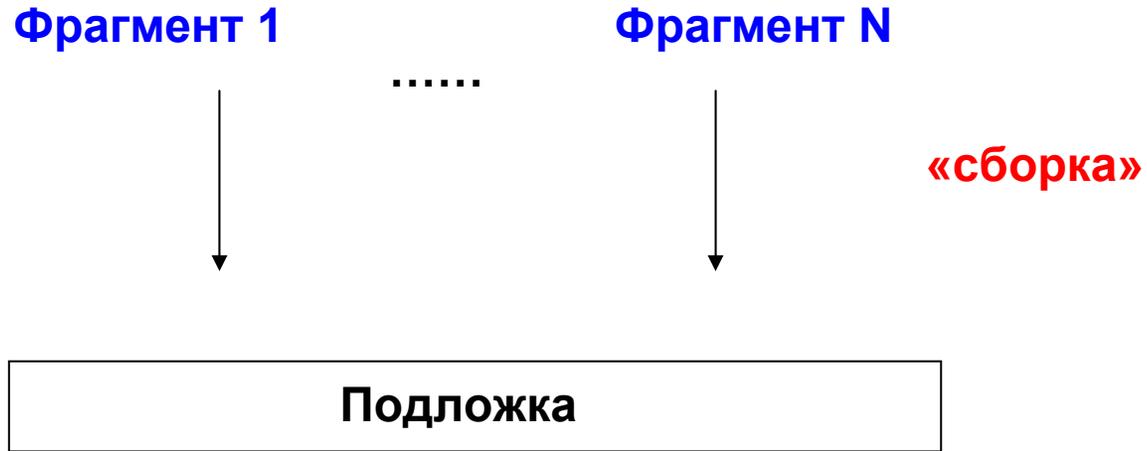
16.11.2009

Комбинированные химические методы формирования наноструктур.
Обеспечение совместимости материалов и последовательных
технологических стадий.

«Технологические схемы»

защита?

Подложка → **Фрагмент 1** → → **Фрагмент N**



Подложка → **Матрица** → **Фрагмент 1** → **удаление матрицы**

Классификация совместимости

Совместимость контактирующих материалов в наноструктуре



При эксплуатации



При изготовлении



Совместимость наноструктуры и изделия (устройства)



**Факторы
температуры
и среды**

Метрологические требования

**Возможности
контроля**



Режим работы устройства

Коэффициенты термического расширения (thermal expansion coefficients)

$\alpha_l = (1/l)(dl/dT)$ коэффициент линейного термического расширения (КЛТР)

$\alpha_V = (1/V)(dV/dT)$ коэффициент объемного термического расширения

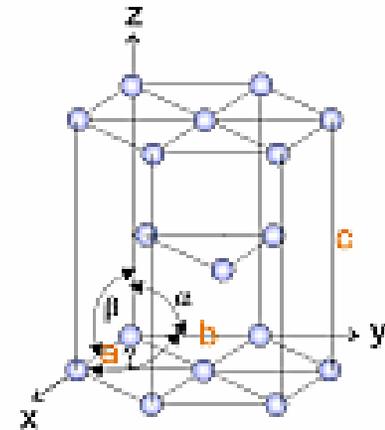
Зависят от температуры!

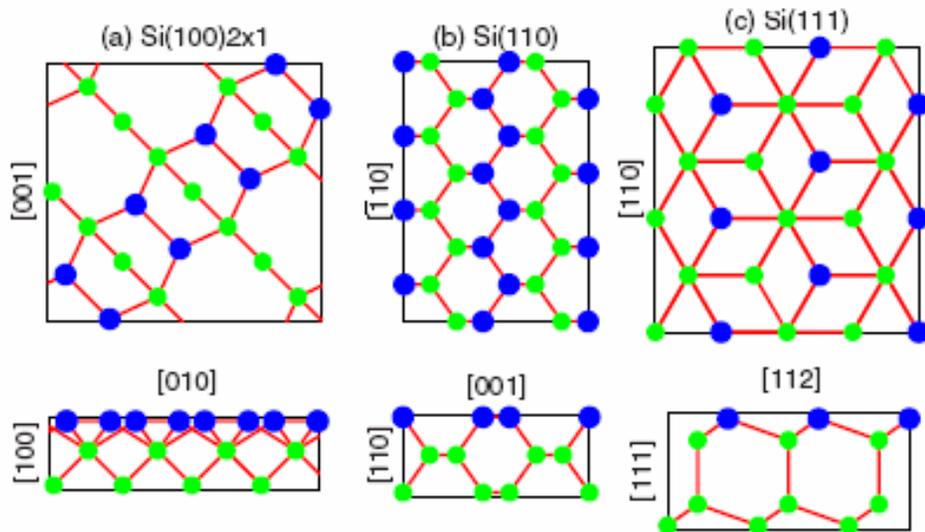
Анизотропия термического расширения

Rare
earth
metal

Expansion $\alpha_i \times 10^6$
($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

	α_a	α_c	α_{poly}
α_{Sc}	7.6	15.3	10.2
α_{Y}	6.0	19.7	10.6
α_{La}	4.5	27.2	12.1



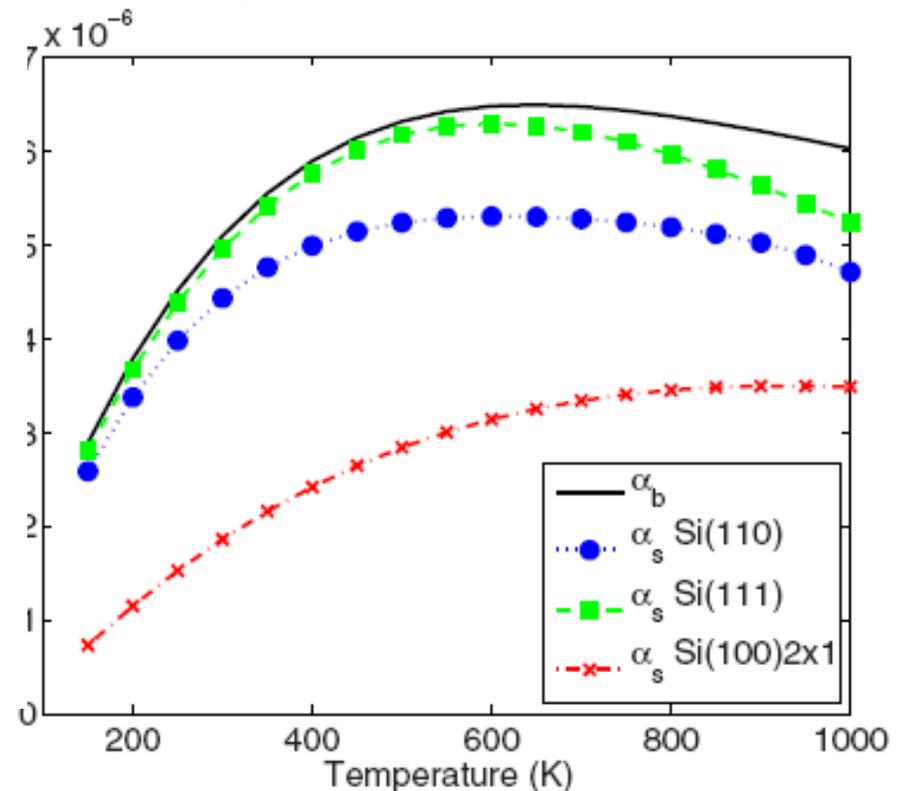
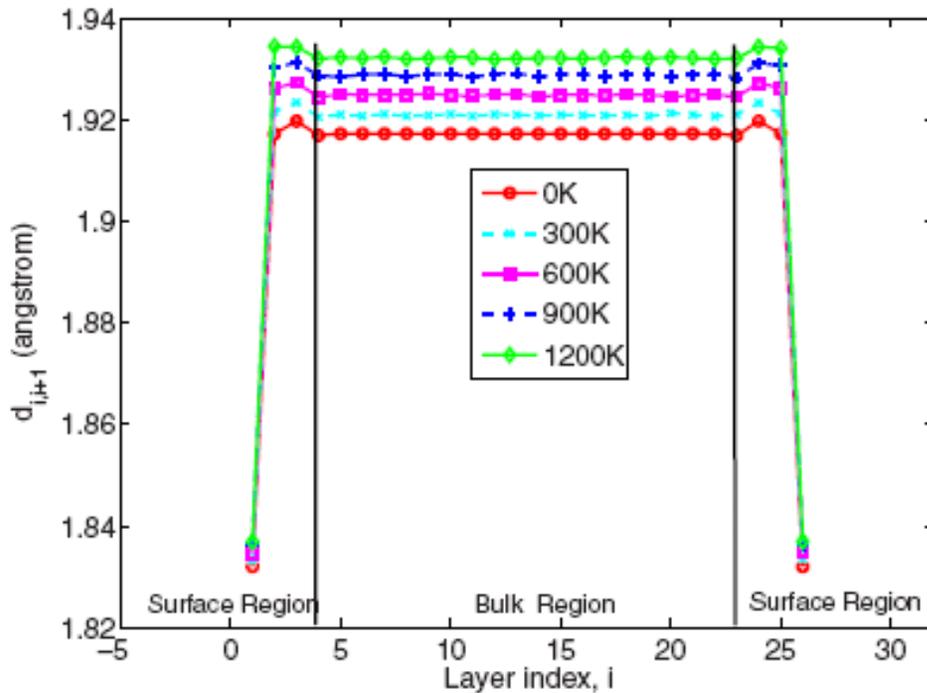


Поверхностная деформация

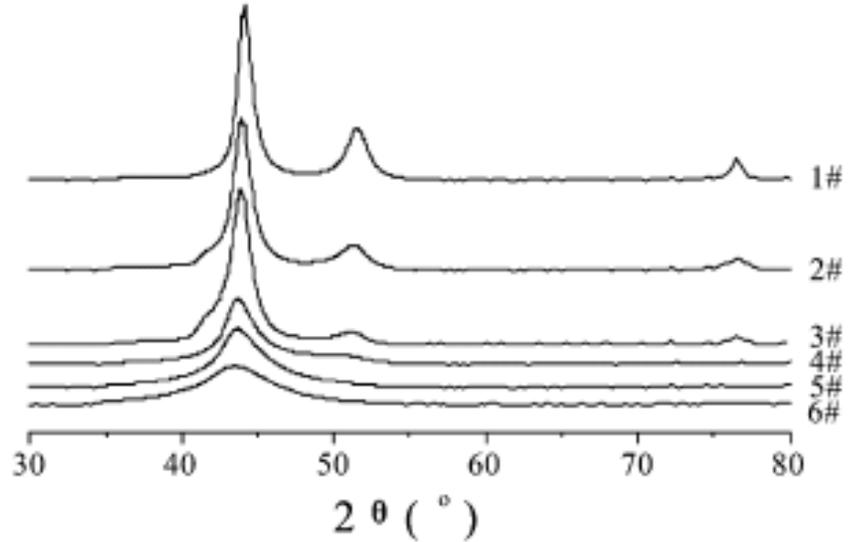
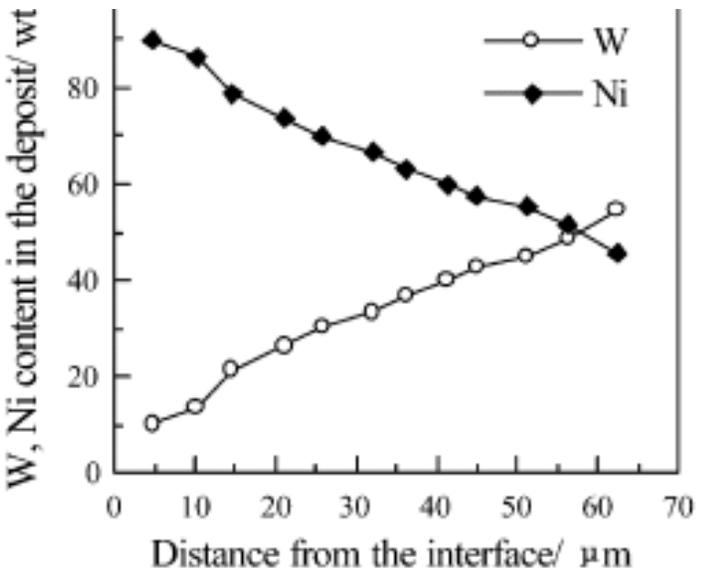
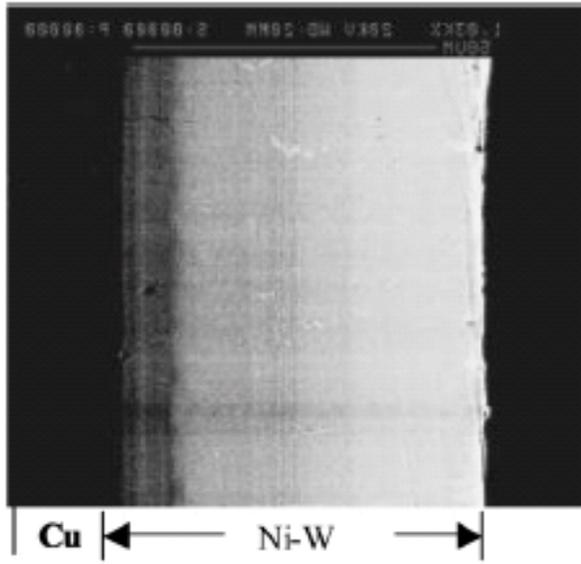
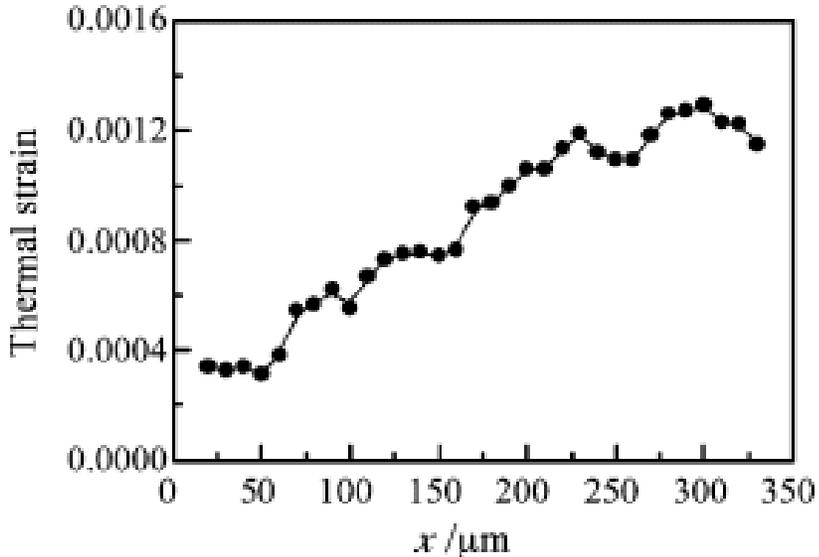


различия коэффициентов
термического расширения
в объеме и тонких пленках

монокристаллический кремний

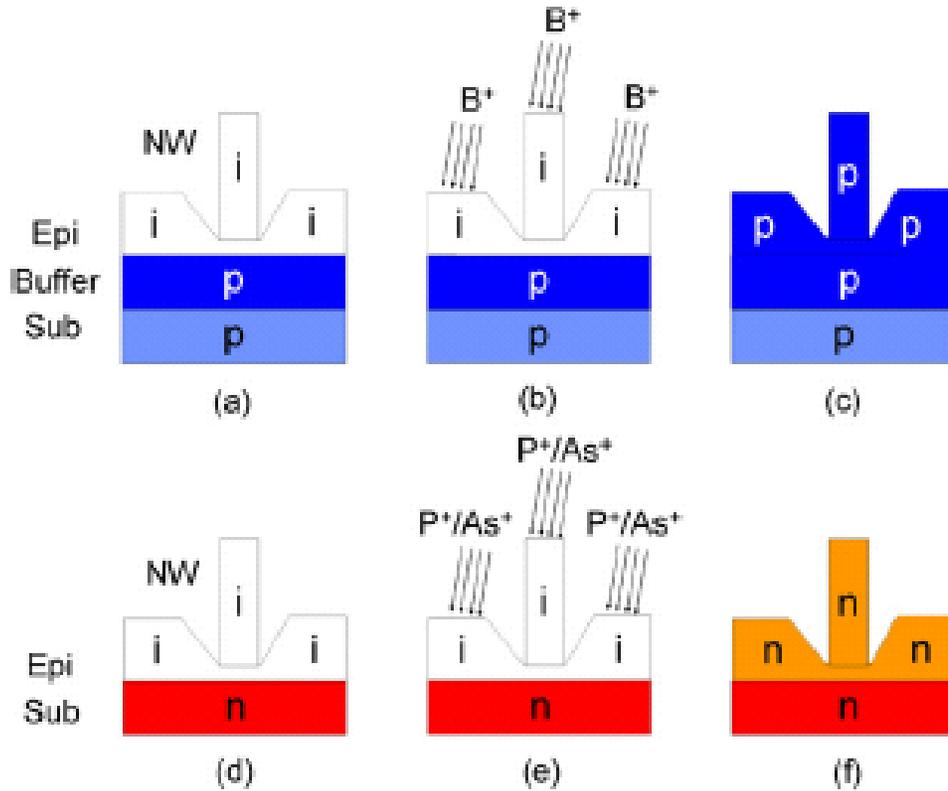


Градиентное осаждение – плавные переходы

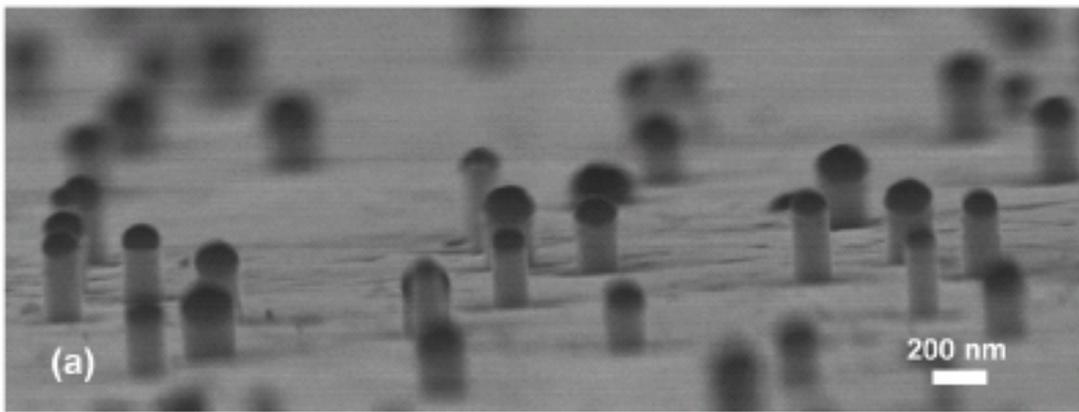
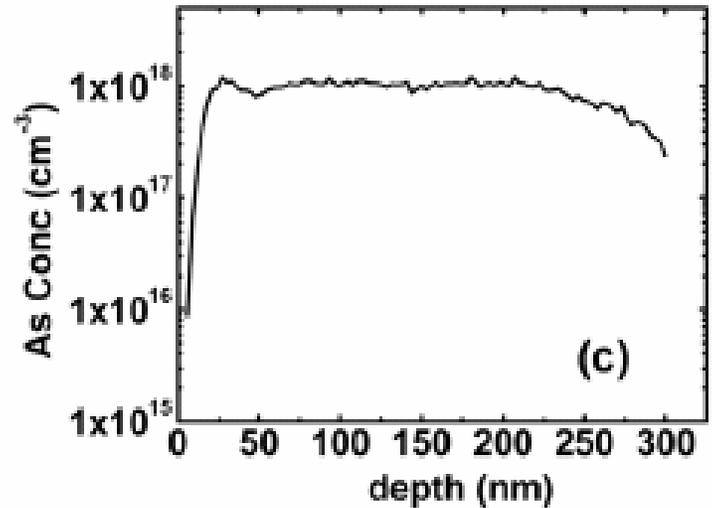
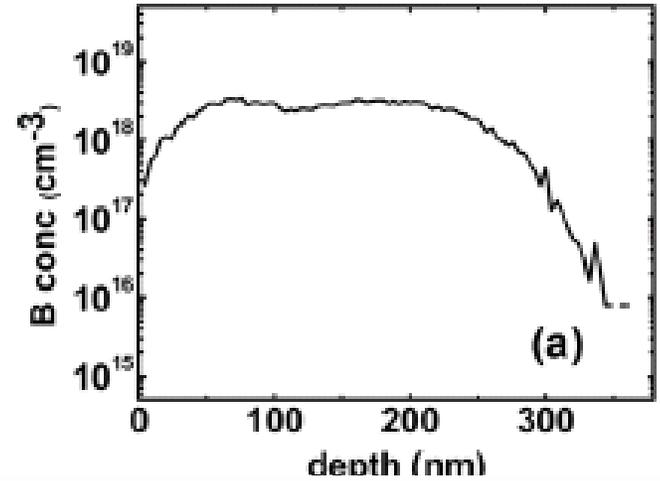


рентгеновская дифракция

Ионная имплантация



Dopant	Energy (keV)	Dose (cm ⁻²)
B	55	3.4×10^{13}
P	140	1.6×10^{14}
As	300	1.7×10^{13}



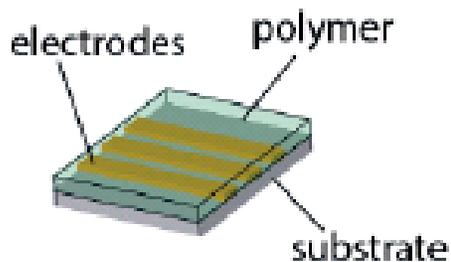
Перенос на полимерной пленке (polymer-assisted lift-off, PALO)

Литография



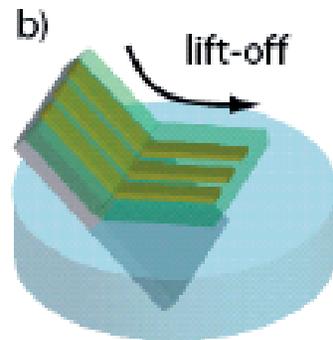
Нанесение гидрофобного полимера

a)

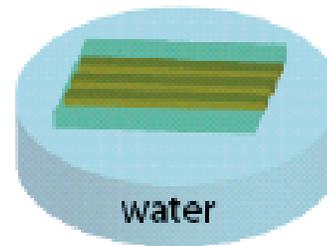


КОН (слабое травление)

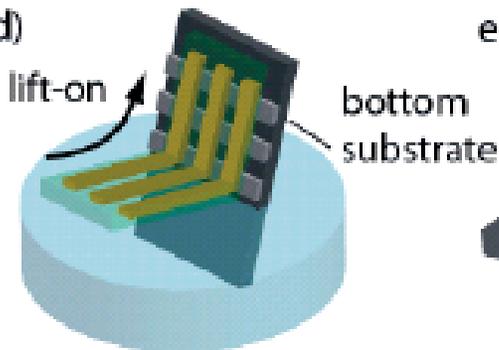
↓



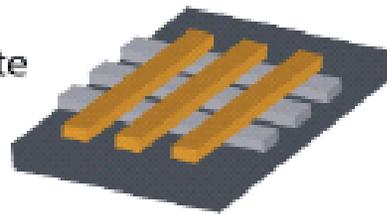
c)



d)

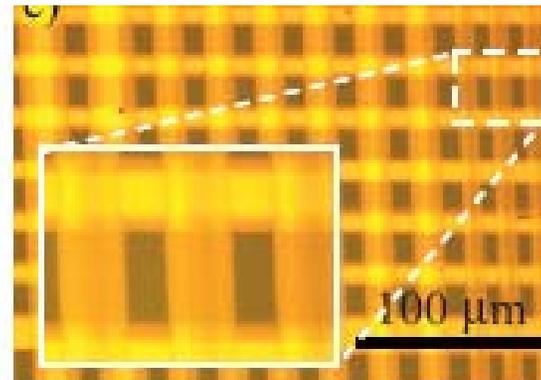
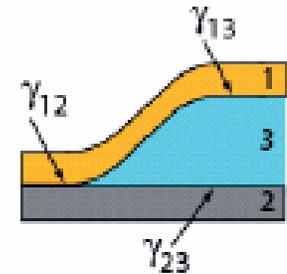


e)

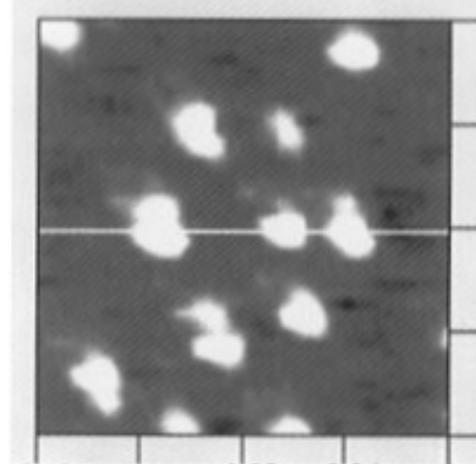
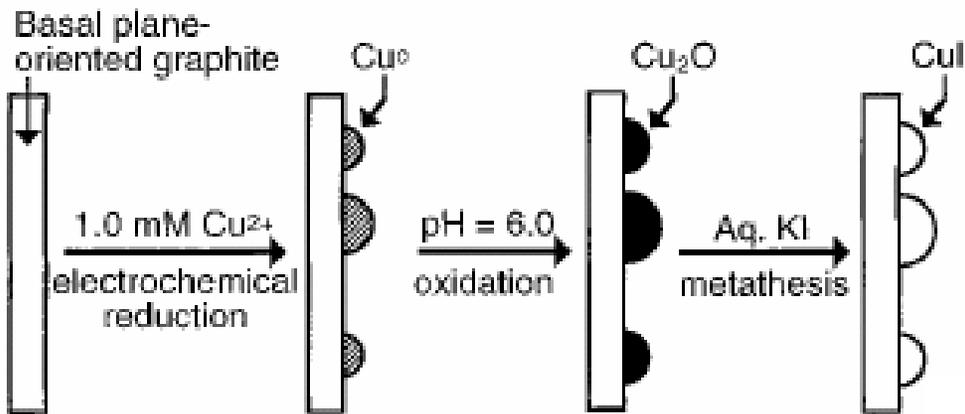


$$W_{123} = \gamma_{13} + \gamma_{23} - \gamma_{12}$$

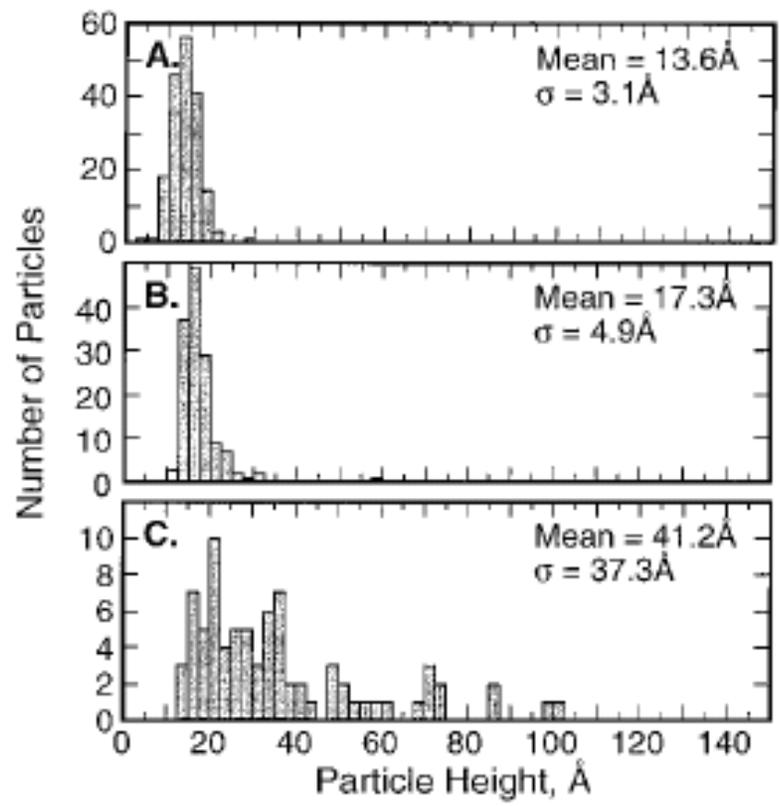
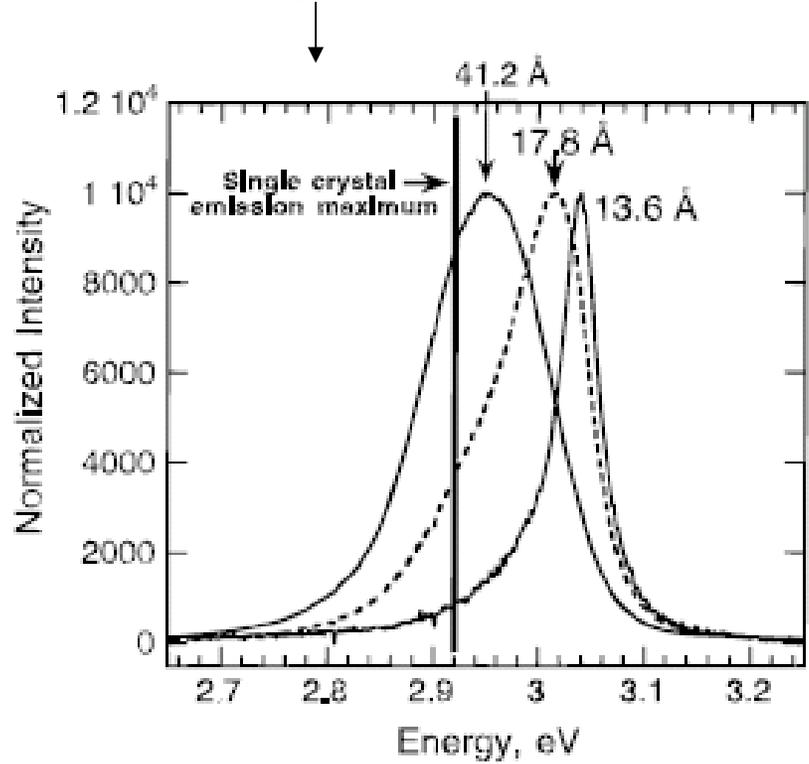
адгезионная энергия



Гибридные «мокрые» методы

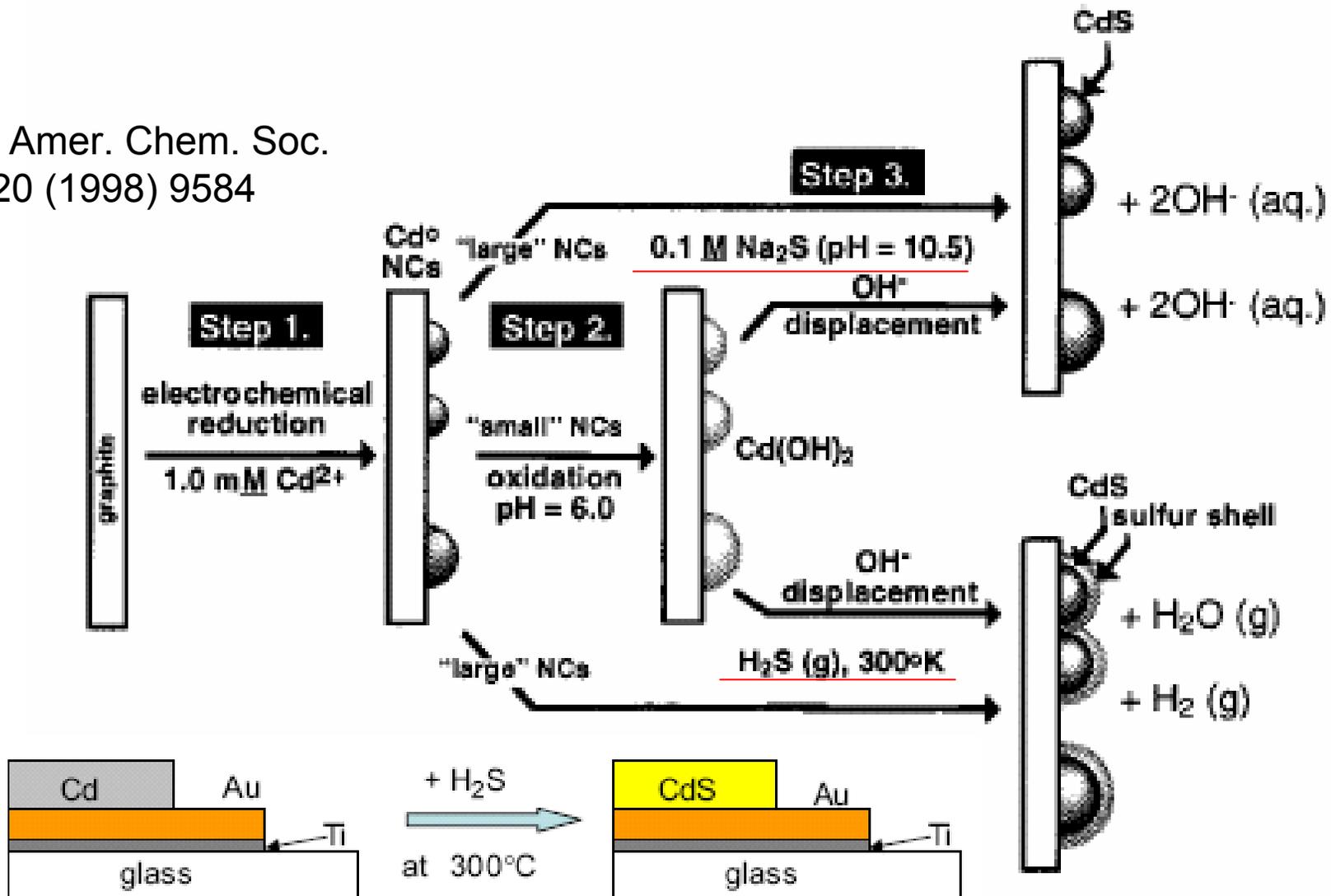


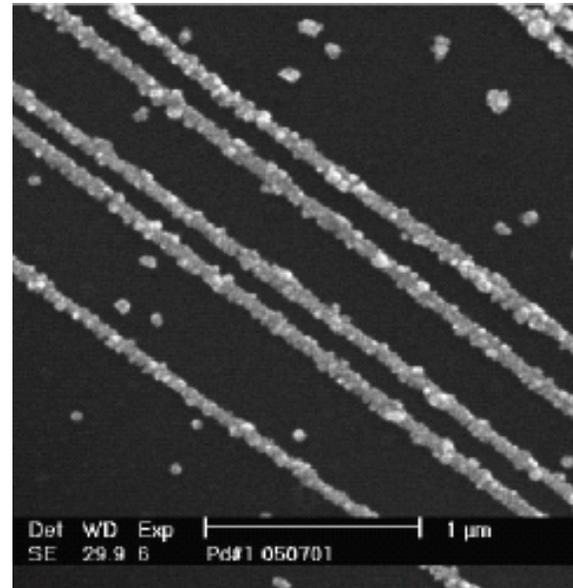
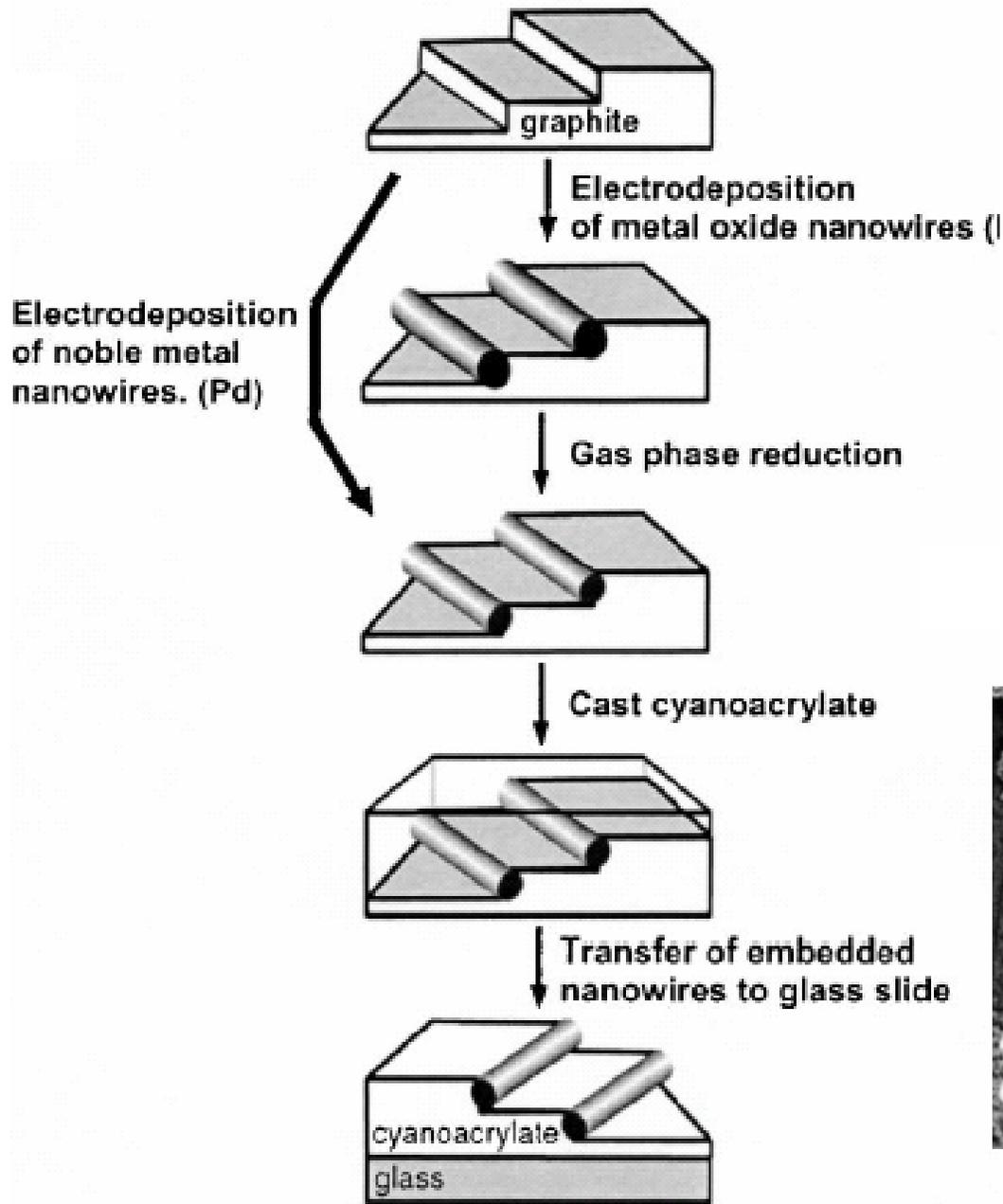
Спектры флуоресценции



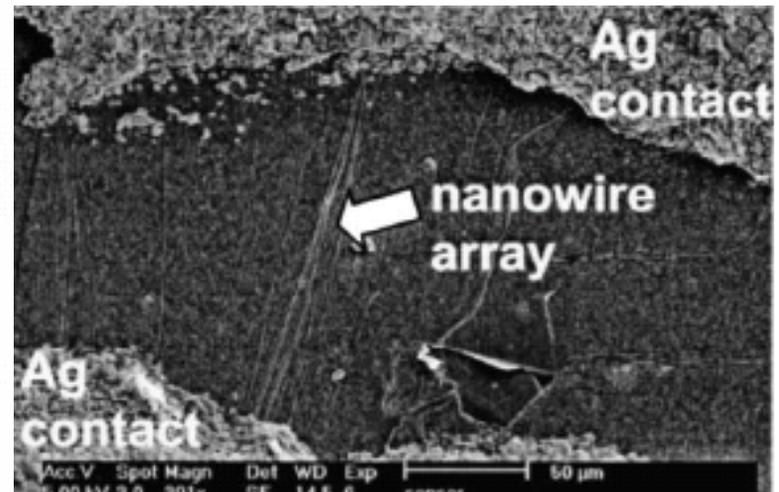
Гибридные «мокрые» методы + стадии в газовой фазе

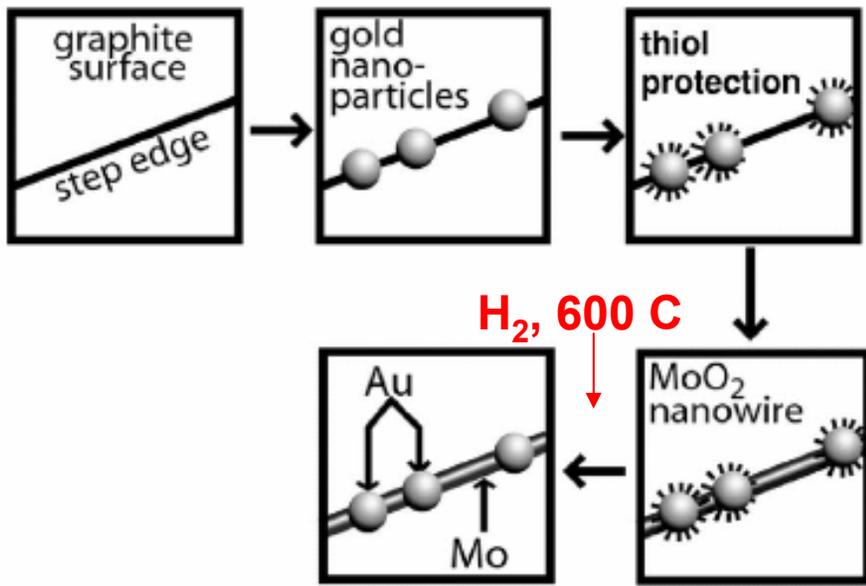
J. Amer. Chem. Soc.
120 (1998) 9584





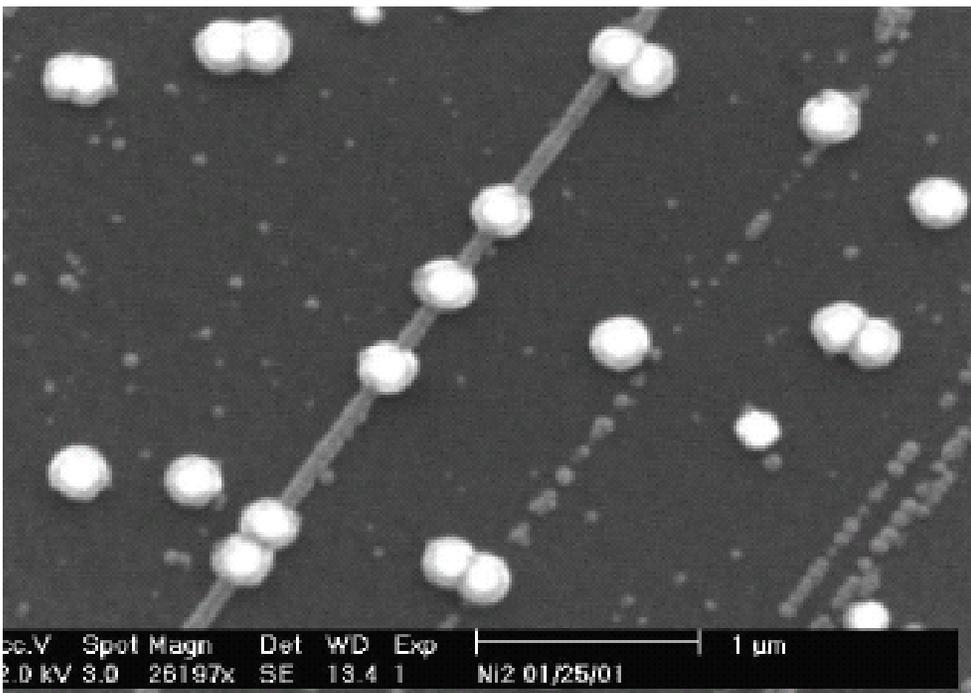
Pd





Графит – матрица, которую не нужно удалять

Графен – подложка, ответственная за физические свойства наноструктур



Au частицы/Mo нити

Последовательное темплатирование

