

Методы иммобилизации малых частиц на твердых подложках

Электрофоретические методы:

- фракционирование
- нанесение

Молекулярная «пришивка»

Иммобилизация, управляемая

- электростатическими взаимодействиями
- гидрофильностью поверхности

Что возможно в конфигурации зондового микроскопа

tsir@elch.chem.msu.ru

Электрофорез - движение заряженных частиц под действием электрического поля

$\chi r \gg 1$ – уравнение Смолуховского:

без учета проводимости частиц

$\chi r < 1$ – уравнение Хюккеля:

$$\mu_e = \frac{\epsilon \epsilon_0 \zeta}{\eta}$$

← дзета-потенциал
← вязкость

$$\mu_e = \frac{2\epsilon \epsilon_0 \zeta}{3\eta}$$

← Зависят от концентрации электролита

ПОДВИЖНОСТЬ → $\mu_p = \frac{z}{6\pi\eta r}$ ← стоксовский радиус

Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ

Главная > образование > Список курсов

Коллоидные системы

IV курс, VII семестр, общий курс.

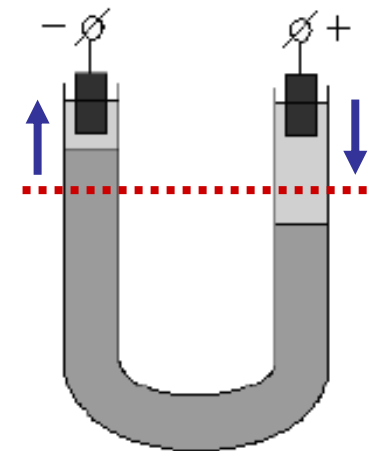
Обязательный курс

36 часов.

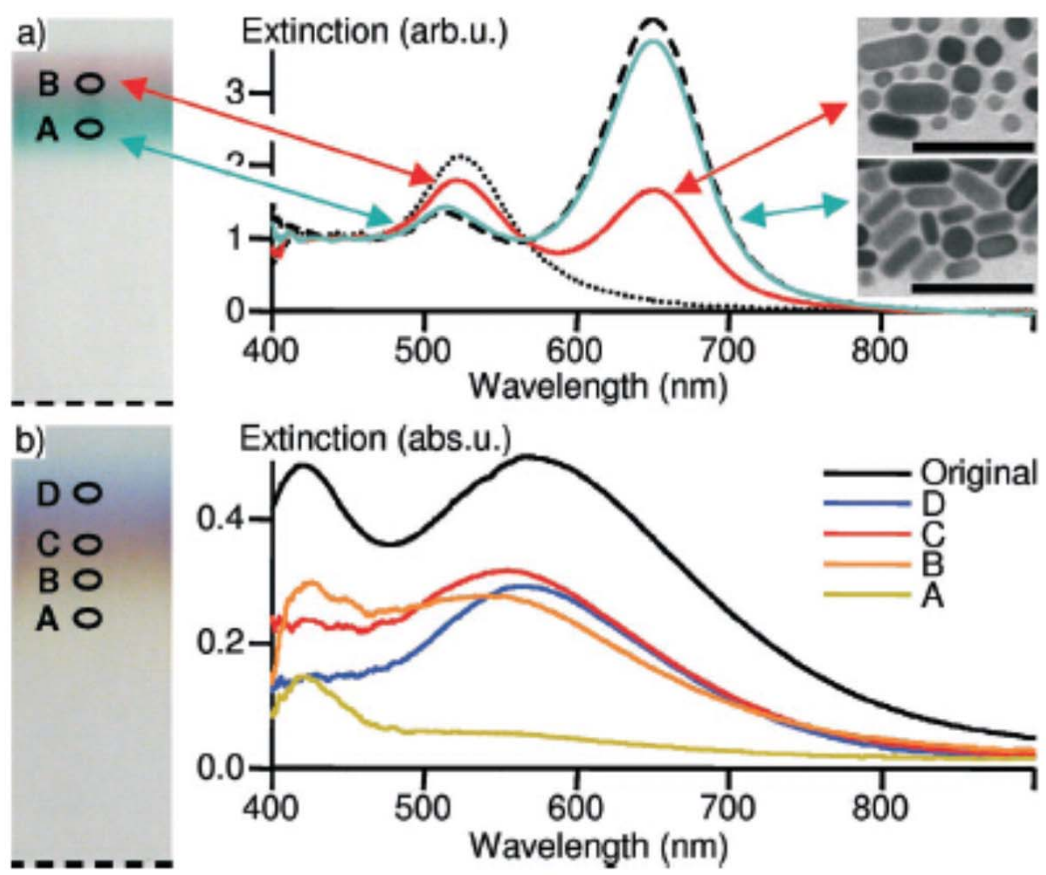
Проф., д.ф.м.н. [О.И.Виноградова](#) (физический факультет МГУ и ИФХЭ РАН).

Программа курса.

Наука о коллоидах и поверхностях (Colloid and Interface Science в англоязычной литературе) изучает микро- и наногетерогенные системы, в которых взаимодействия между фазами и/или явления на межфазной границе являются доминирующим аспектом поведения. Коллоидными системами является большинство окружающих нас объектов, от агропочв, пищевых продуктов, косметики и лекарств, до биологических клеток. Цель курса — дать междисциплинарное представление об основных явлениях, определяющих поведение таких систем и лежащих в основе современных нанотехнологических приложений. В курс включены разделы, посвящённые термодинамике поверхности, капиллярности и смачиванию, гидродинамике тонких плёнок, межфазным транспортным явлениям, поверхностным силам, устойчивости коллоидов и тонких плёнок, мицеллам, эмульсиям и пенам, адгезии. Курс

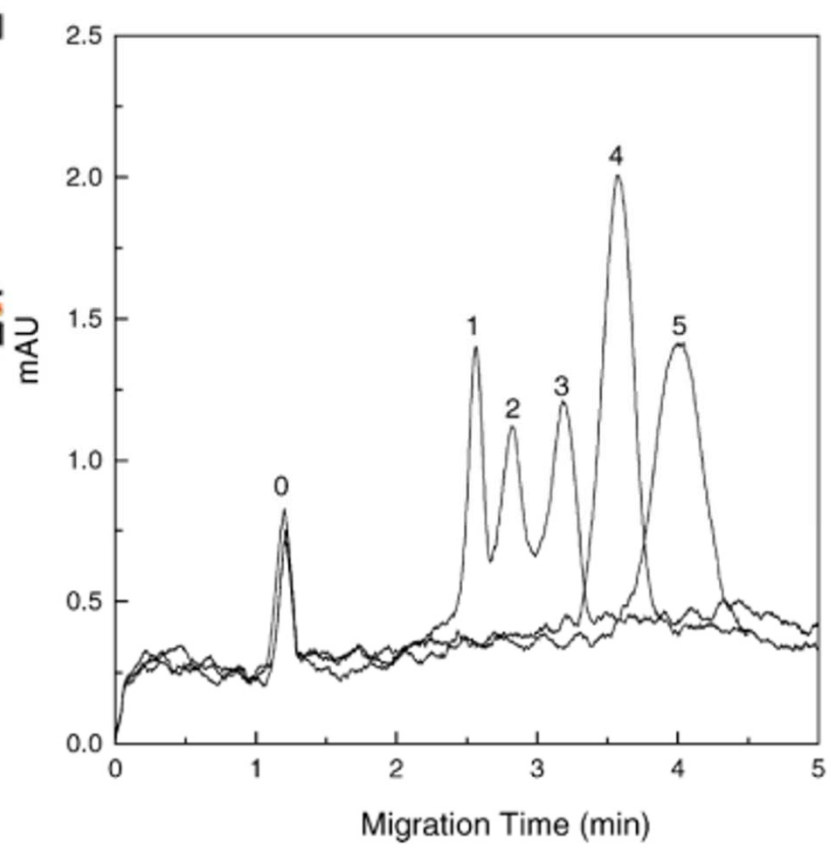


Электрофоретическое фракционирование малых частиц



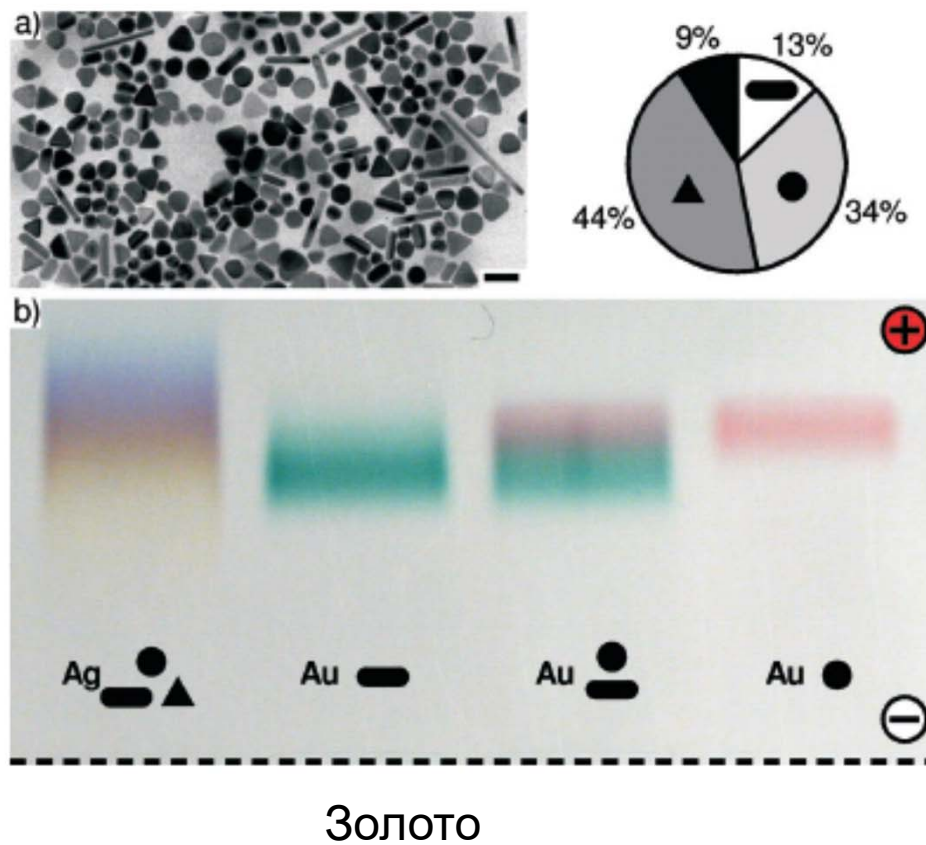
Детекция:

- УФ-видимая спектроскопия
- флюоресценция

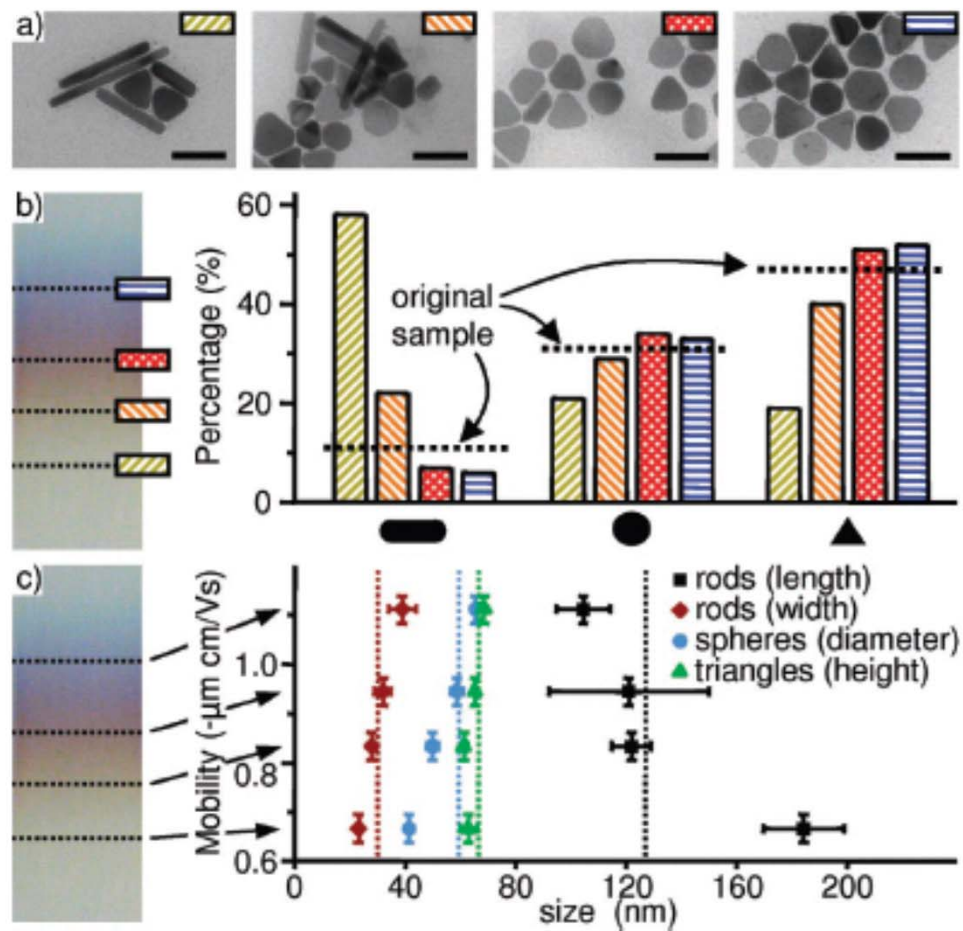


Капиллярный электрофорез

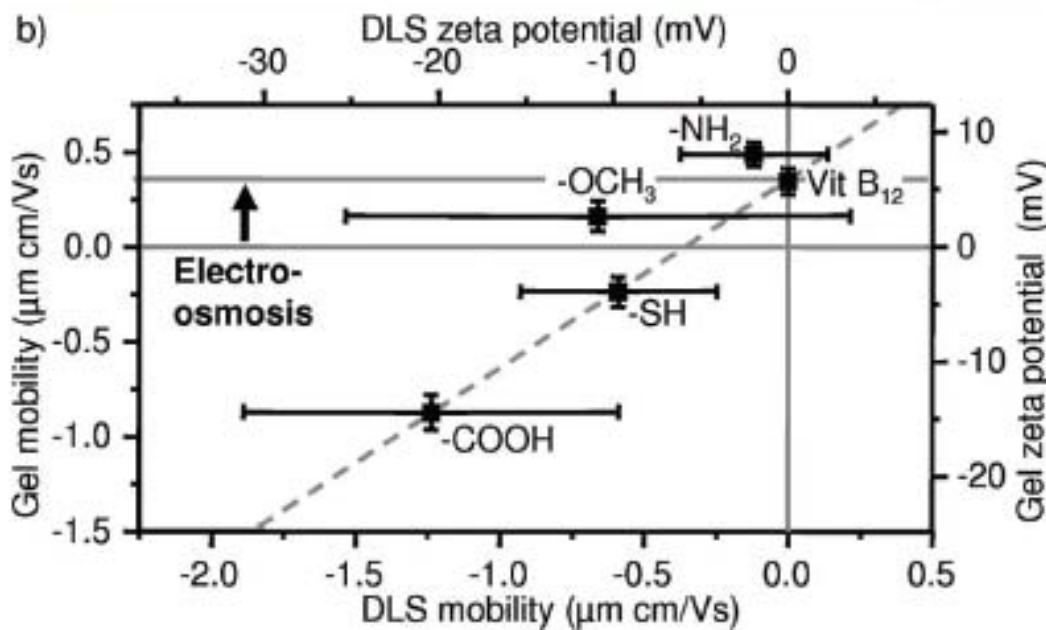
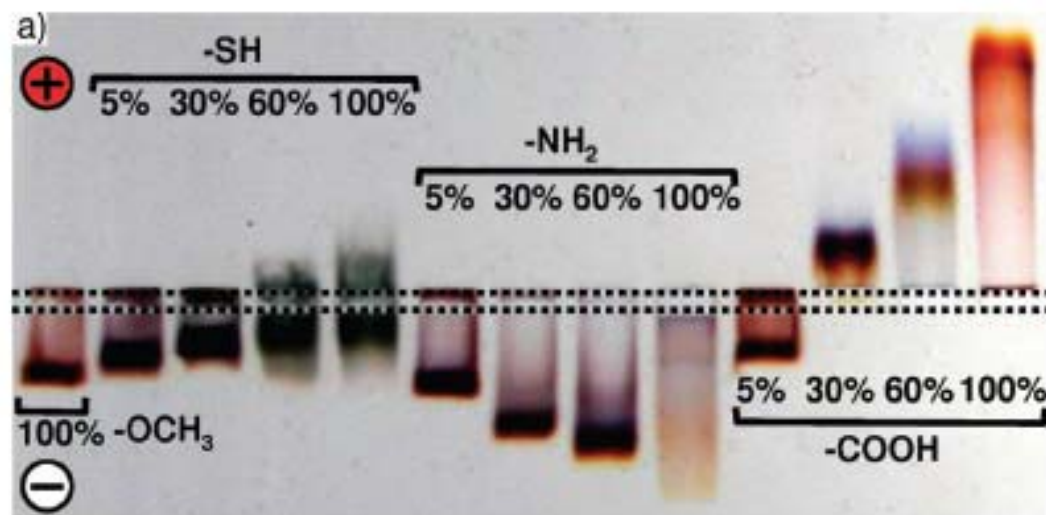
Разделение частиц по форме



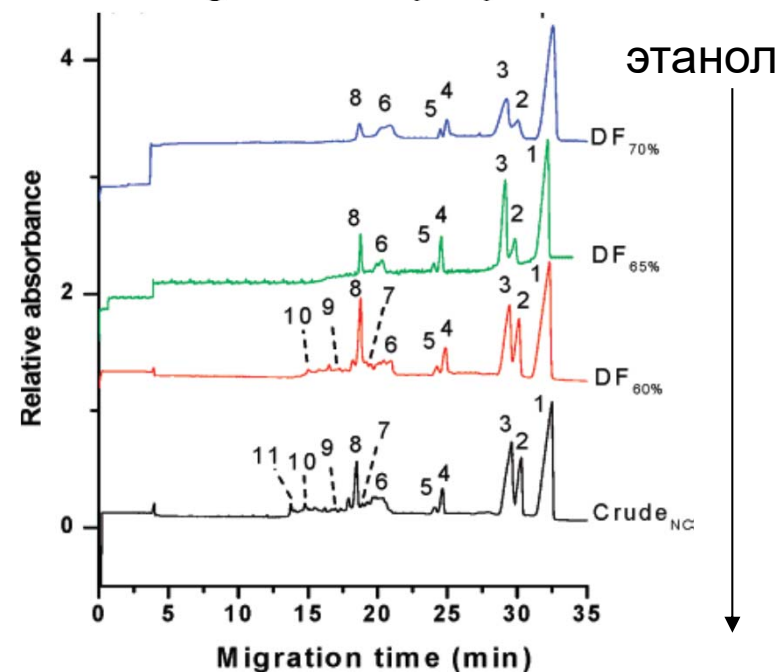
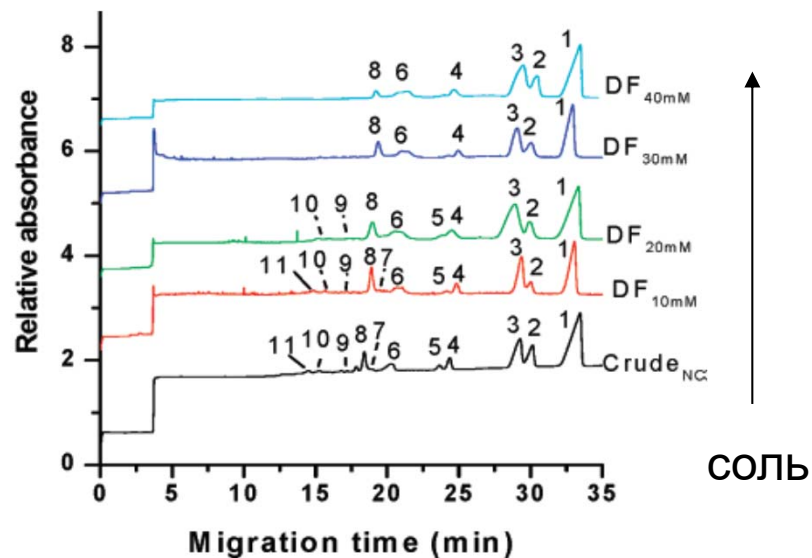
Серебро



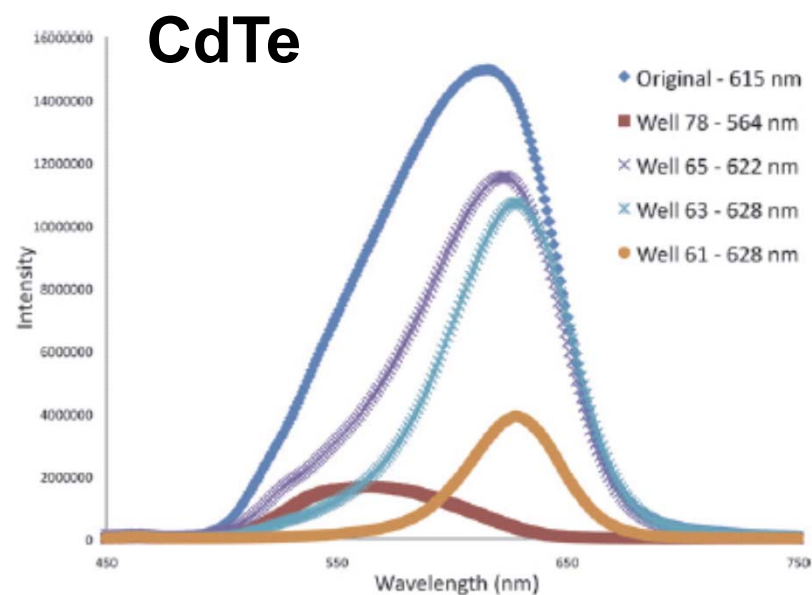
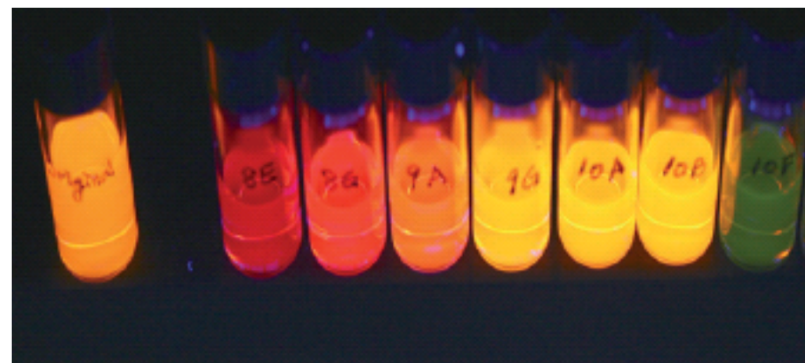
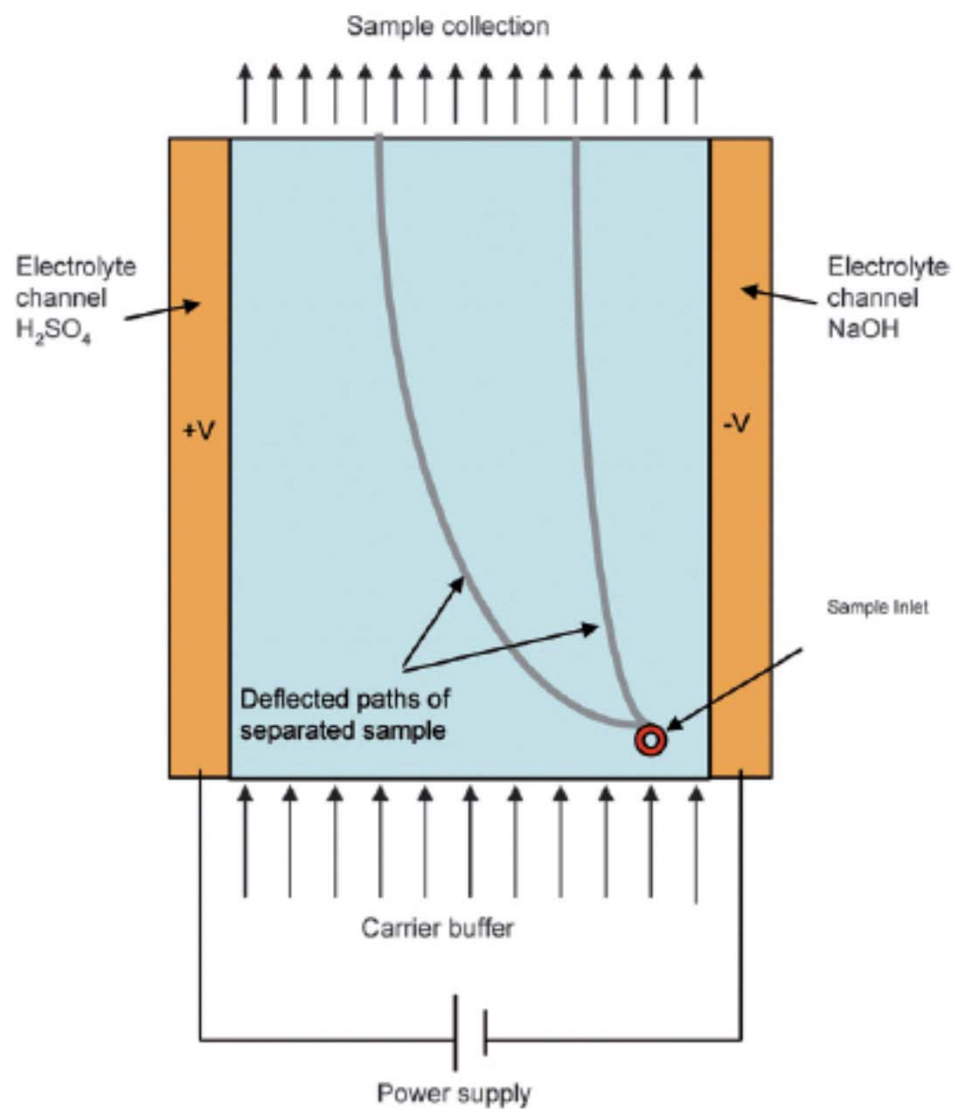
Разделение частиц по составу стабилизатора



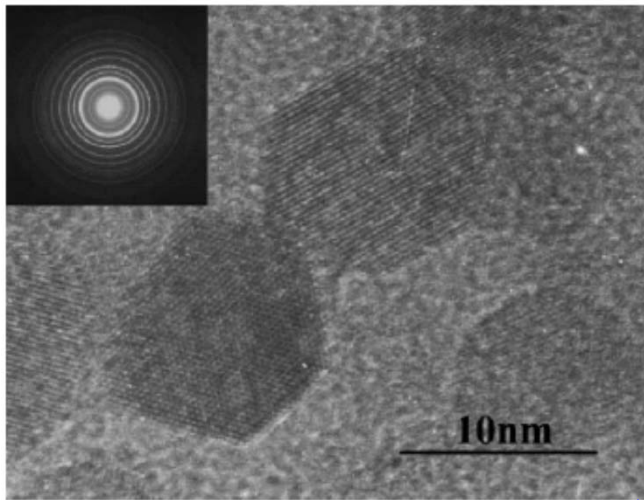
Влияние концентрации электролита и среды



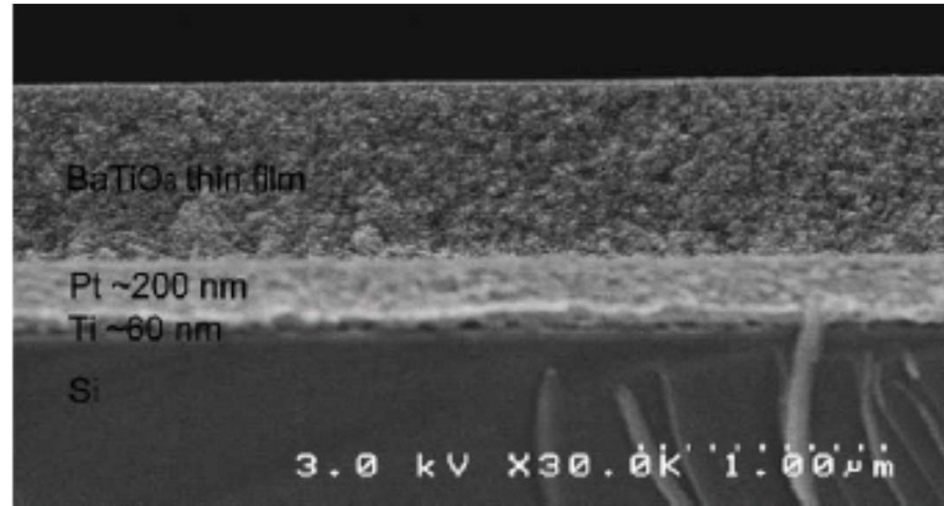
Free flow электрофорез – по нормали к направлению поля



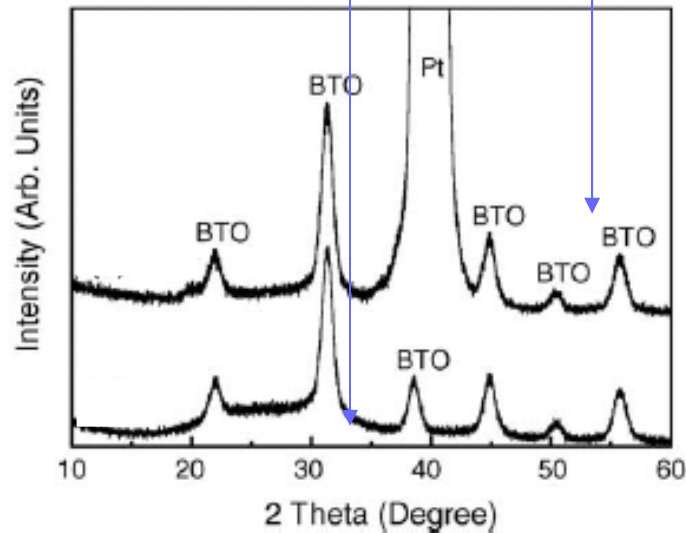
Электрофоретическое нанесение малых частиц



~10 V
→



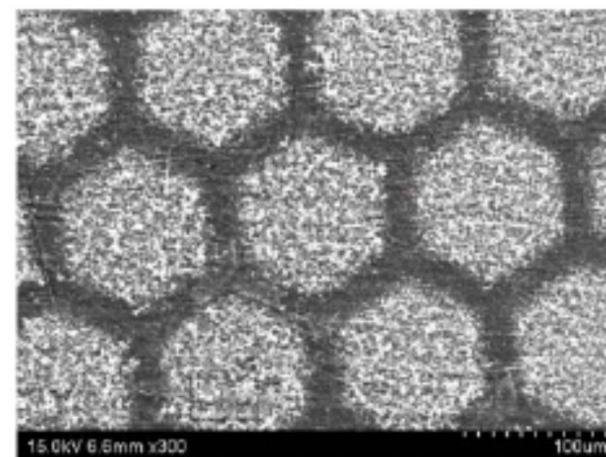
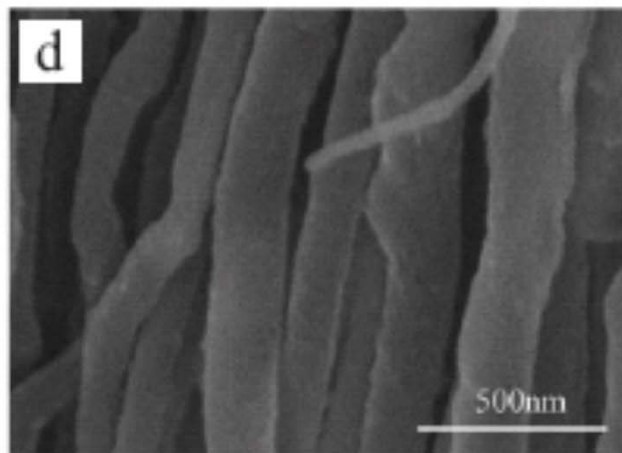
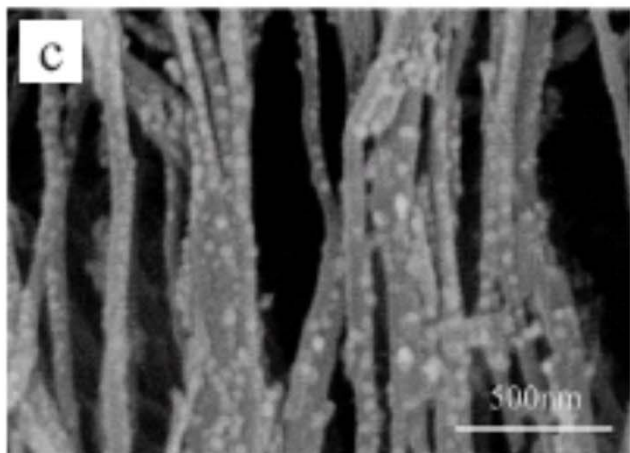
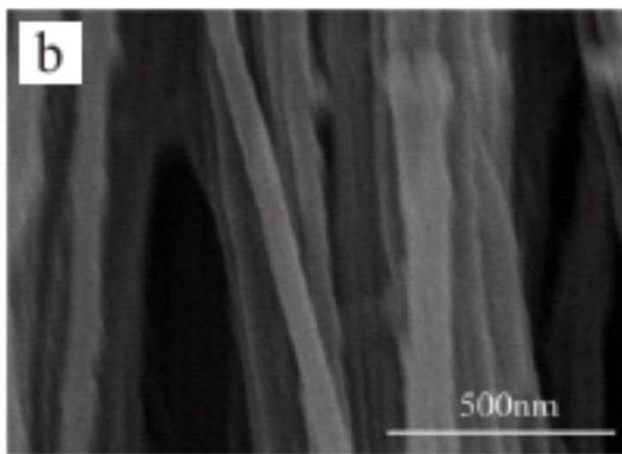
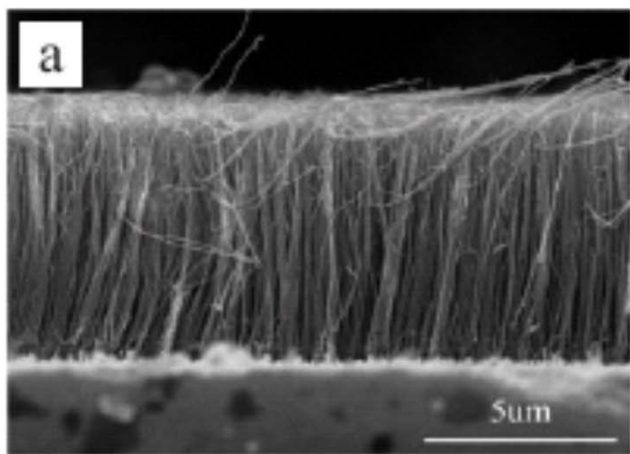
Суспензия титаната бария
в воде



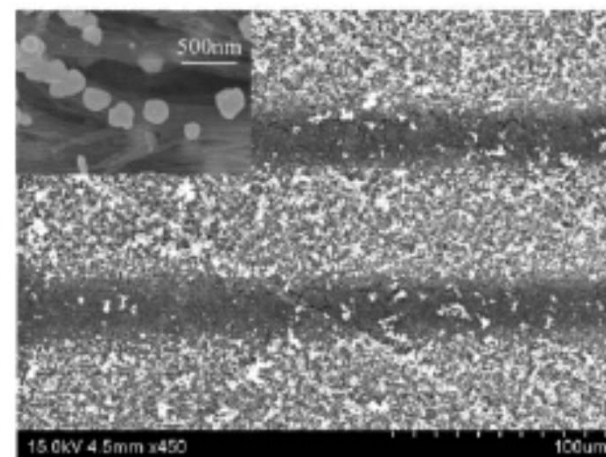
- возможность нанесения на изделия сложной формы
- низкие энергозатраты
- предварительный контроль размера частиц

Электрофоретическое нанесение на изделия очень сложной формы

Диоксид титана/углеродные нанотрубки
для коаксиальных проводов



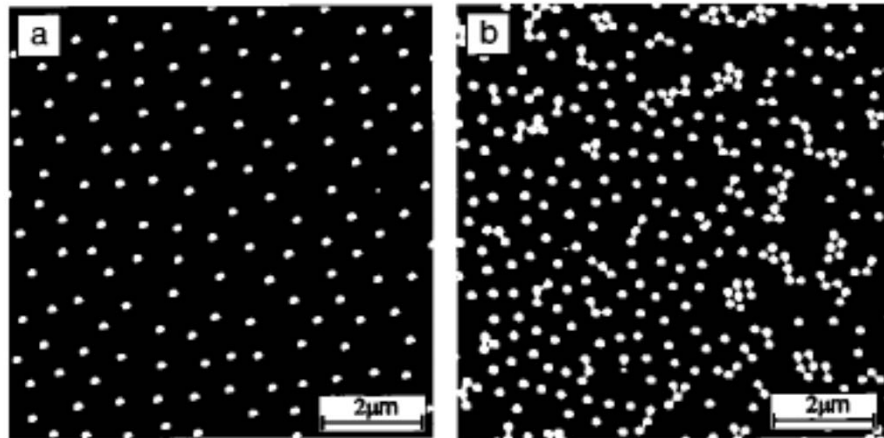
a



Adv. Mater.
19 (2007) 1239

Степень заполнения поверхности при электрофоретическом осаждении

Экранирование отталкивания



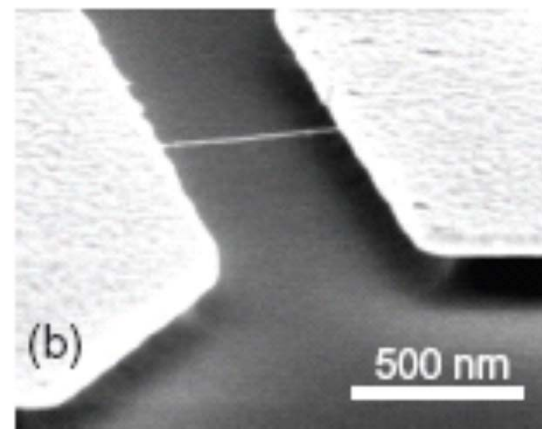
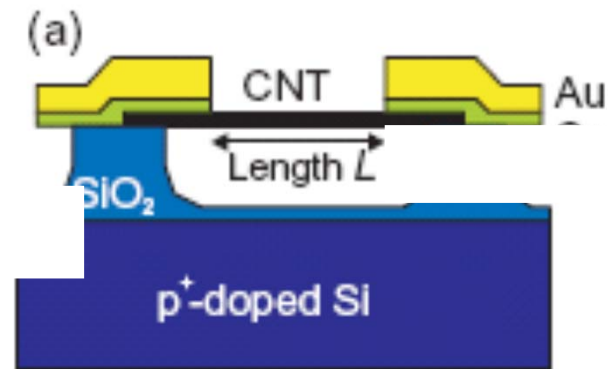
0.01 mM 0.1 mM
(концентрация электролита)

Langmuir 14 (1998) 5127

Альтернатива – нанесение определенных порций коллоида механически

↓
**Единичные
нанообъекты**

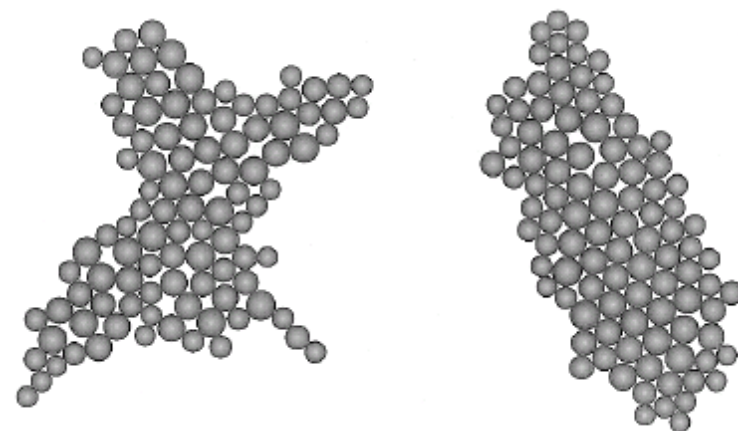
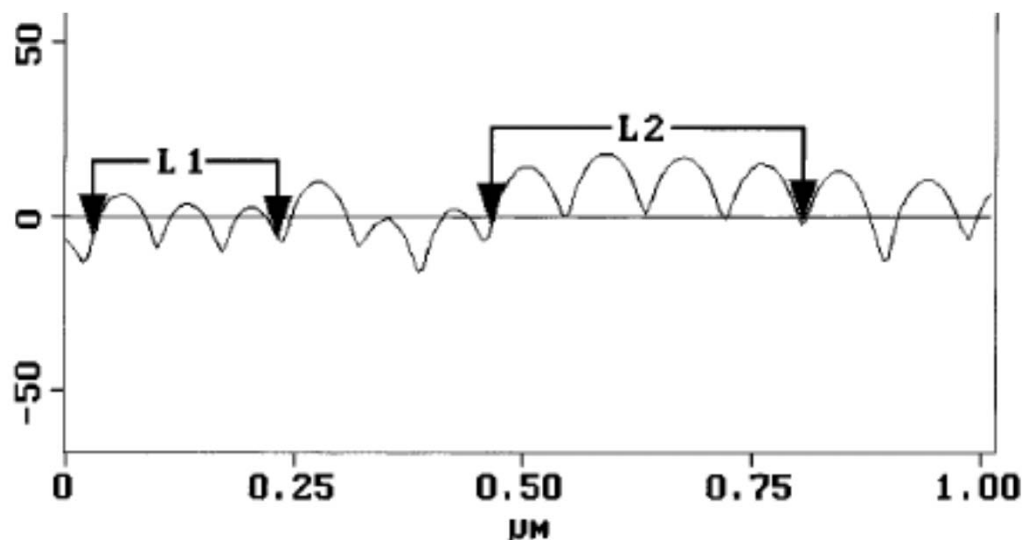
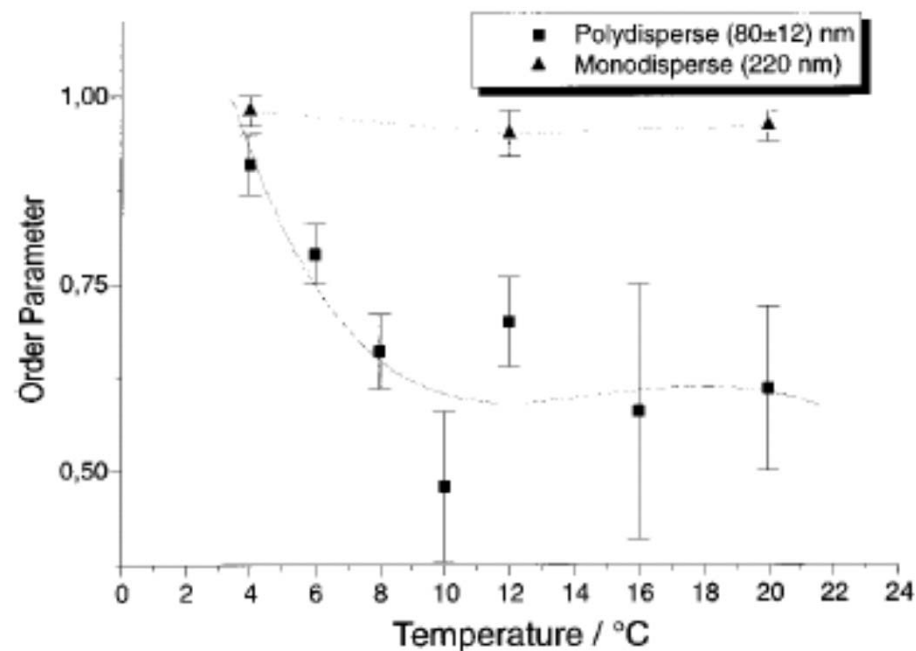
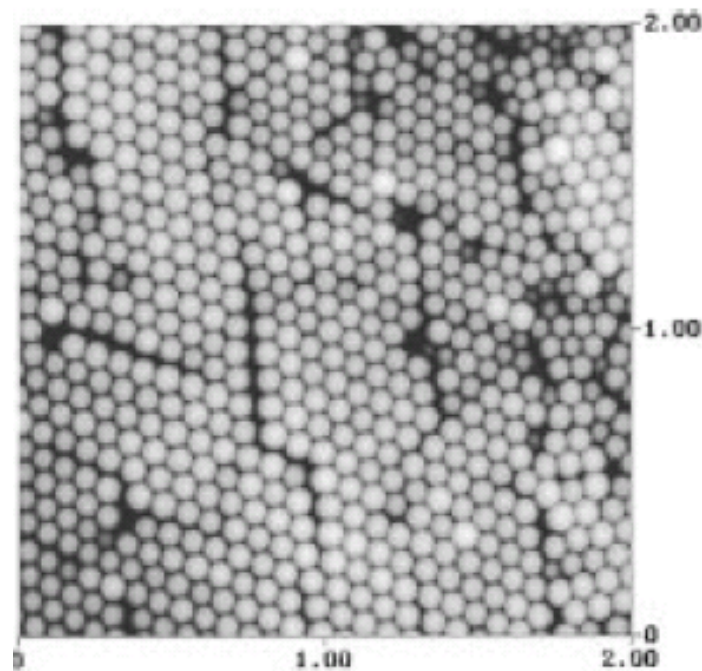
↓
**Плотные
монослои**



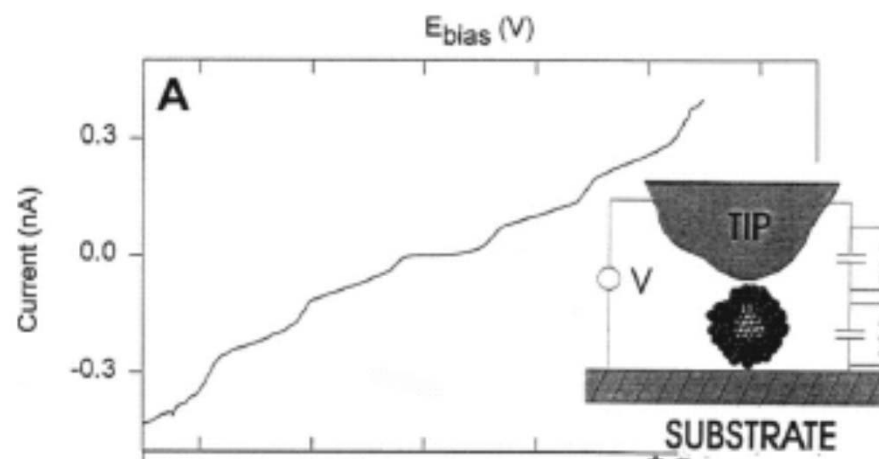
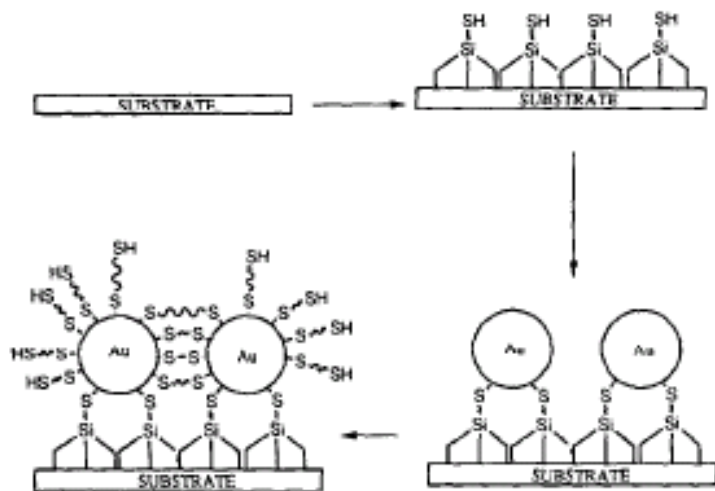
Углеродные нанотрубки из суспензии

New J. Phys. 10 (2008) 095003

Упорядочение частиц механически нанесенного коллоида при испарении растворителя



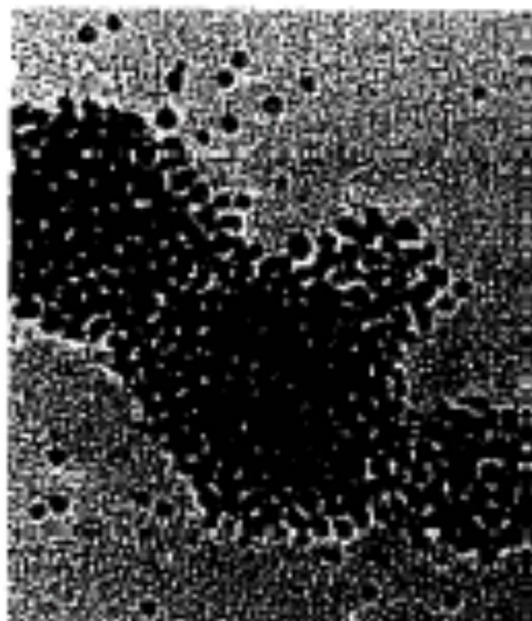
Иммобилизация при погружении подложки в коллоидный раствор. «Пришивка» тиолами.



Chem. Rev. 108 (2008) 2688

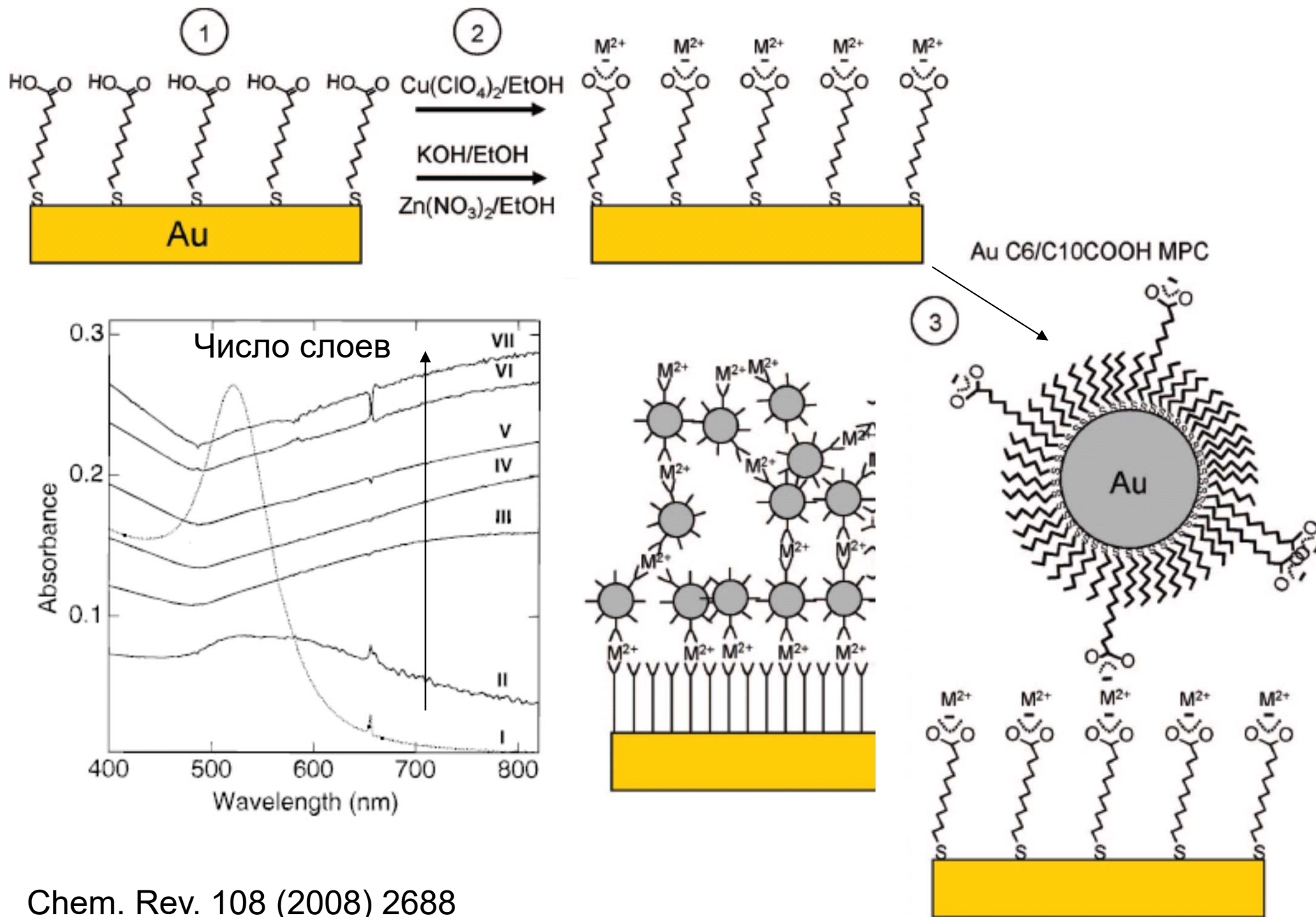
Стратегии:

- поверхность - тиол – частица – тиол
- частица – дитиол – поверхность -.....



J. Electroanal. Chem. 409 (1996) 187

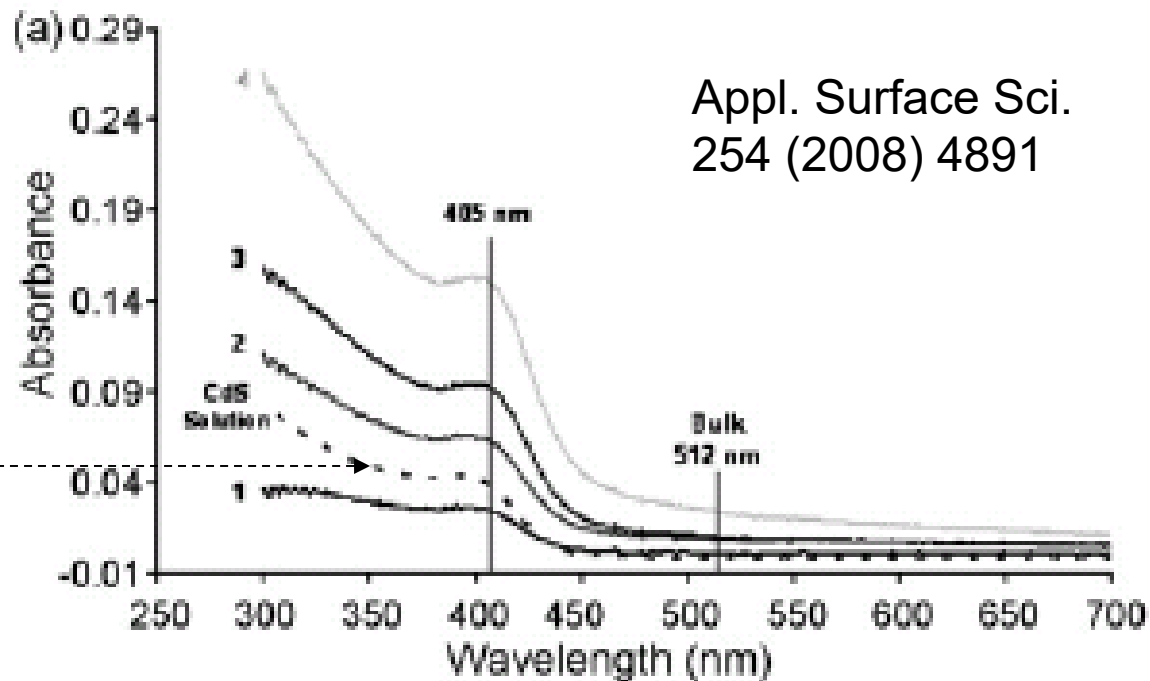
Электростатическая «пришивка»



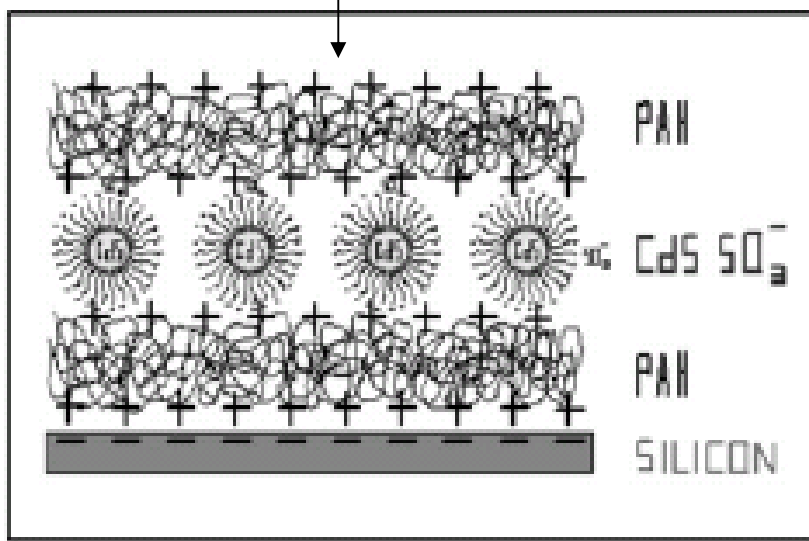
Электростатическая самоорганизация

Иммобилизованные частицы (указано число слоев) →

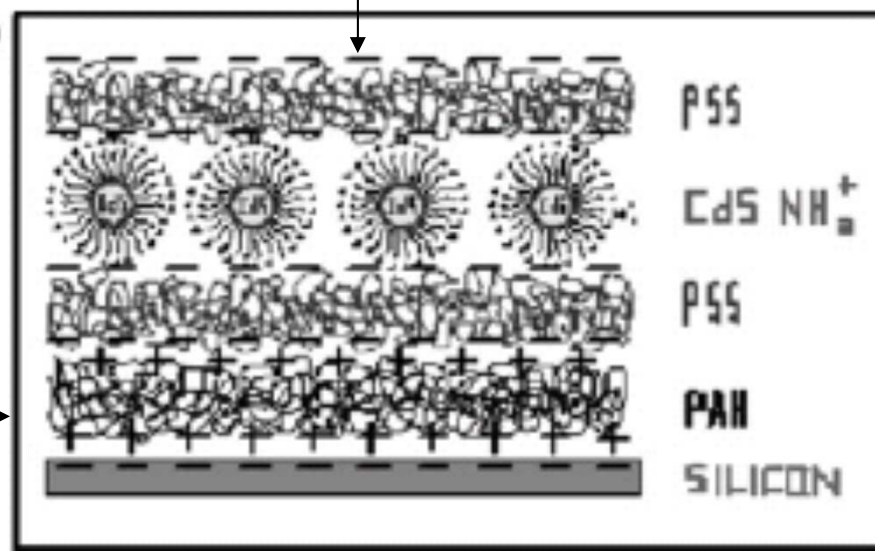
Спектр коллоидного раствора



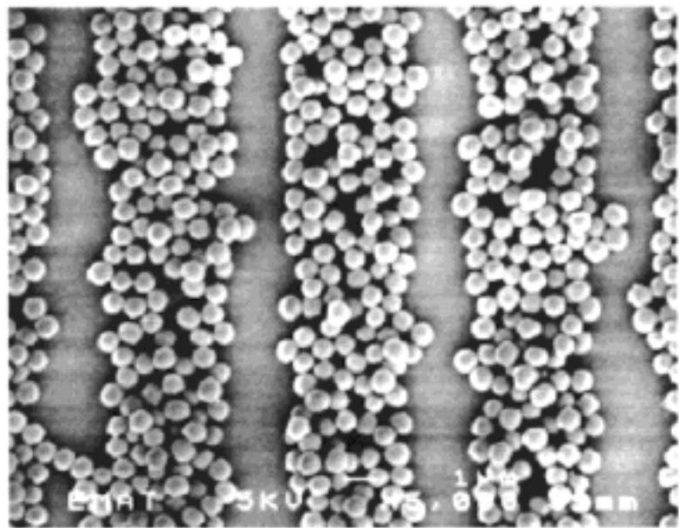
Поли(аллиламин)



Поли(стирол-сульфонат)

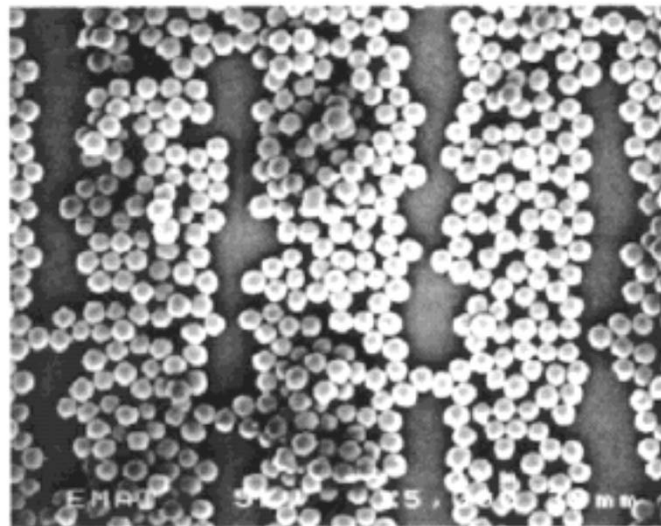


Конкуренция ионов и частиц за заряженные группы



Нет электролита

5 μm

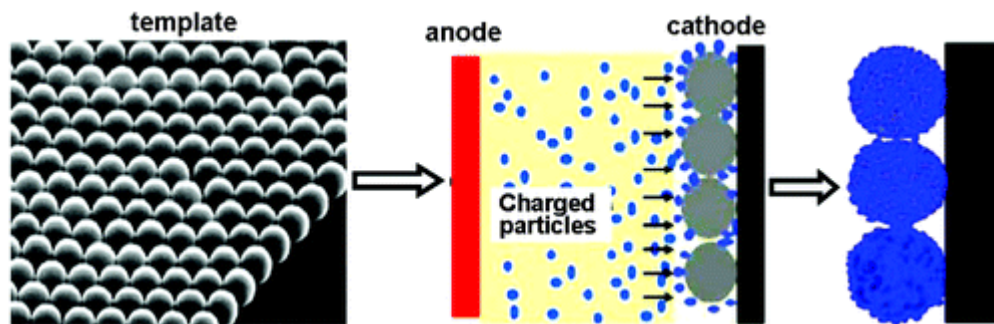


Есть электролит (NaCl)

5 μm

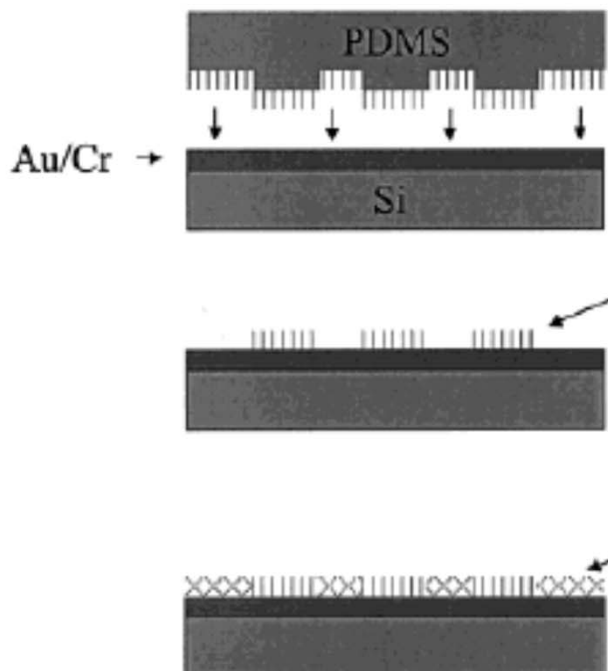
Langmuir 16 (2000) 7825

Темплатирование слоями сфер (hollow sphere arrays, HSA)



Langmuir 25 (2009) 6287

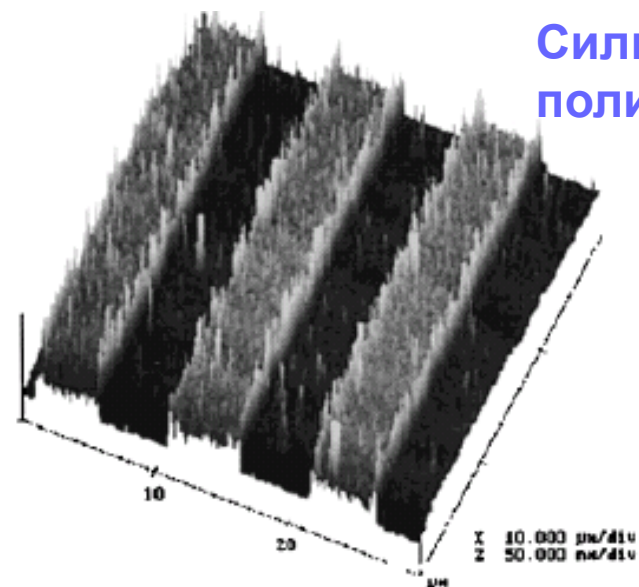
Технология и ее оптимизация



Pattern transfer by stamping

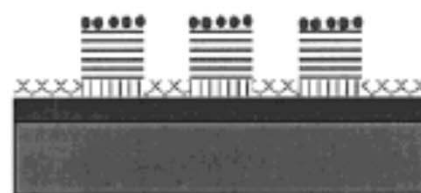
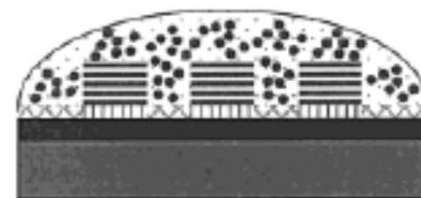
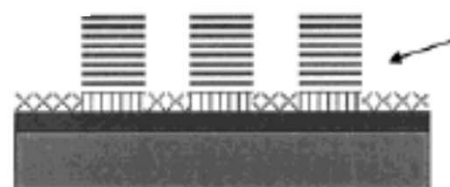
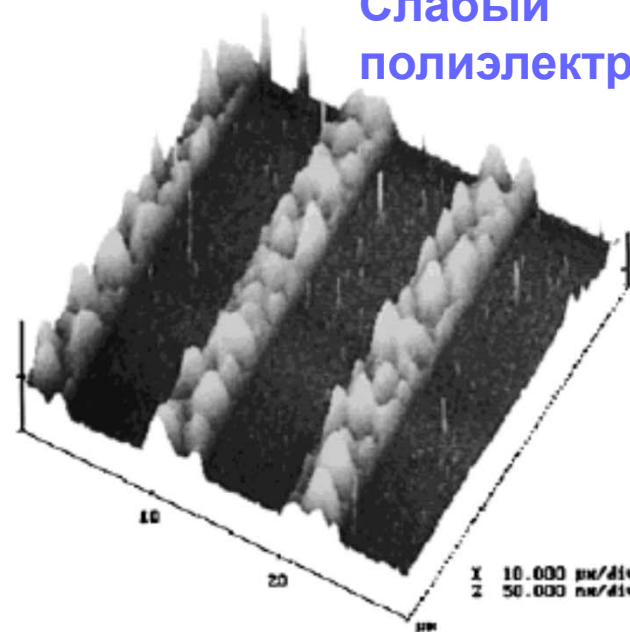
Thiol 16-mercaptohexadecanoic acid (COOH), adhesion-promoting

11-mercaptoundecanoic triethyleneglycol (EG) SAM, adhesion resisting



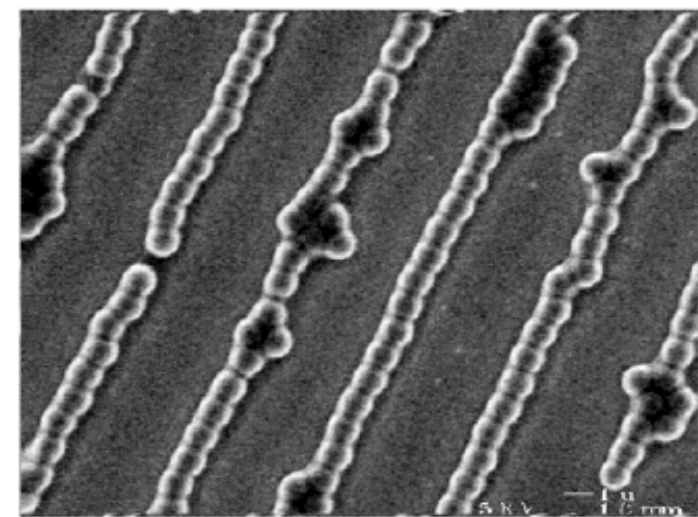
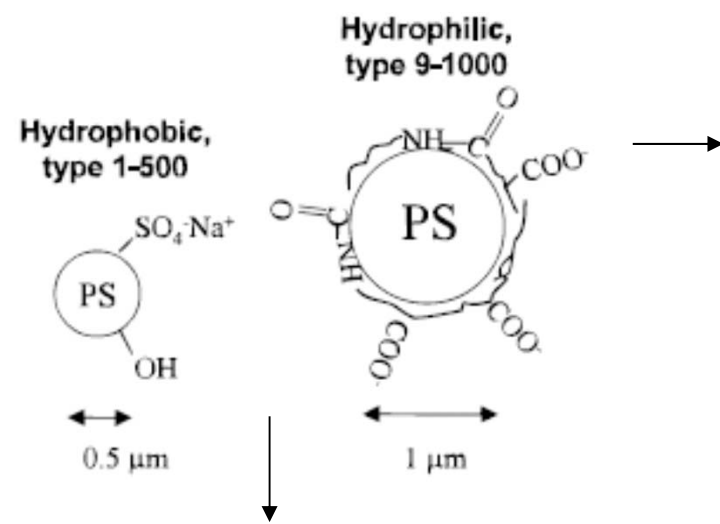
Сильный полиэлектролит

Слабый полиэлектролит



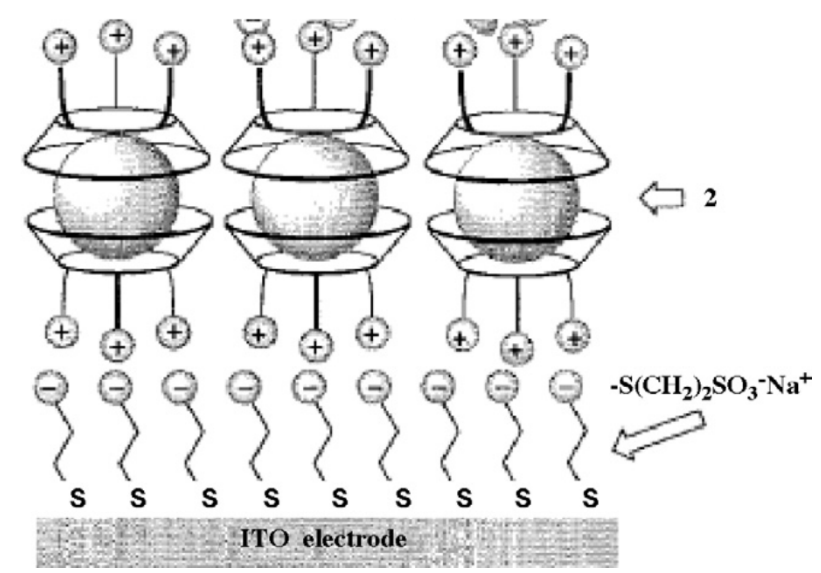
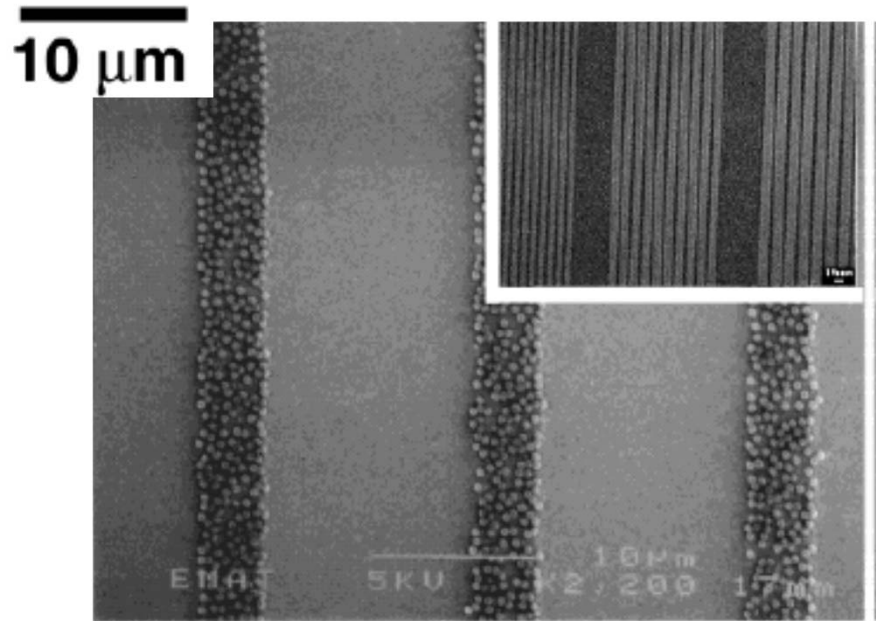
Технологические приемы

Функционализация латекса

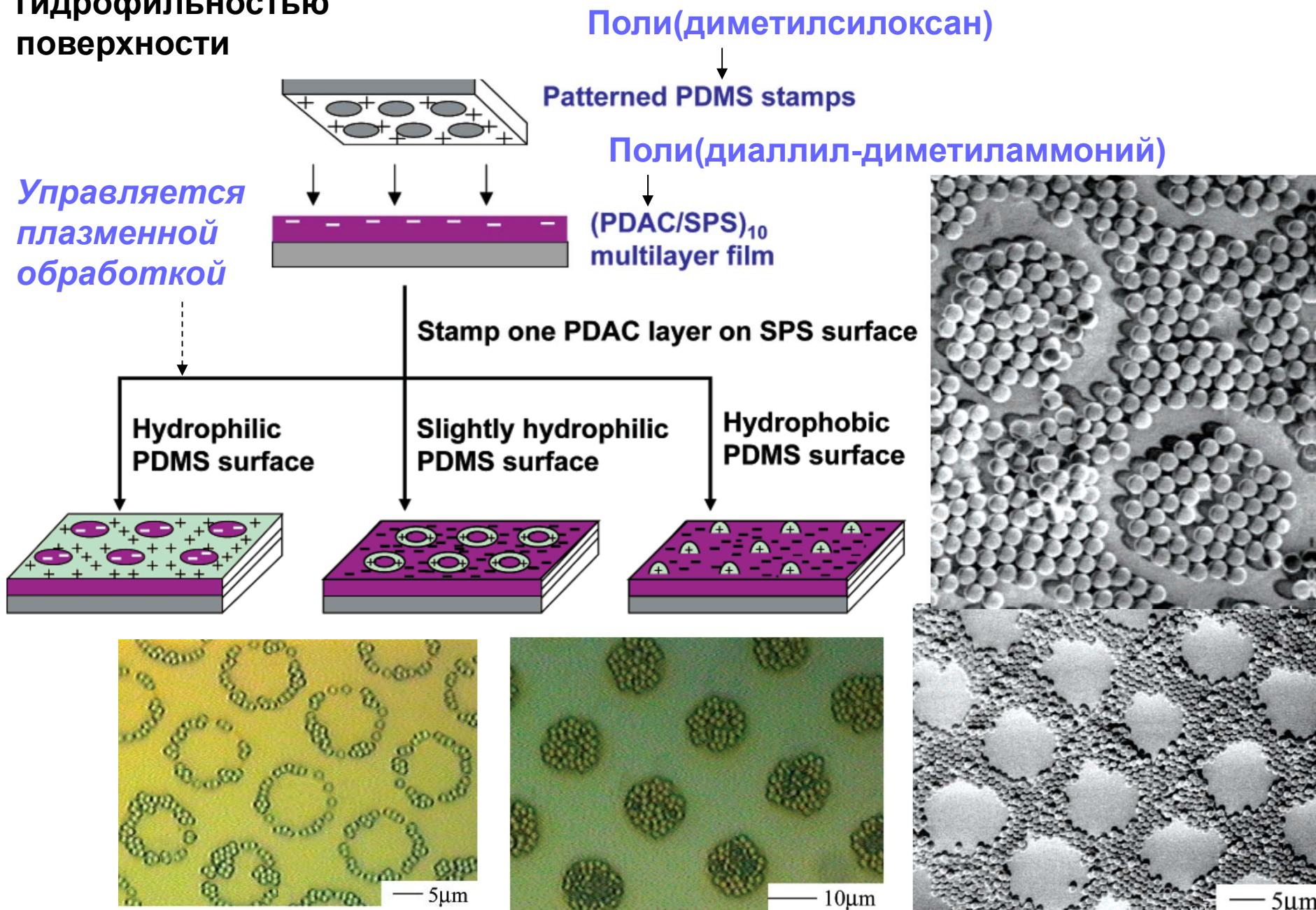


5 μm

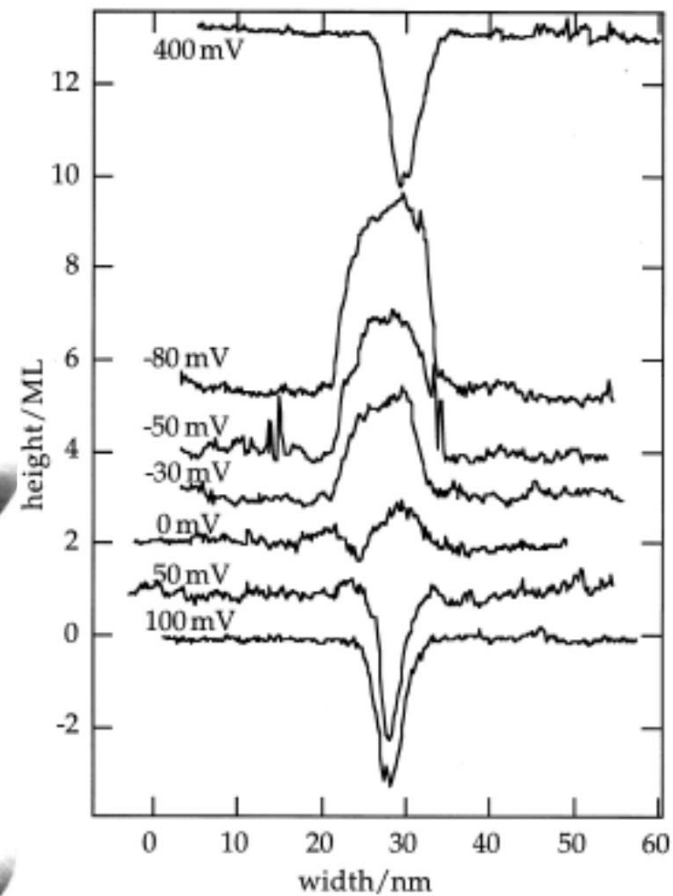
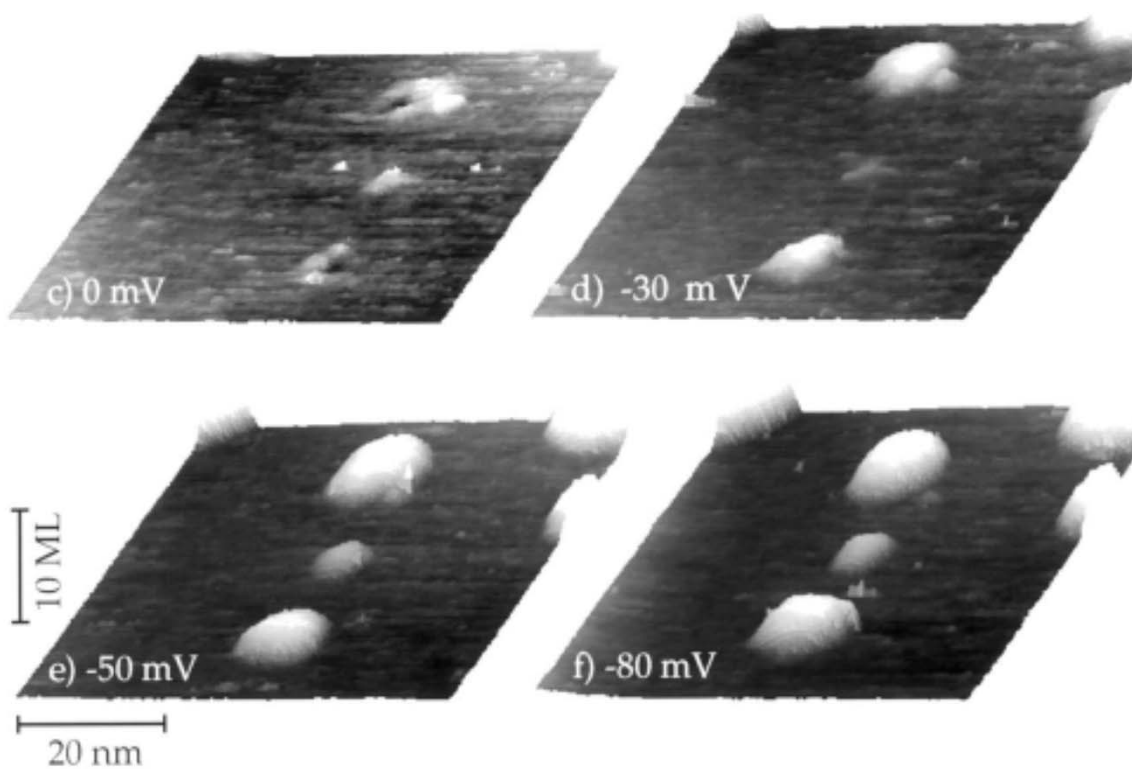
Электростатическое связывание через циклодекстрины



Локализация, управляемая гидрофильностью поверхности

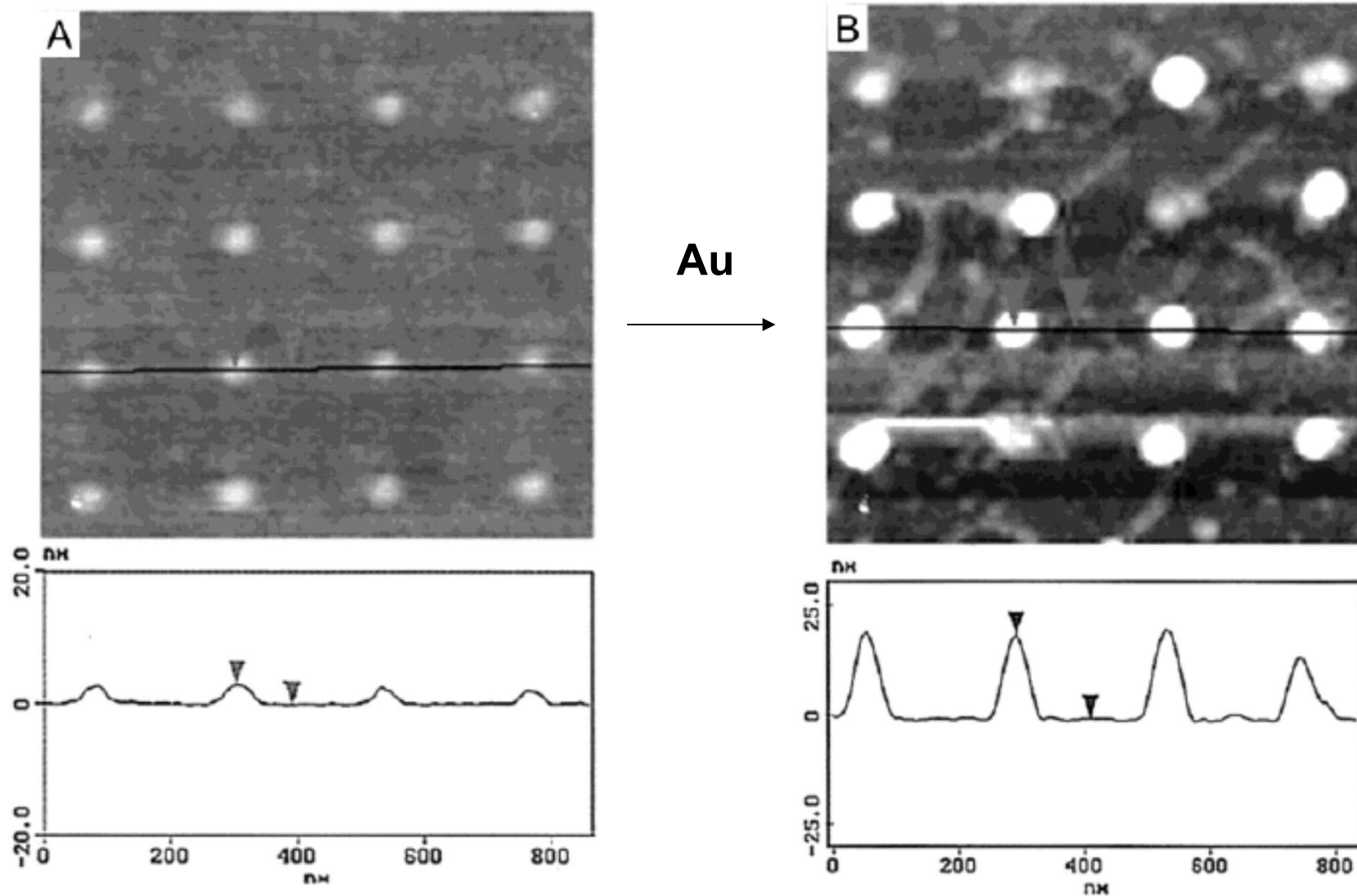


Электроосаждение на дефекты, созданные механически зондом STM



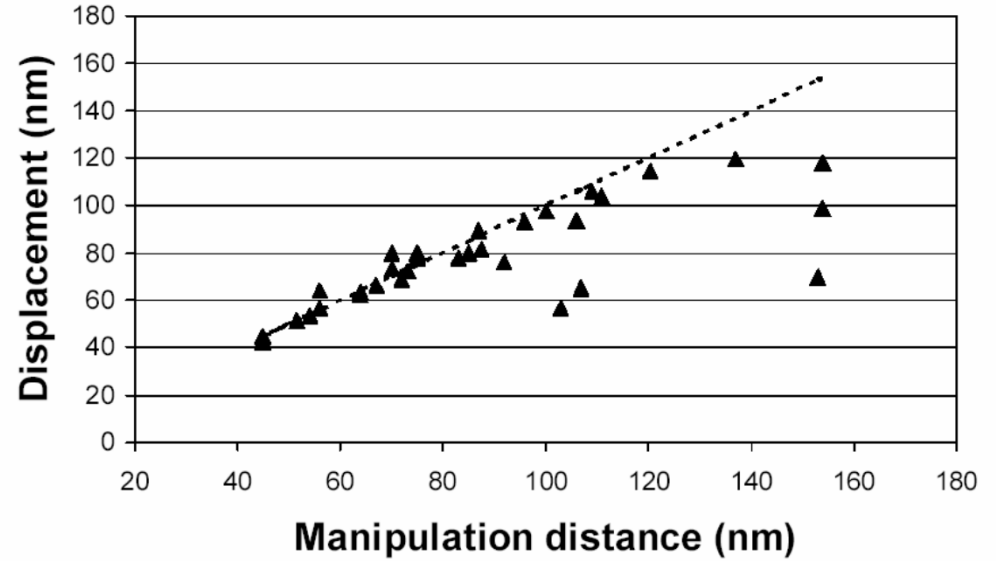
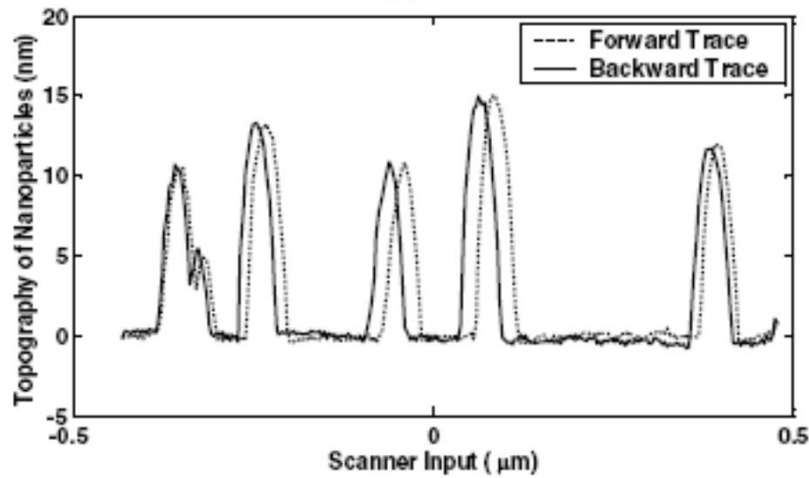
J. Electroanal. Chem.
461 (1999) 102

Иммобилизация коллоидного золота на AFM-окисленных участках



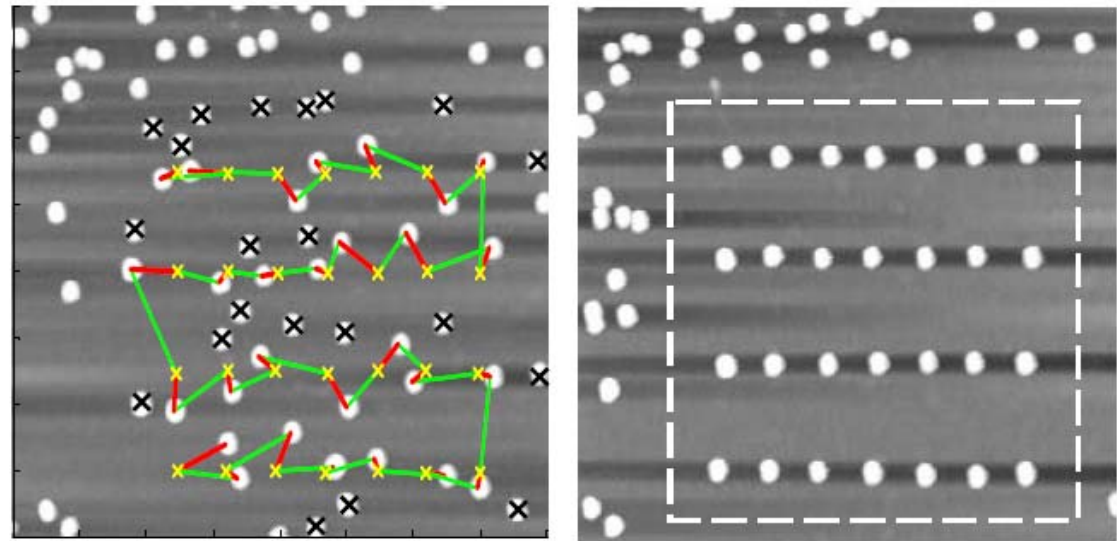
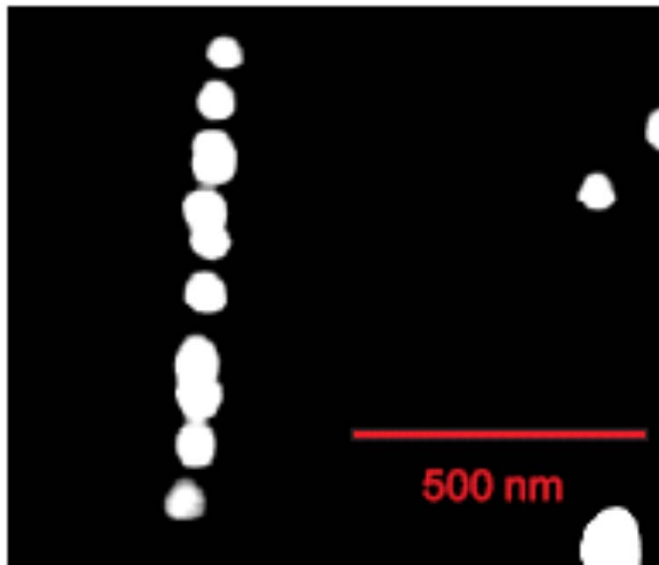
Chem. Rev. 103 (2003) 4367

Механическое манипулирование в зондовом микроскопе



AFM – манипулирование частицами коллоидного золота (конструирование волновода)

Частицы золота (15 нм) на слюде



Adv. Mater. 13 (2001) 1501

Int. Robotics Res. 28 (2009) 512