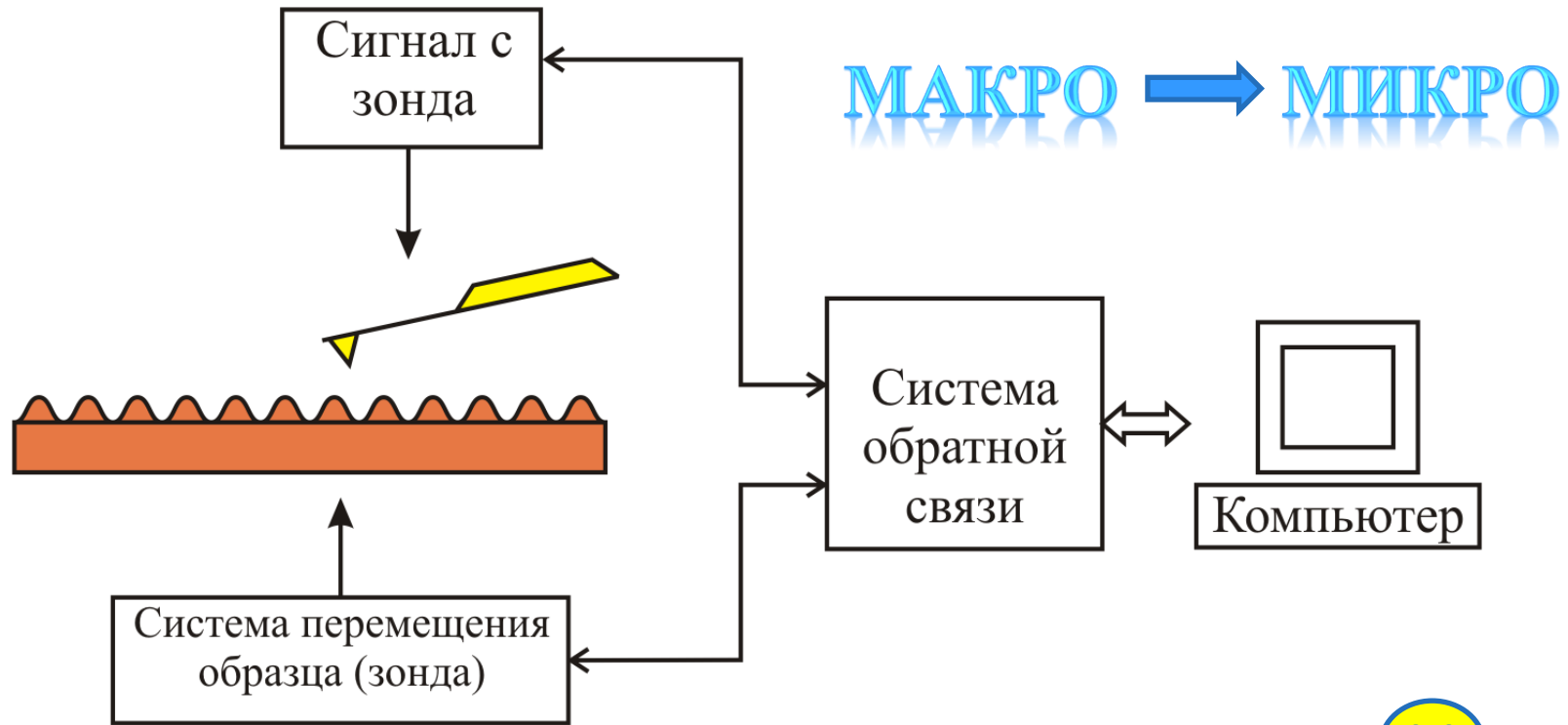


Сканирующая оптическая  
микроскопия ближнего поля  
(СБОМ/SNOM).

Ион-проводящая  
электрохимическая  
магнитно-силовая микроскопия

# Параметры сканирующего зондового микроскопа



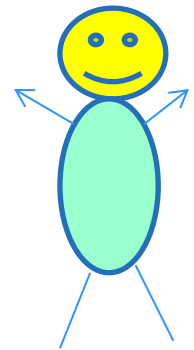
Параметры кантилевера:

$x, y, z, t$

$F, A, f, \psi$

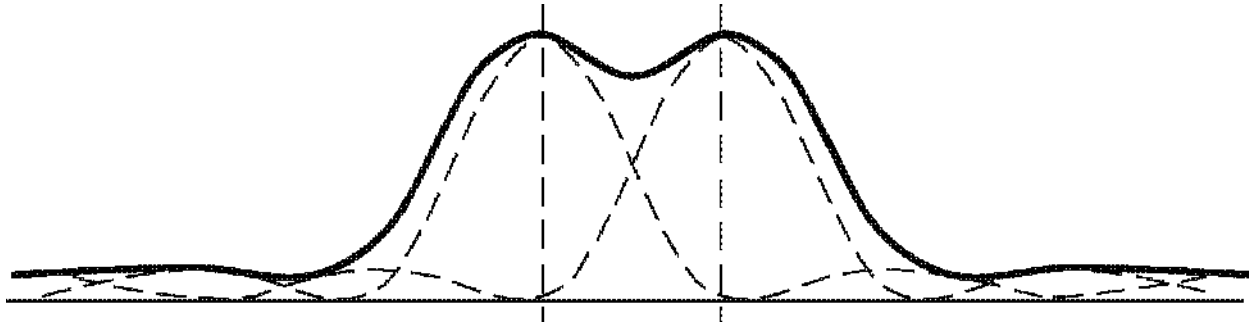
Параметры образца:

$E, \mu, n, \varepsilon, P, H, \eta$



Сканирующая оптическая  
микроскопия ближнего  
поля  
(СБОМ/SNOM)

# Разрешение оптической микроскопии



Критерий Рэля

$$\sin \alpha = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

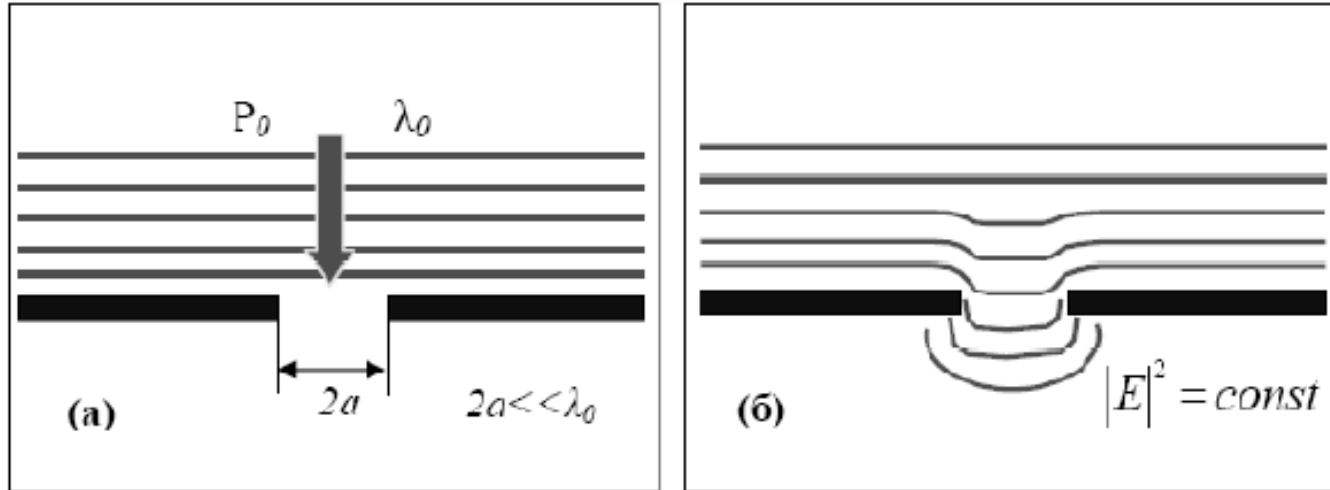
Разрешение

$$d = \frac{\lambda}{n \sin \alpha}$$

Максимальное разрешение в оптической микроскопии

$$0,5 \lambda = 200-300 \text{ нм}$$

# Ближнее поле

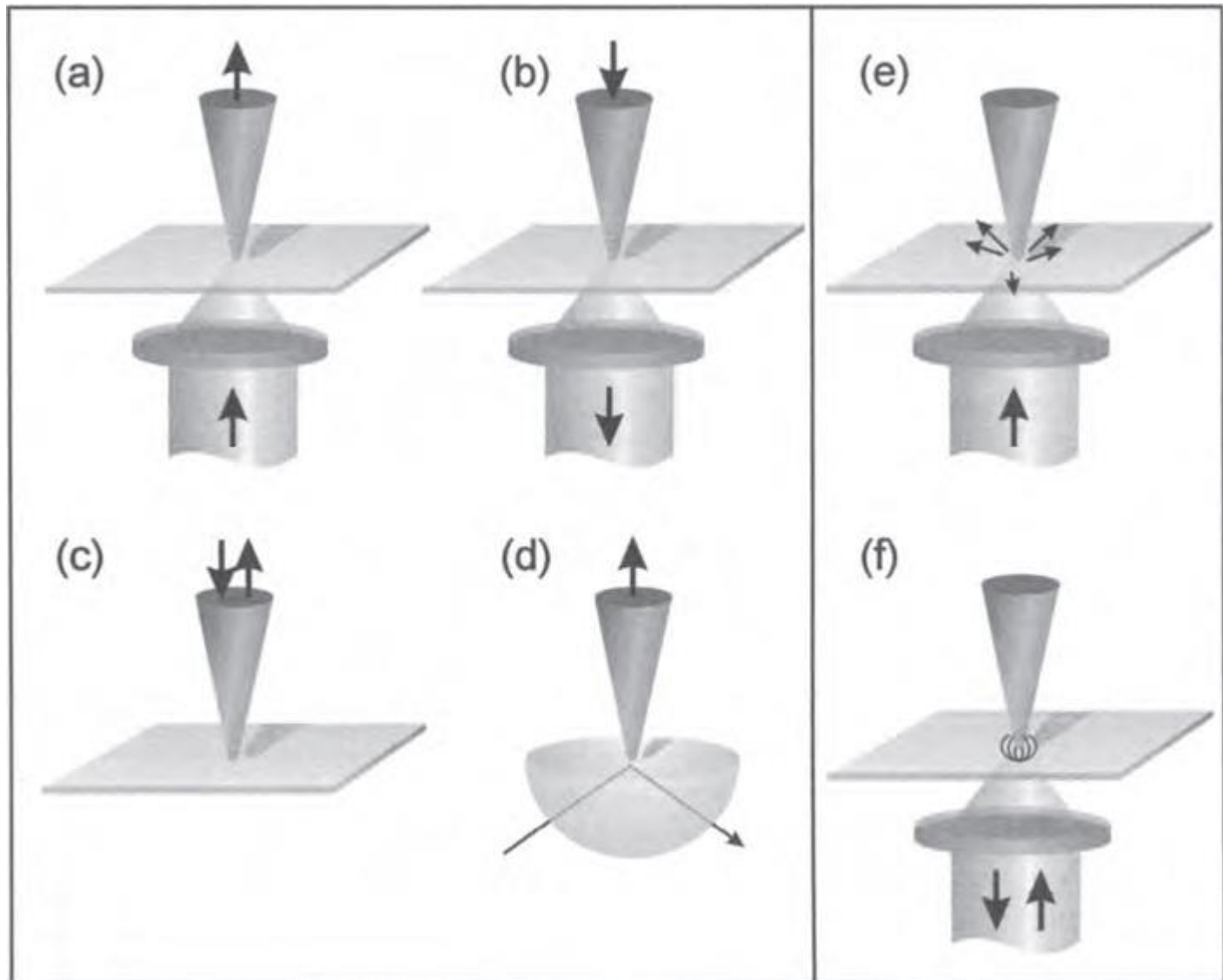


Общий вид решения уравнений Максвелла

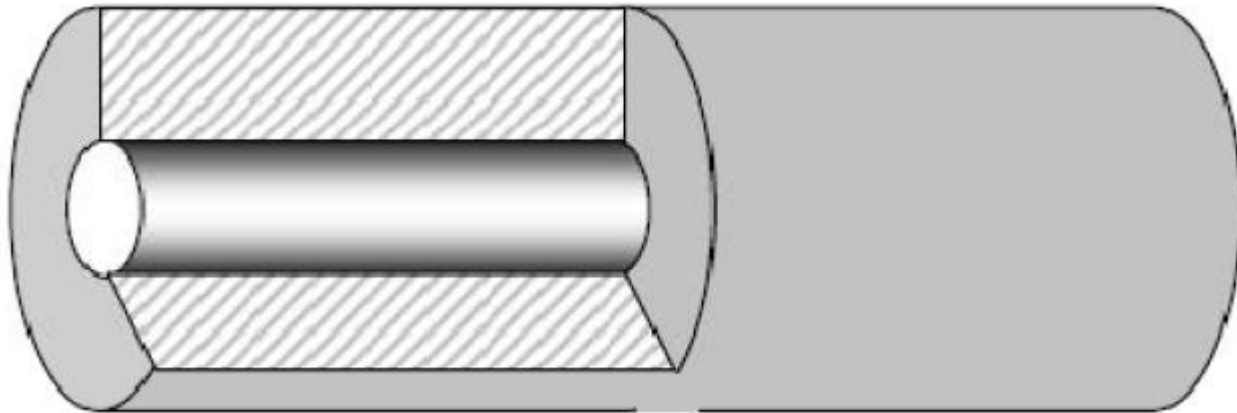
$$E(x, y, z_0) = \iint A(k_x, k_y) \cdot e^{i(k_x x + k_y y + z_0 \sqrt{k_0^2 - k_x^2 - k_y^2})} dk_x dk_y$$

Регистрация затухающих компонент поля

# Принцип работы СБОМ

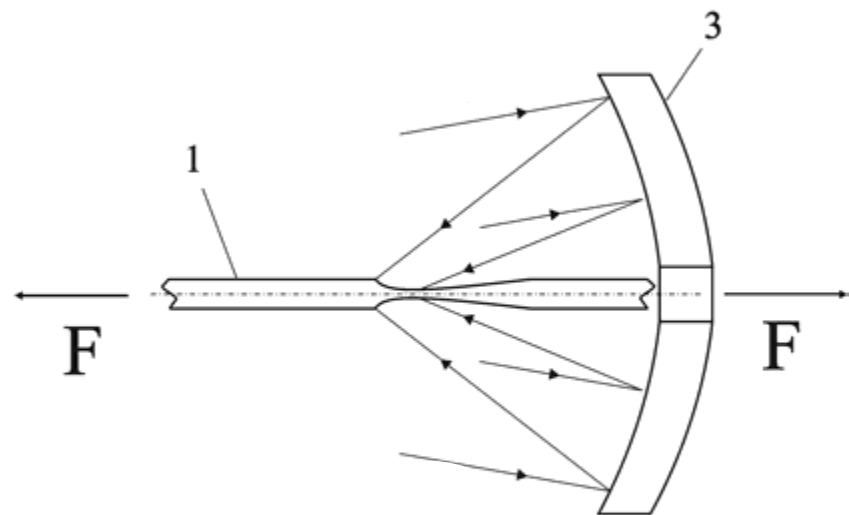
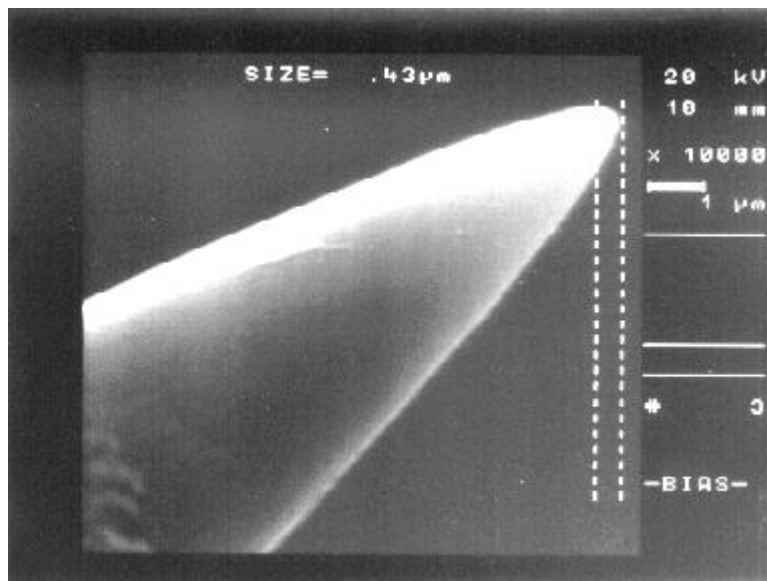


# Зонды на основе оптического волокна



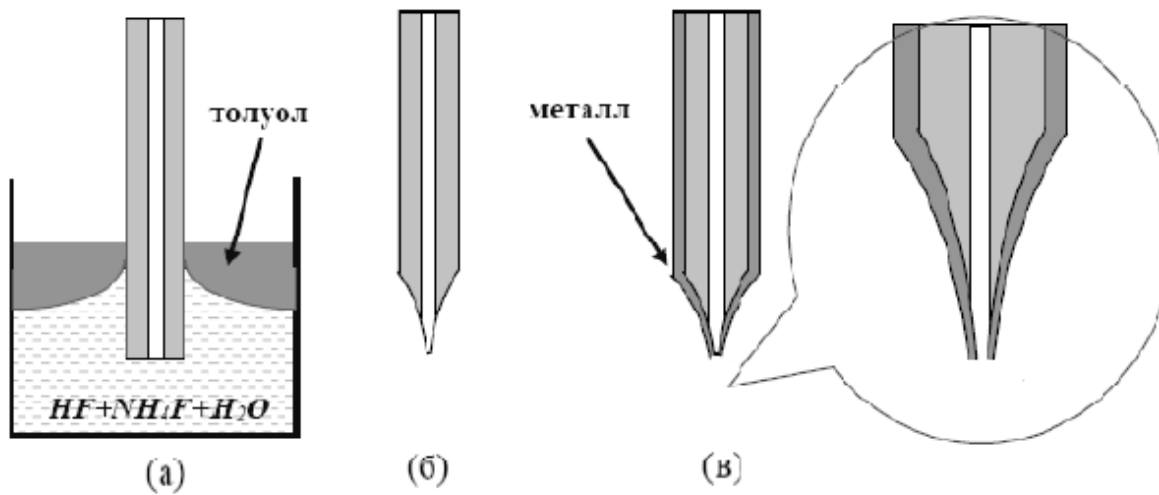
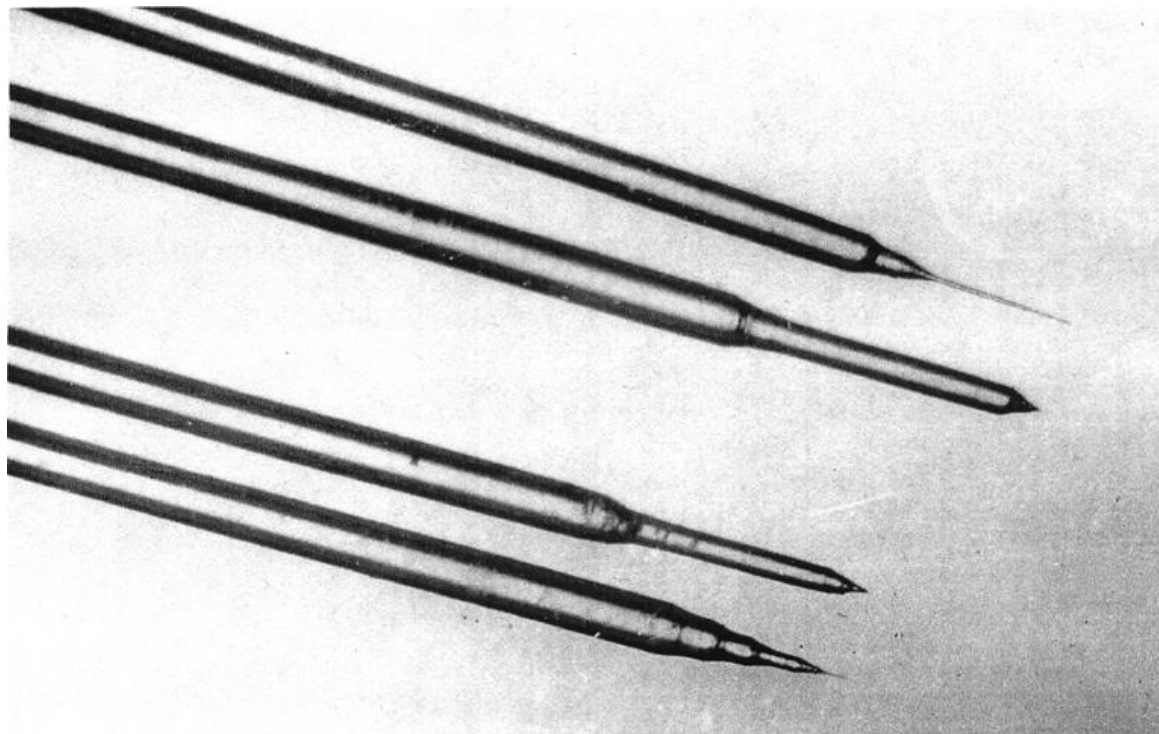
Используется одномодовое волокно с внутренним диаметром 9 мкм

# Лазерная вытяжка

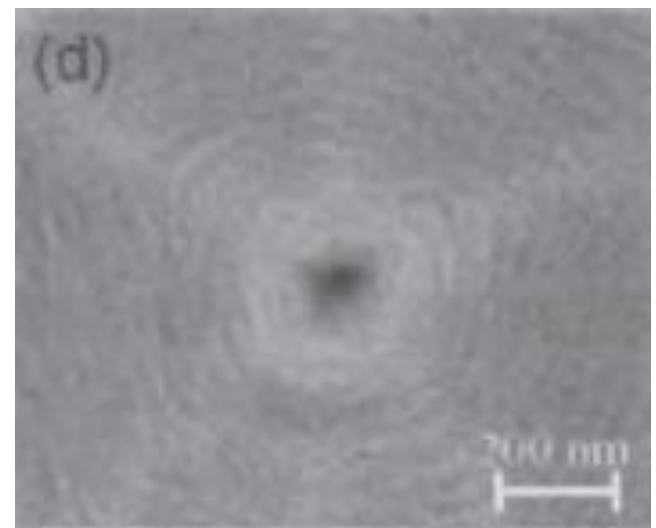
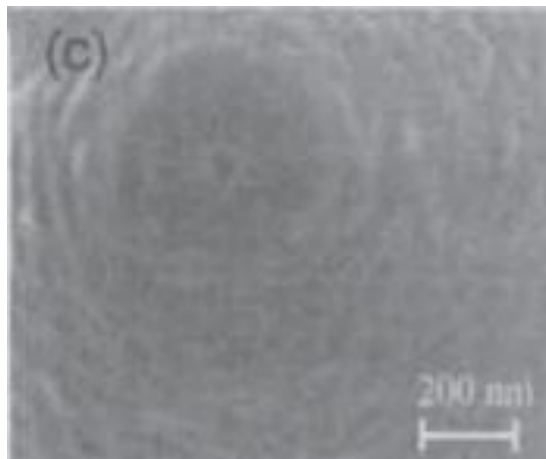
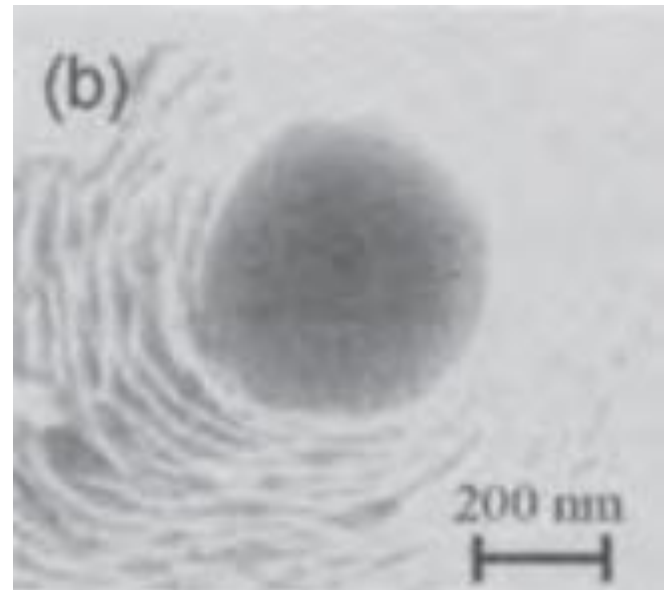
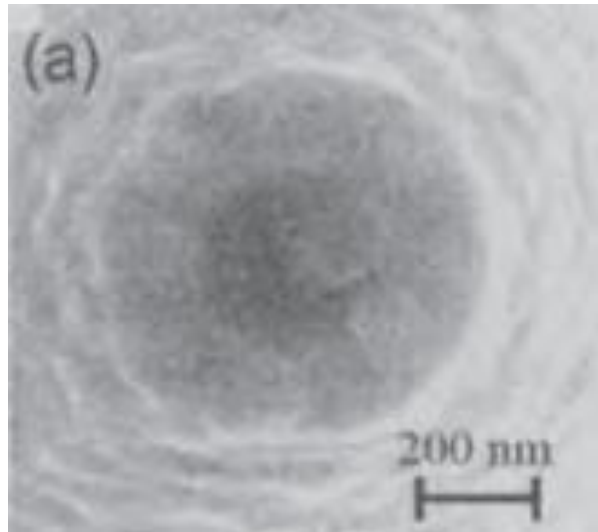




# Травление

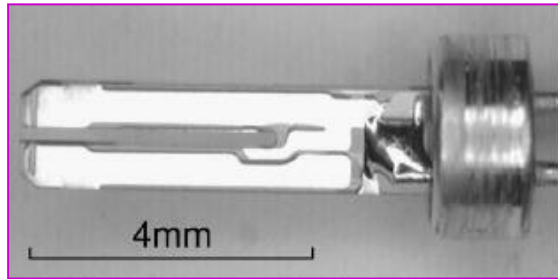


# Апертуры

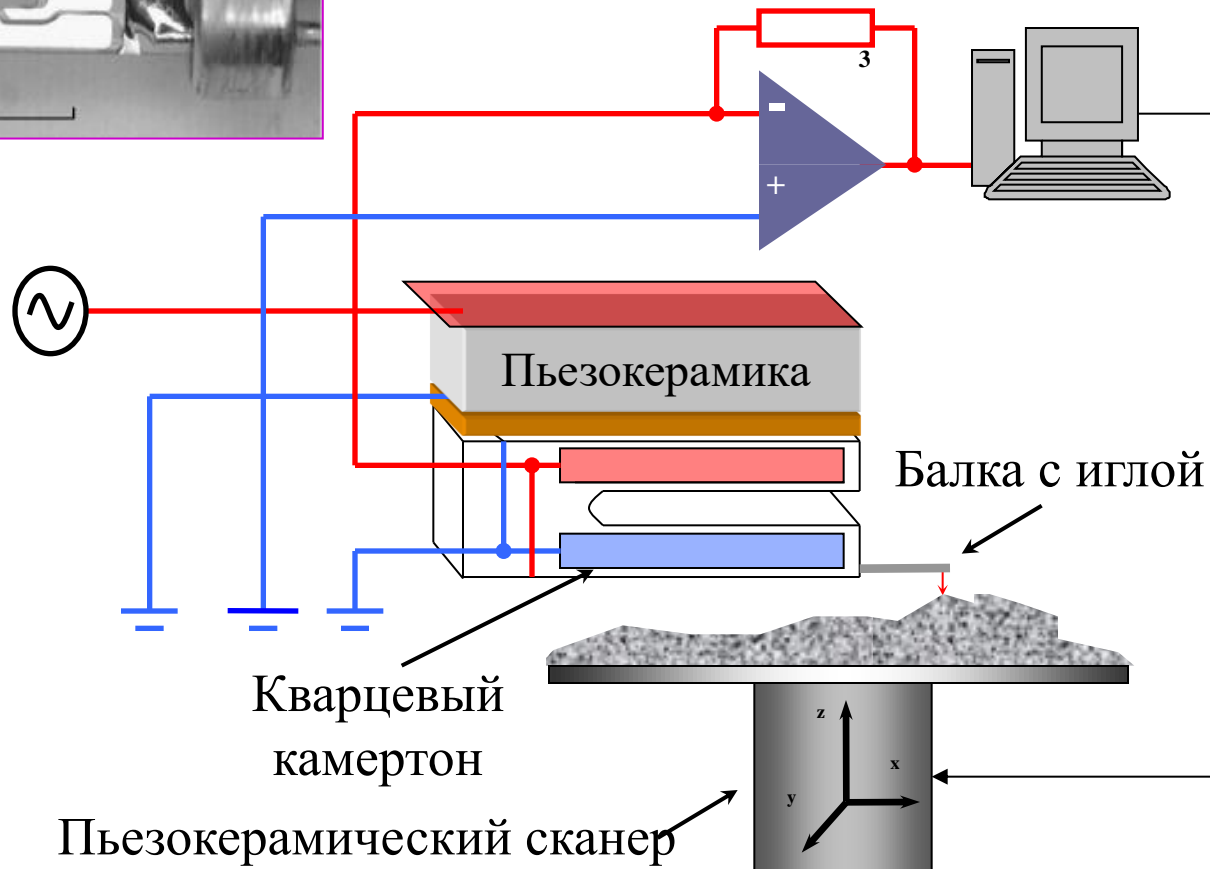


# Кварцевые вилки

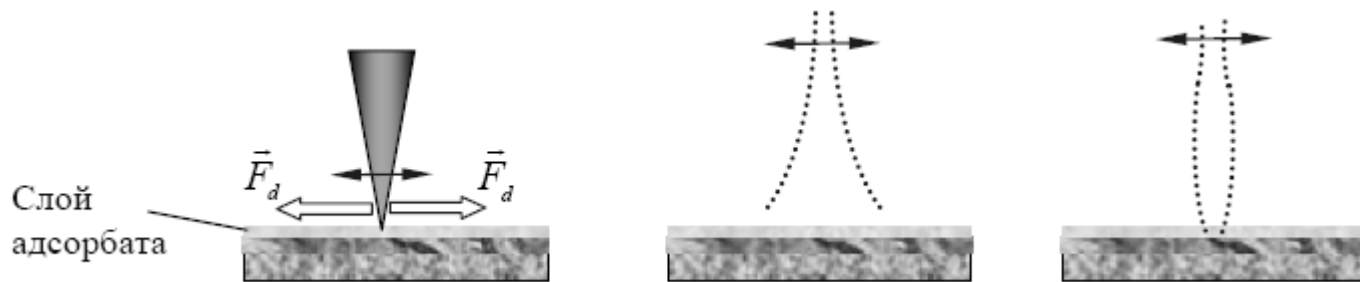
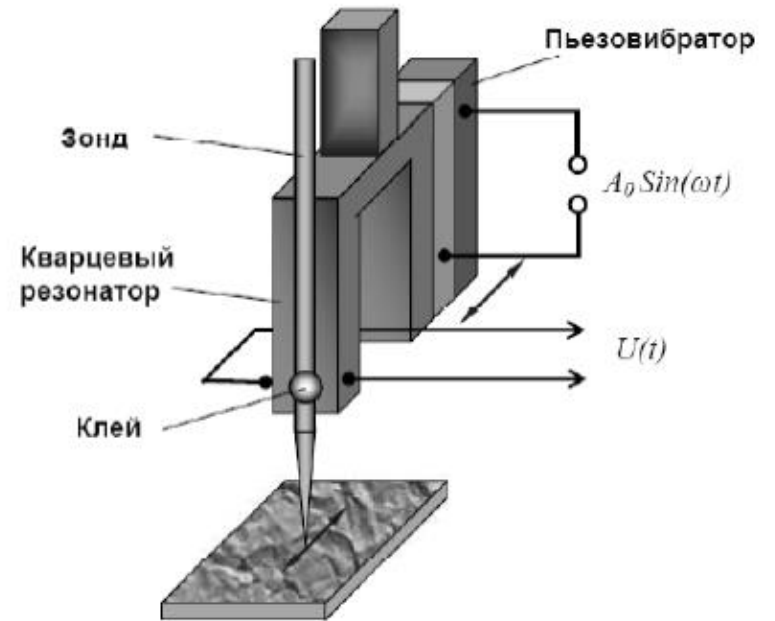
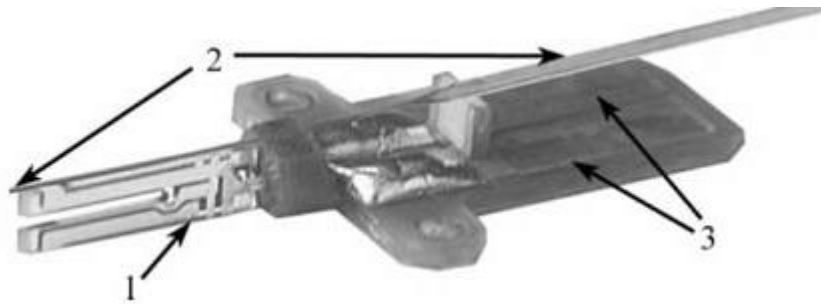
Кварцевый камертон



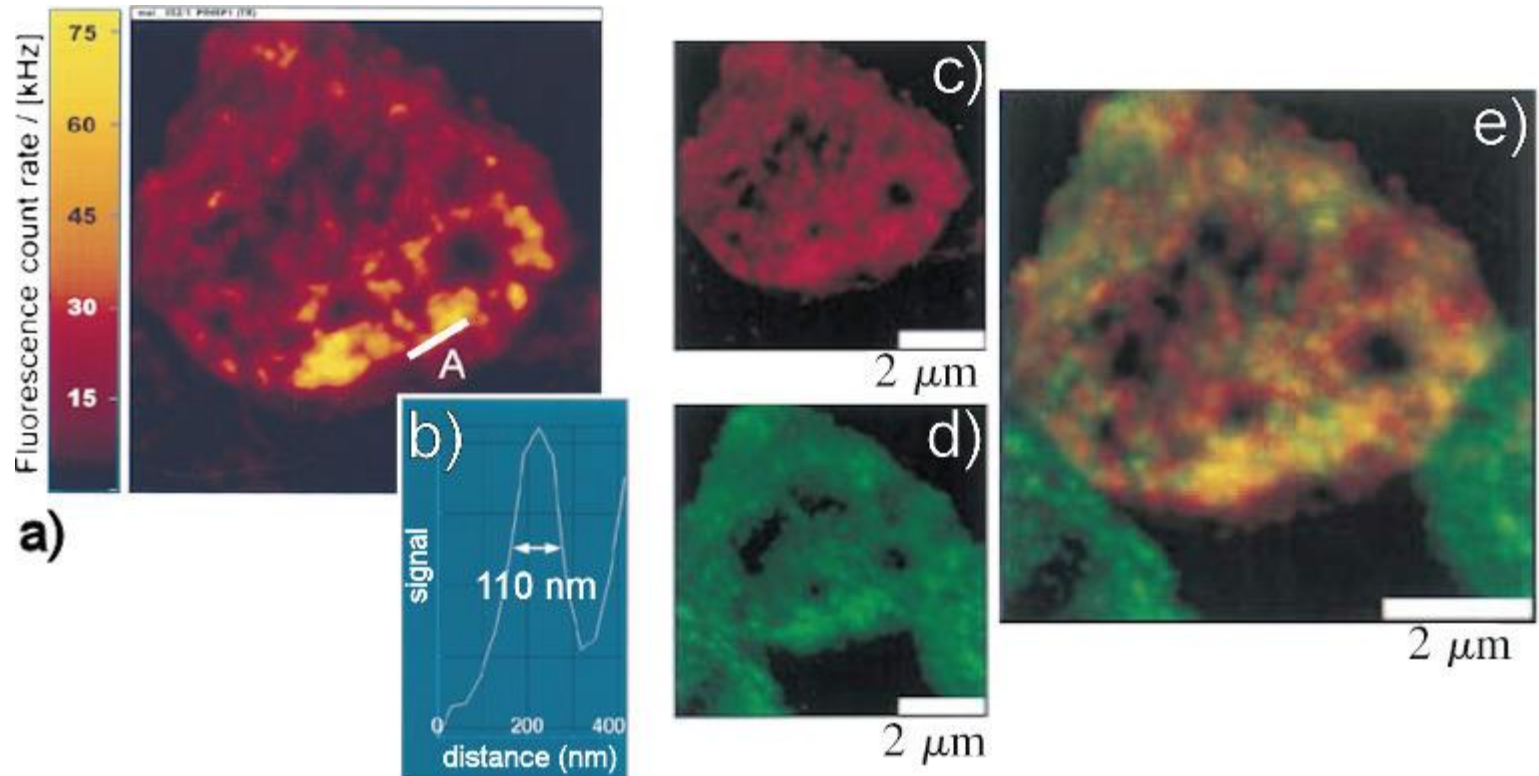
Взаимодействие «игла–образец»  
приводит к сдвигу резонансной частоты  
и затуханию колебаний кварцевого  
камертона



# Сканирование



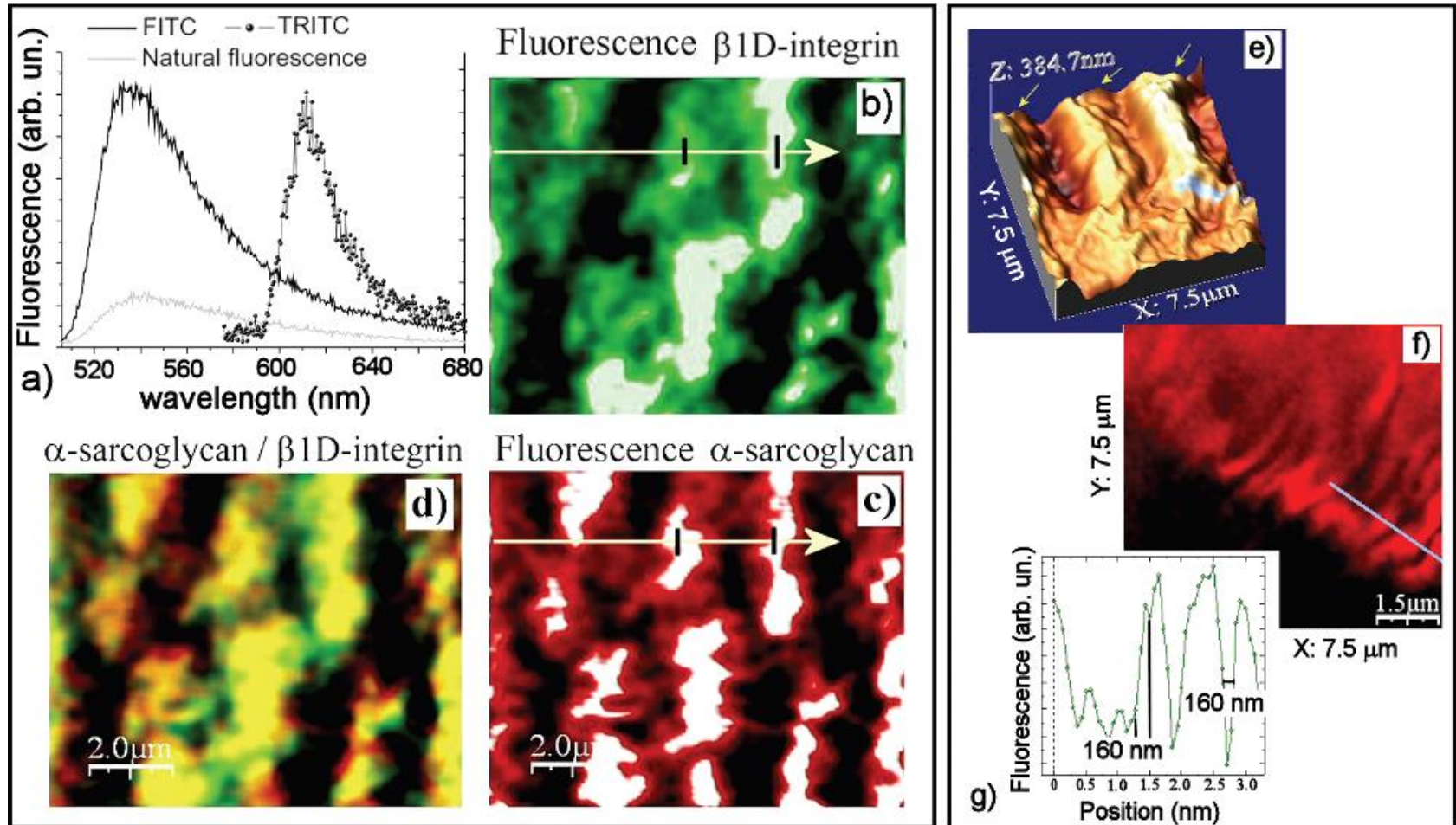
# Исследование клеток



Флуоресцентная карта инфицированного эритроцита Помеченного анителами. Разрешение 100 нм



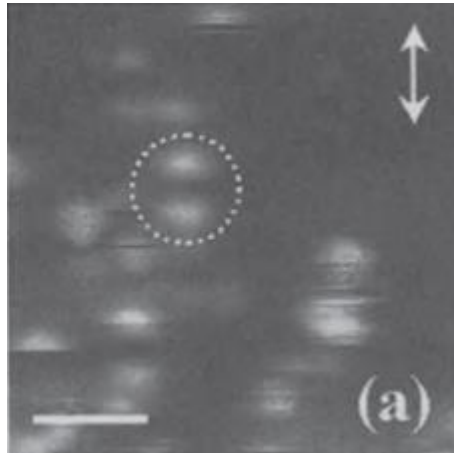
# Исследование клеток



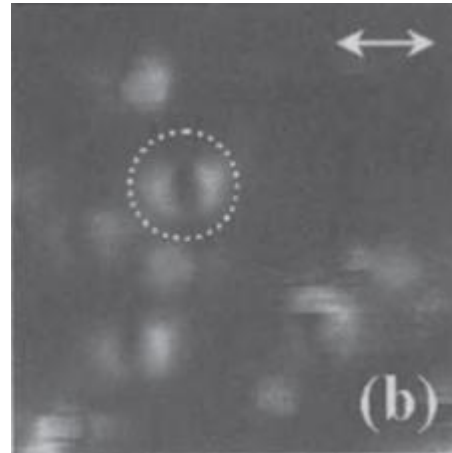
Флуоресцентная карта мышечной ткани помеченной антителами. Разрешение 100 нм

# Наблюдение одиночных молекул

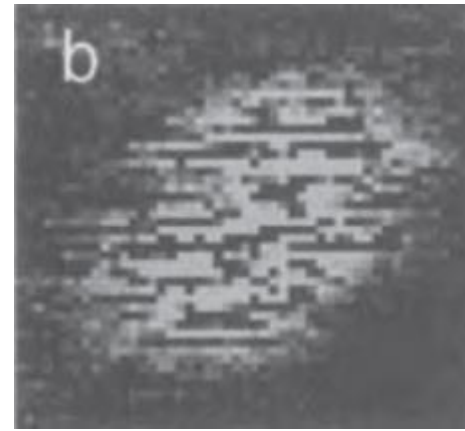
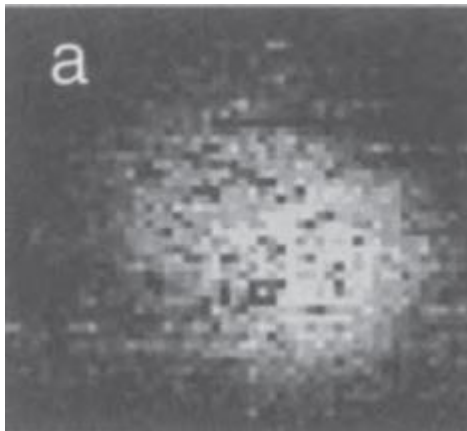
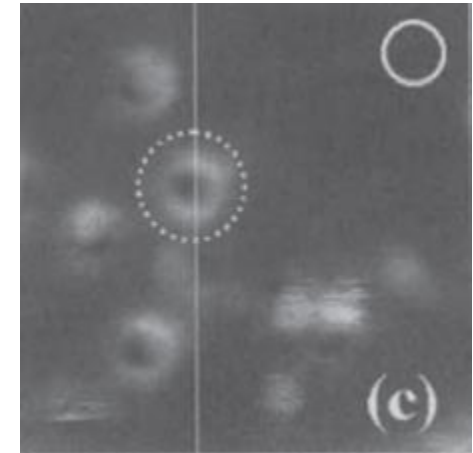
Плоская



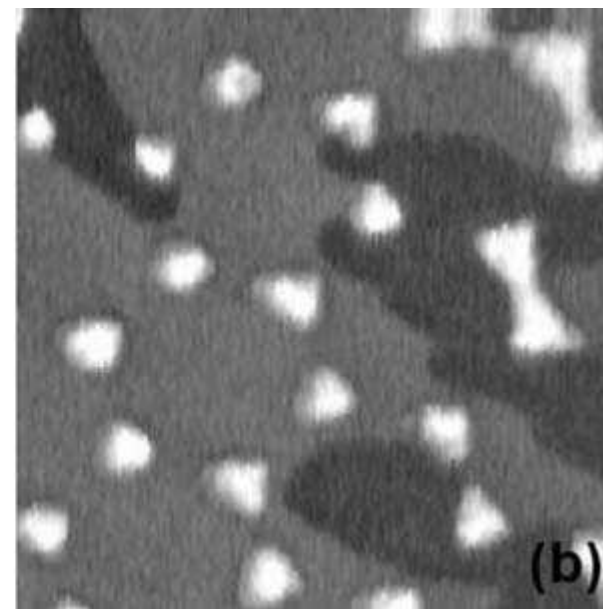
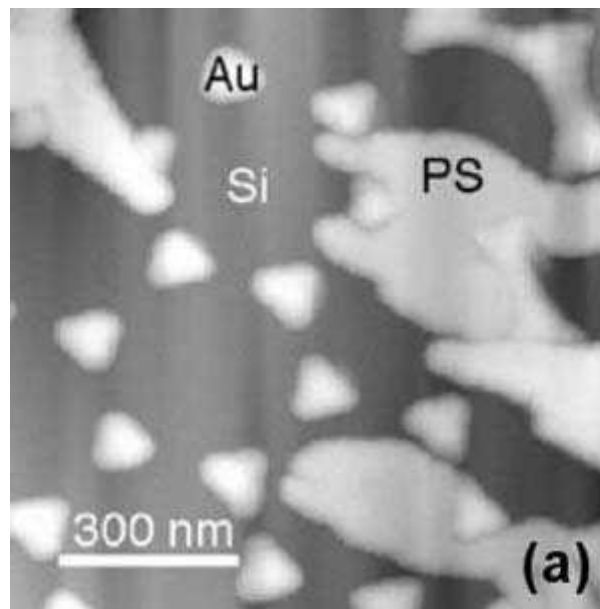
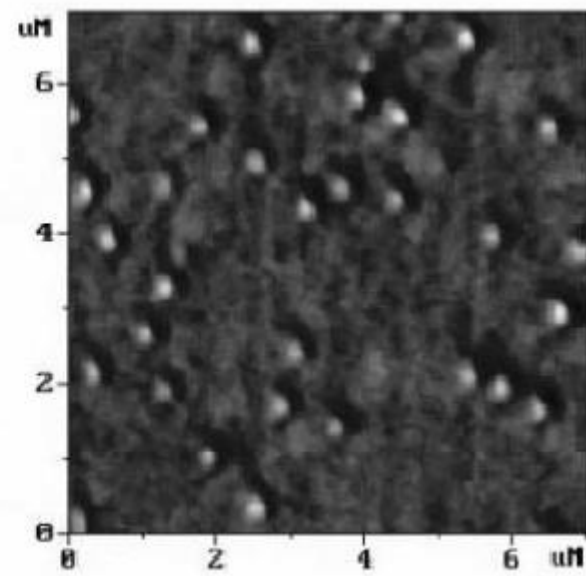
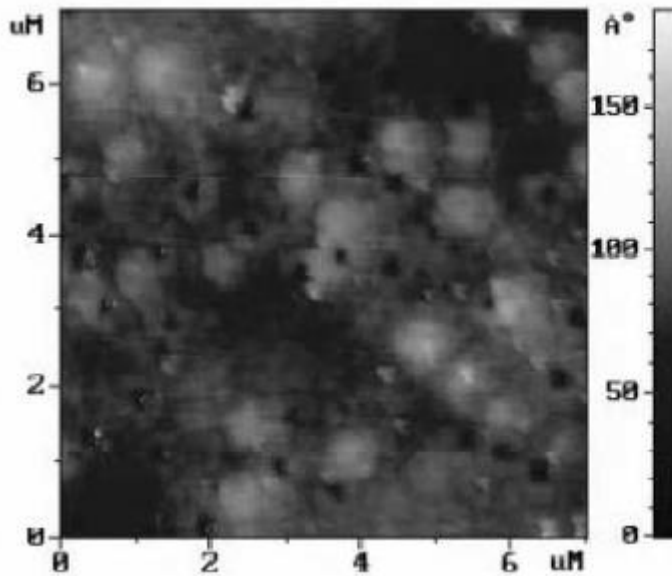
Плоская



Круговая



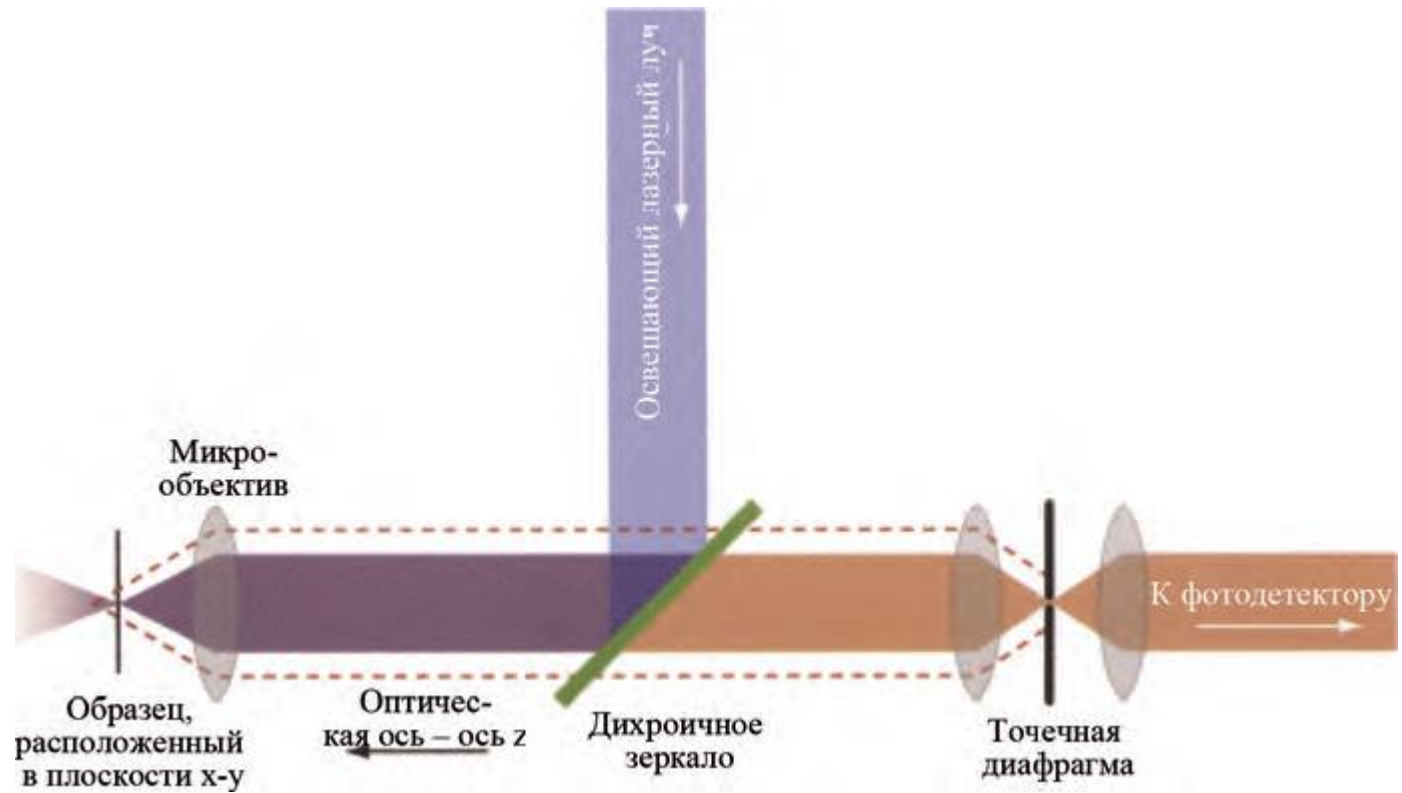
# Квантовые точки



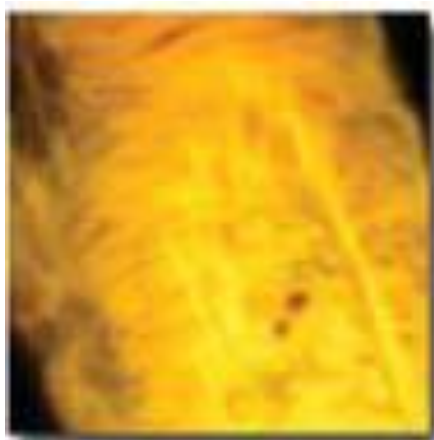


# Конфокальная микроскопия

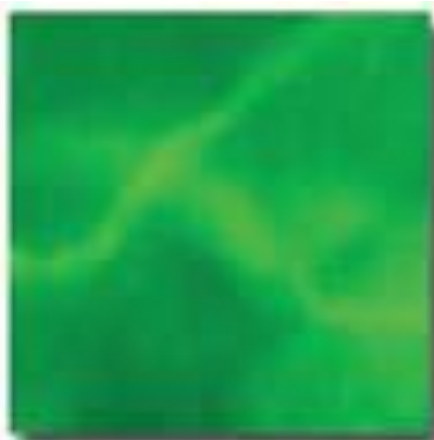
# Конфокальная микроскопия



# Сравнение с оптической микроскопией



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



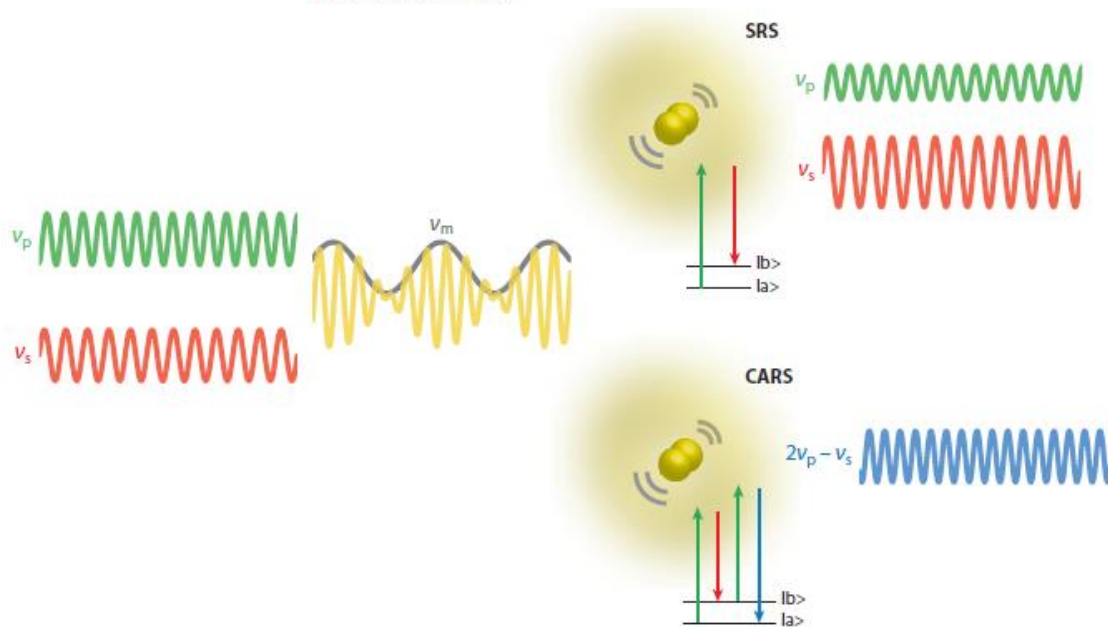
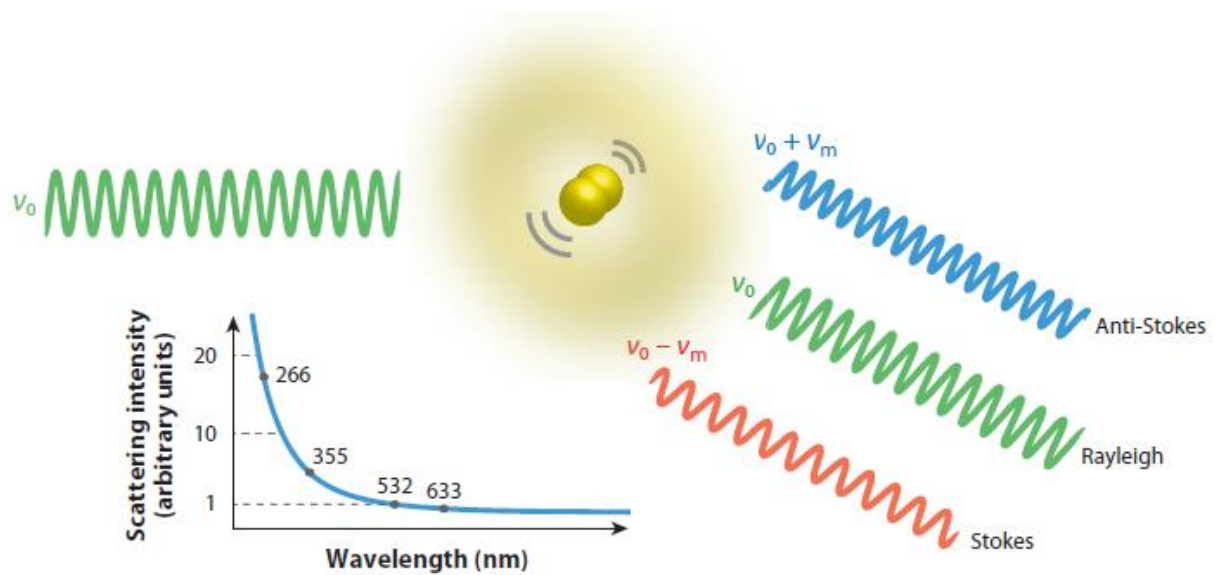
(f)

Рамановская микроскопия

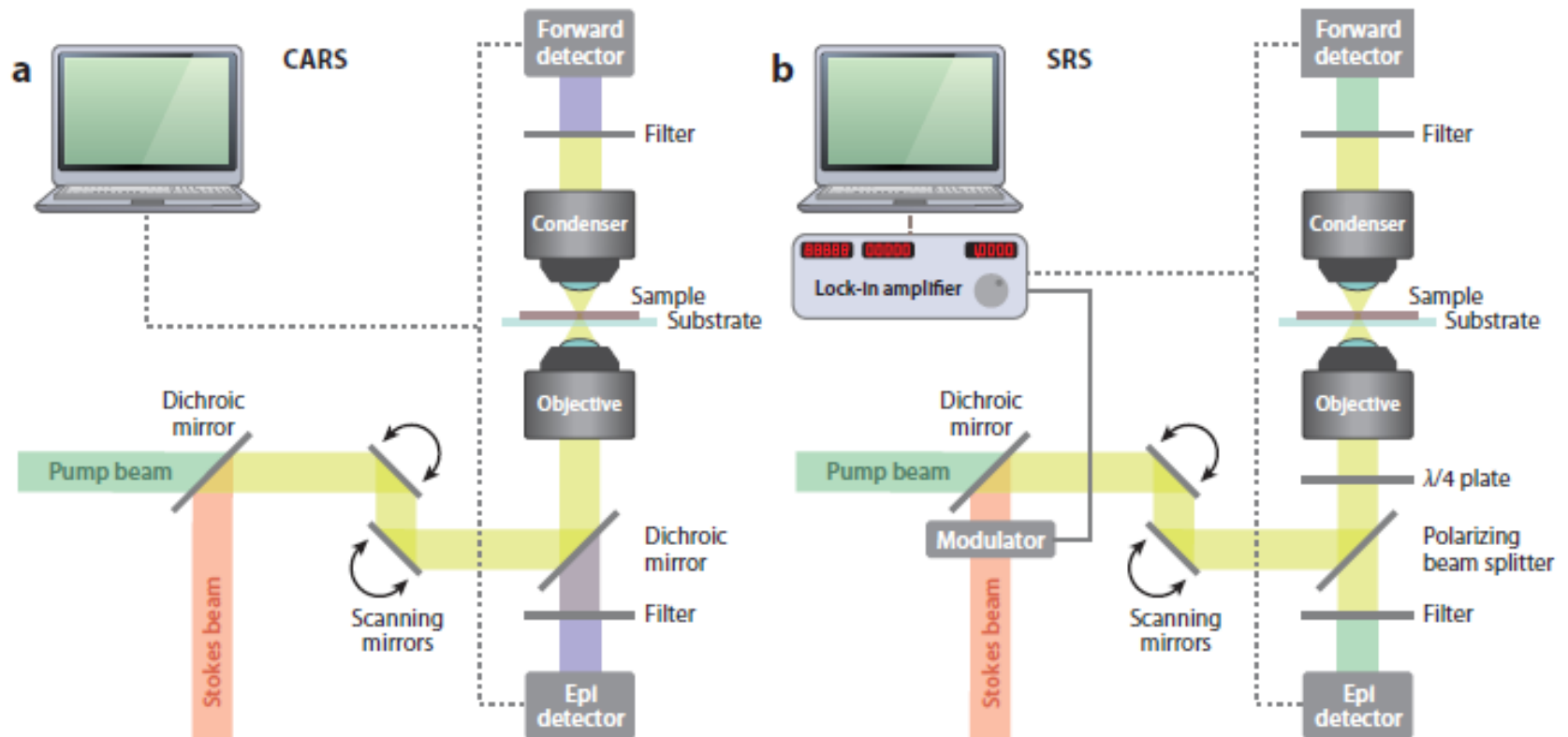
или

Микроскопия  
комбинационного рассеяния  
света

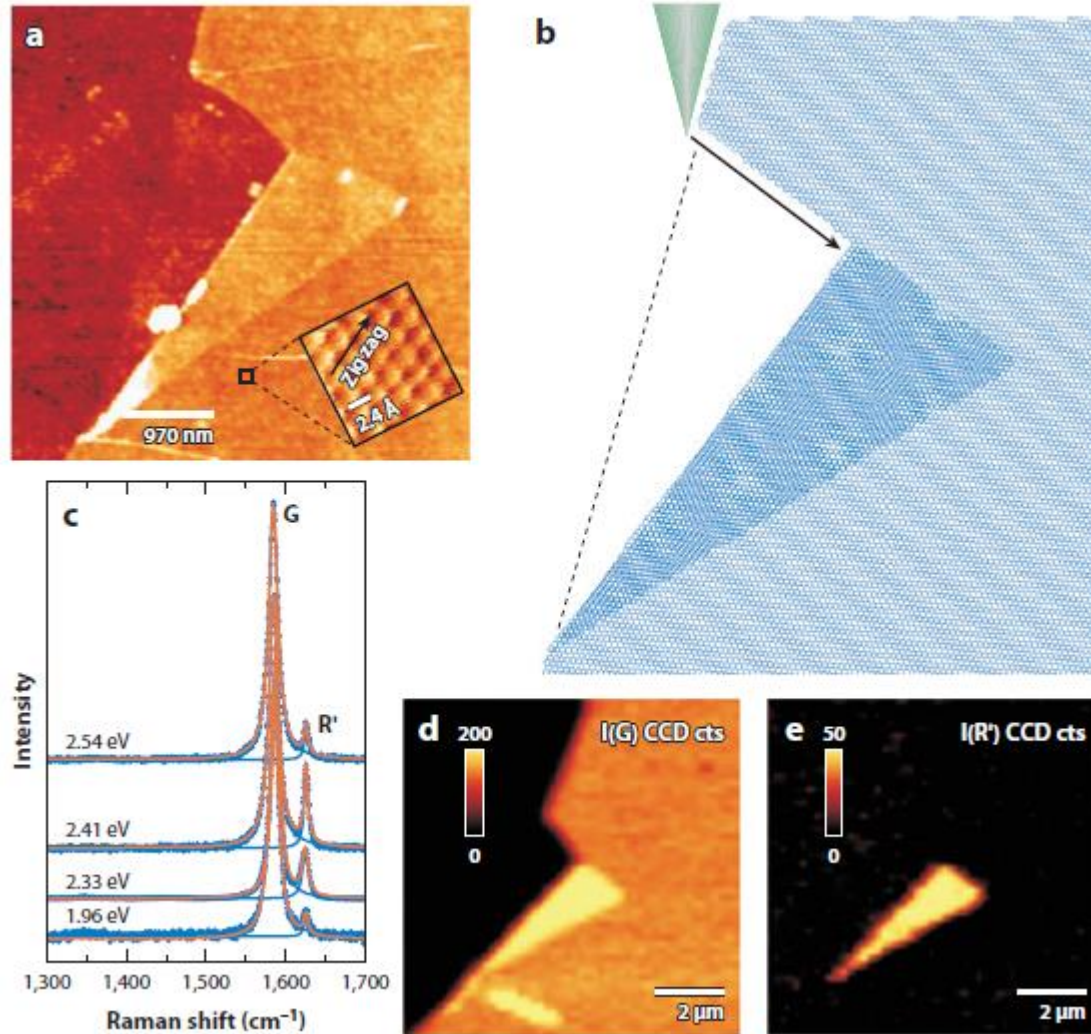
# Рамановская микроскопия



# Рамановская микроскопия

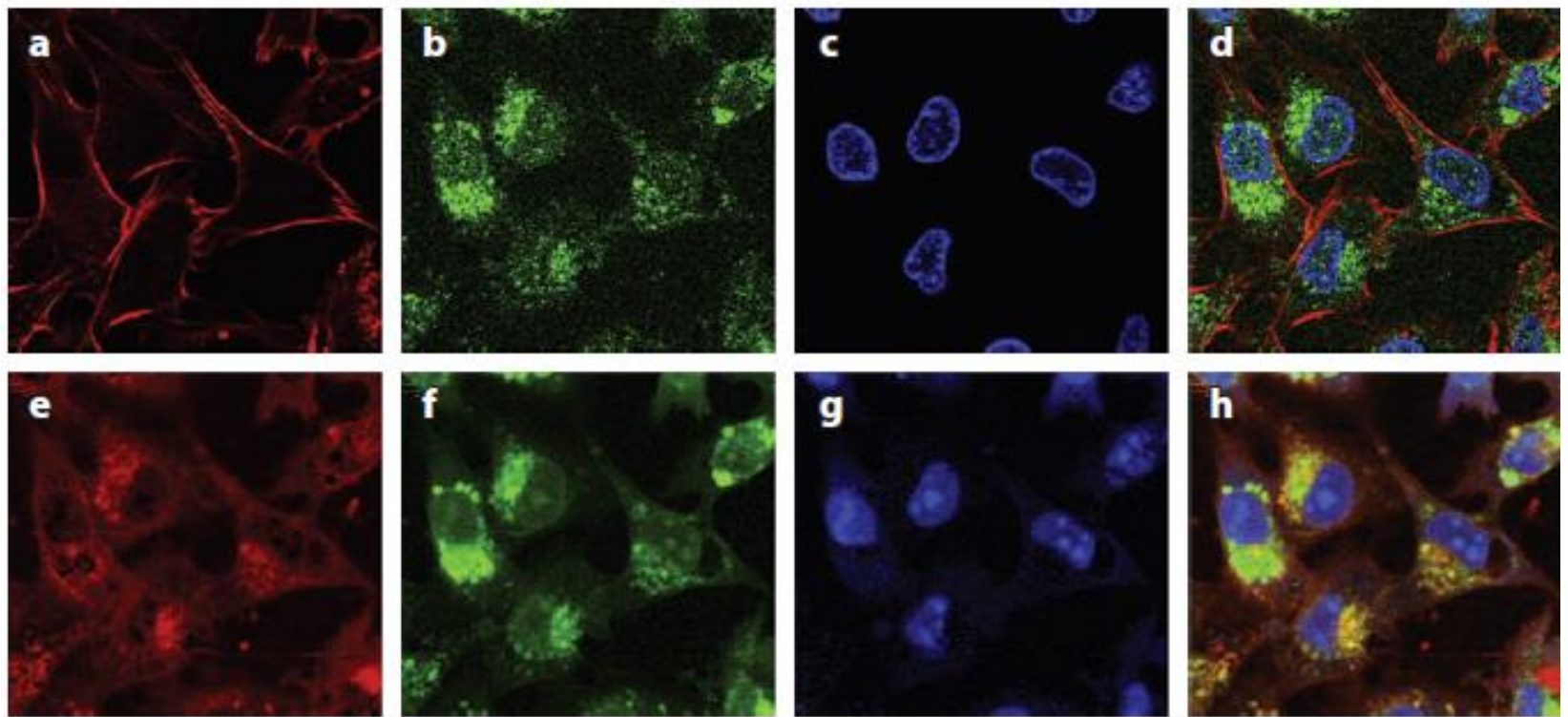


# Графен





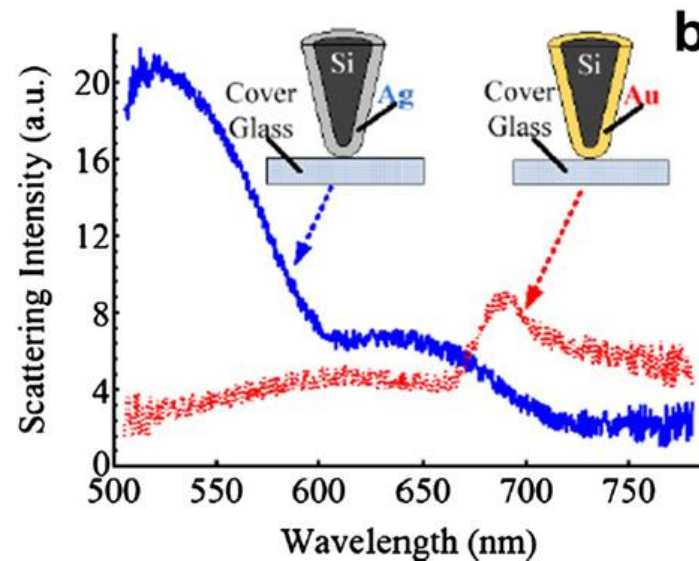
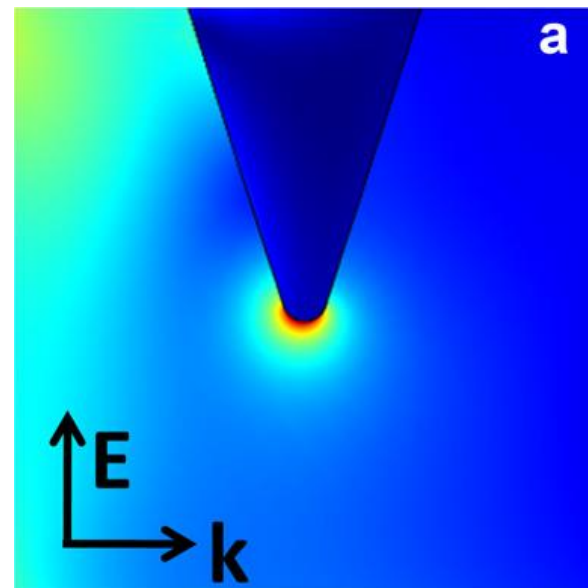
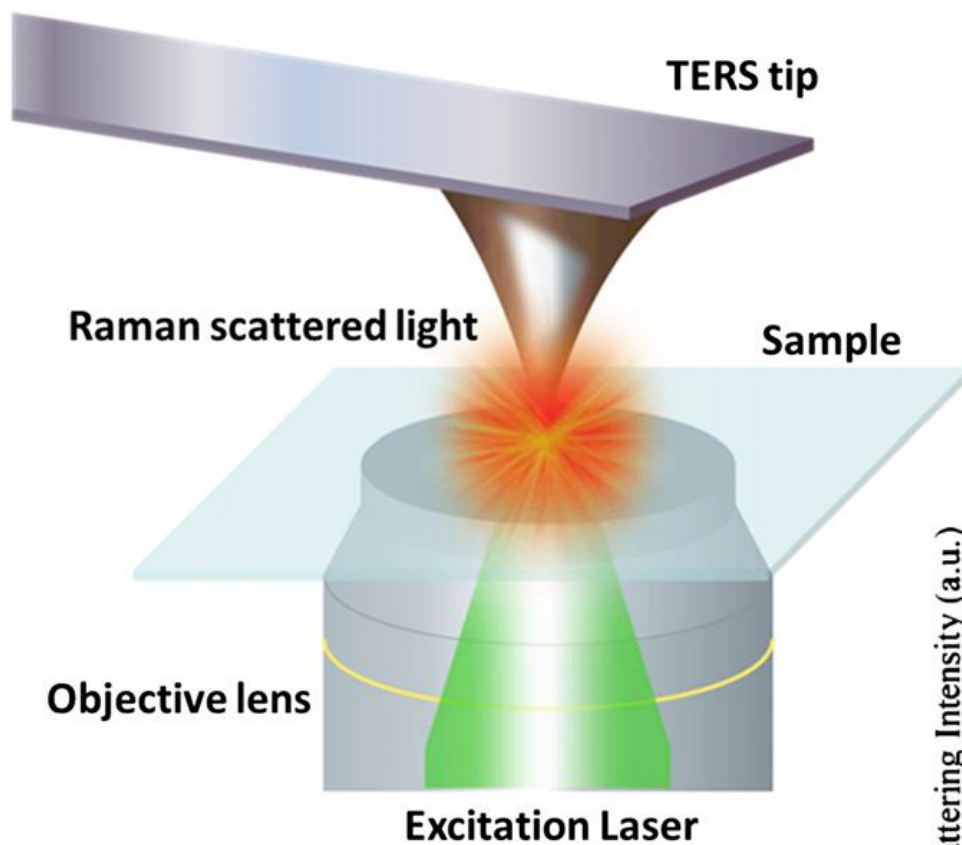
# Раковые клетки



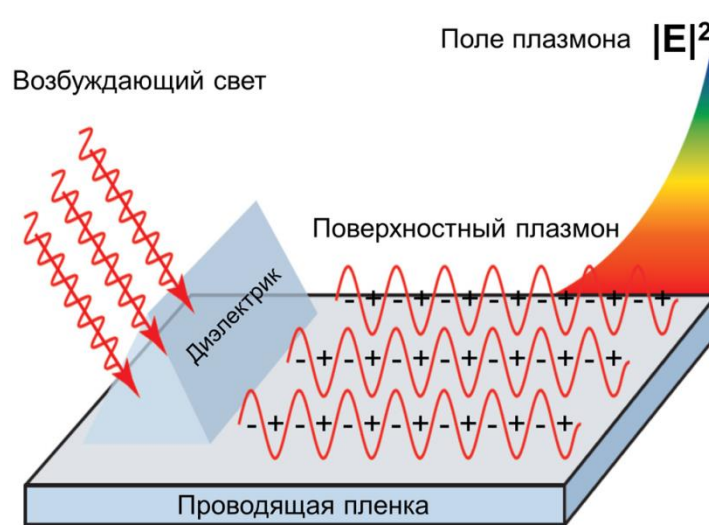
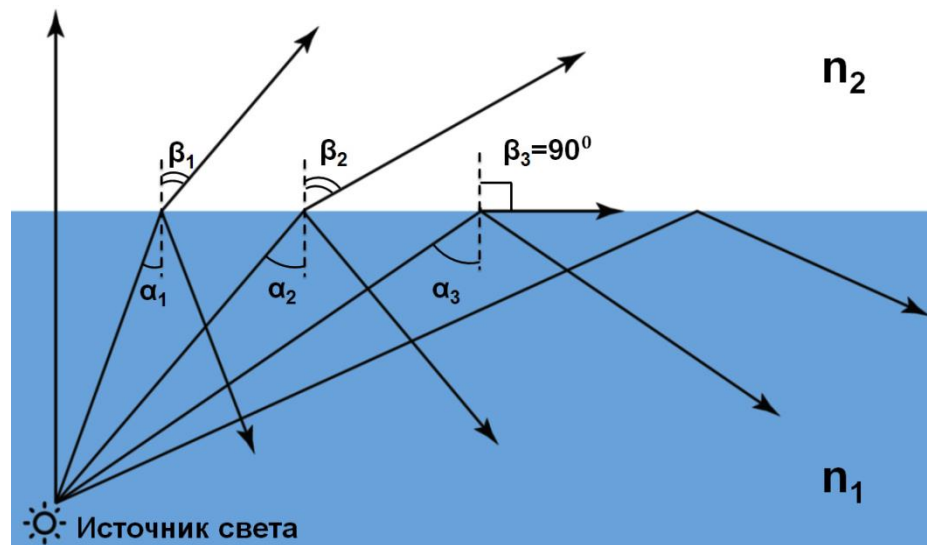


Спектроскопия  
локального усиления  
рамановского рассеяния  
(TERS)

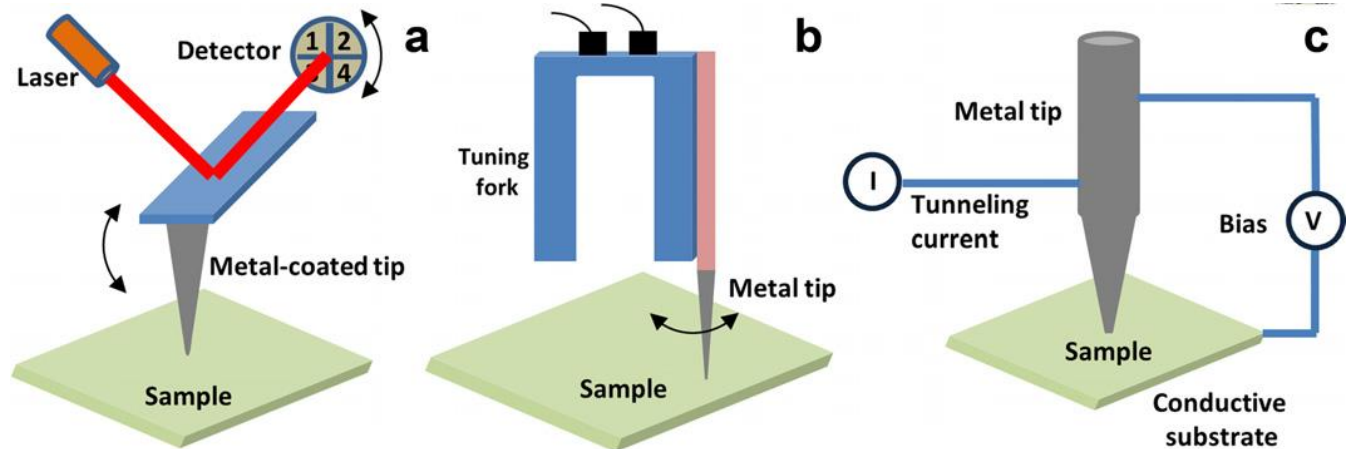
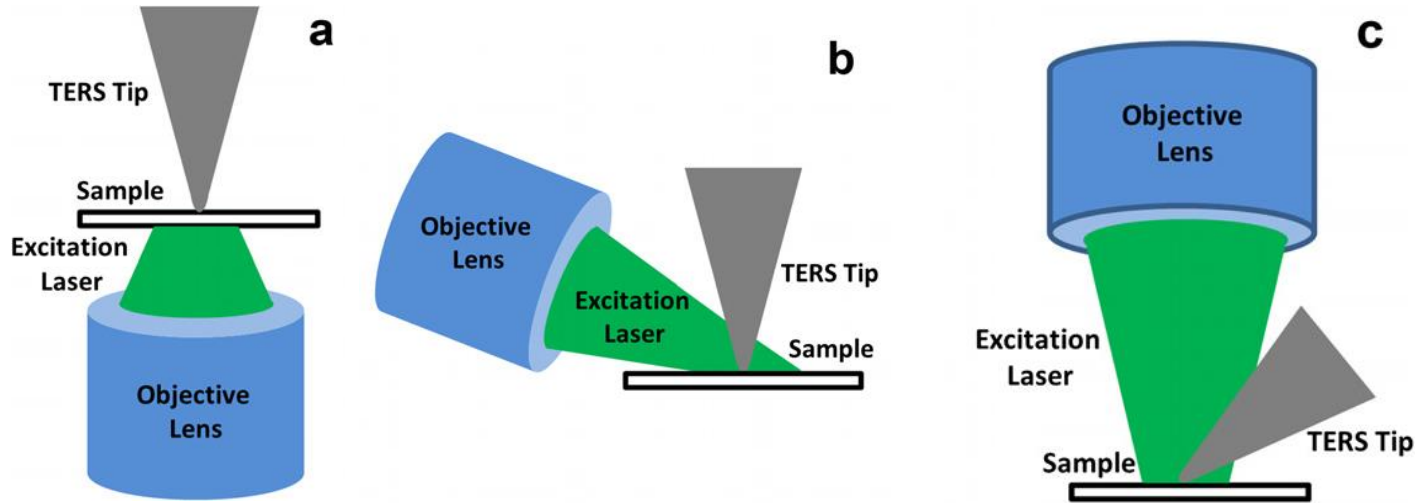
# Спектроскопия локального усиления рамановского рассеяния (TERS)



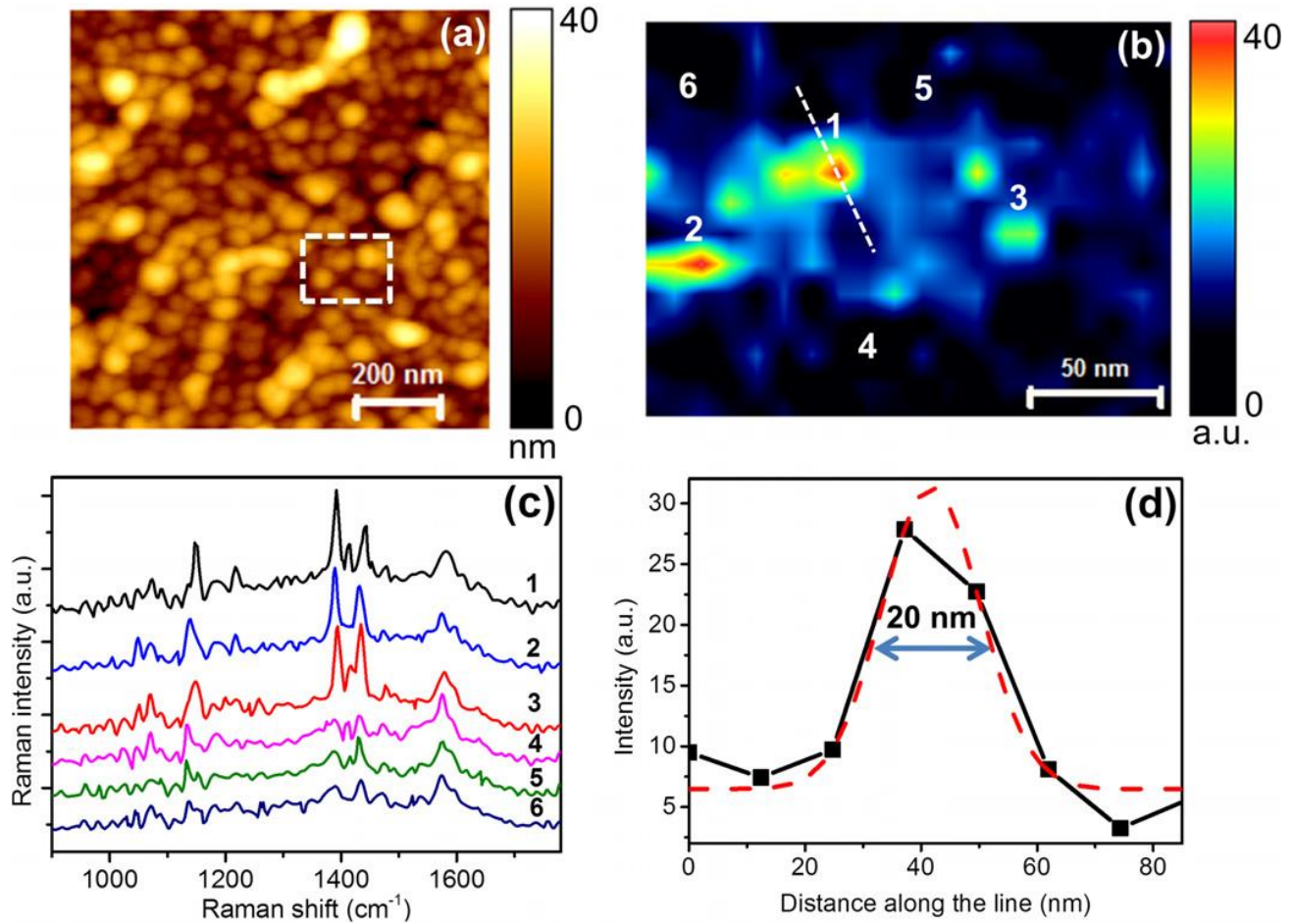
# Плазмоны



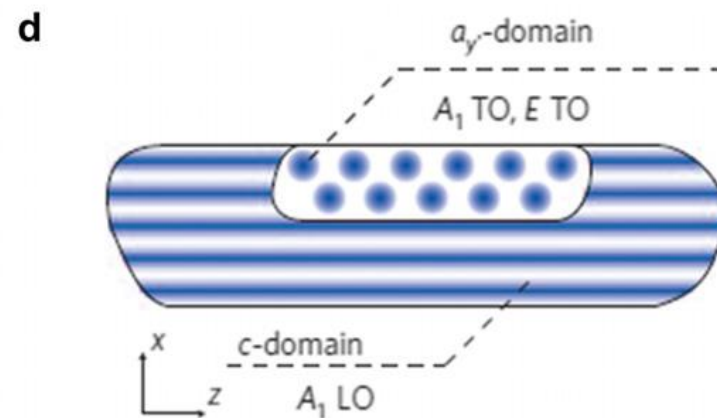
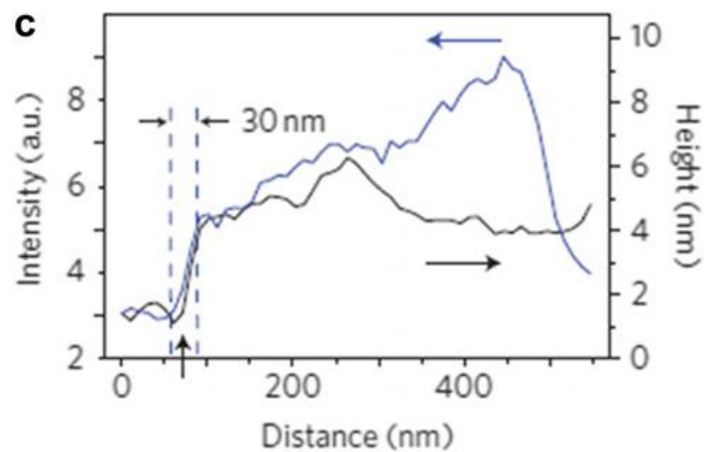
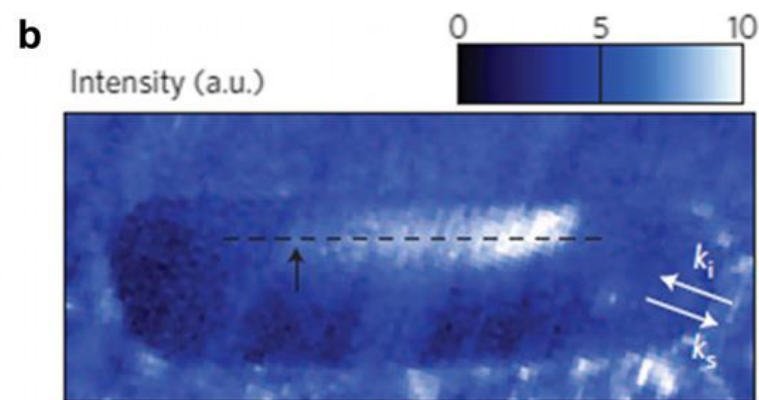
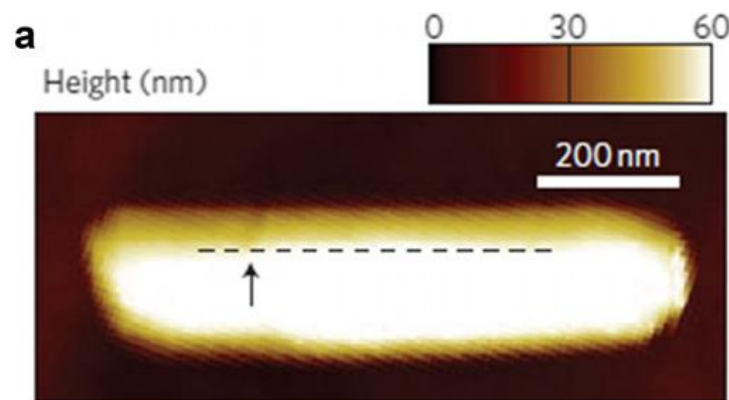
# Схемы измерений



# Исследование химических реакций



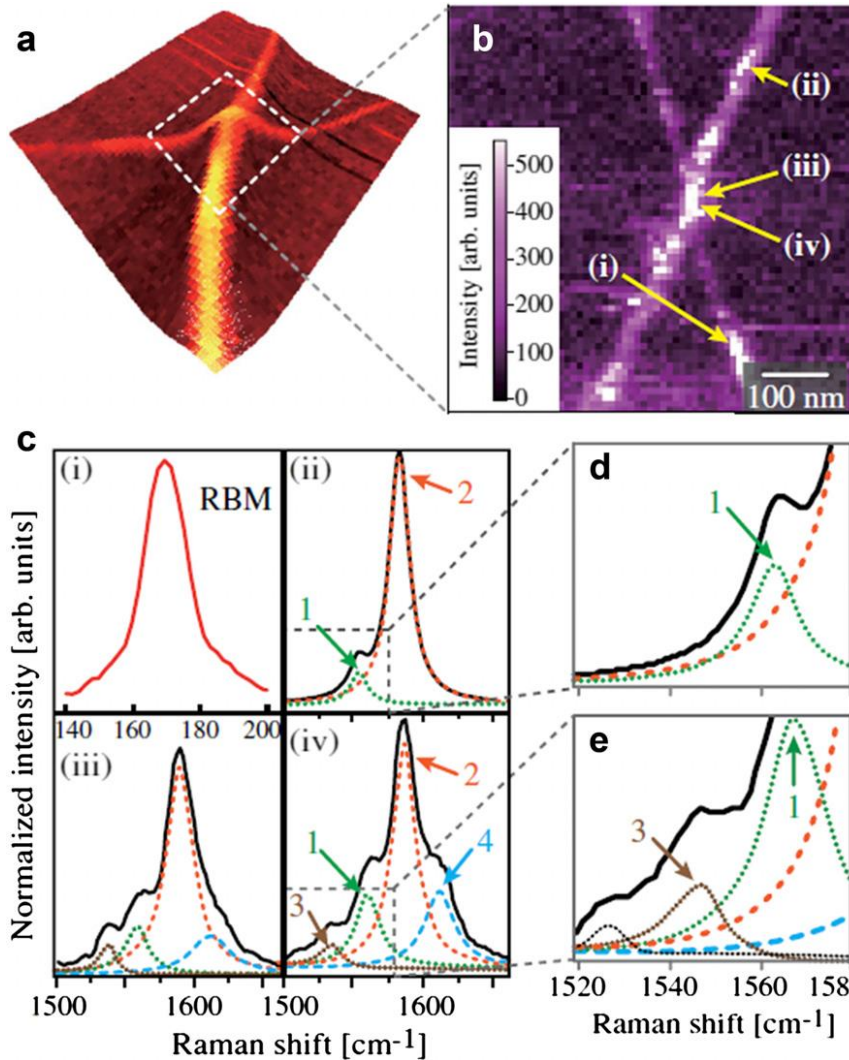
# Нанокристаллы $\text{BaTiO}_3$



Визуализация доменов в ферроэлектриках



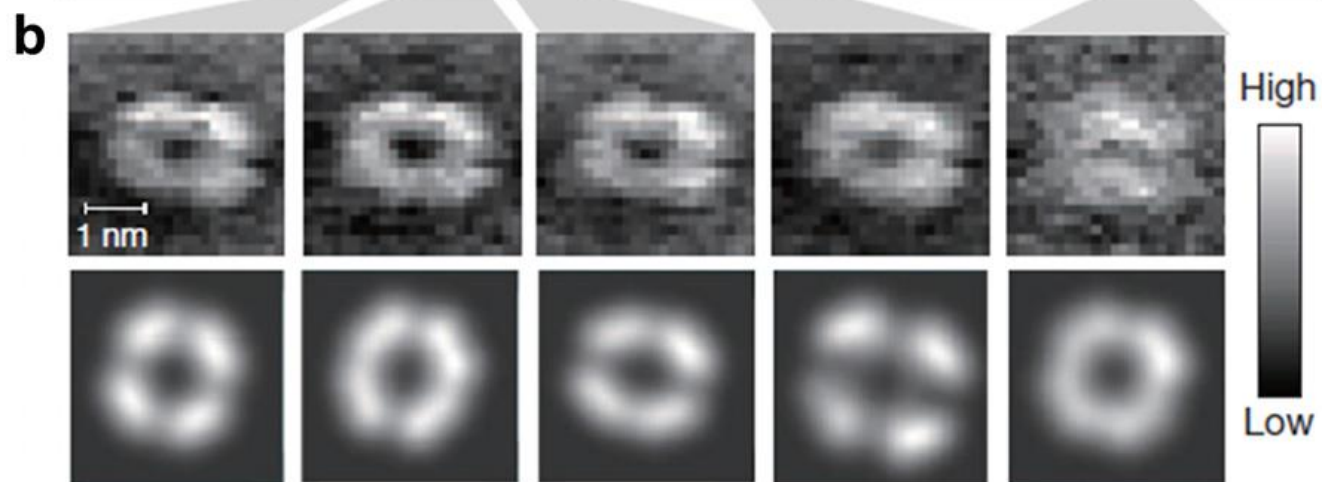
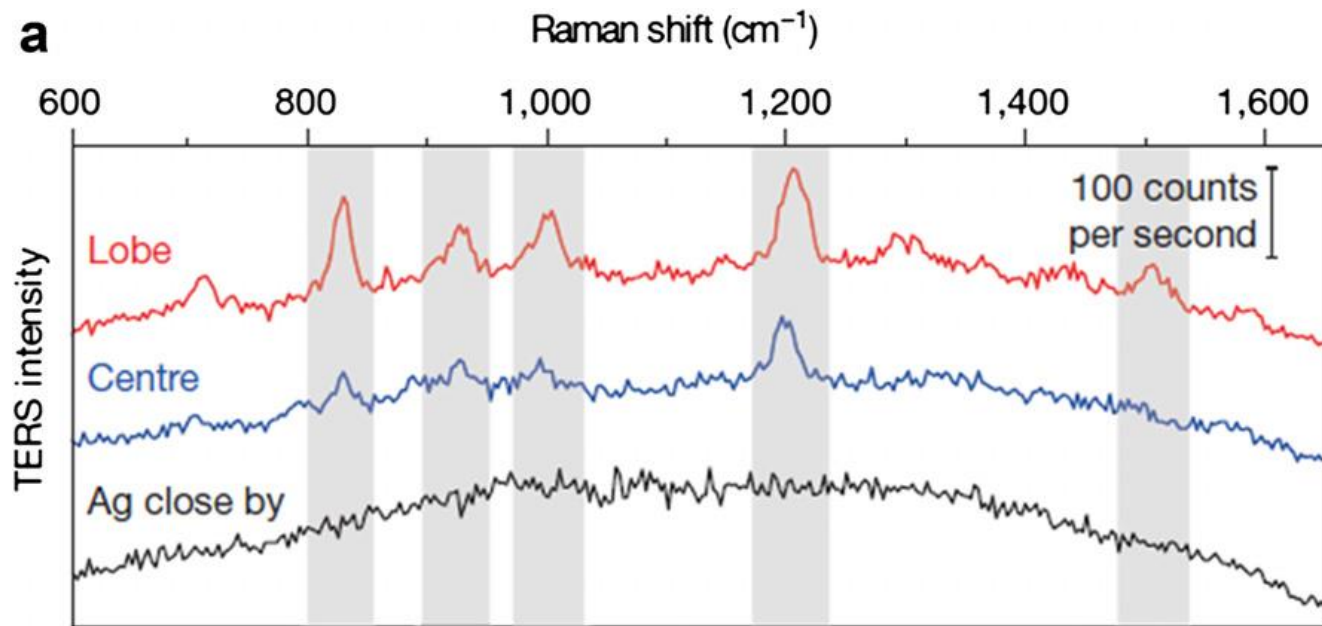
# Углеродные нанотрубки



Позволяют достичь  
Разрешения до 1,7 нм

Регистрация перехода:  
полупроводник-металл  
для УНТ

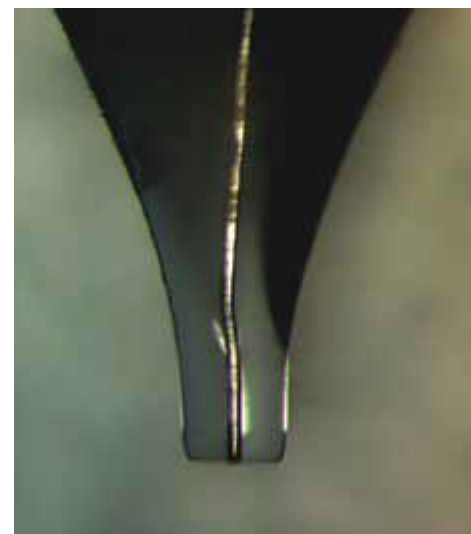
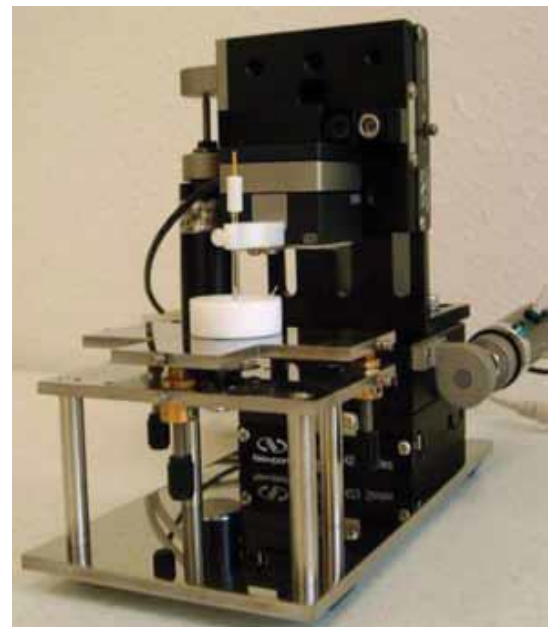
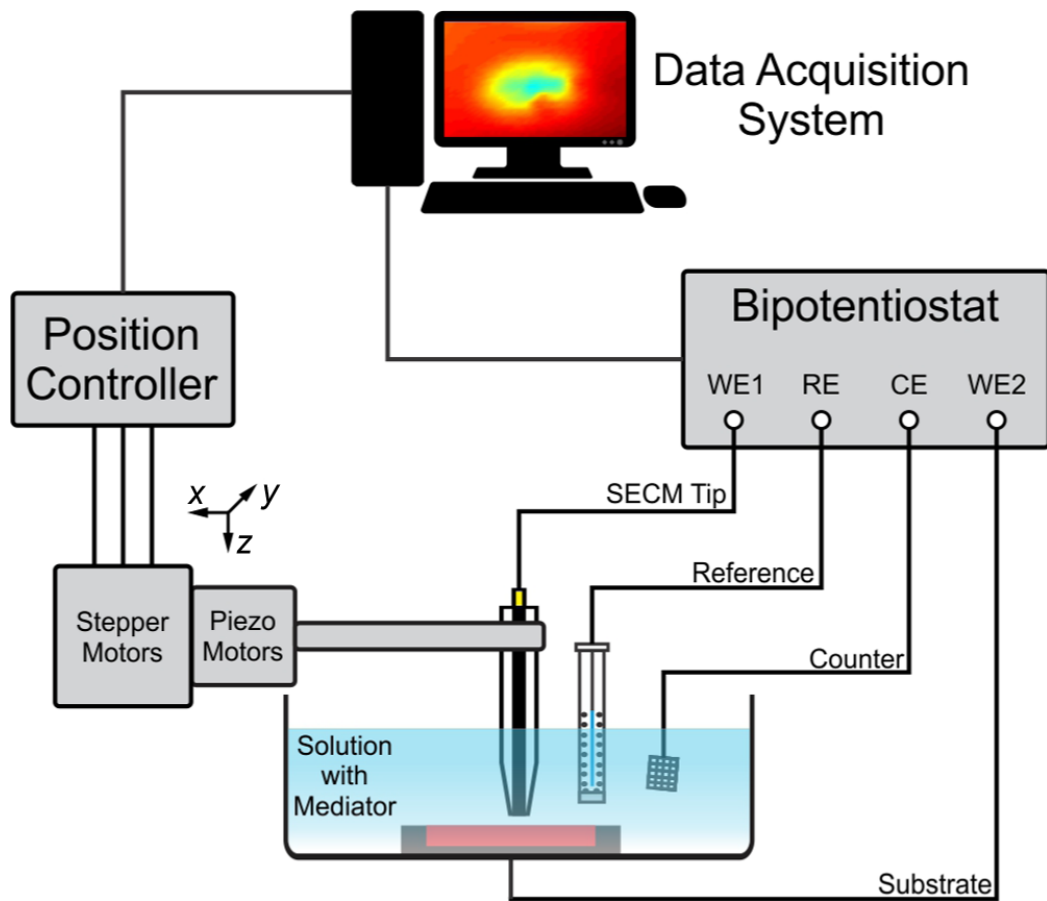
# Спектроскопия одиночных молекул



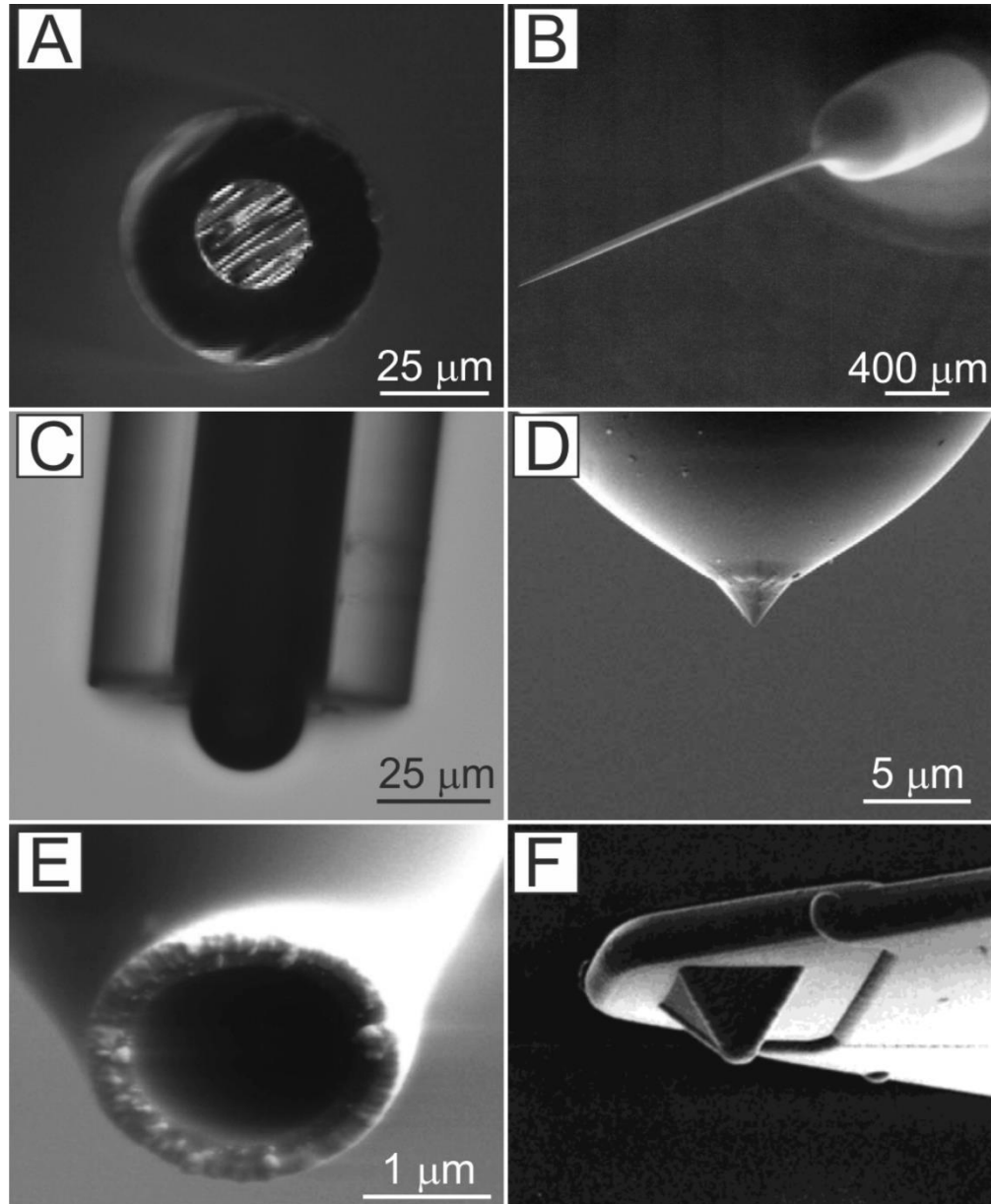


Сканирующая  
электрохимическая  
микроскопия  
(СЭХМ/SECM)

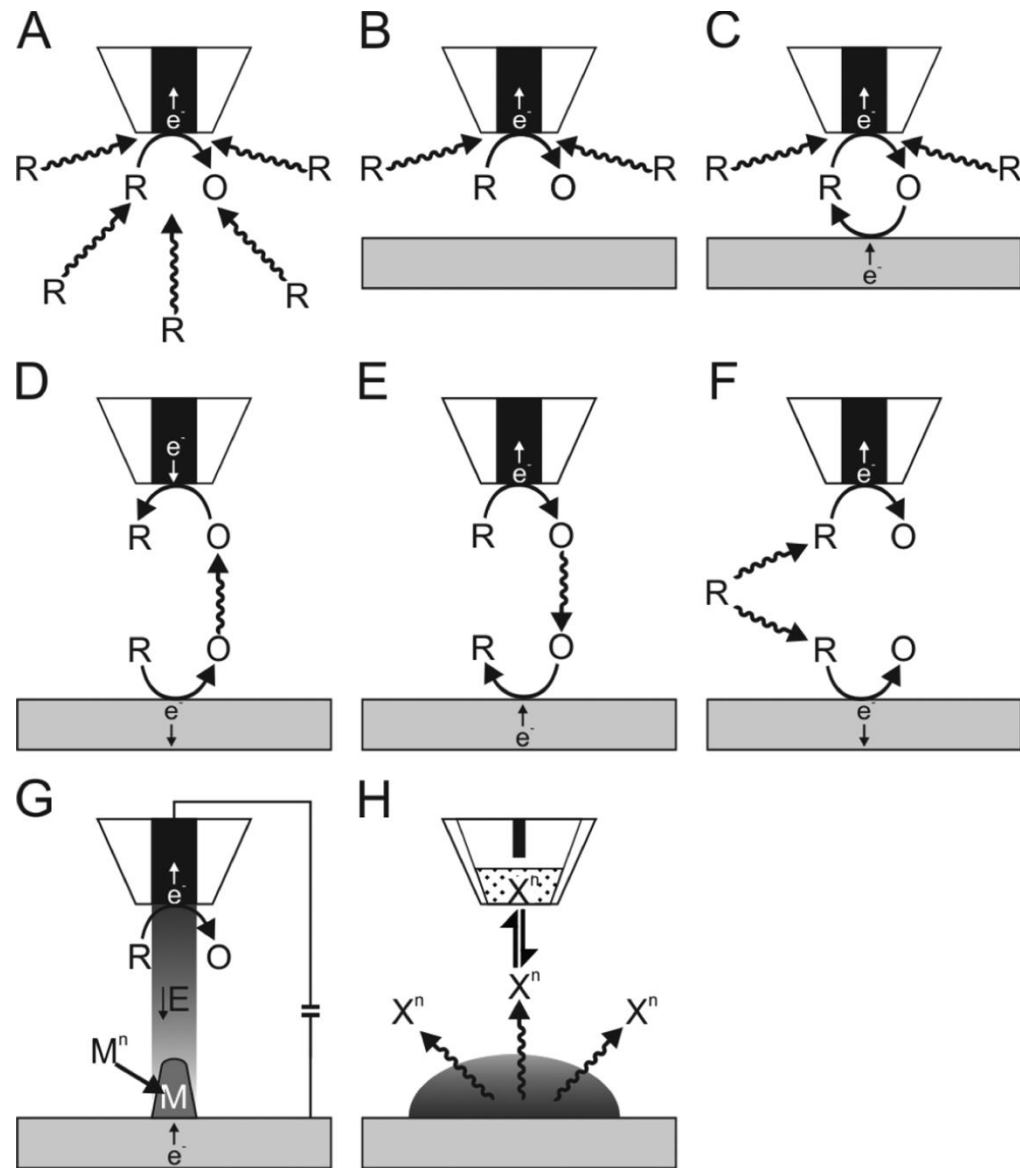
# Исследование локальных электрохимических свойств



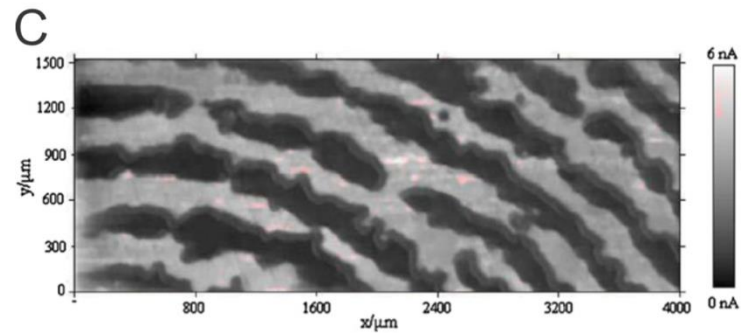
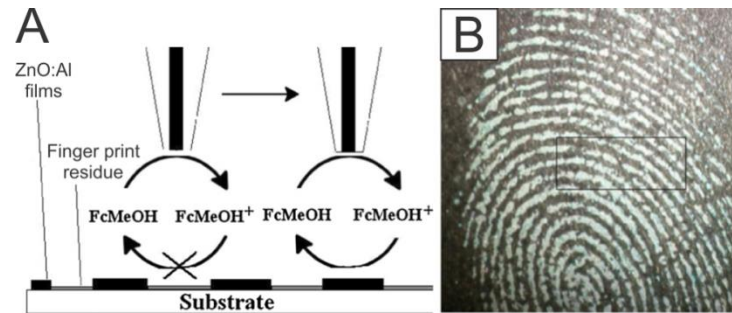
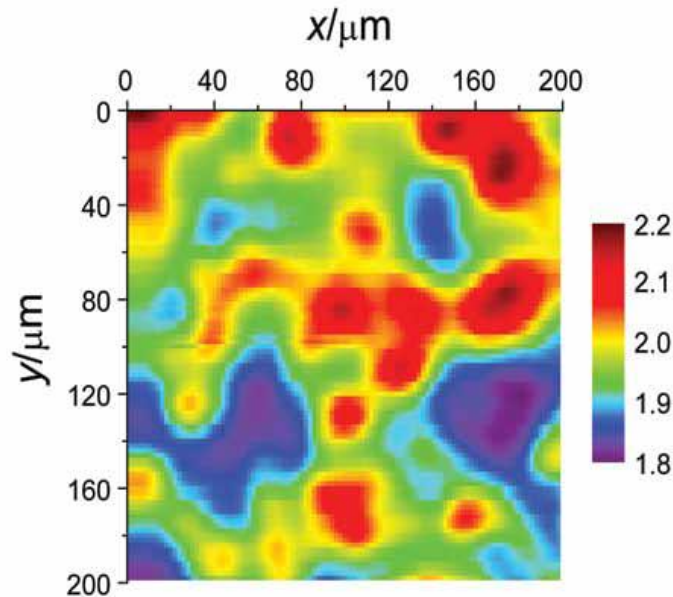
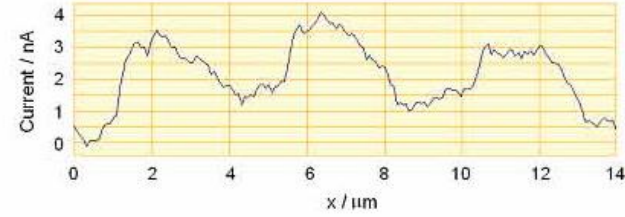
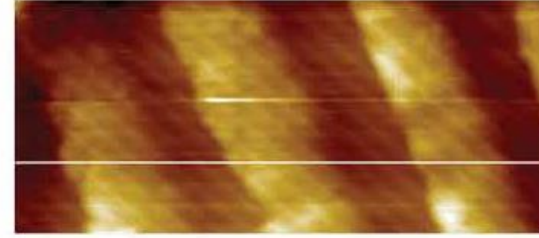
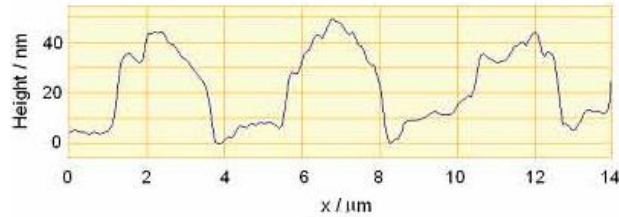
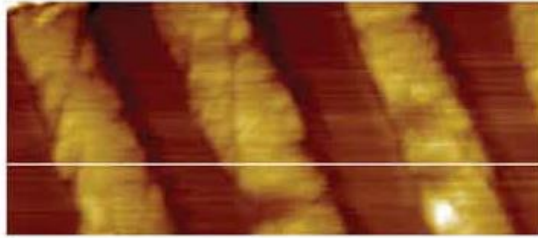
# Зонды



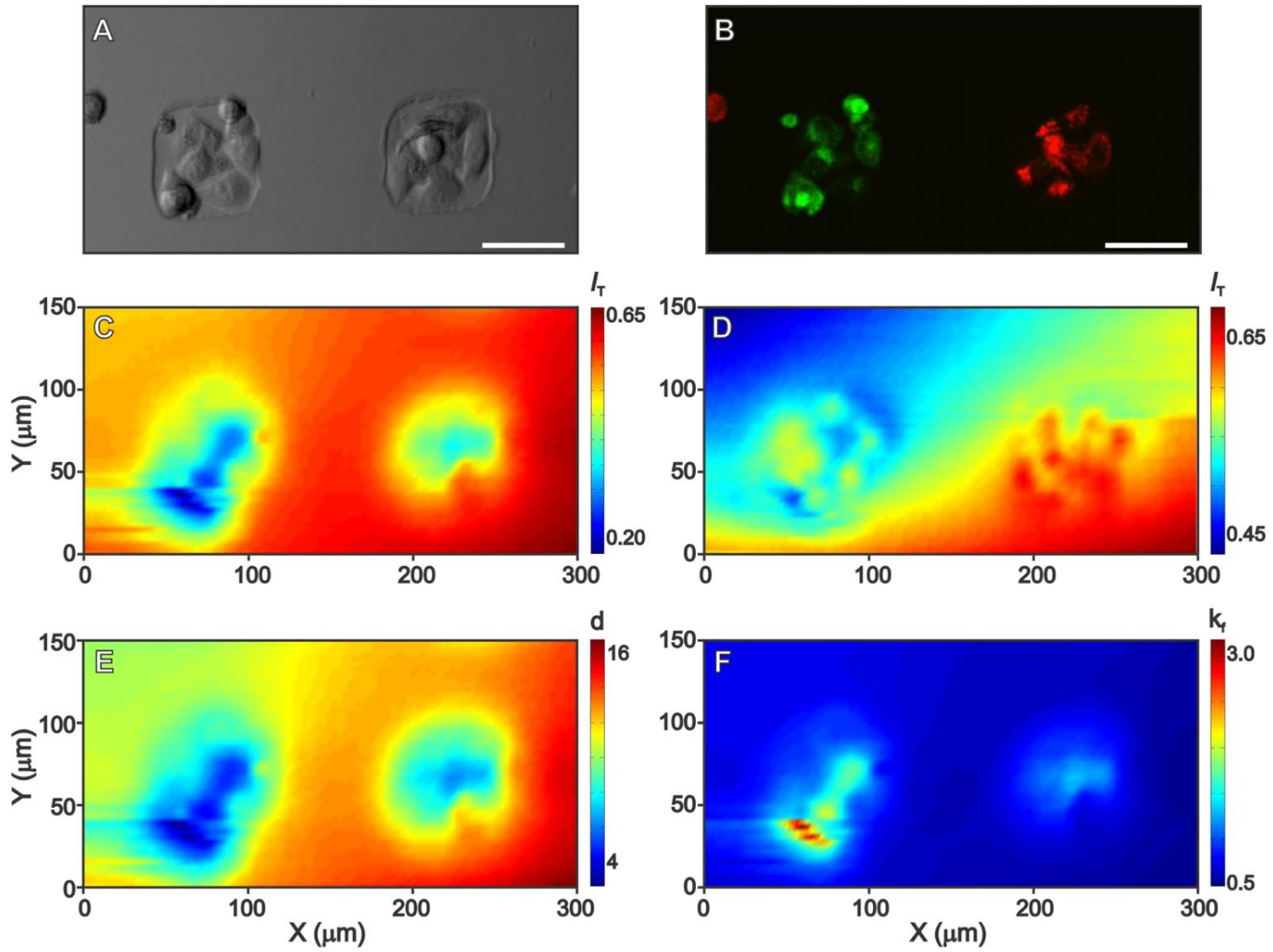
# Принцип измерений



# Примеры изображений



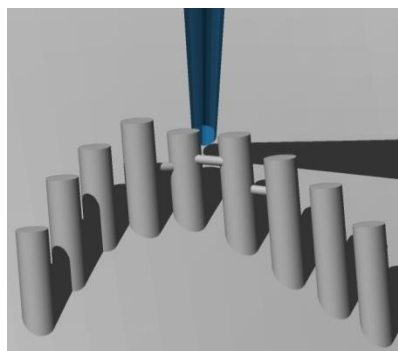
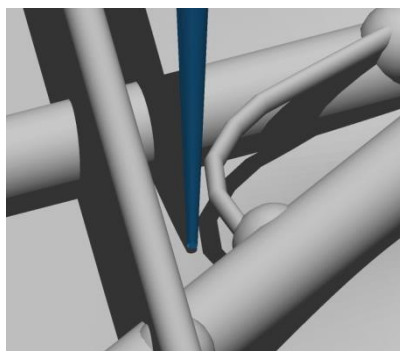
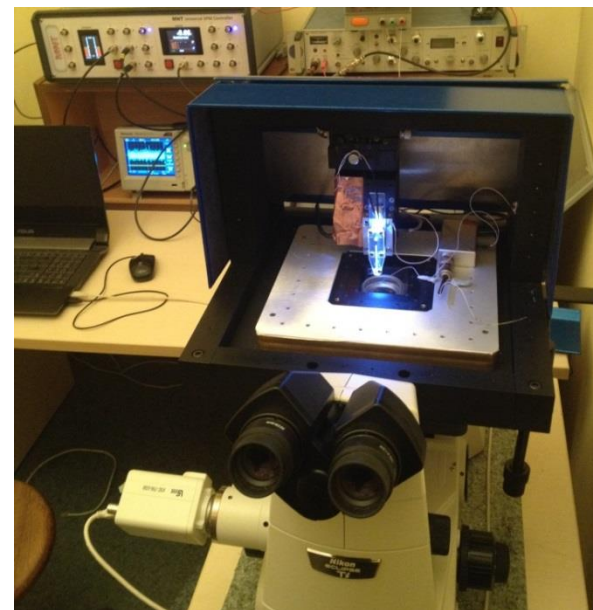
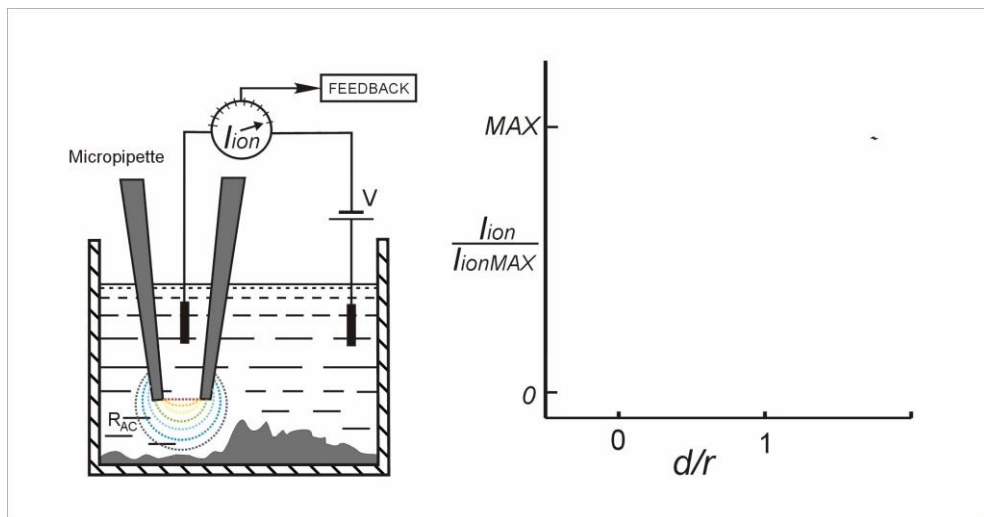
# Клетки HeLa



Сканирующая  
ион-проводящая микроскопия  
(СИПМ/SICM)



# Сканирующий ион-проводящий микроскоп (СИПМ)



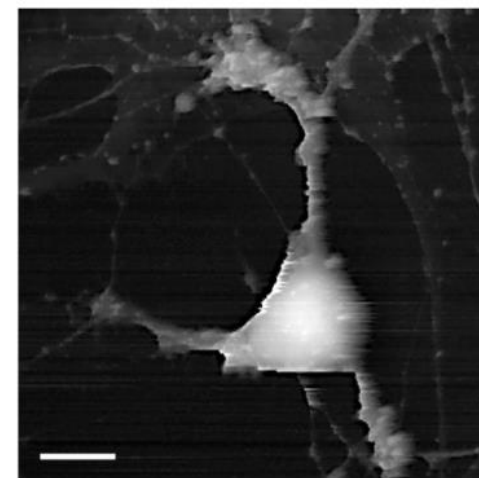
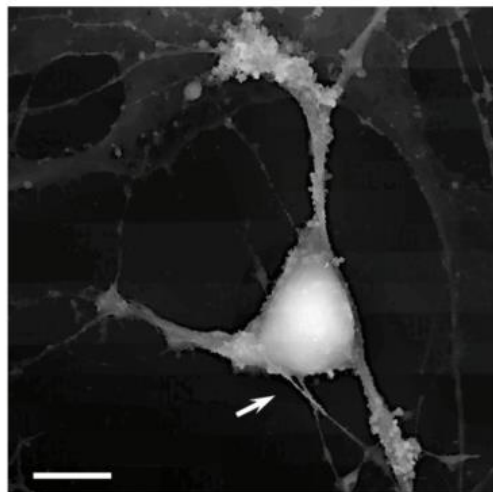
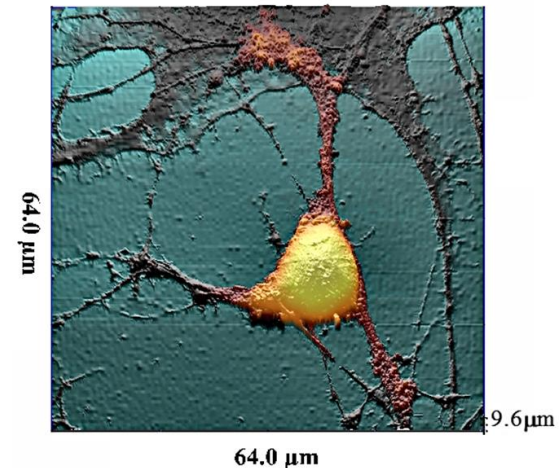
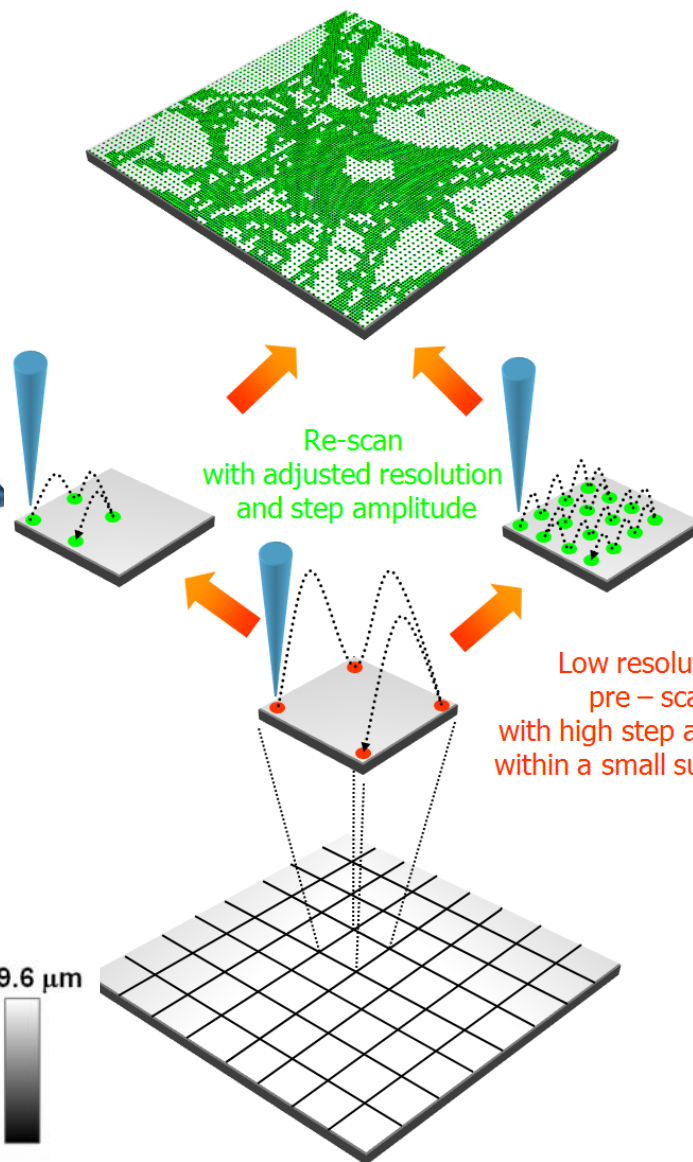
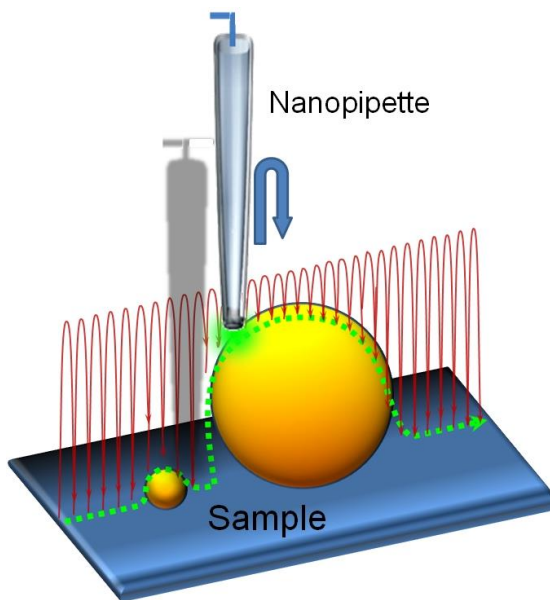
Зонд –  
нанокапилляр  
Параметр – ток  
Изменение – 0.4 %



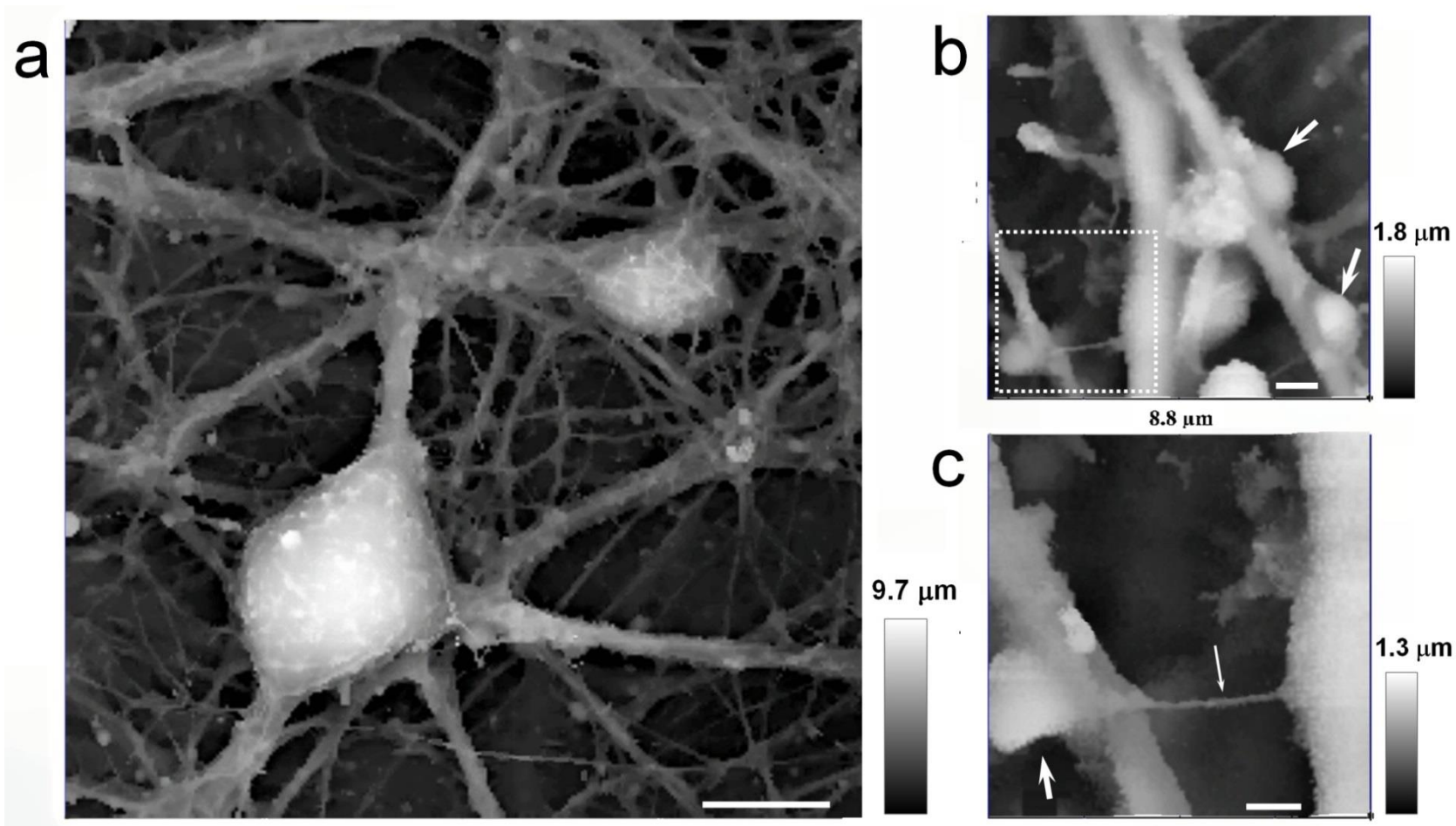
ООО «Медицинские нанотехнологии» (совместное предприятие с группой из Imperial College London)



# Хоппинг (“peak-force”) режим СИПМ

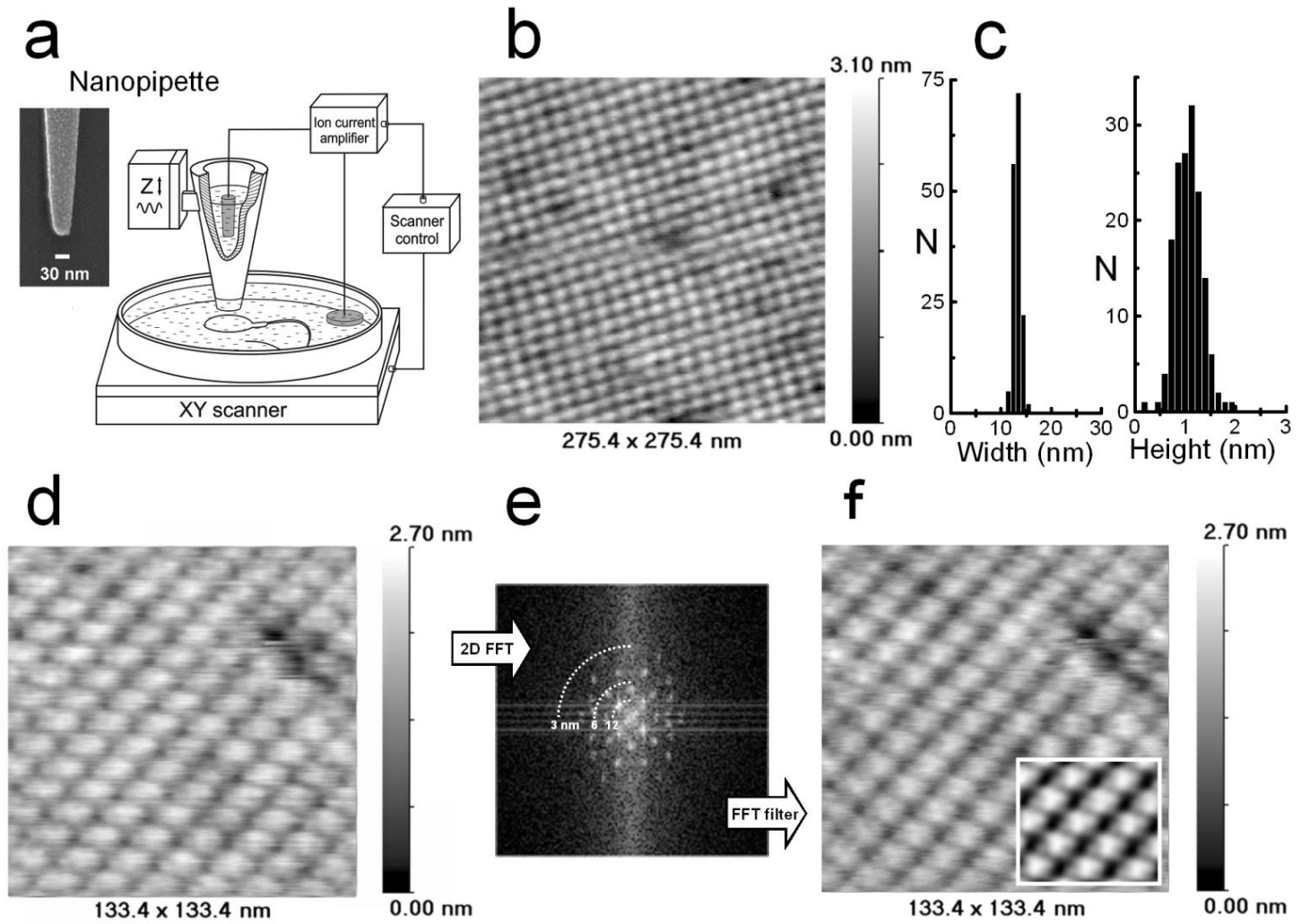


# Примеры



Изображение нейрона (данные проф. Корчев Ю.Е.)

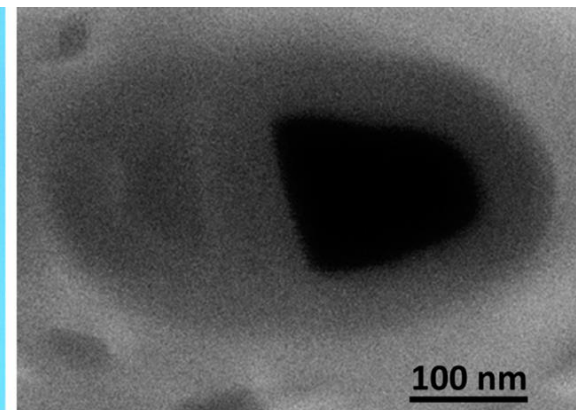
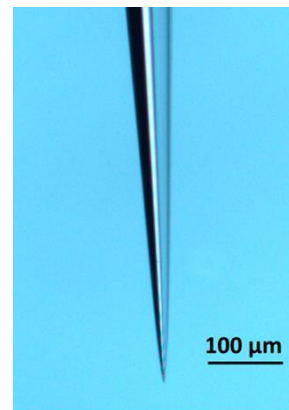
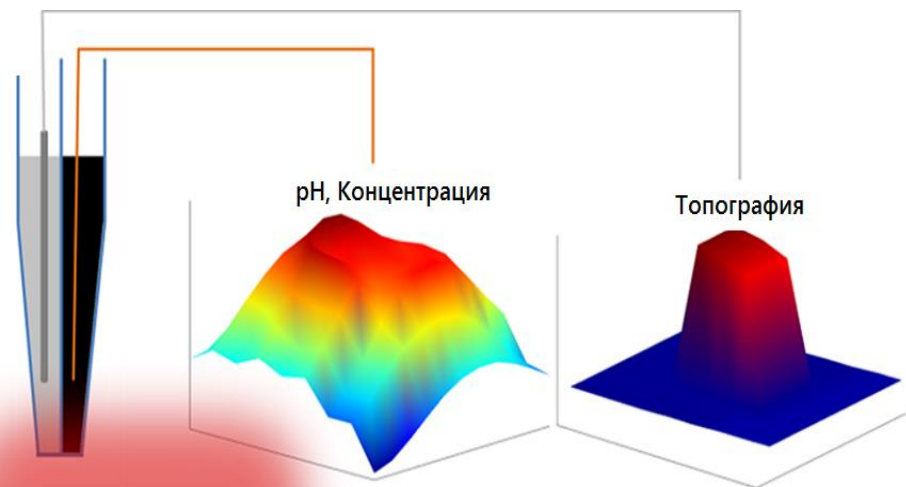
# Разрешение



Монослой белка Wt-SbpA из бактерии *Bacillus sphaericus* CCM 2177

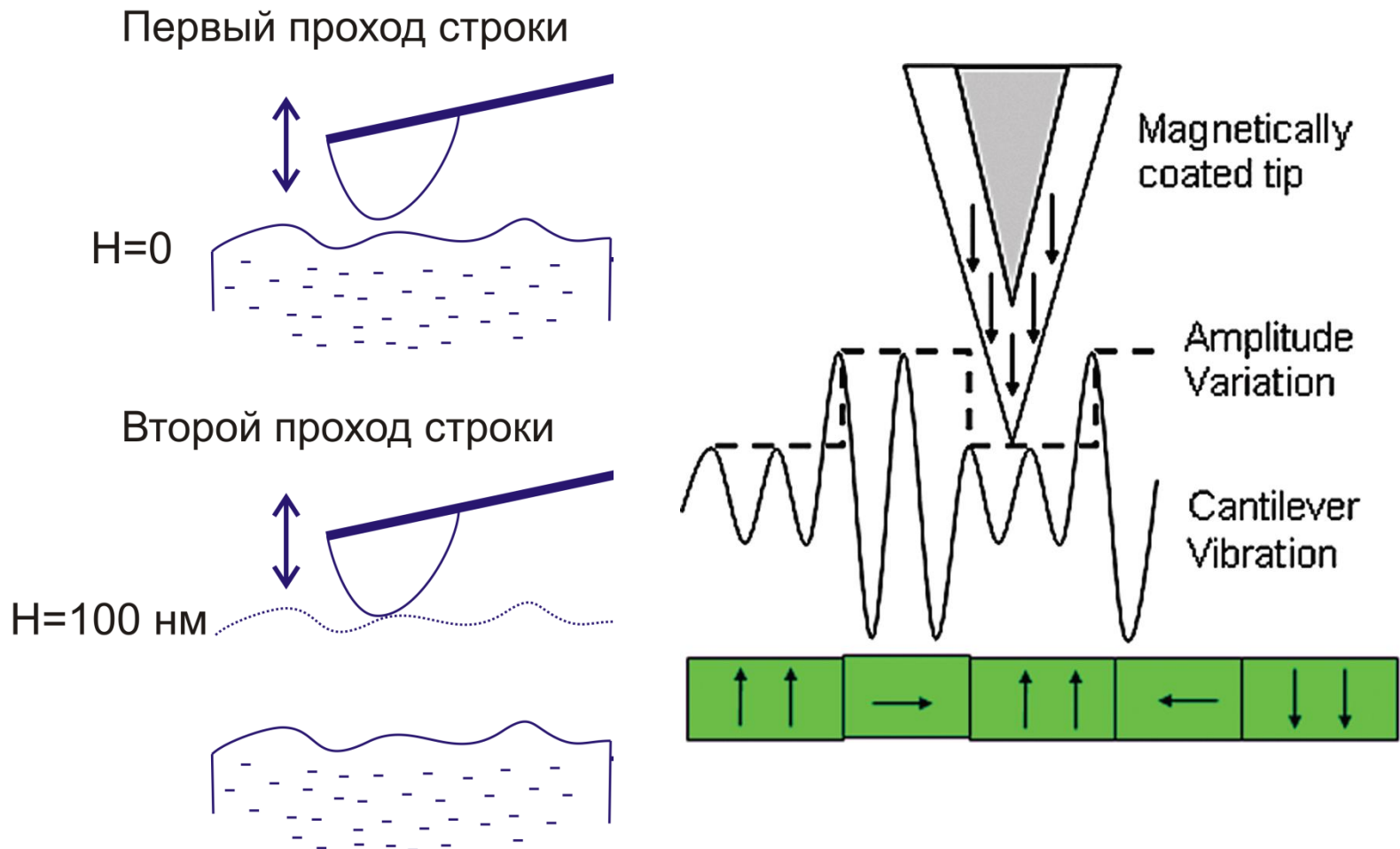


# Двухканальный зонд - Нанопипетка



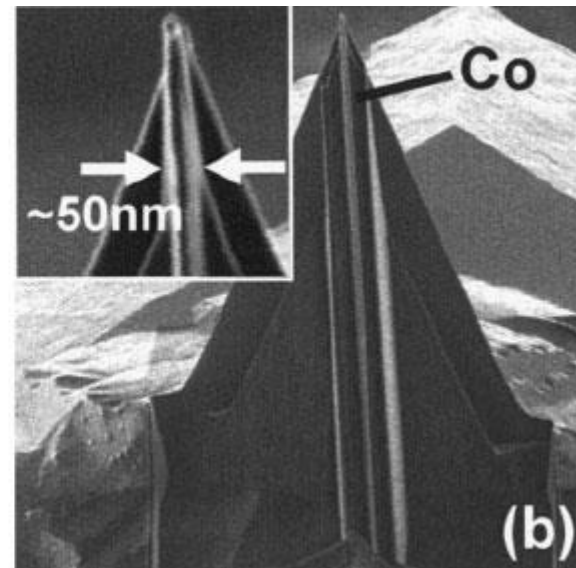
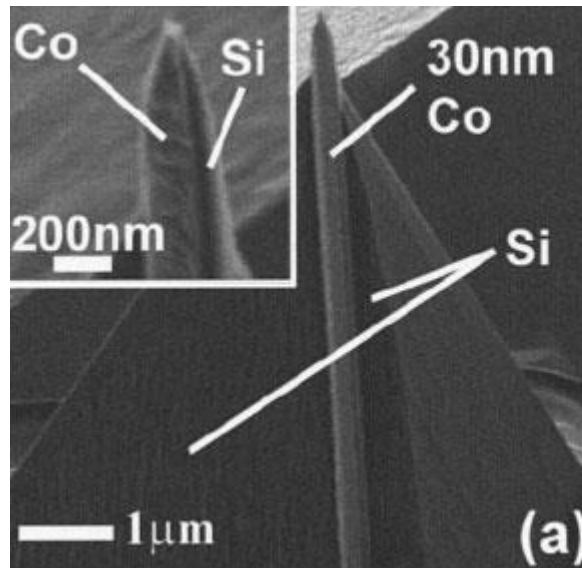
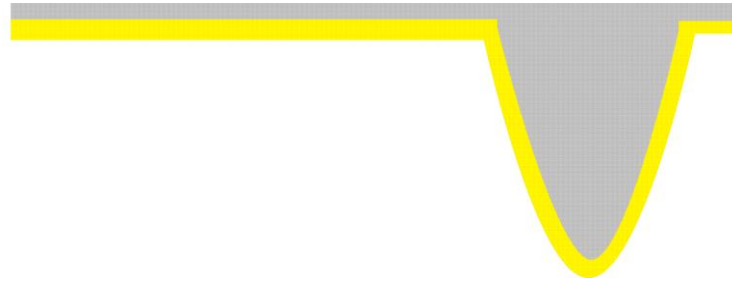
# Магнитно-силовая микроскопия

# Принцип измерения

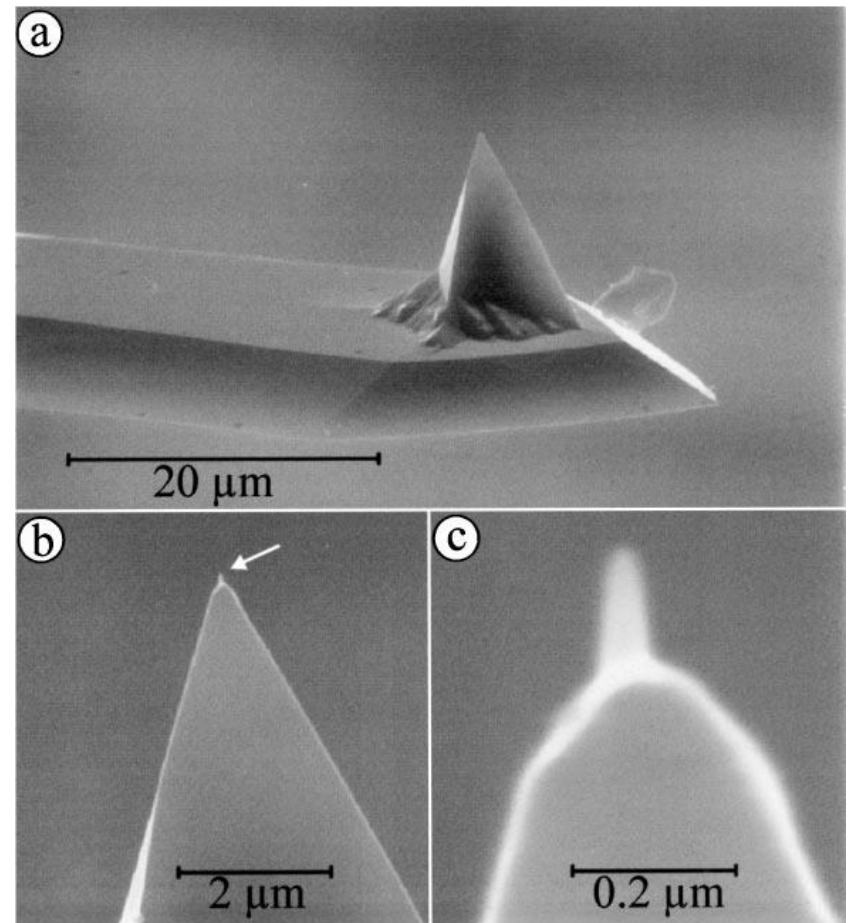
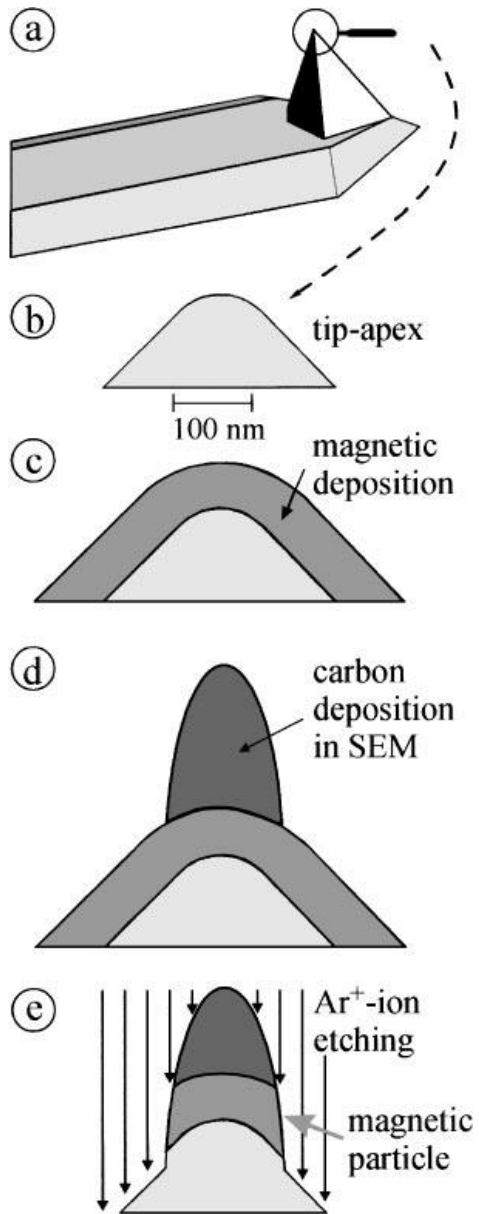


Измерения возможны как контактным, так и в резонансном режимах. Второй проход осуществляется на заданной высоте с повторением рельефа поверхности.

# Магнитные зонды

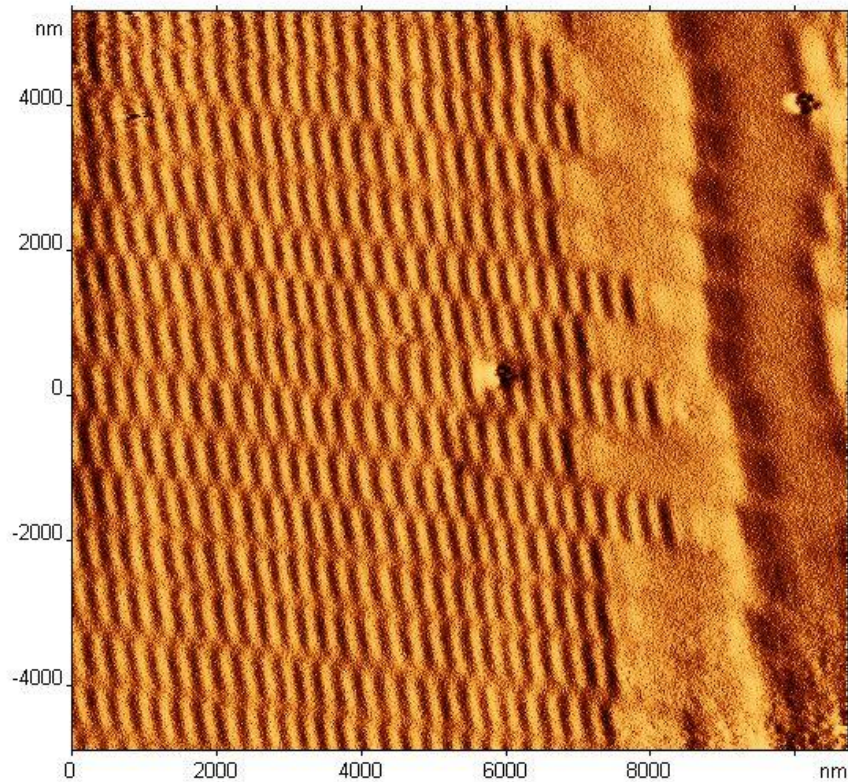


# Магнитные зонды

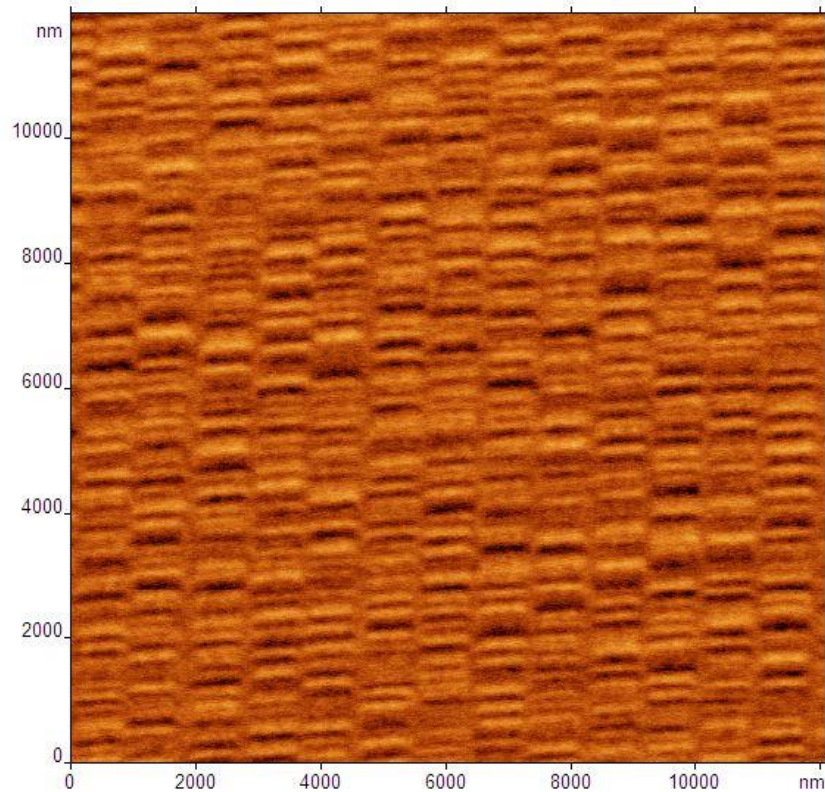




# Исследование магнитных запоминающих устройств

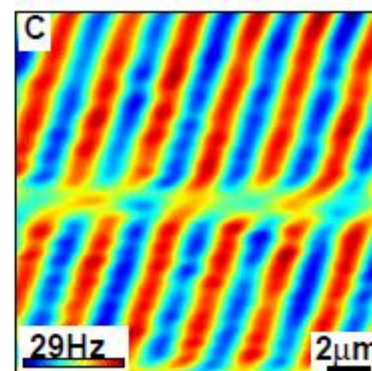
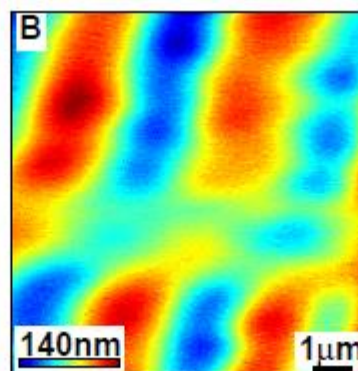
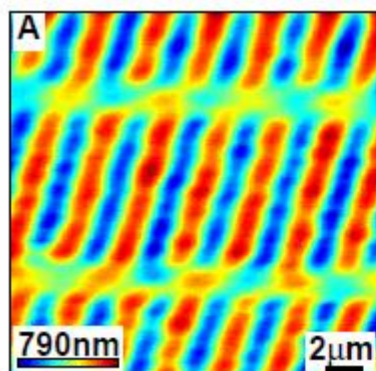
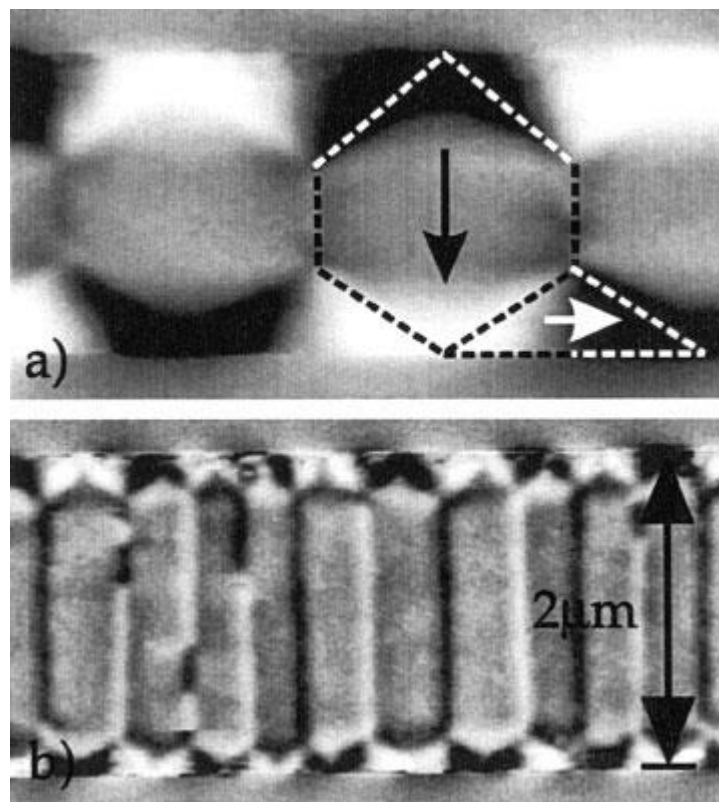


Диск на 15 Гб



Диск на 250 Гб

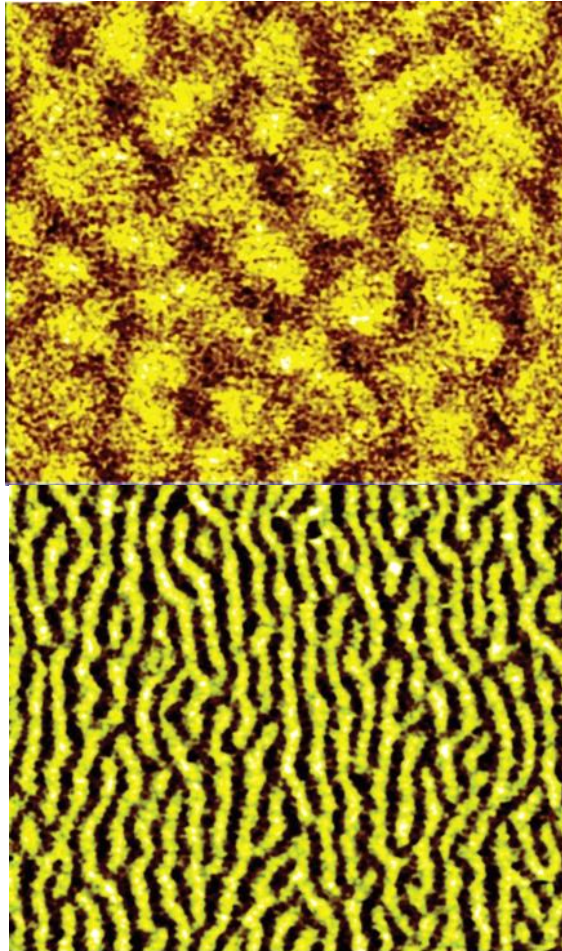
# Исследование магнитных запоминающих устройств





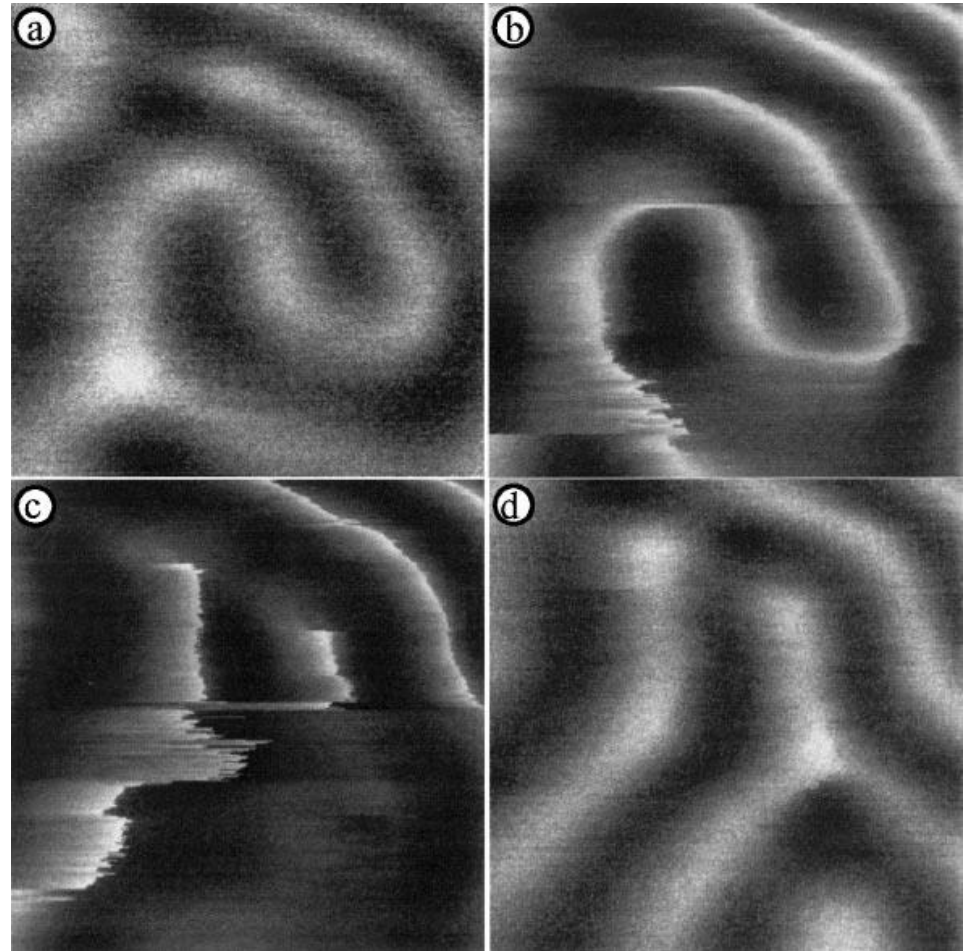
# Тонкие пленки

Пленки Co/Pt 5x5 мкм



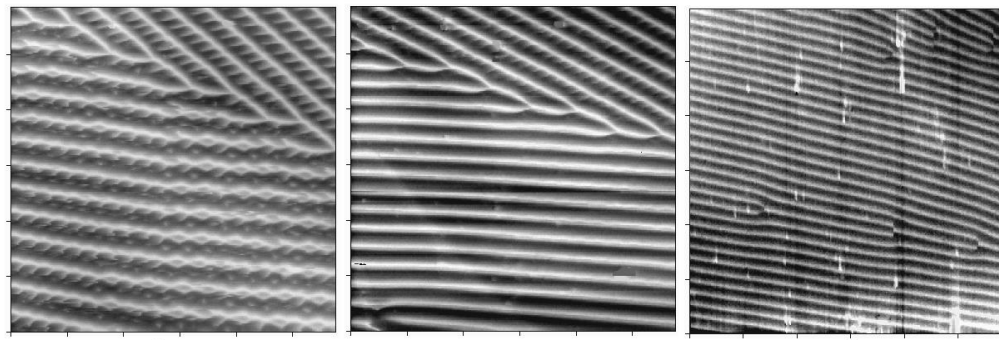
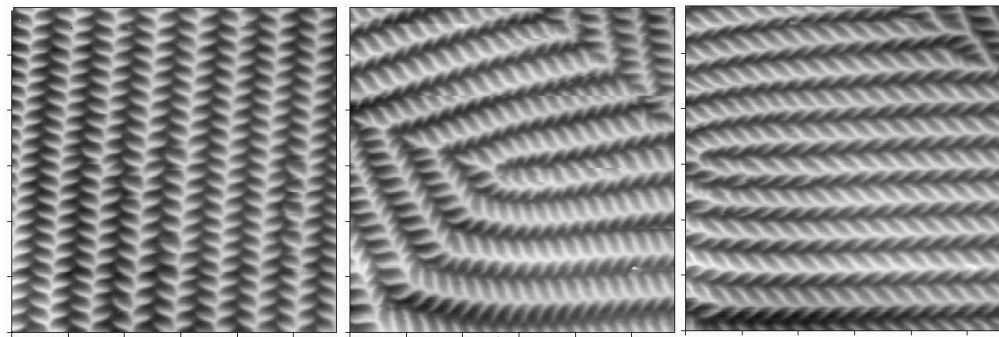
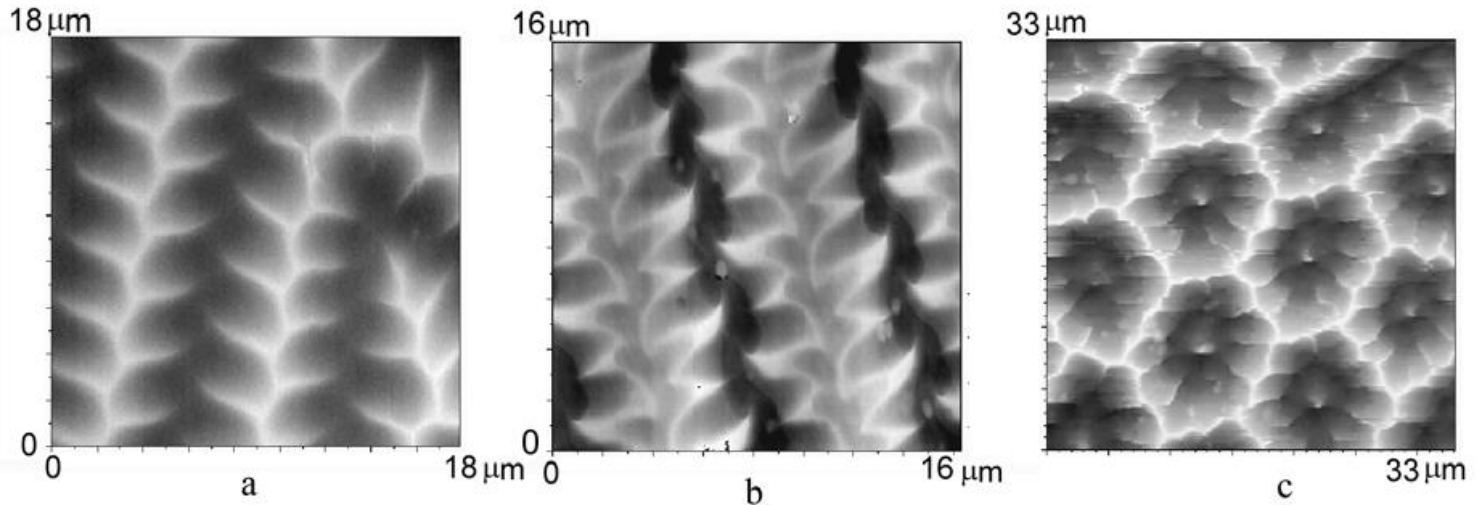
$$L \propto \sqrt{d}$$

пленка YSmBiGaFe 25x25 мкм



Возмущение магнитного поля  
кантилевером при сканировании

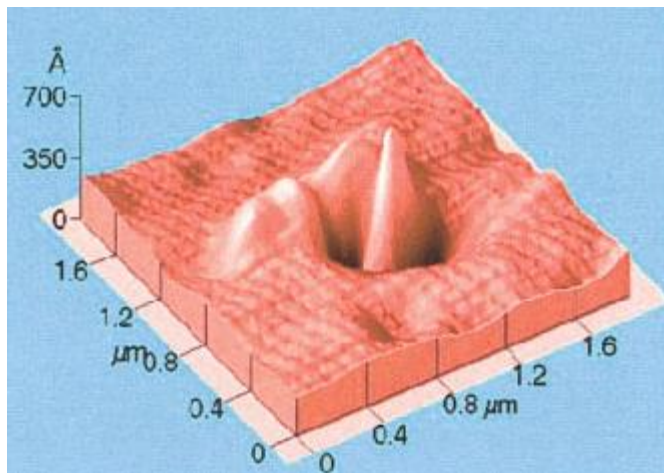
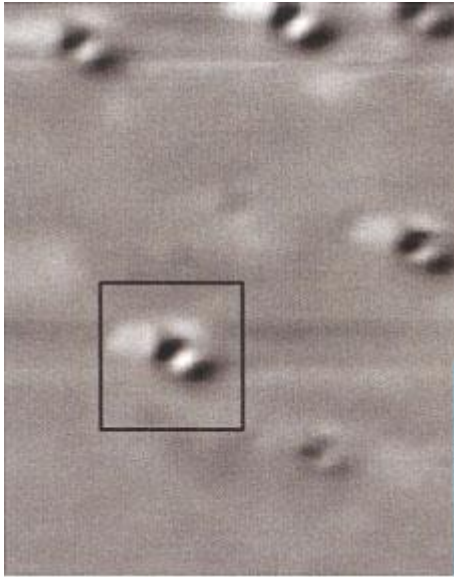
# Пленки феррита-граната



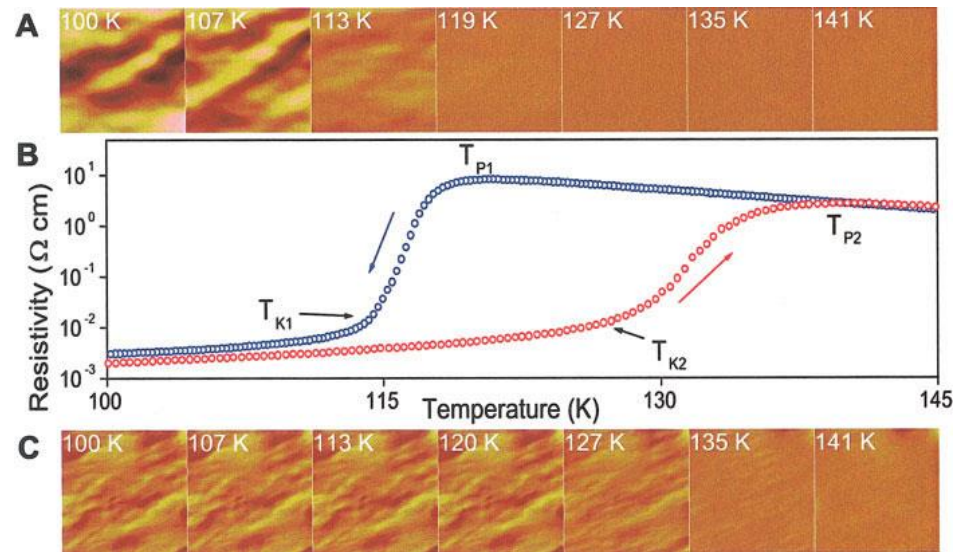
← H



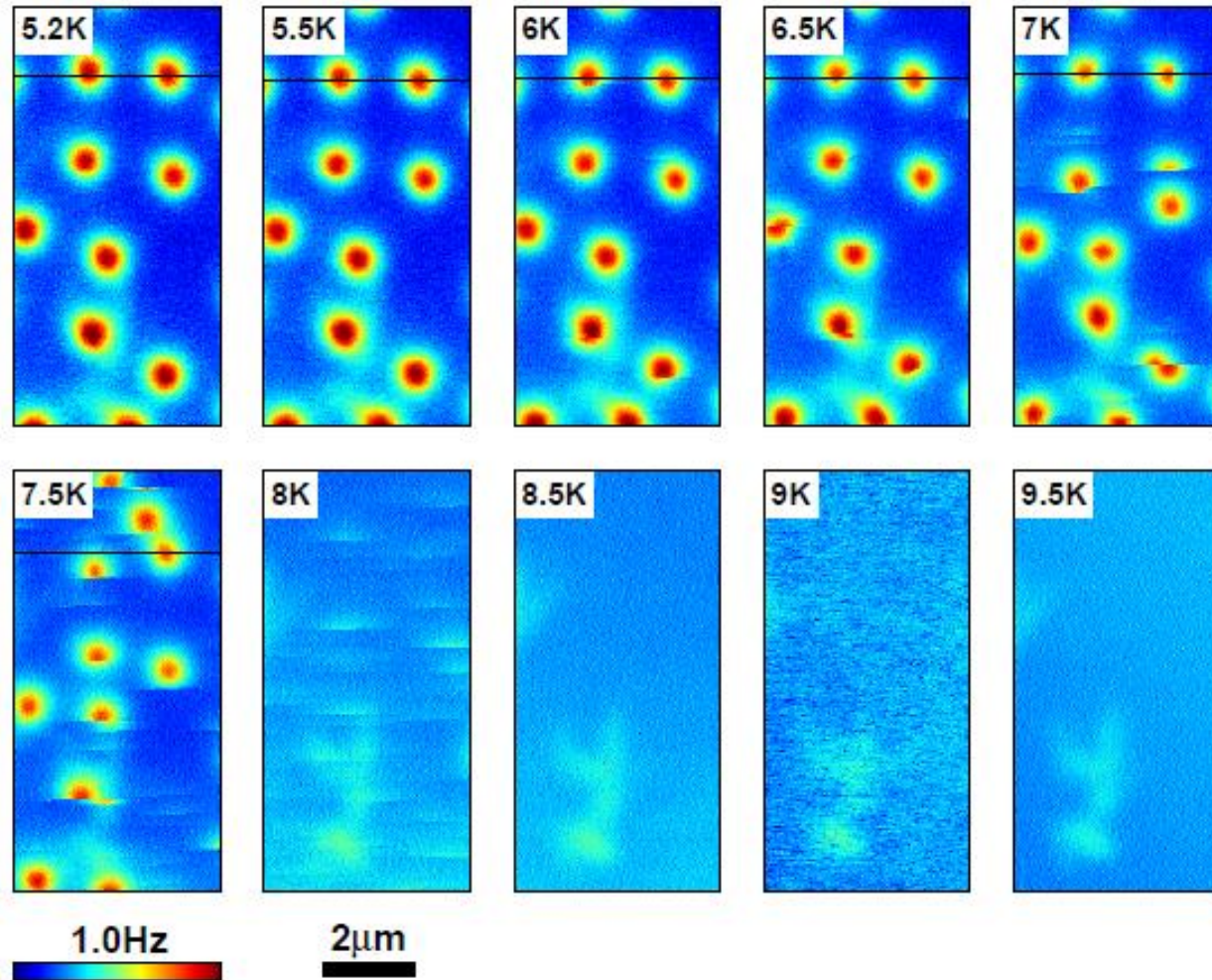
# Сверхпроводники



Интерес представляют сверхпроводники II рода, поскольку в них присутствует вихревое магнитное поле

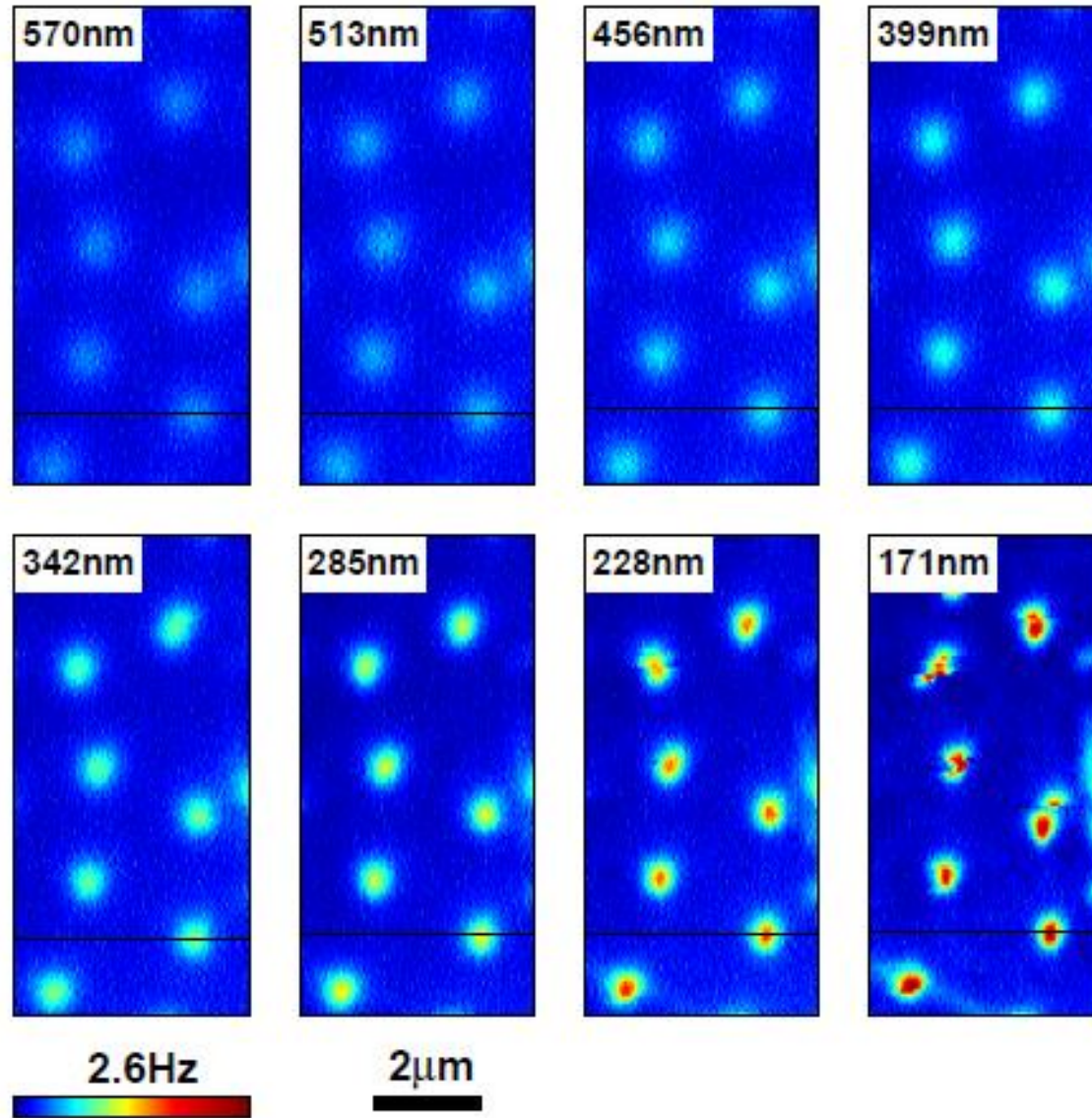


# Сверхпроводники II рода



Зависимость от температуры – потеря сверхпроводимости

# Сверхпроводники II рода



Зависимость от расстояние – воздействие и модификация



# Манипулирование

