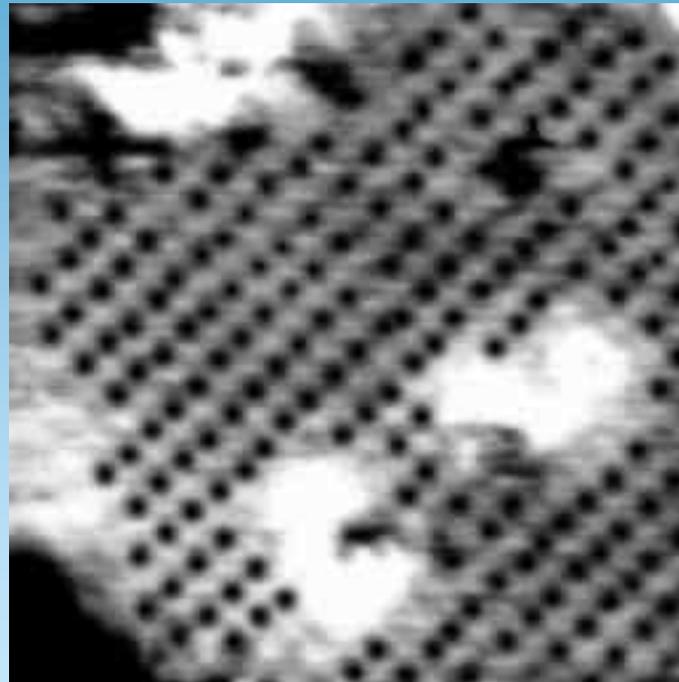


# Применение нанозондов

Исследование  
параметров  
одинокных  
доноров



Исследование  
поверхности с  
атомарным  
разрешением

Квантование  
проводимости  
при комнатной  
температуре  
( $2e^2/h$ )

# Наблюдение квантования проводимости при комнатной температуре

Исследование свойств электронного транспорта в системах с нанозондами дает возможность наблюдать различные низкоразмерные эффекты. Нами было экспериментально показано, что в отличие от структур типа Аронова-Бома и микромостиков квантование проводимости в металлических наноконтактах наблюдается при комнатной температуре. Реализация эффекта квантования проводимости требует, чтобы поперечный размер канала был близок к фермиевской длине волны электрона, т.е. около 1 нм для металлов. Квантовые системы подобных размеров имеют характерную энергию порядка  $E \sim \hbar/m\lambda^2$ , большую, чем  $kT$  при комнатной температуре.

# Наблюдение квантования проводимости при комнатной температуре

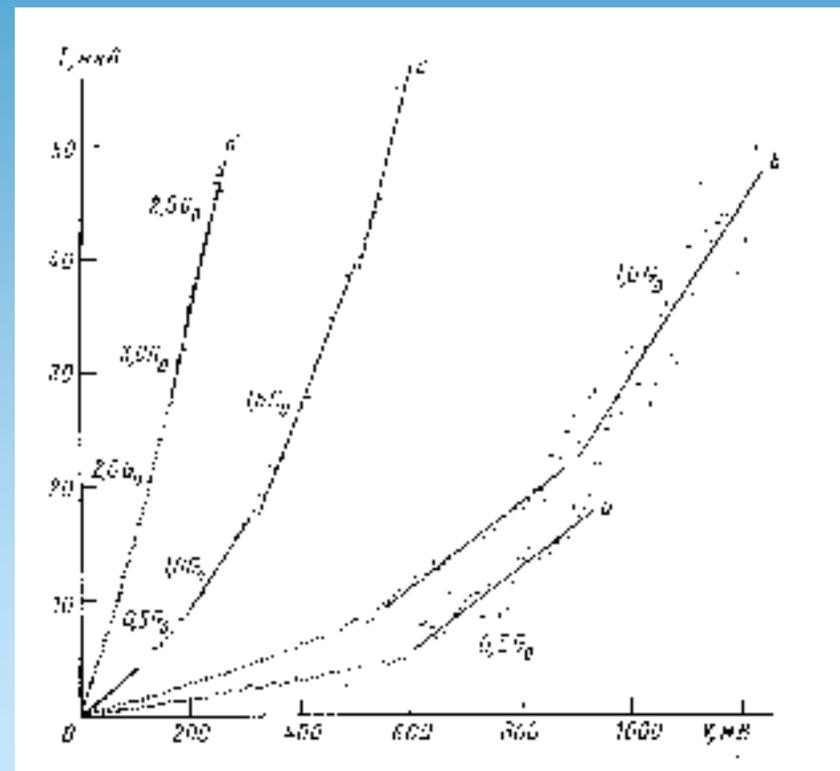
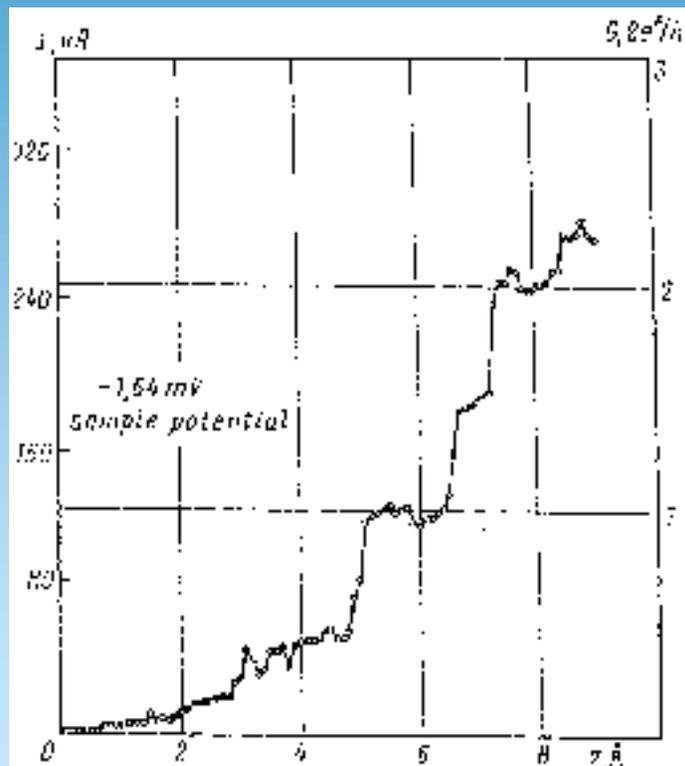
Это позволило нам изучить характер проводимости с помощью туннельного сканирующего микроскопа в контактах W-Au, Au-Au при различных их размерах и напряжениях на контакте. Вольфрамовые и золотые зонды были изготовлены, очищены и пассивированы с использованием технологии электрохимического травления на постоянном и переменном токе и ЭЦР-лазменной обработки в водороде. Диаметр острия зондов был менее 1 нм с углом расхождения около 10 градусов. Для демонстрации квантового характера проводимости мы измеряли вольт-амперные характеристики аноконтактов. Для исключения возможности повреждения контактов из-за высокой плотности энергии напряжение подавалось короткими прямоугольными импульсами (10 микросекунд) со скважностью 1/1000.

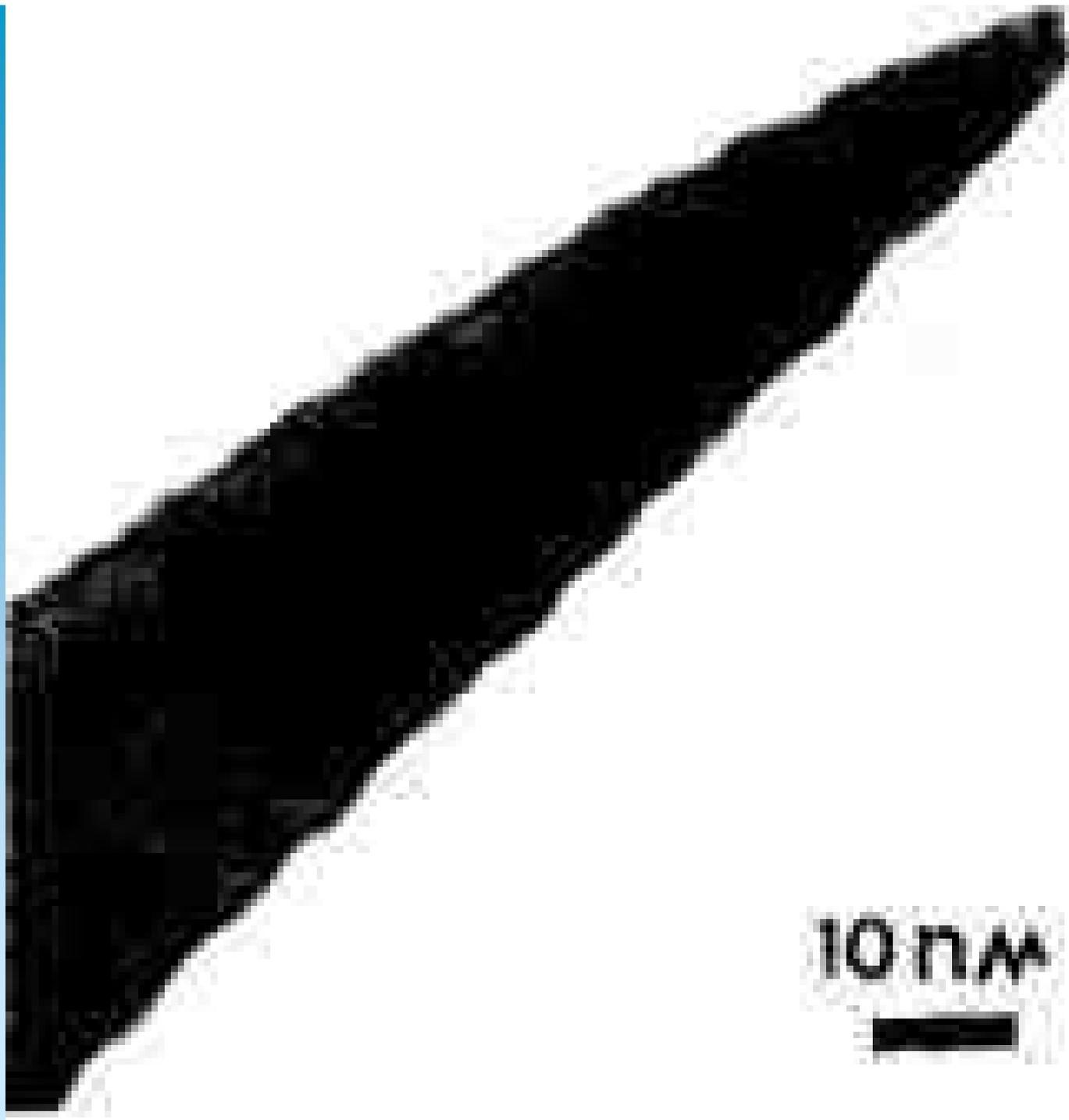
# Наблюдение квантования проводимости при комнатной температуре

Мы показали, что изменение размера наноконтакта приводит к скачкам проводимости, пропорциональном величине  $e^2/h$  и зависимость дифференциальной проводимости от напряжения качественно согласуется с теоретической моделью для одномерного баллистического движения электронов. Из вольт-амперных характеристик следует, что проводимость одиночного контакта при малых напряжениях в контакте вольфрам-золото пропорциональна  $e^2/h$ , а не  $2e^2/h$ . Мы наблюдали ступени высотой  $e^2/h$  и на зависимости проводимости от расстояния нанозонд-образец, т.е. в случае изменения поперечного размера контакта.

Возможно, что наблюдаемый эффект демонстрирует другое явление - вырождение спина в вольфрамовом нанозонде.

# Квантование проводимости при комнатной температуре

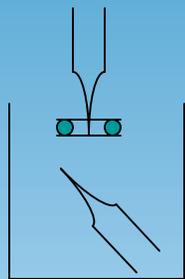




10 nm

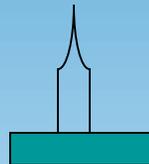
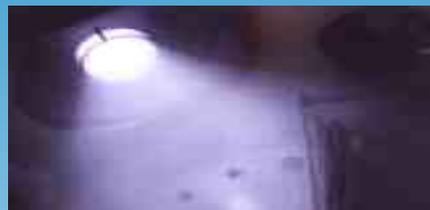


# Пассивация поверхности атомарным водородом



Электрохими-  
ческая ячейка

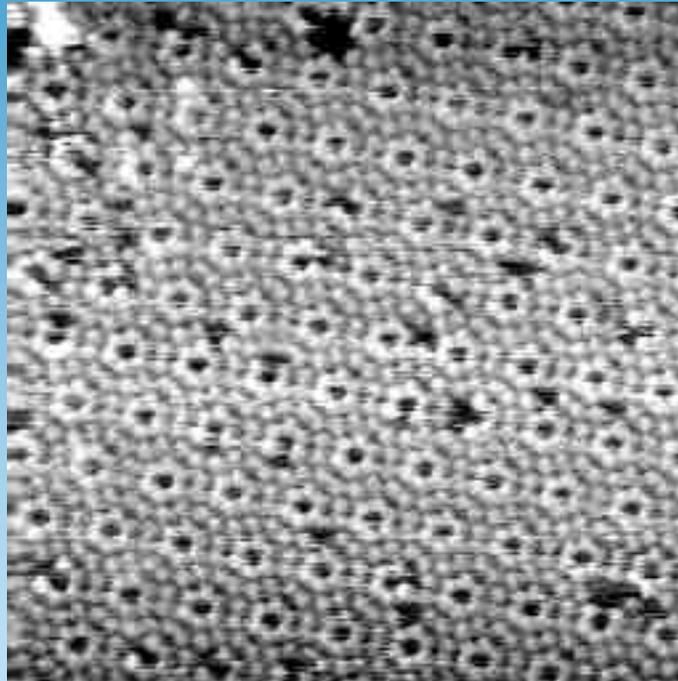
Nanobiology,  
No. 1



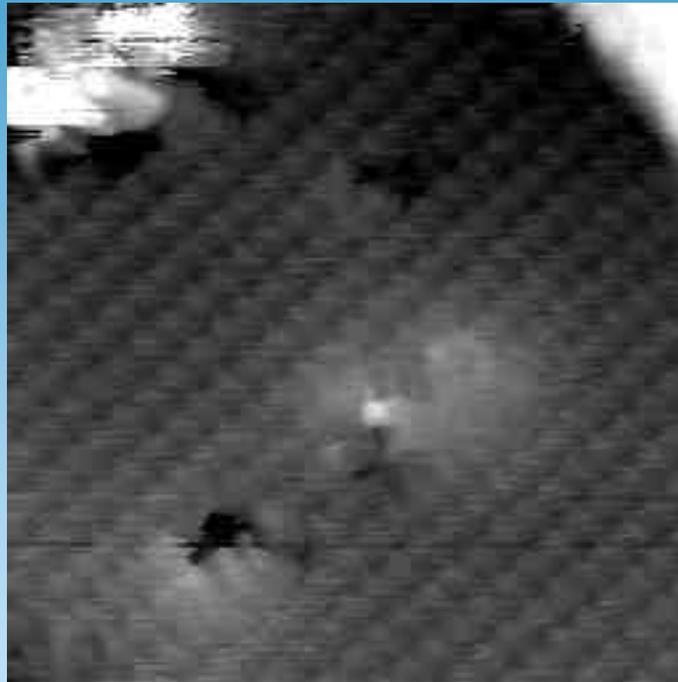
Обработка в  
атомарном  
водороде  
(пассивация)



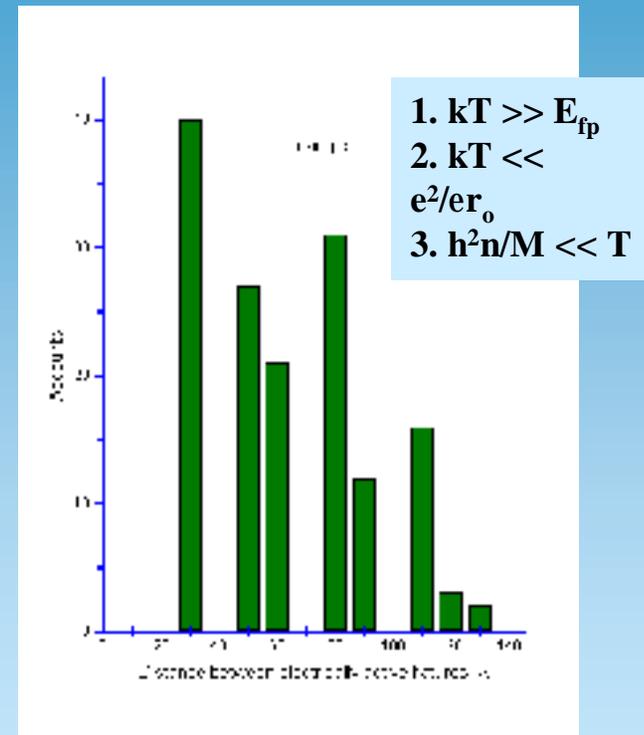
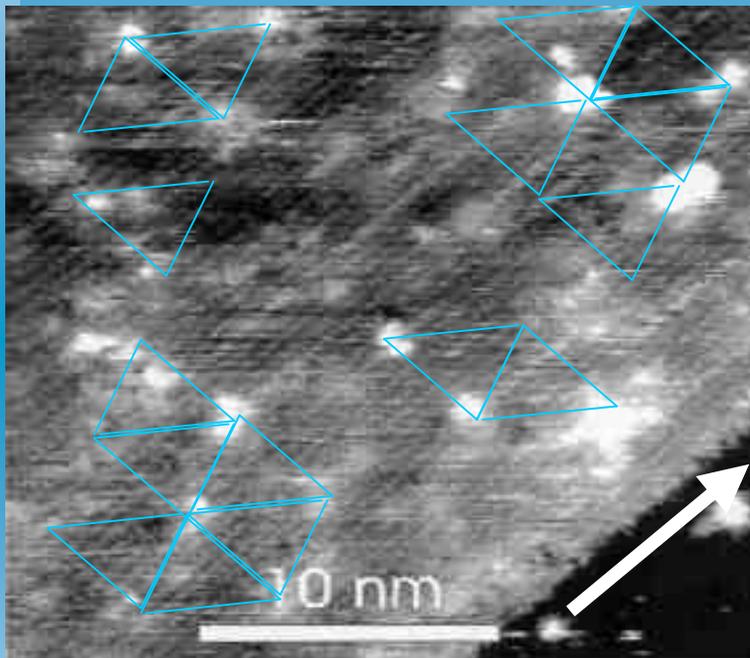
# Si (7x7)



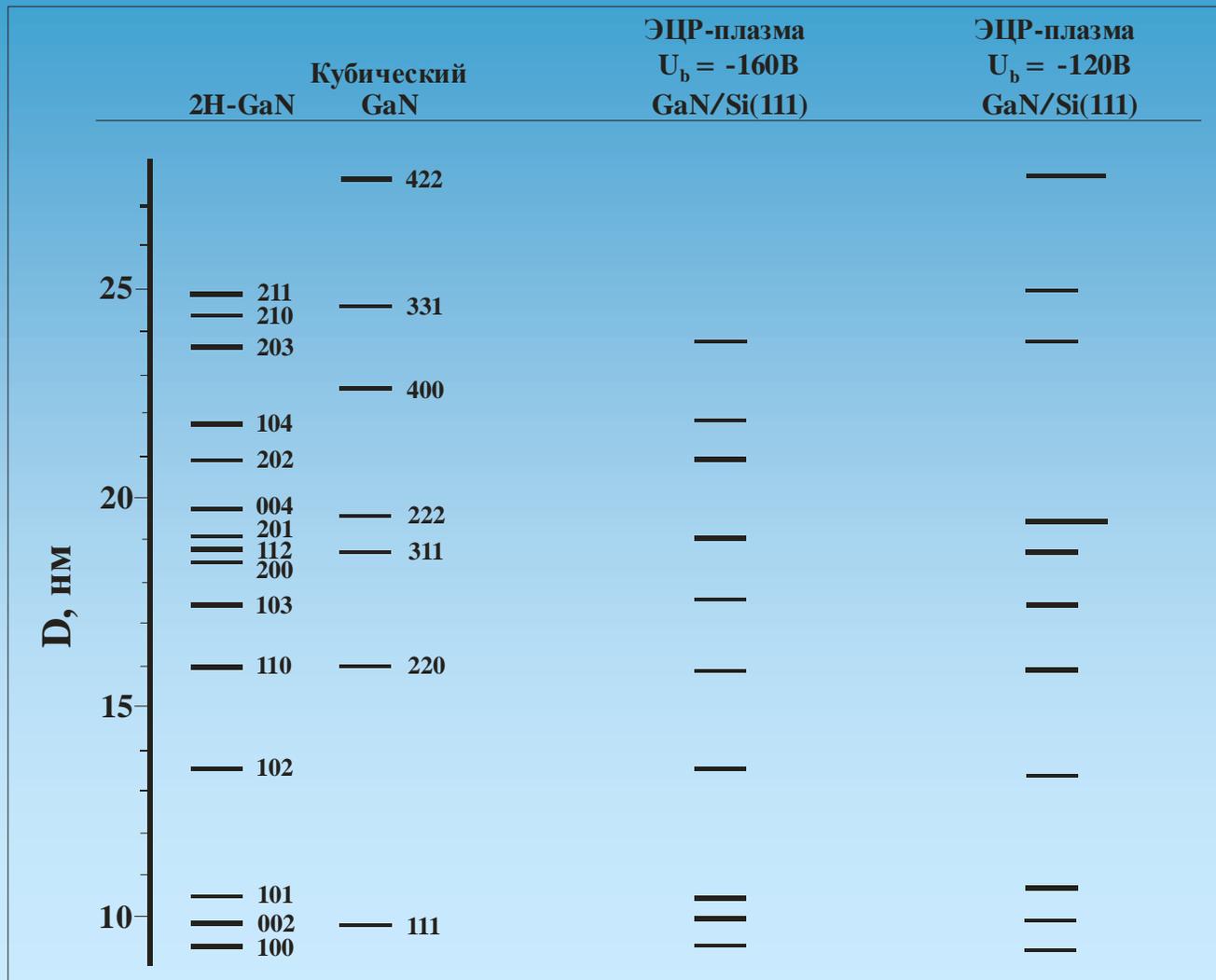
# GaAs



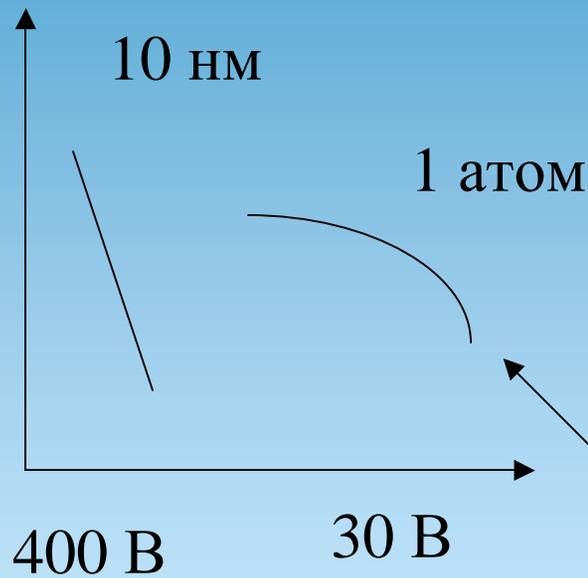
# Применение нанозондов



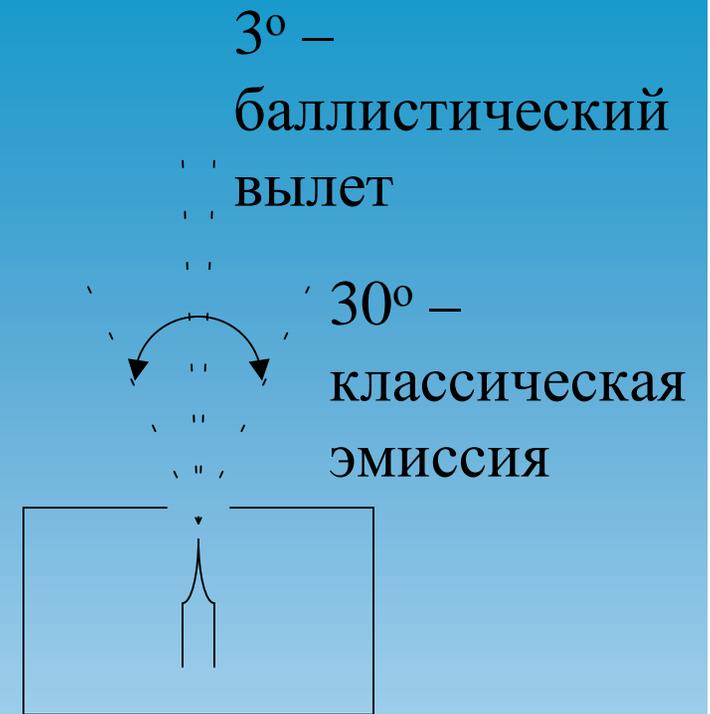
# Эпитаксия



# АВТОЭМИССИЯ



Отклонения  
от закона  
Фаулера-  
Нордгейма



# Широкозонные материалы

Ш-нитриды

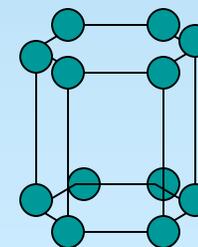
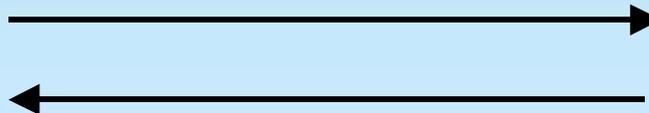
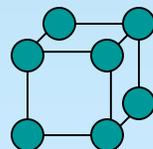
SiC

c-BN

Алмаз

ЭЦР-плазма – источник атомарного азота

Управление формированием  
кубической либо гексагональной  
фазами



# AlGaIn/GaN HEMTs: Состояние, Возможности, Перспективы



ИПТМ РАН



Cornell Uni.



Lille Uni.



ИФТТ РАН



ИФП СО РАН



Bell Labs

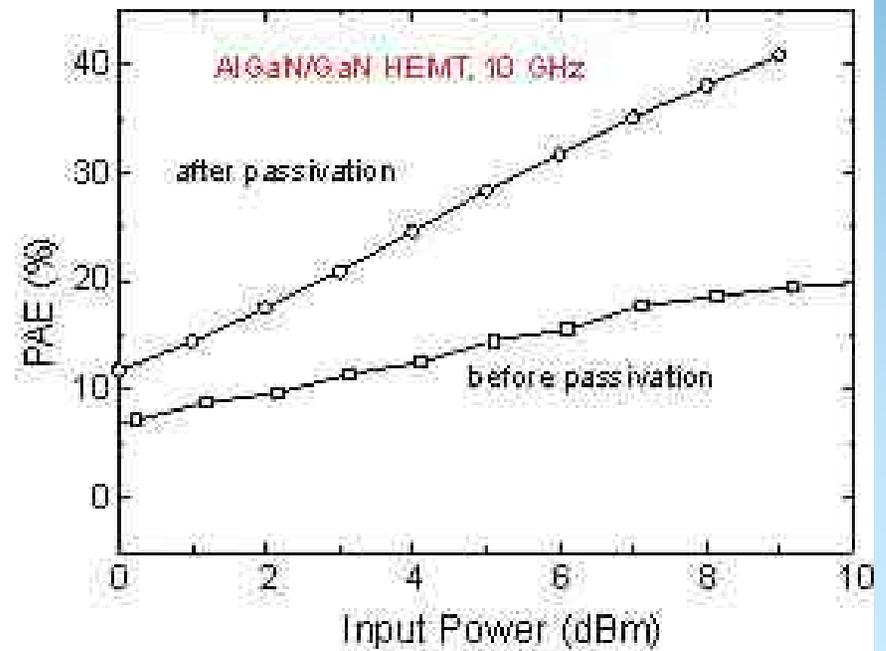
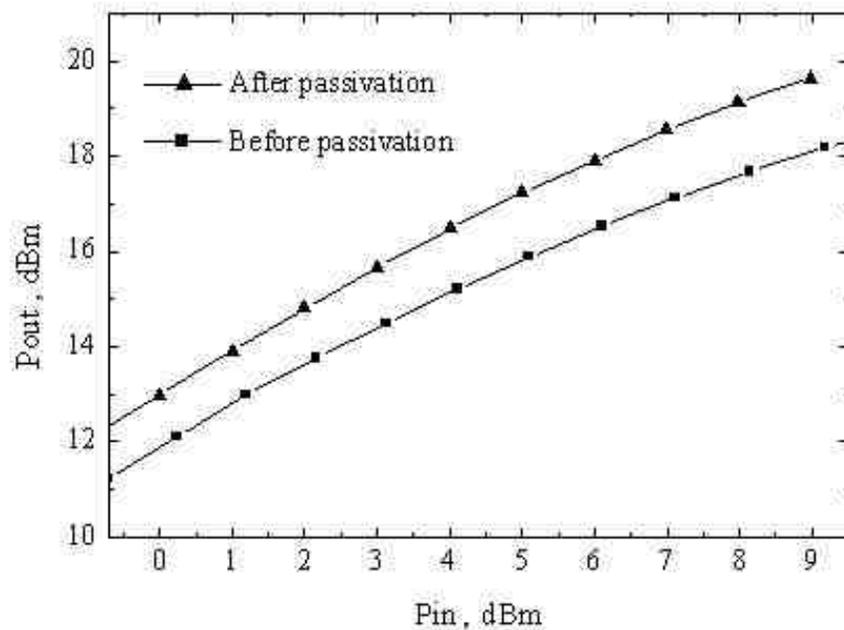
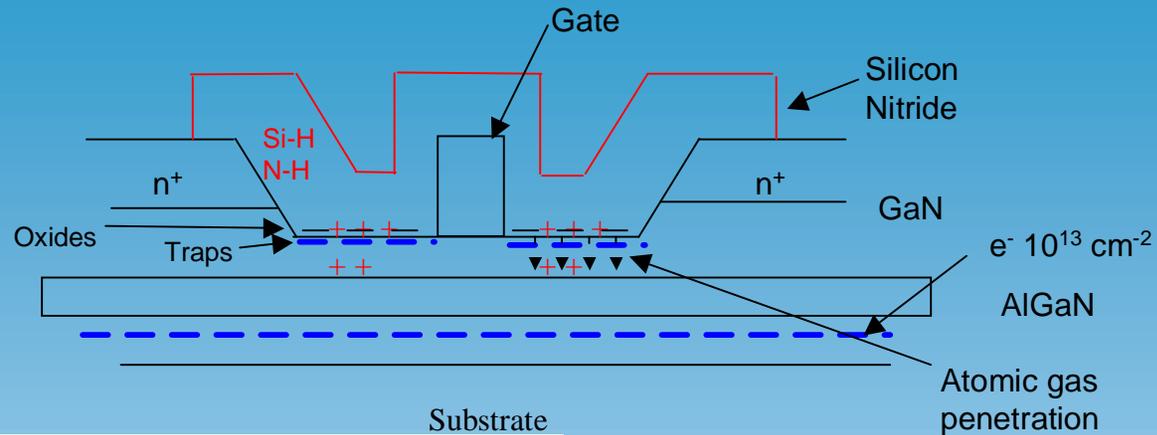


HSRI



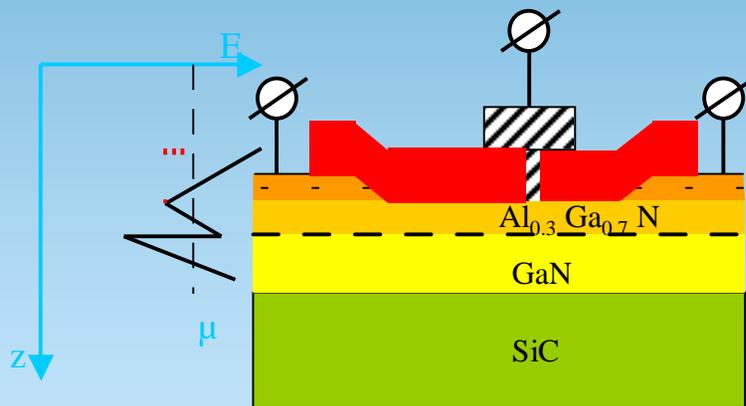
ИПО «Исток»

# AlGaN/GaN HEMTs: Состояние, Возможности, Перспективы



# AlGaN/GaN HEMTs: Состояние, Возможности, Перспективы

## n Нелегированный AlGaN HEMT



## n Преимущества:

- n - высокая плотность электронов в двумерном газе (до  $10^{13}$  см<sup>-2</sup>)
- n - низкое рассеяние электронов
- n - простая конструкция и технология эпитаксиальных структур

## n Проблемы:

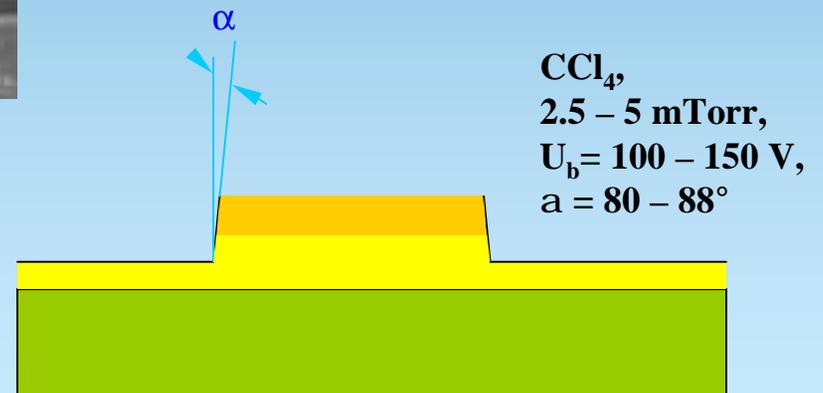
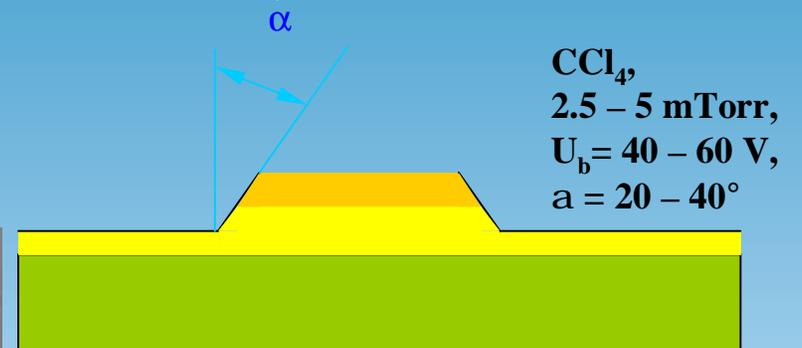
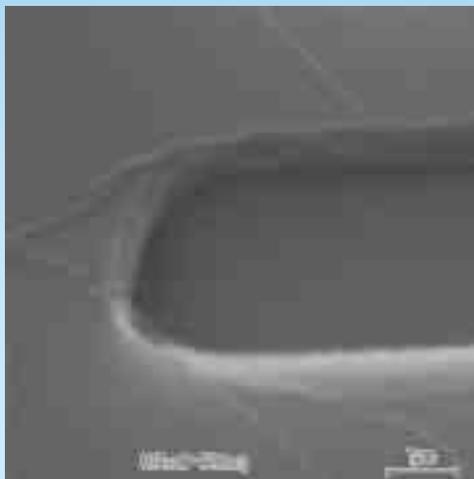
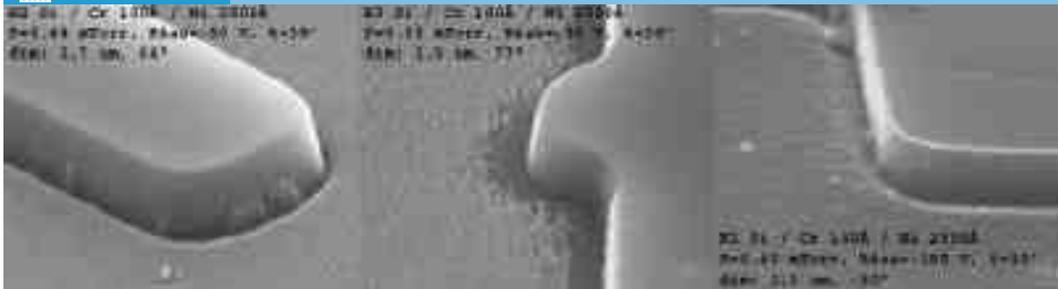
- n - высокий уровень поляризации; как следствие, существенно выше влияние процессинга на параметры транзистора

# Изготовление кристаллов

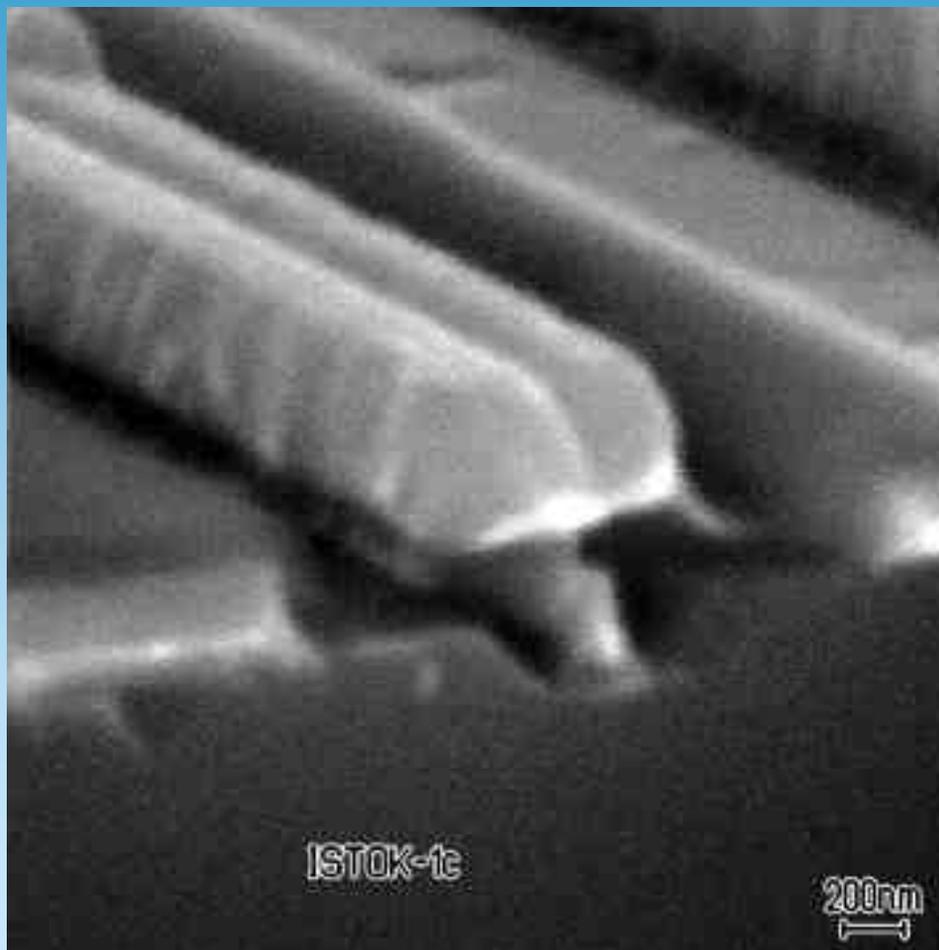
## Дырочное легирование

n ЭЦР-травление меза-структуры

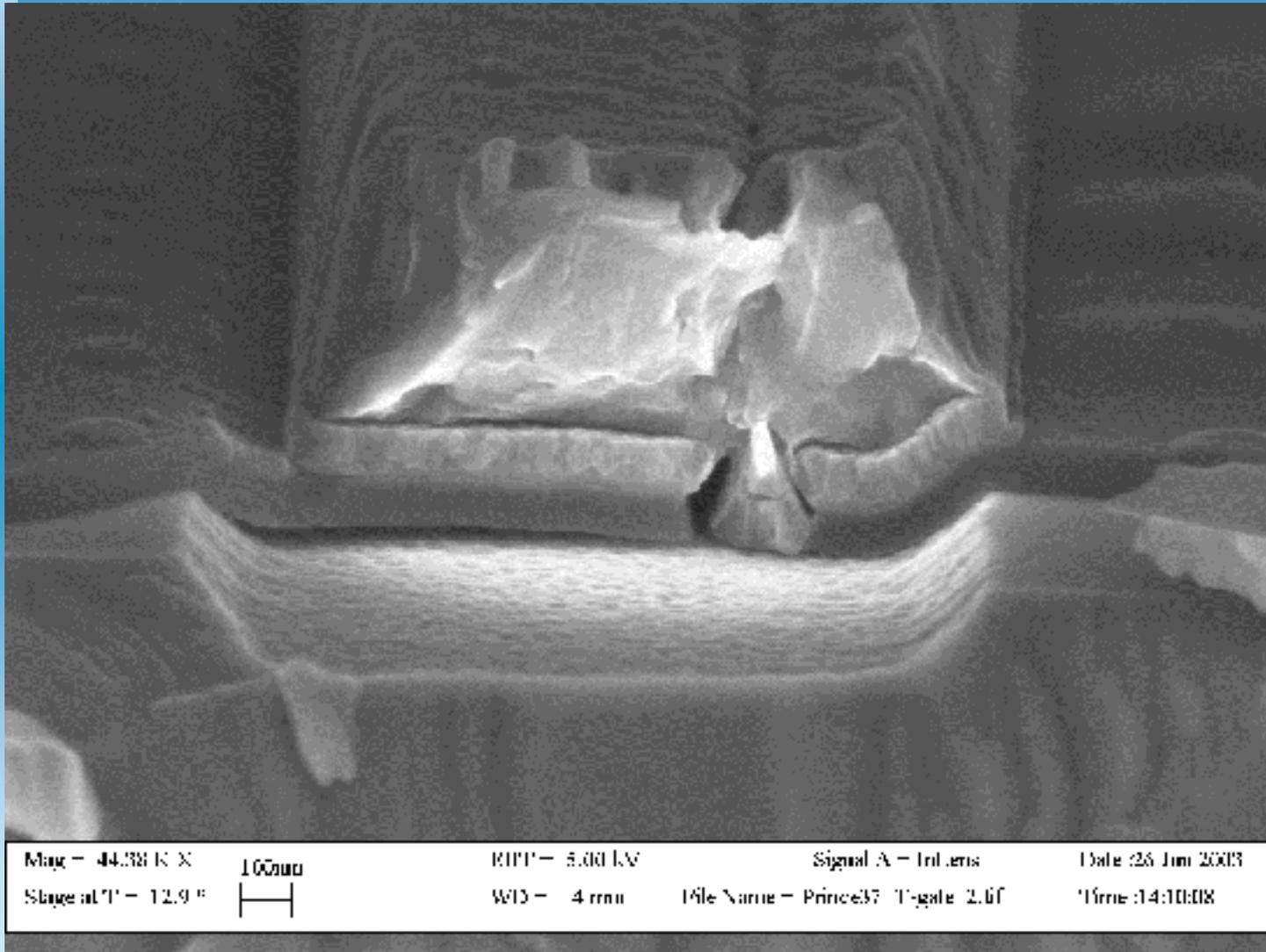
n Влияние ВЧ-смещения



# Затвор малошумящего СВЧ транзистора



# Затвор мощного СВЧ транзистора

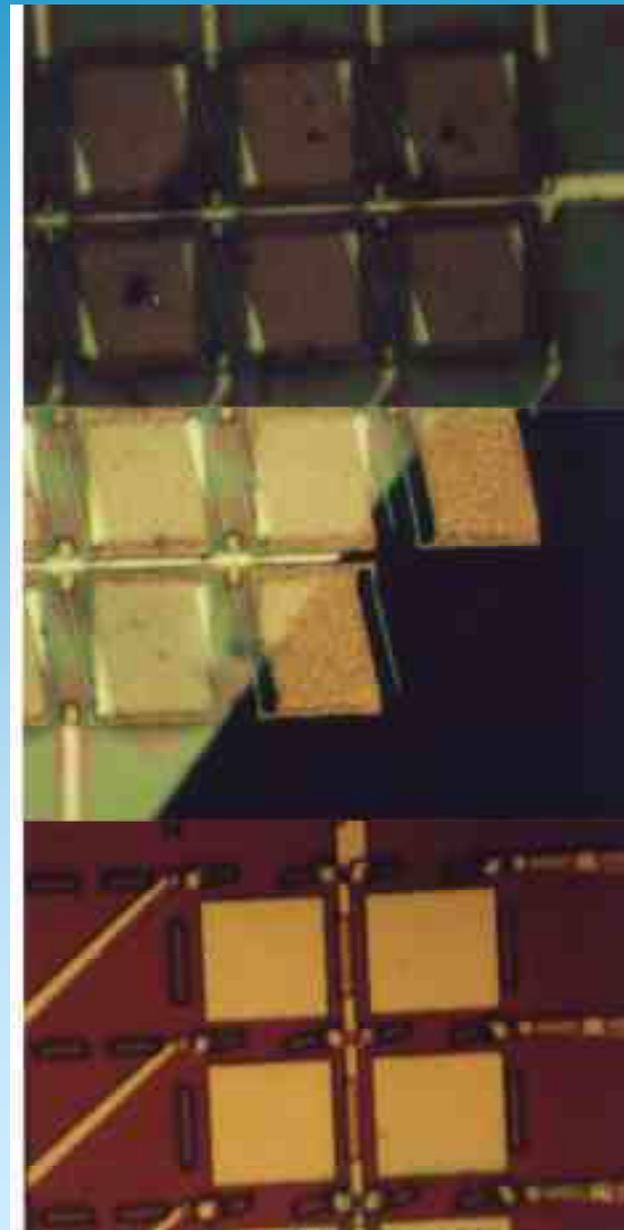


# Неохлаждаемый болометр

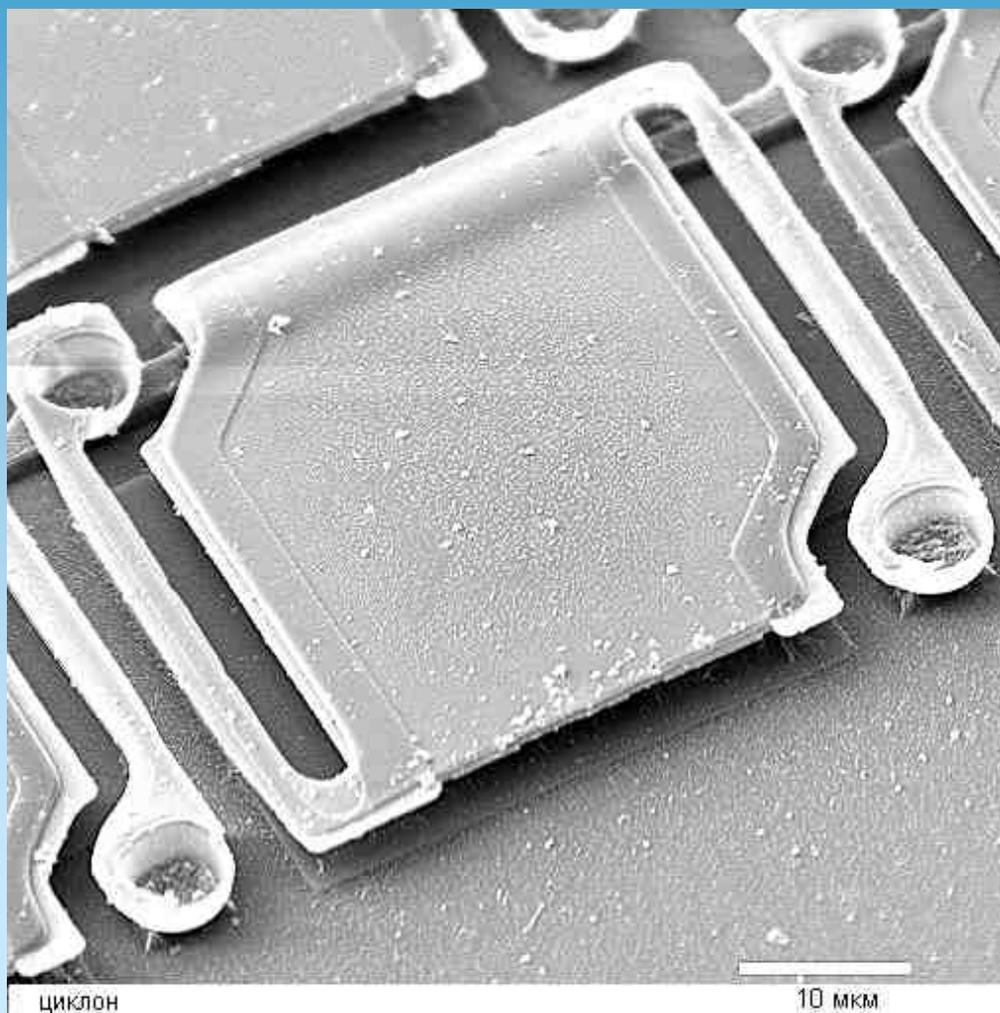


$l = 8 - 12 \text{ mm}$

# Неохлаждаемый болометр

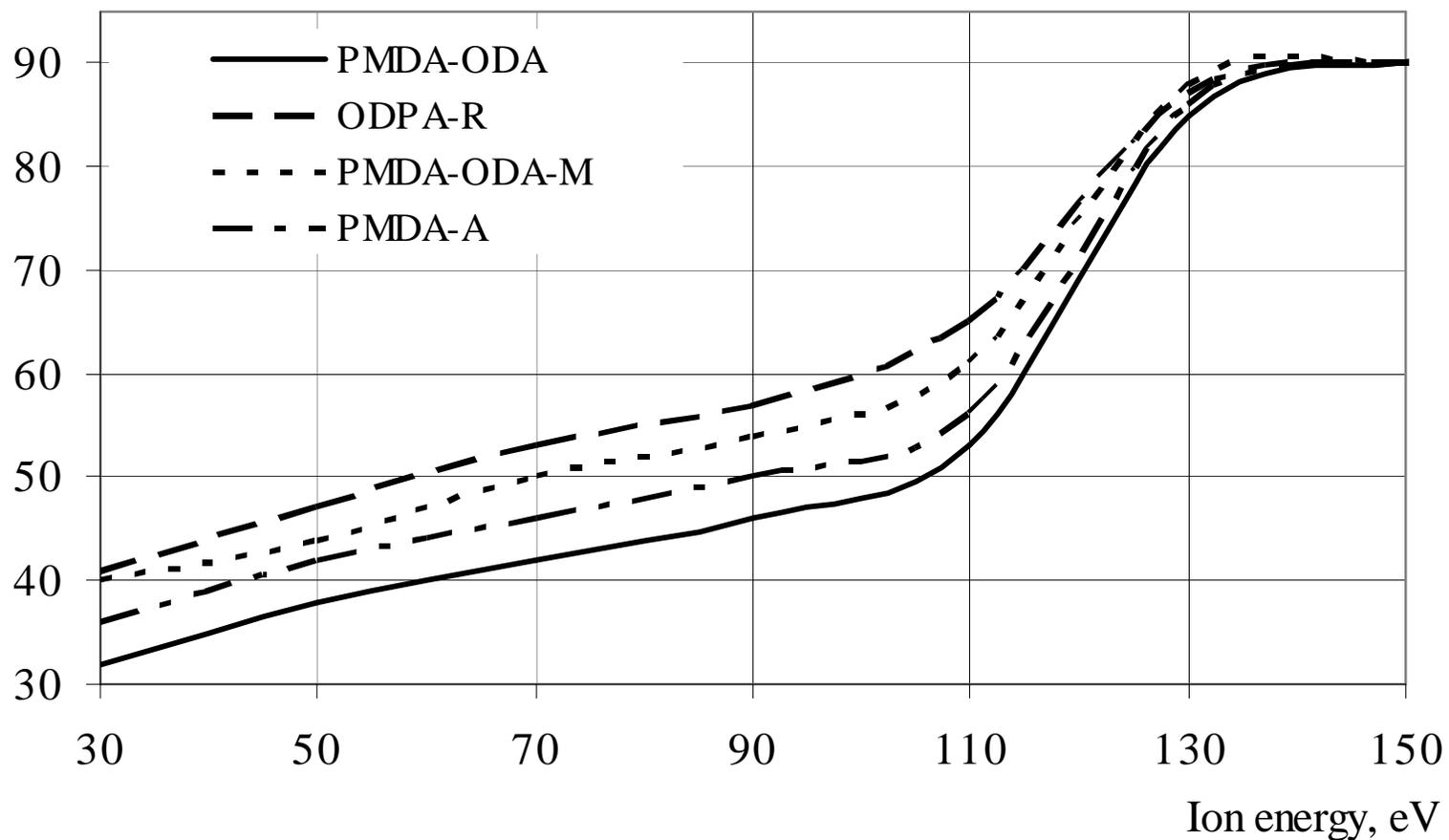


# Чувствительный элемент микроболометрической матрицы

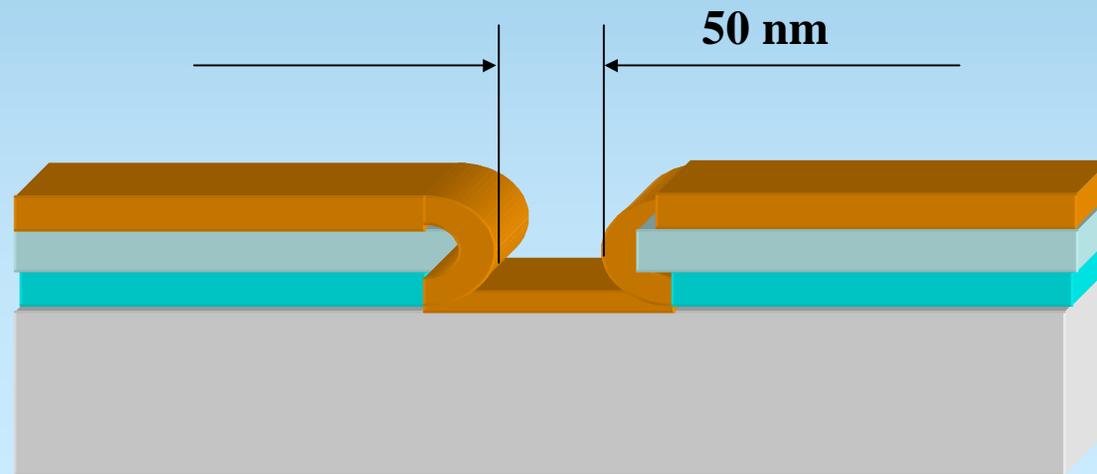
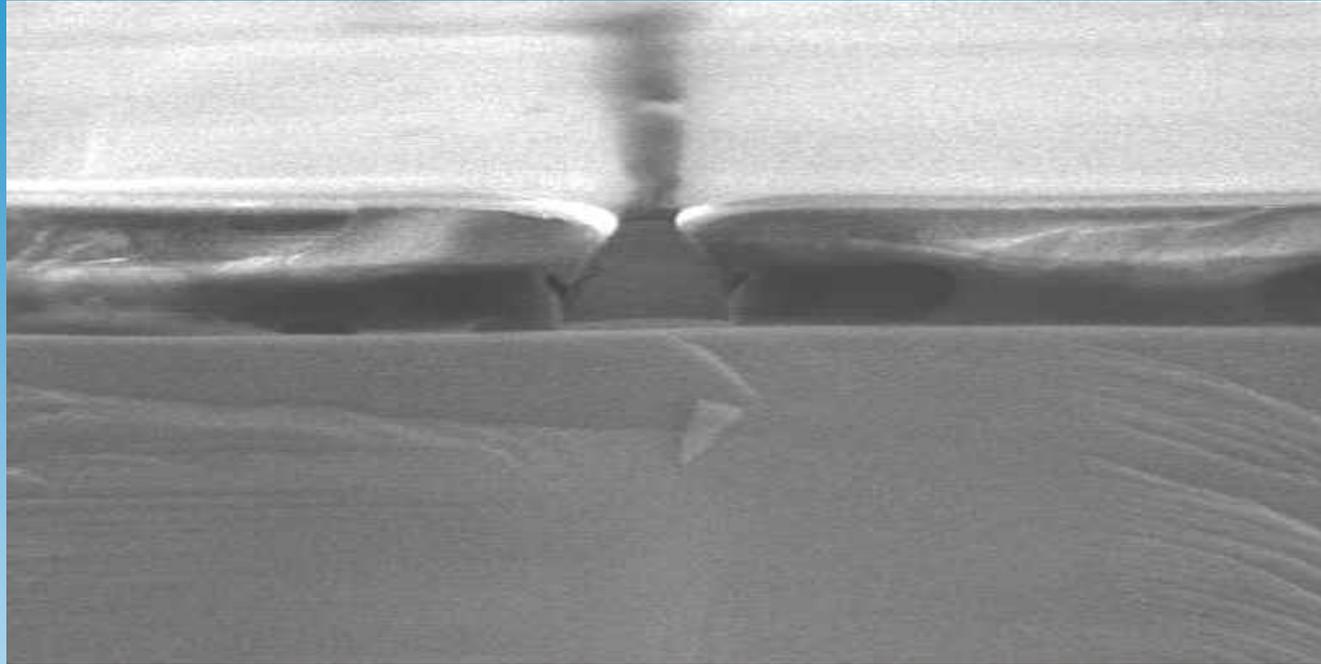


# Управление углом травления

Angle of etching  
profile, grad



# Заращивание пор





# “Gecko-style” dry adhesives on a flexible substrate

n S. Shapoval<sup>1)</sup>, A. Geim<sup>2)</sup>, S. Dubonos<sup>1)</sup>, I. Grigorieva<sup>2)</sup>,  
n K. Novoselov<sup>2)</sup>, A. Zhukov<sup>1)</sup>

n <sup>1)</sup> Institute of Microelectronics Technology RAS  
n Chernogolovka, Moscow region, Russia

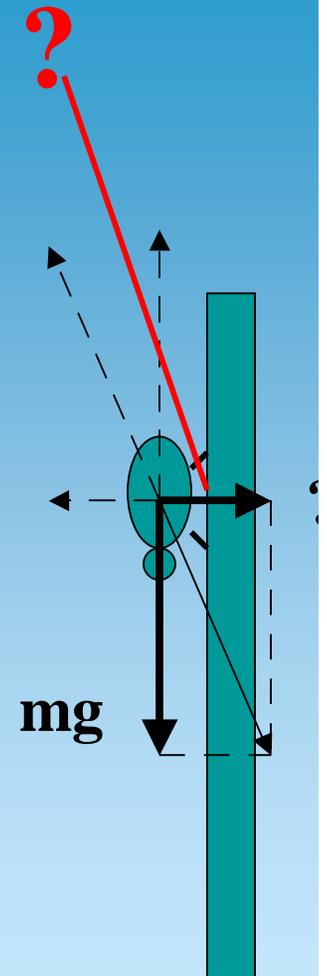
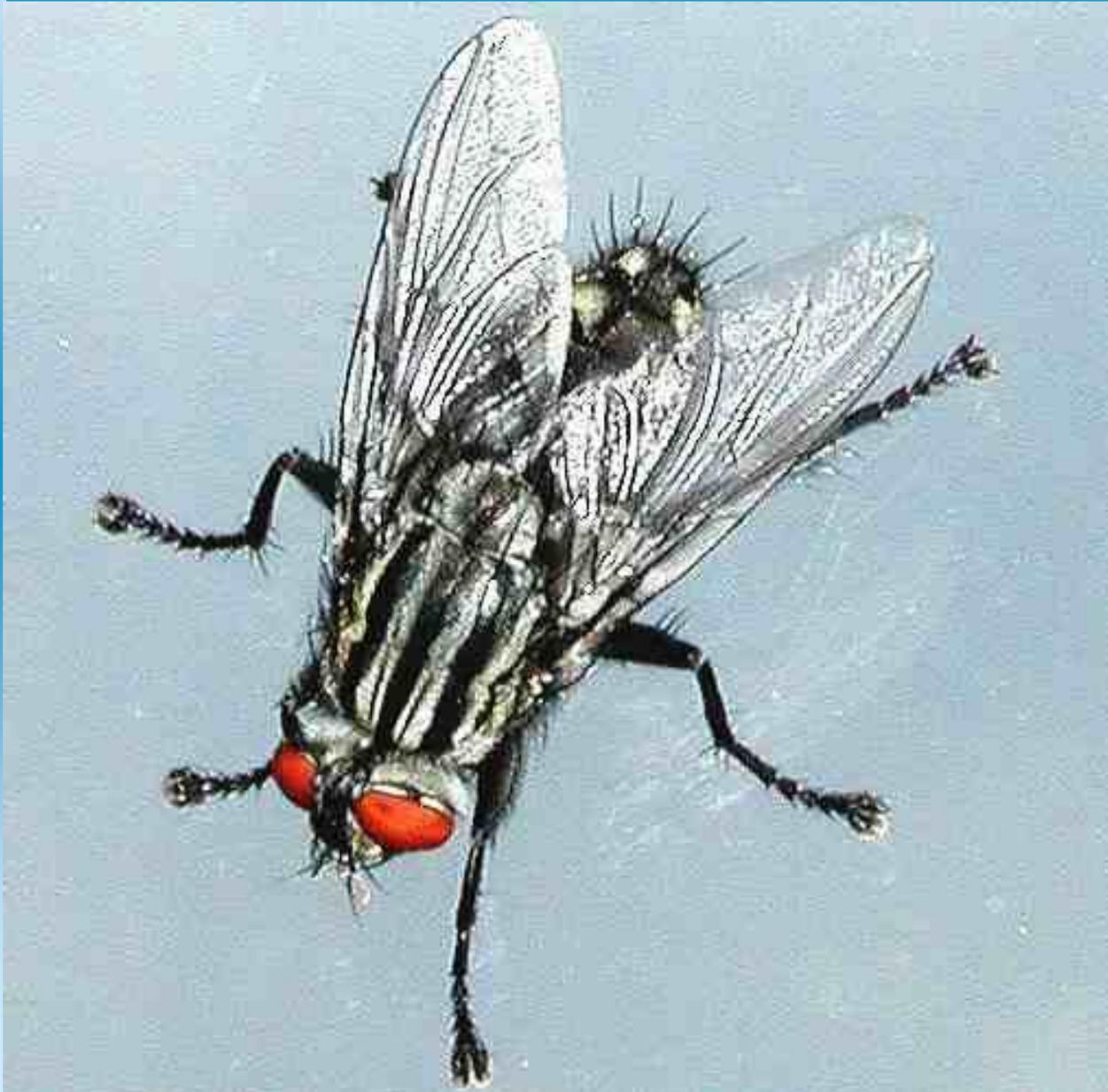
n <sup>2)</sup> Department of Physics & Astronomy, University of Manchester  
n Manchester M13 9PL, UK

# Outline

We did not make experiments with fly, butterfly, gecko, and man. Our work was based on passive observation of their behavior and experiments with non living materials

- n Insects and geckos can walk along smooth surface in any direction
- n AFM, Van der Waals and capillary forces
- n Technology of gecko hair array
- n Investigation of the gecko hair array parameters
- n Optical properties of the gecko and butterfly hair array
- n Conclusion

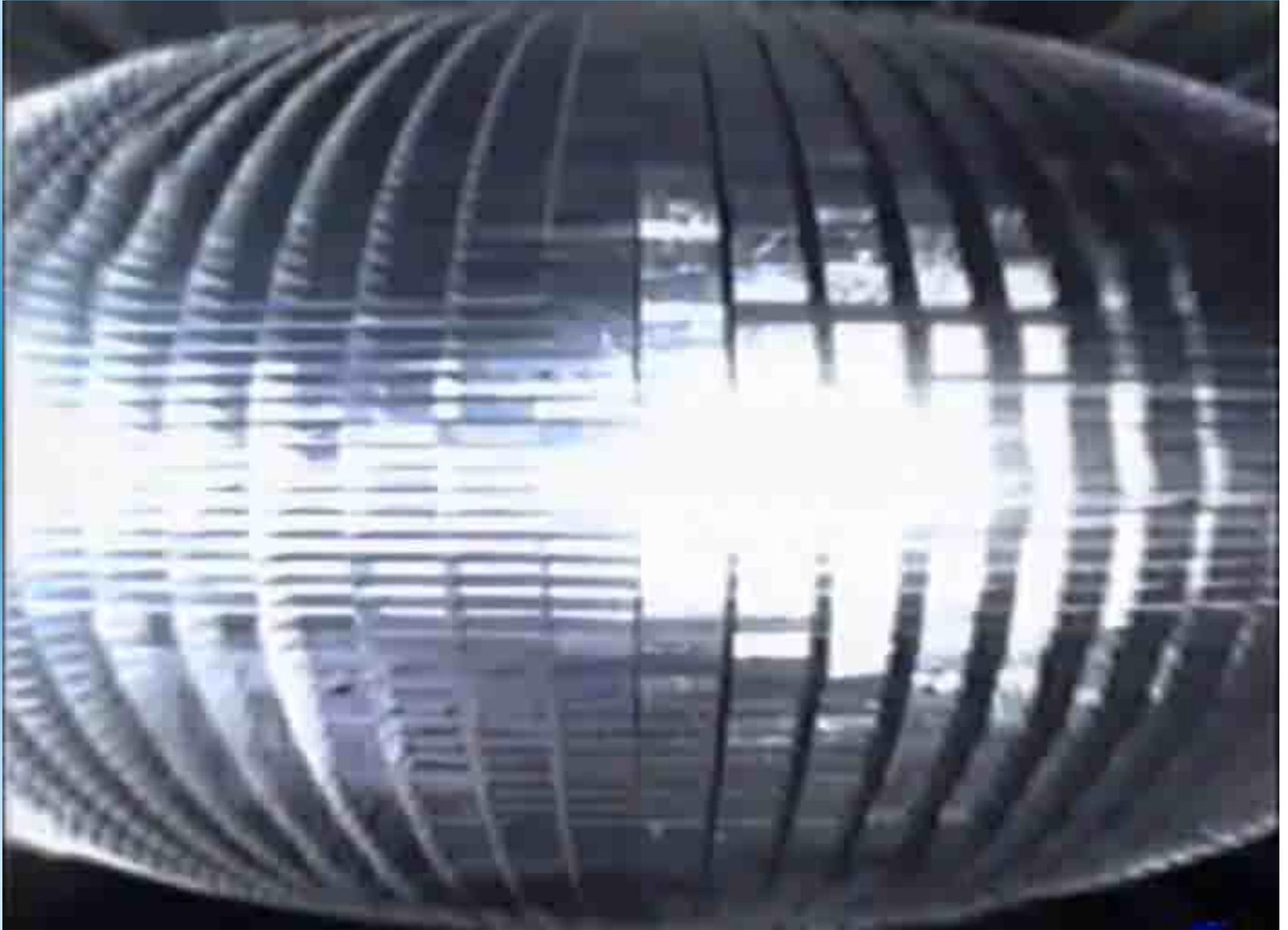
# Fly on glass



# Gecko

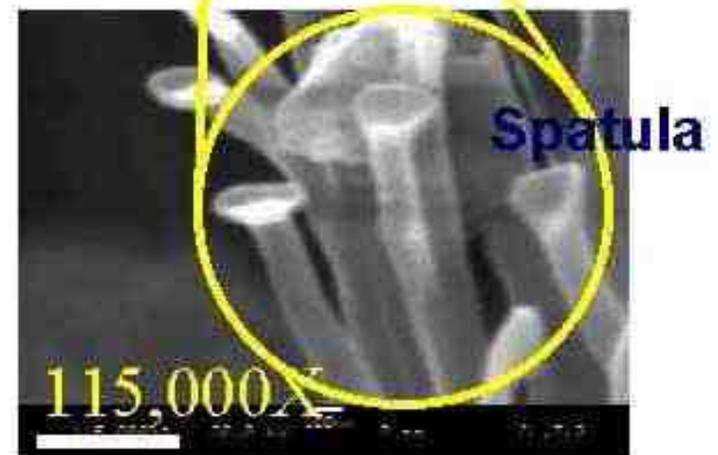
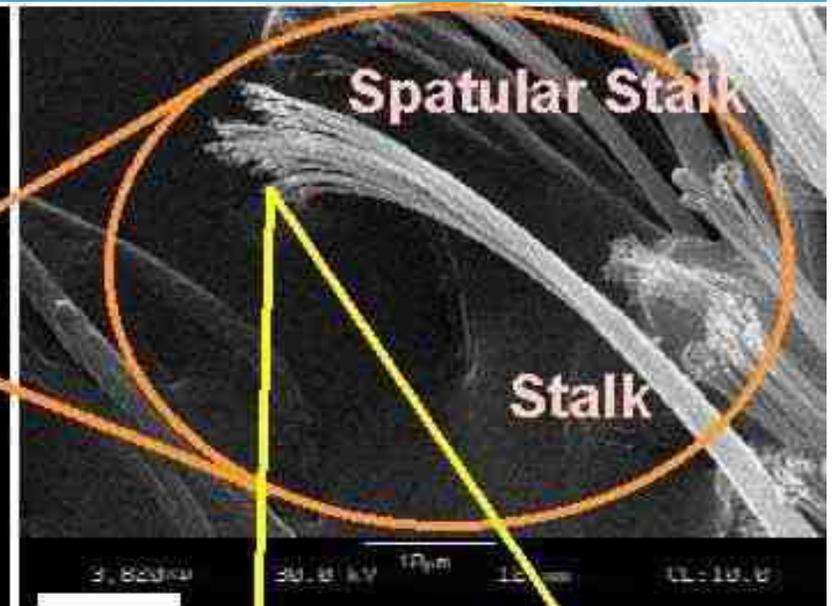
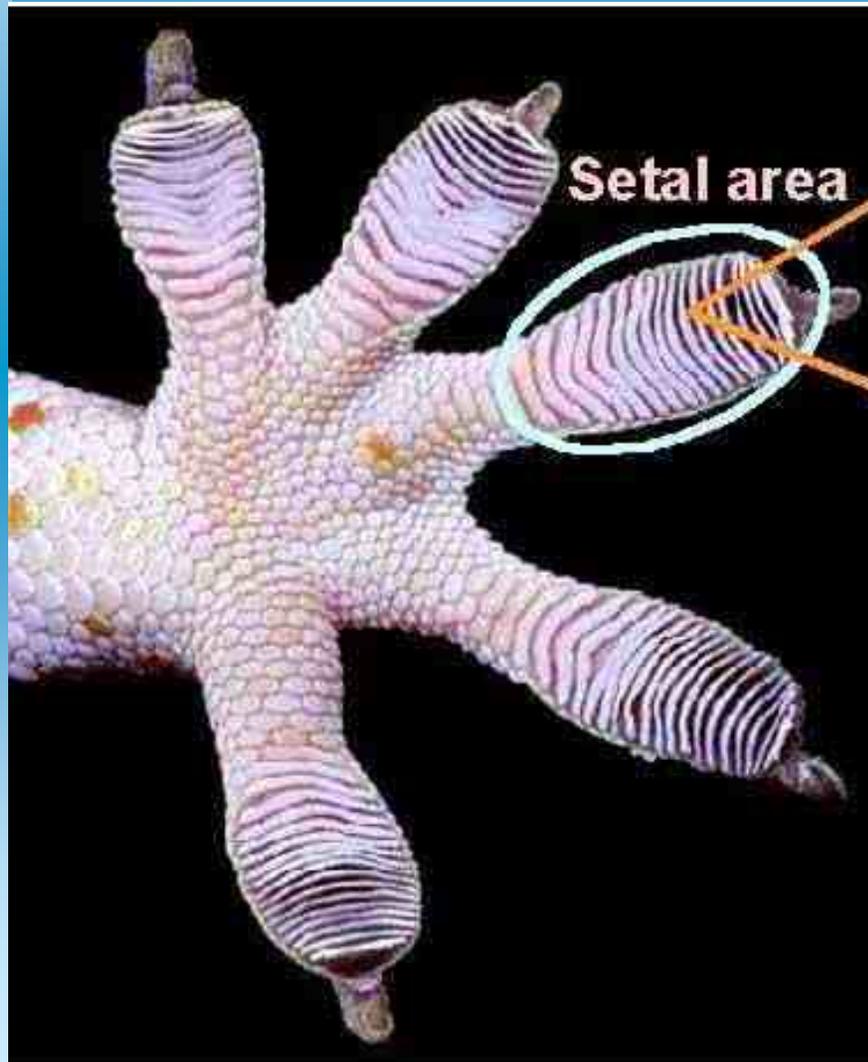


# How can gecko walk?



# Structure of the natural gecko hair

M.Sitti, R.Fearing, J. of Adhesion  
Sic.&Technol, 2003

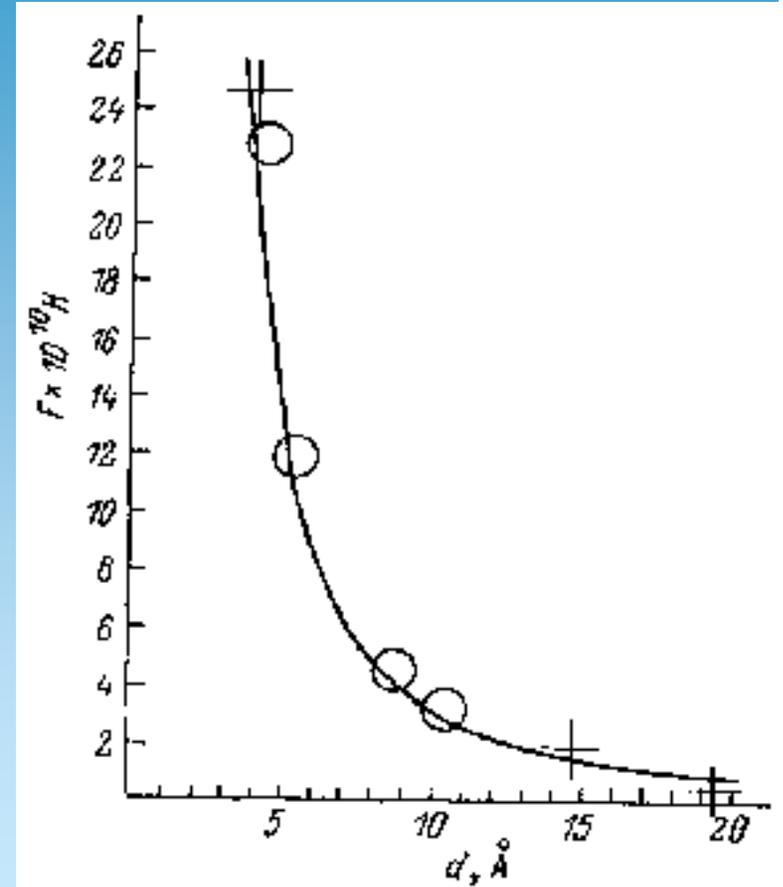
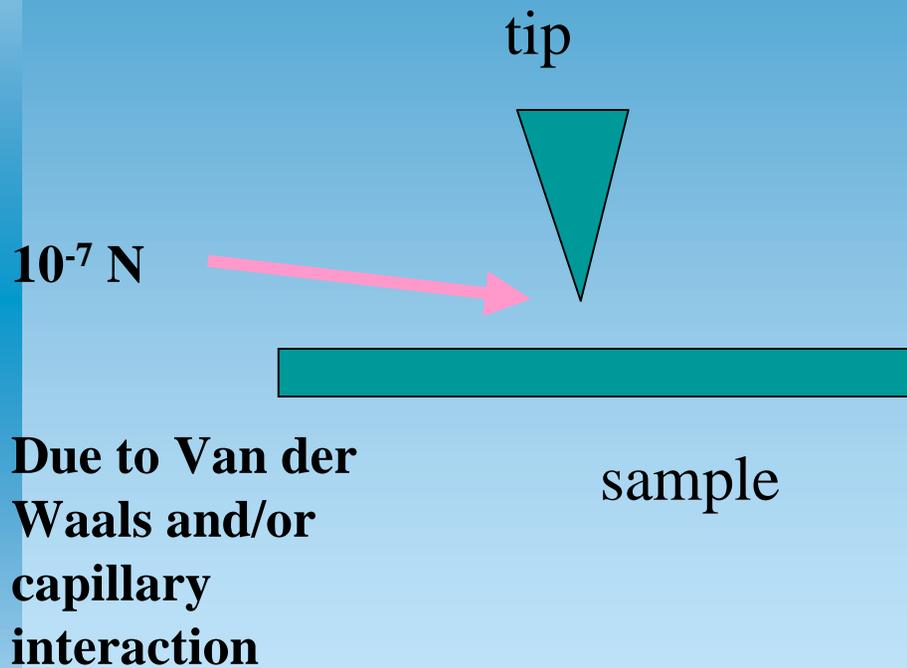


# To clean windows is not so easy

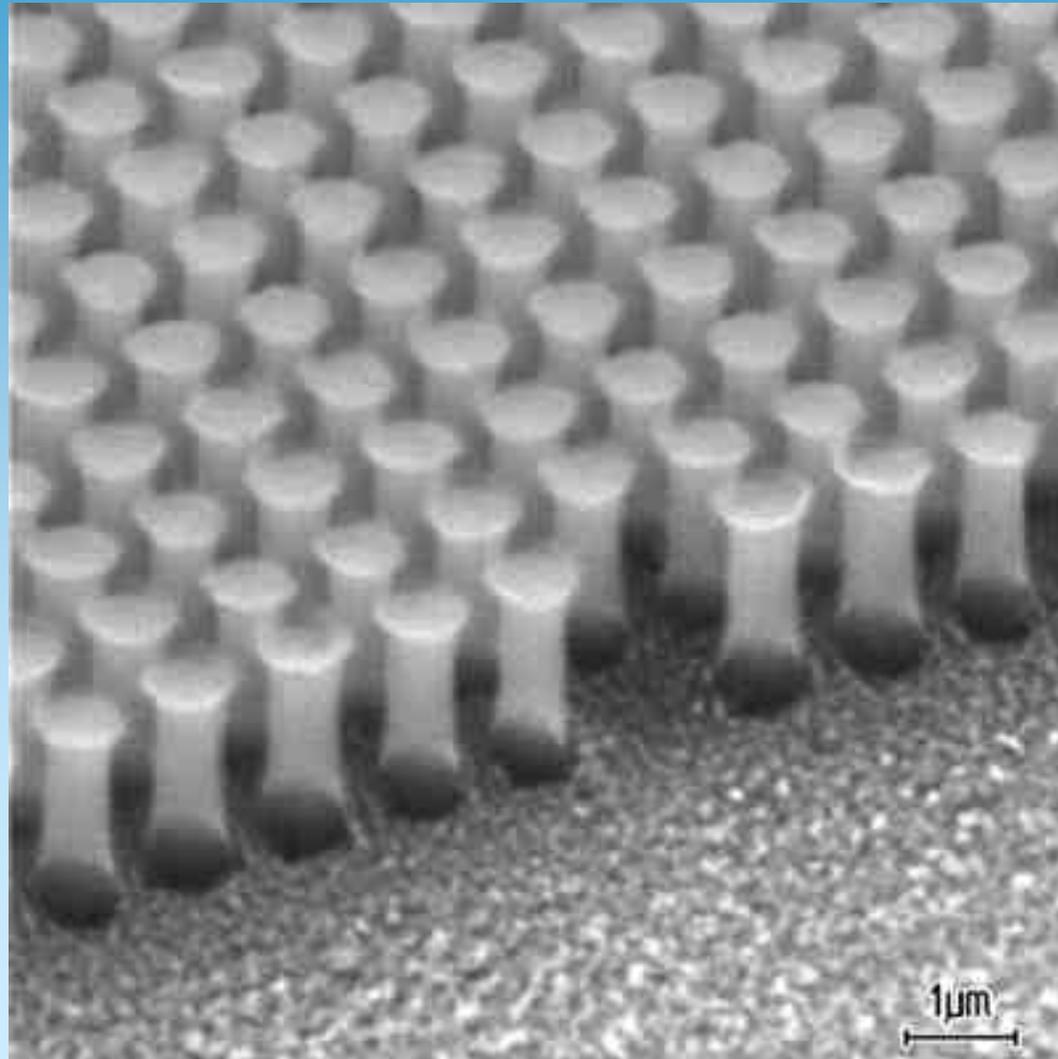


Strongly trained professional has to use special equipment

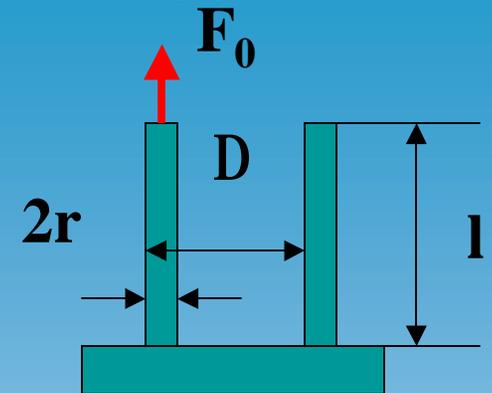
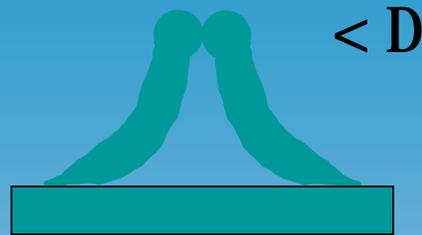
# Atomic Force Microscopy



Millions of hairs acting together can create a formidable  
adhesion of  $\sim 10 \text{ N cm}^{-2}$   
Physical limit - ?



# Gecko hair array design limits



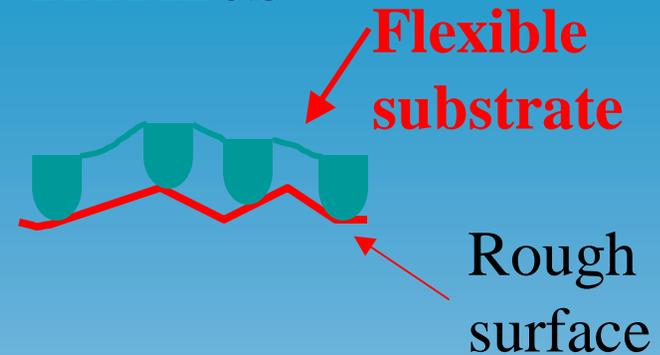
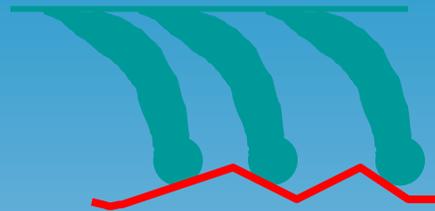
It was shown by M.Sitti, R.Fearing (J. of Adhesion Sic.&Technol, 2003) that

Minimum spacing  $\Delta \geq \frac{8F_0 l^3}{3p r^4 E_P}$

Adhesion pressure

$$P_{adh} = \frac{F_0}{\Delta^2} = \frac{9p^2 E_P^2}{64F_0} \left( \frac{r^8}{l^6} \right)$$

# Gecko hair design limits



Last equations offer several interesting observations:

1. Smaller  $F_0$  gives higher pressure (with lower  $F_0$  hairs can be smaller radius and closer)
2. Stiffer stalks allow greater packing density.
3. Short, fat hairs give higher adhesion pressure (However, short fat hairs placed on non flexible substrate are not desirable for adhering to rough surfaces)
4. **Gecko hair array should be formed on flexible substrate**

# Technology

- n wet cleaning of the silicon wafer;
- n deposition of 5  $\mu\text{m}$  thick polyimide film (pyromellitic dianhydride-oxydianiline polyimide, baked at 250° C) on a silicon wafer;
- n deposition of the electron resist;
- n electron-beam lithography;
- n 150 nm thick Al film deposition by aluminum thermal evaporation, lift-off, polyimide etching by electron cyclotron resonance (ECR) plasma discharge in the Ar/O<sub>2</sub> mixture.