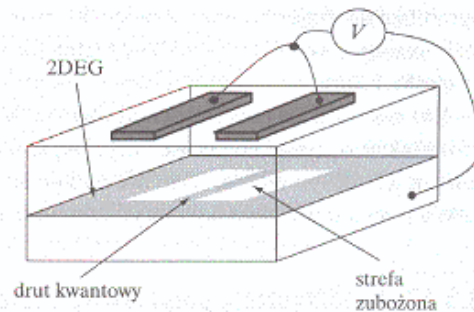
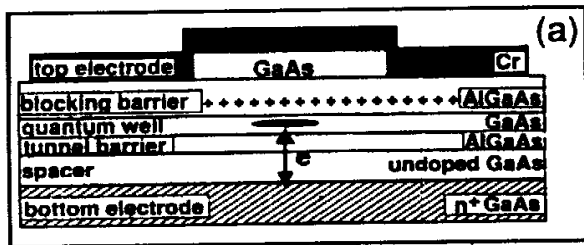
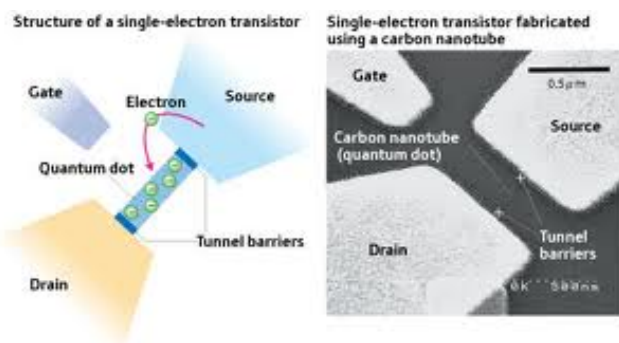
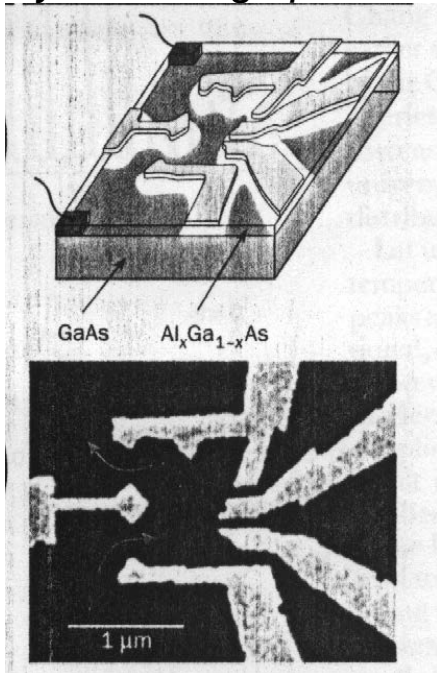


## Inne rodzaje QD

„wyspy kulombowskie” – boczne przestrzenne ograniczenie (*confinement-uwieżenie*) w 2DEG, za pomocą pola  $E$  wytworzonego przez metaliczne elektrody (maski)



lub drut kwantowy

modelowane za pomocą 2-wymiarowych dysków

*pole elektryczne (od metalicznych masek) jest źródłem potencjału (bariery), który lokalizuje elektrony z 2DEG w QW do obszarów nad którymi nie ma metalicznych masek*

## Nanokryształy (**nanokrystalicy**)

głównie (II-VI) CdS, CdSe, ZnS, CuCl, ale też InAs

techniki wzrostu nanokryształów

- wygrzewanie domieszkowanych (np. kadmem i siarką) matryc szklanych - Ekimov, 1985

T ~ 700-800 C

proces dyfuzji atomów i cząsteczek (CdS) w amorficznym „ciekłym” szkle i nukleacja nanokryształów

podstawowe zadanie

uzyskać nanokryształy o możliwie jednakowym rozmiarze

rozmiary pojedynczych nanokrysztalitów (na ogół bliskie kulistym) wyznacza się za pomocą tunelowego mikroskopu skaningowego

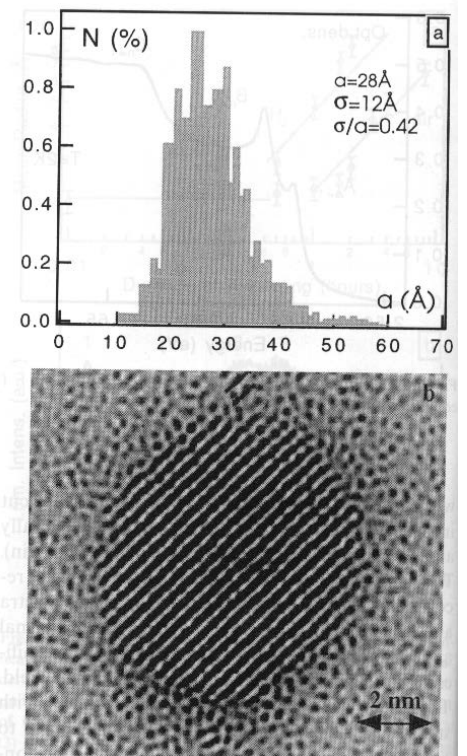
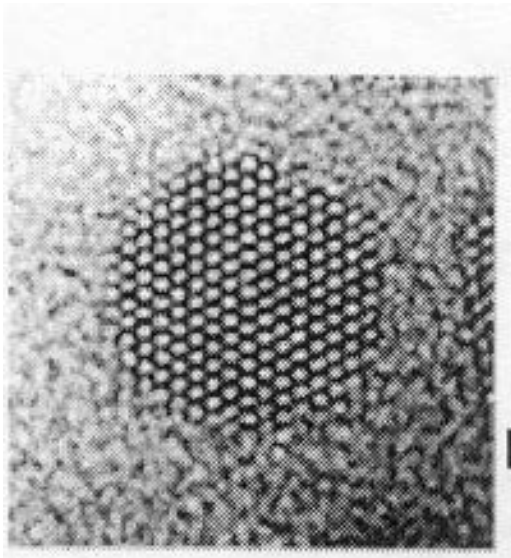


Fig. 13. HRTEM data on size distribution function of the nanocrystals in a CdSe-doped oxide-glass sample (a) and shape and crystalline structure of a nanocrystal (b).

doświadczalnie stwierdzono zależność

$$R \approx t^{1/3}$$

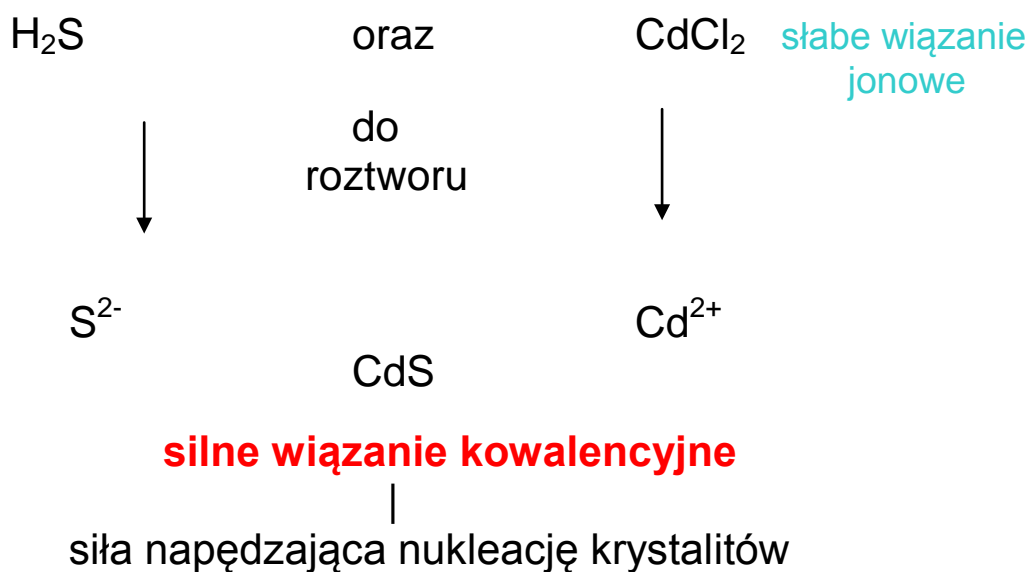
gdzie  $t$  - czas wygrzewania,

współczynnik proporcjonalności zależy od warunków (T, ...)

rozkład rozmiarów  $\sim$  gaussowski

- metody syntezy chemicznej (w roztworach)  
(w organicznych rozpuszczalnikach ale także w wodzie)

np.

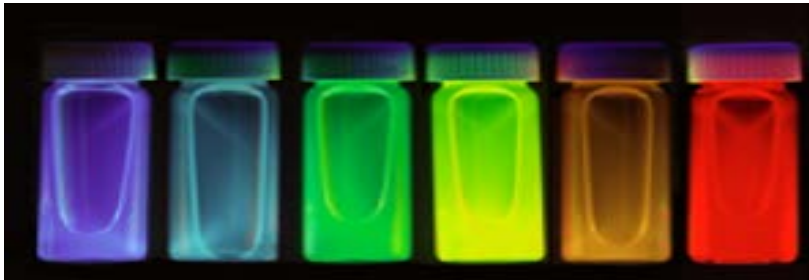


- wprowadzone do roztworu powierzchniowo czynne „stabilizatory” (pasywacja powierzchni nanokryształitów) hamują dalszy wzrost

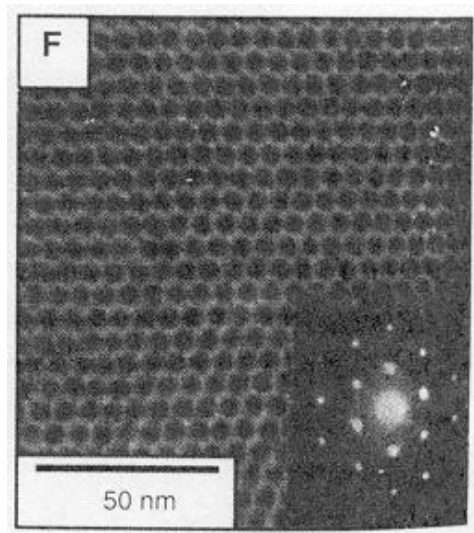
metody selekcji rozmiarów (nawet do  $\sim 5\%$ )

- metoda elektroforezy żelowej (1991 Weller)
- *metoda chłodnych reagentów* (Murray, Bawendi 1993)

wprowadzanych do gorącego ośrodka -  
szybka, jednoczesna nukleacja b.małych, jednakowych  
krystalitów ( $R \sim 1\text{nm}$ )

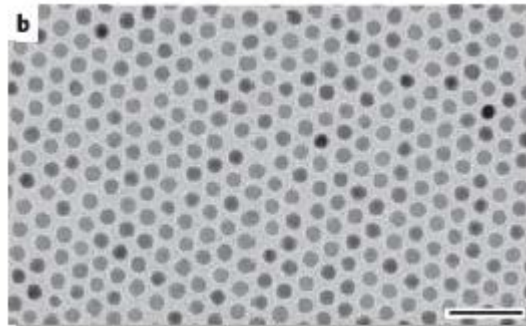
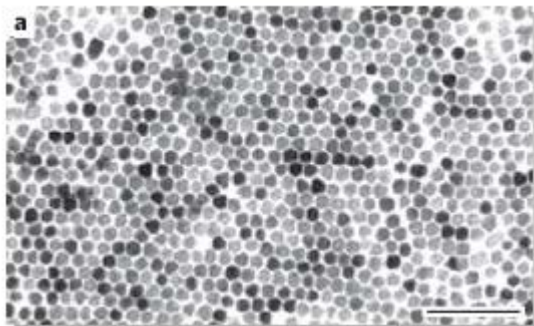


**Zalety:**  
możliwość tworzenia gęsto upakowanych **sieci 2D i 3D**  
InAs

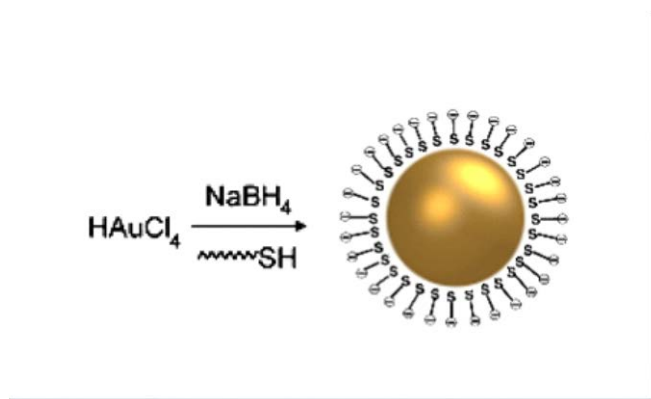


CdSe

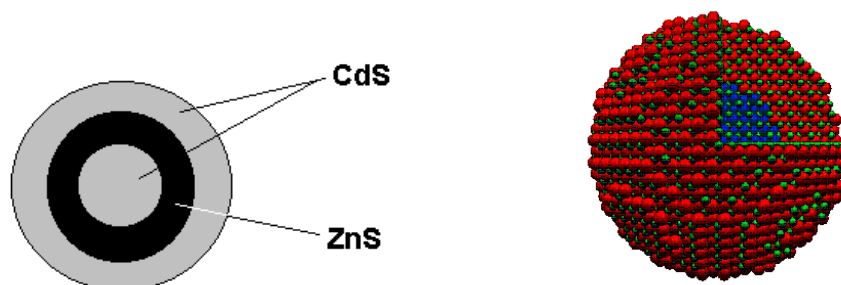
kobaltowe (metaliczne)



Nanokryształy złota (także u nas... M. Olejnik, S. Maćkowski)



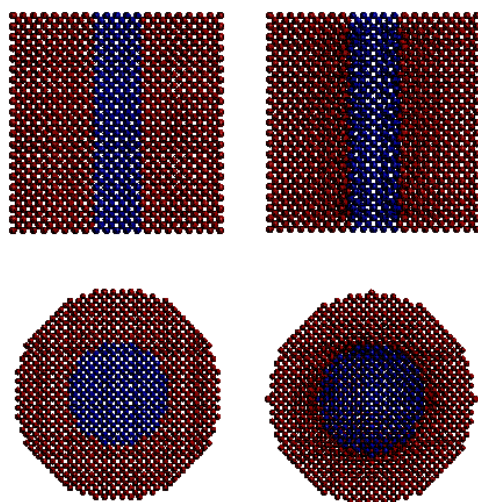
możliwość syntezy nanokryształitów **wielowarstwowych**



model teoretyczny InAs/GaAs

In - czerwony; As - zielony; Ga - niebieski

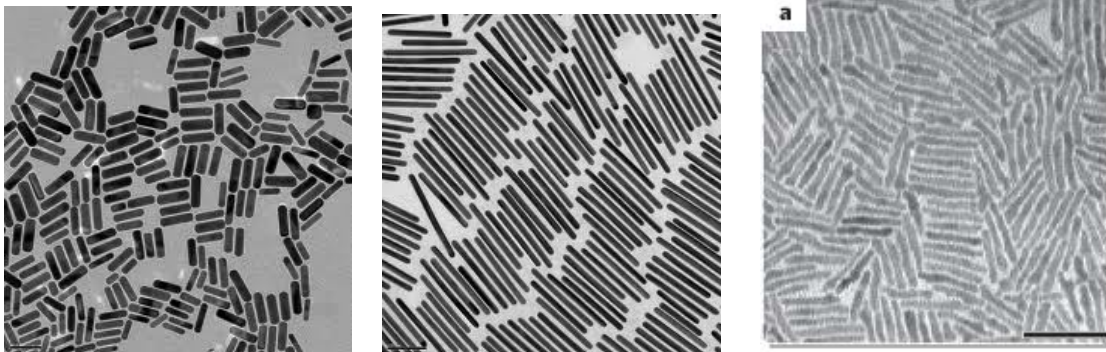
tu też występują naprężenia  
(podobnie jak dla struktur warstwowych planarnych)



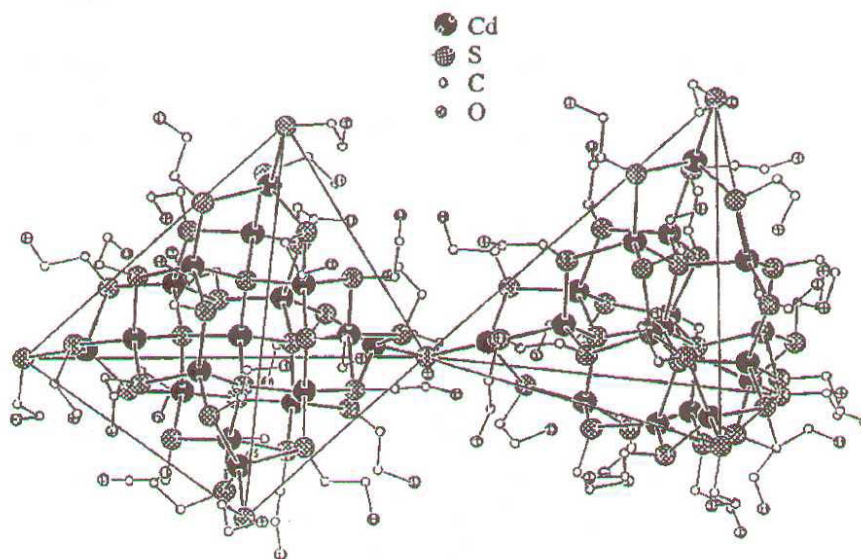


możliwość tworzenia struktur o „dowolnych” kształtach –  
metodą wprowadzania *pasywatorów* działających selektywnie  
na różne powierzchnie boczne nanokryształów (nigdy idealnie  
kuliste)

„nanorods” – nanopręciki, nanopaleczki,..  
Nanopaleczki złota:

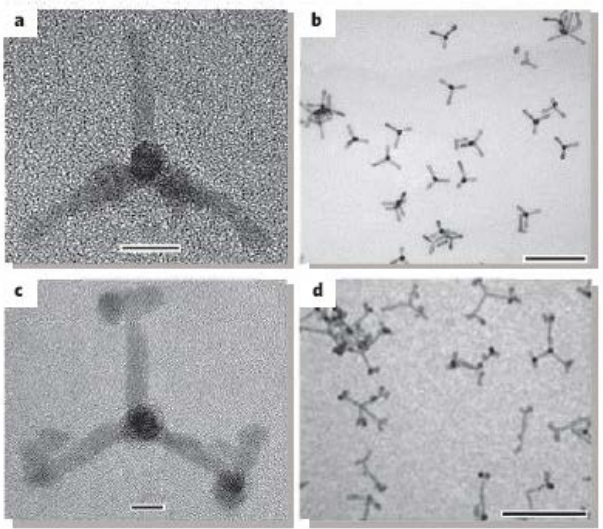
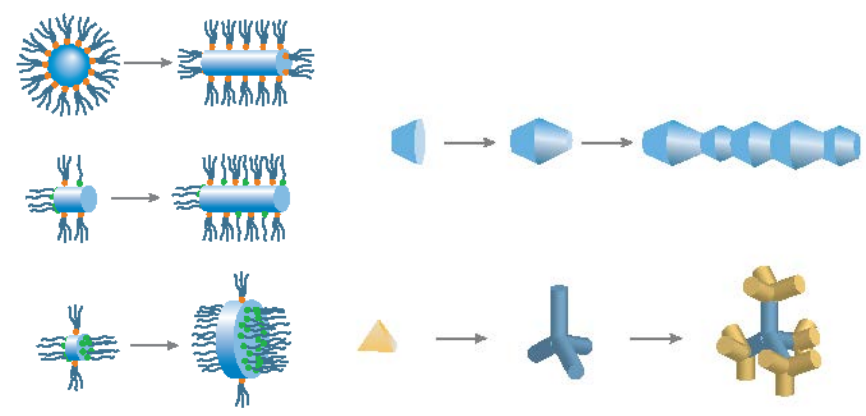


(- = 50nm) selektywne pasywowanie



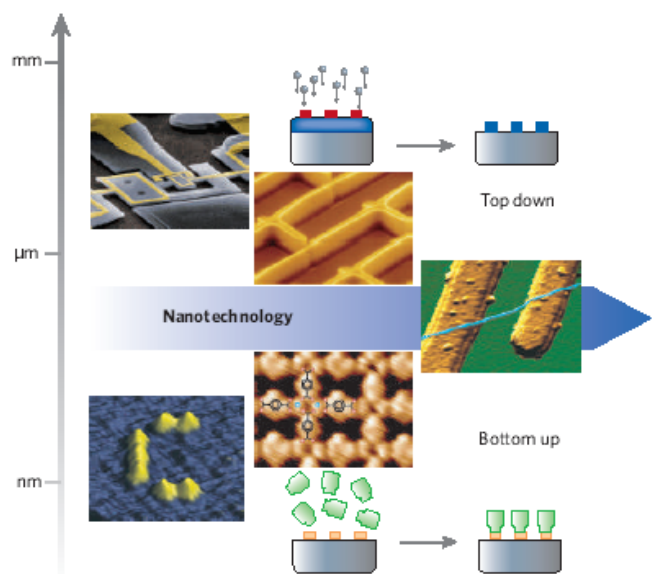
model 2 „złączonych” nanokryształów CdS (każdy zawierający  
zaledwie kilkadziesiąt atomów)

początkowe kształty często zbliżone do tetraedru;



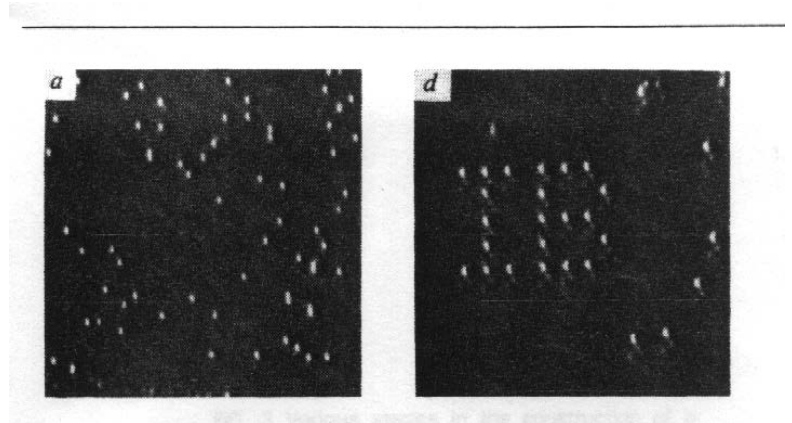
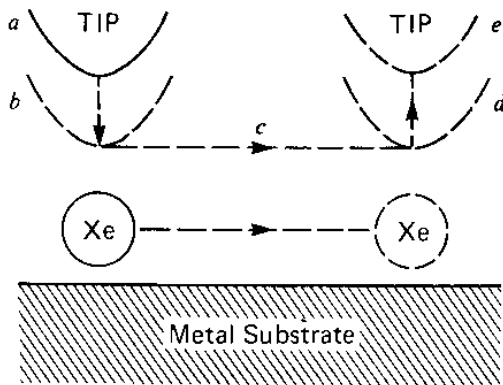
Berkeley, Alivisatos Group

## Nanotechnology



**Figure 1** Two approaches to control matter at the nanoscale. For top-down fabrication, methods such as lithography, writing or stamping are used to define the desired features. The bottom-up techniques make use of self-processes for ordering of supramolecular or solid-state architectures from the atomic to the mesoscopic scale.

## umieszczanie pojedynczych atomów i molekuł na podłożu za pomocą końcówki tunelowego mikroskopu skaningowego



D.M.Eigler, E.K.Schweizer, Nature, 344 (1990)

FIG. 2 A schematic illustration of the process for sliding an atom across a surface. The atom is located and the tip is placed directly over it (a). The tip is lowered to position (b), where the atom-tip attractive force is sufficient to keep the atom located beneath the tip when the tip is subsequently moved across the surface (c) to the desired destination (d). Finally, the tip is withdrawn to a position (e) where the atom-tip interaction is negligible, leaving the atom bound to the surface at a new location.

NATURE · VOL 344 · 5 APRIL 1990

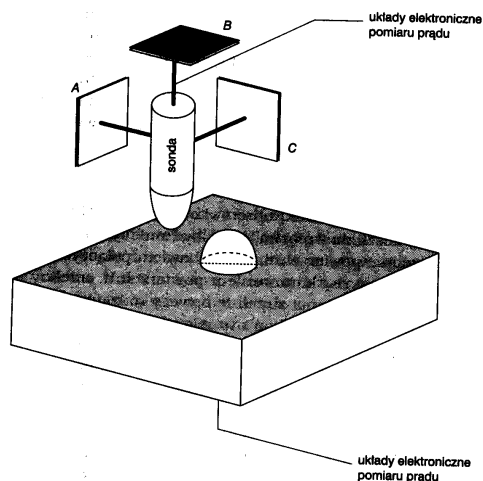
## Idea STM

SPM – scanning probe microscopy

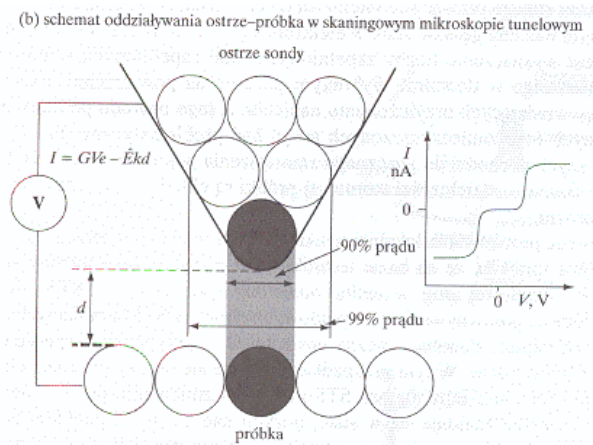
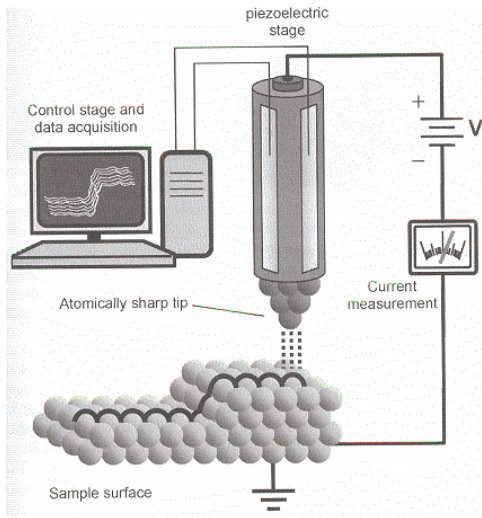
Wersje:

STM – scanning tunneling microscopy

AFM – atomic force microscopy



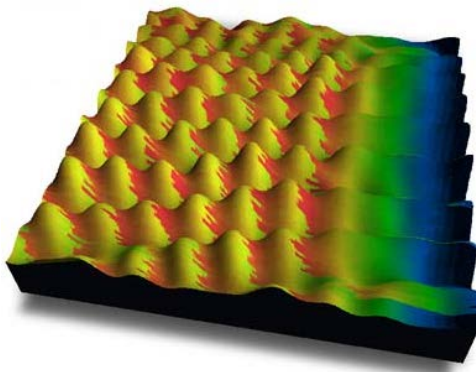
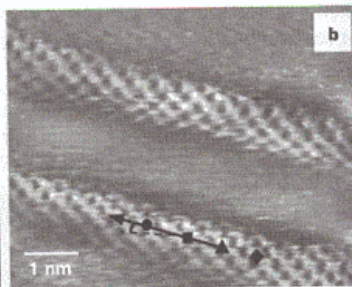
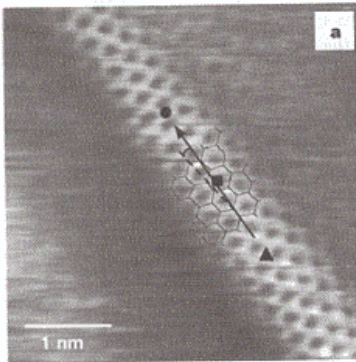




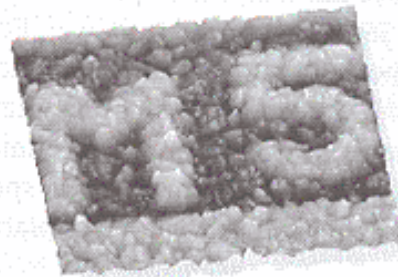
### zasada tunelowania

Dwie wersje

- a) stała odległość – zmienny prąd tunelowania
- b) stały prąd tunelowania – zmieniana odległość



(c) trójwymiarowy obraz powierzchni półprzewodnika



# Mikroskopia AFM

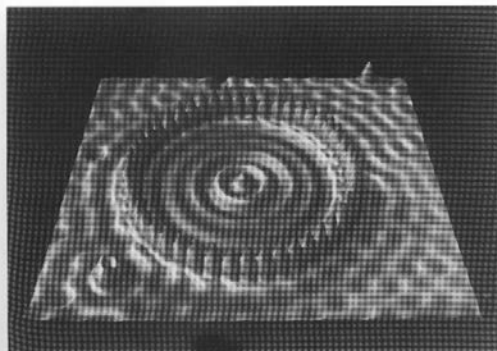
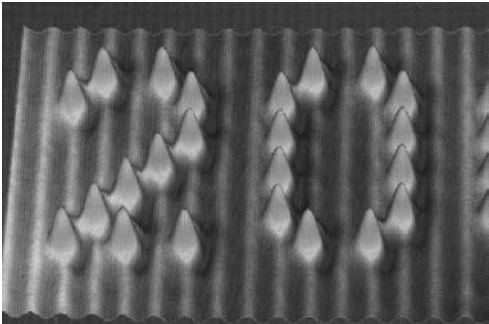
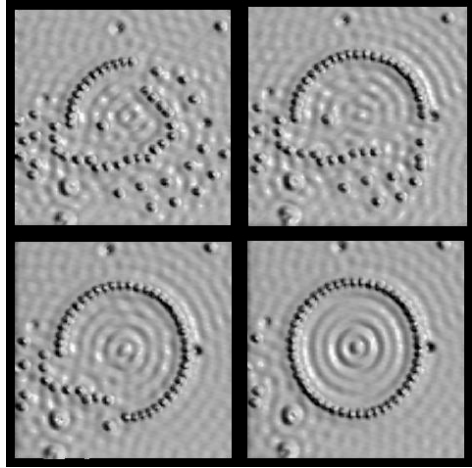
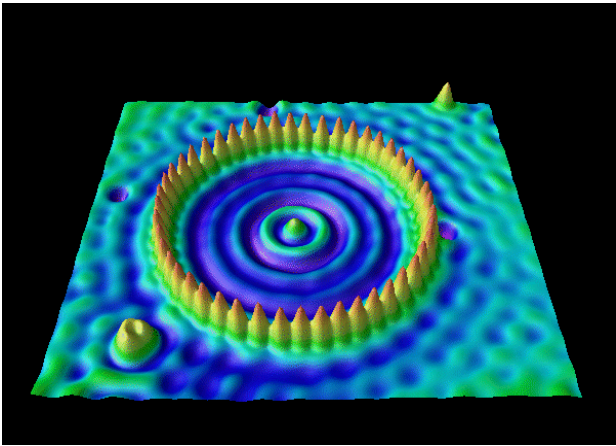
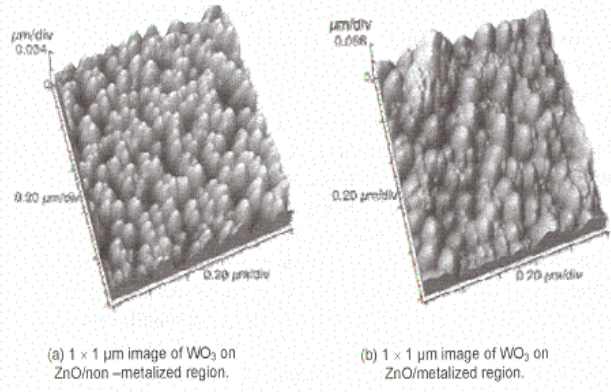
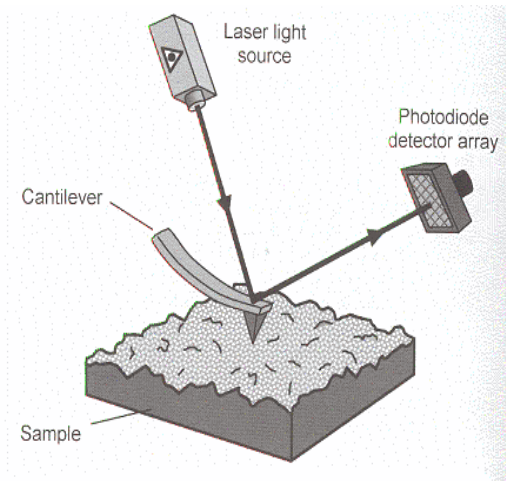


Fig. VI.10. Constant-tunneling-current STM image of a quantum corral consisting of 48 Fe atoms assembled in a ring on a Cu(111) surface at 4 K (imaging bias: 0.02 V). The ring with a diameter of 142.6 Å encloses a defect-free area of the surface. Inside of the corral a circular standing wave of electrons in sp-like surface states of the Cu(111) surface is visible. The bias parameters during the sliding process were 0.01 V and  $5 \cdot 10^{-8}$  A [VI.16]

