



NANOTECHNOLOGIE

sny a skutečnost

Roman Kubínek

Olomoucký fyzikální kaleidoskop 25. listopadu 2005, Přírodovědecká fakulta UP

Nanometr – 10^{-9} m (miliardtina metru)

**380-780 nm rozsah λ viditelného
světla**

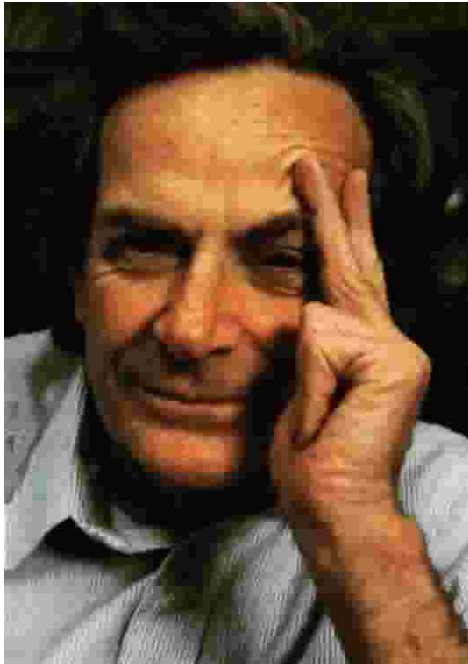
NANOTECHNOLOGIE

**– obor 21. století, odvětví, které změní
život člověka**

**Molekuly a atomy jako konstrukční
prvky „nanotechnologií“**

Richard Philips Feynman (1918-1988)

1965 Nobelova cena za kvantovou elektrodynamiku



Historická přednáška r.1959

“There’s Plenty of Room at the Bottom”,

Téma: v budoucnosti člověk dokáže sestavovat neobyčejně miniaturní zařízení schopná manipulovat s jednotlivými atomy.

“Proč ještě neumíme zapsat všech dvacet čtyři svazků Encyklopedie Britannika na špendlíkovou hlavičku?”

Celá živá příroda pracuje na úrovni atomů a molekul.

Člověk nedávno poodhalil tajemství DNA – genetického kódu



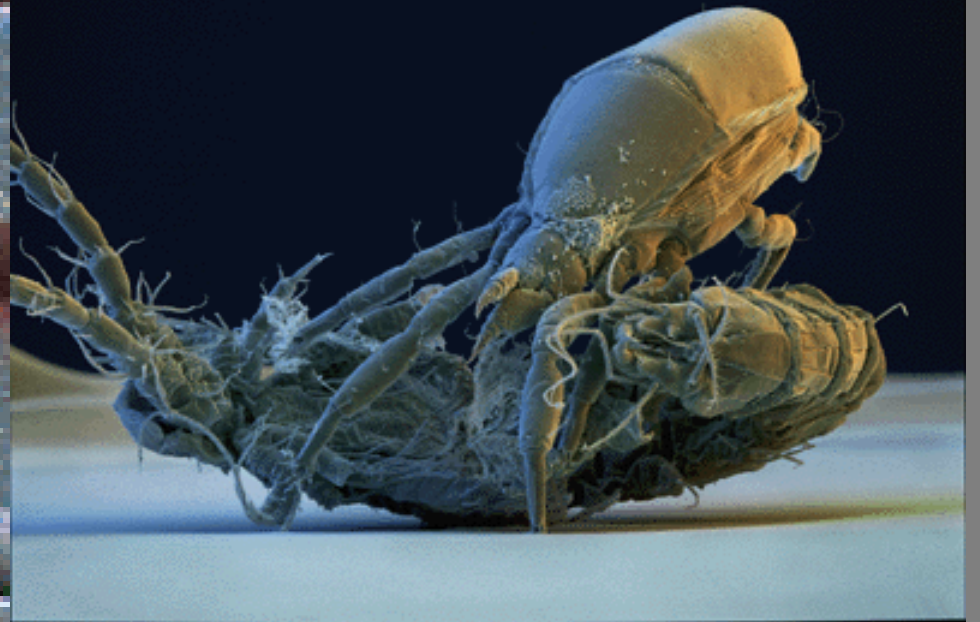
Příroda však dokáže miliony let “stavět” obrovské množství organismů, od bakterií až po samotného člověka.

**Feynman položil užaslému vědeckému světu otázku:
„jestliže to zvládne příroda, proč ne my?“**

Rastrovací a transmisní Elektronové mikroskopy



3D Obraz s velkou hloubkou ostrosti

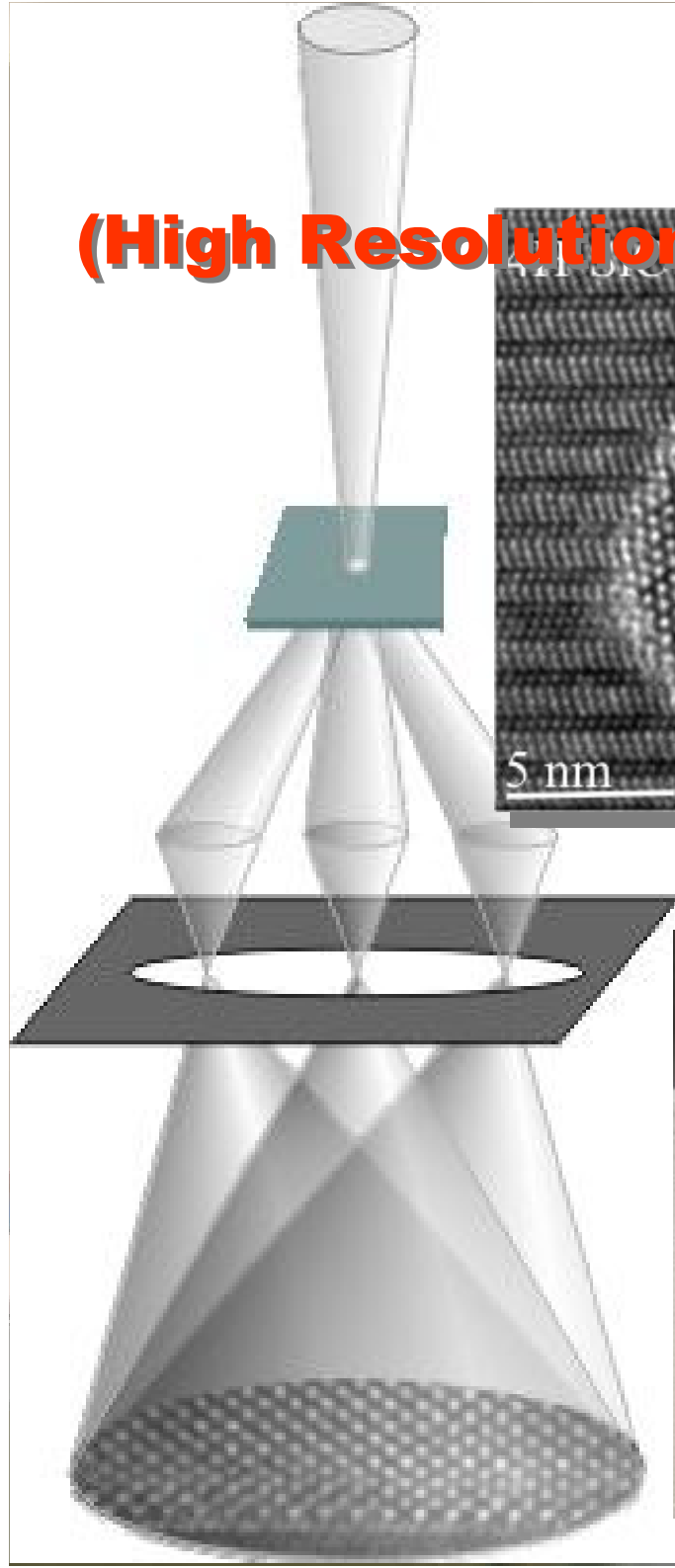
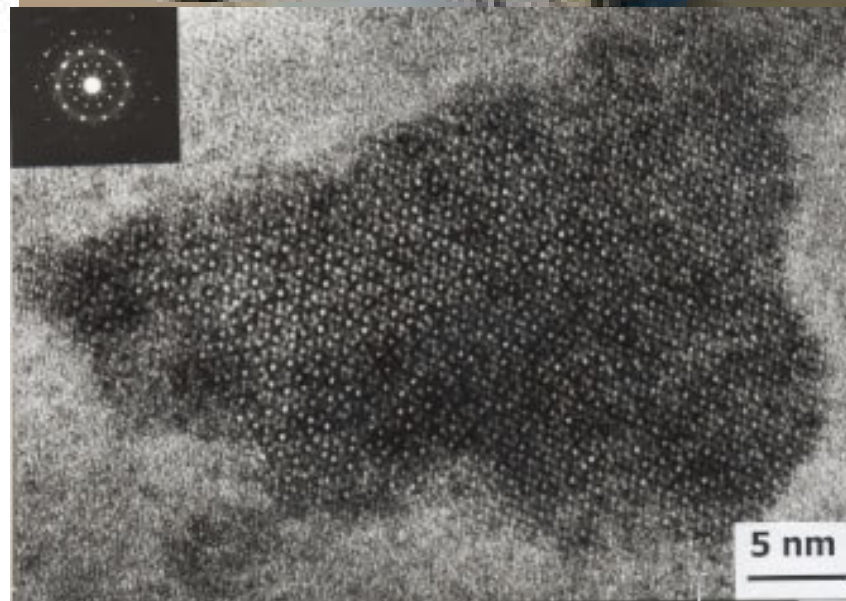
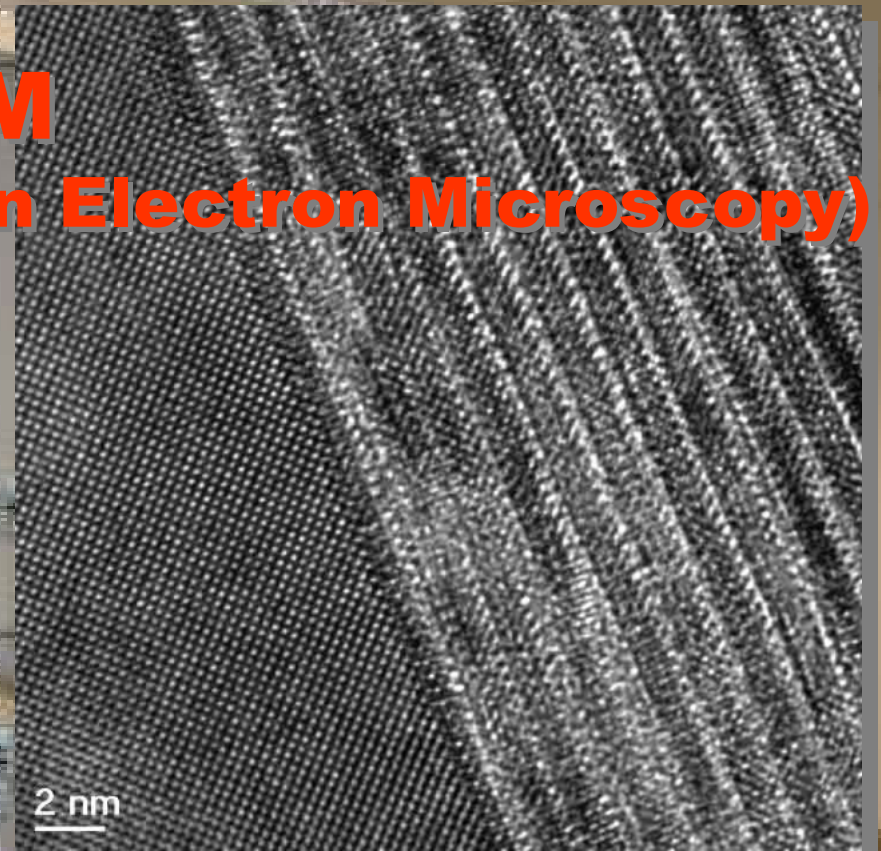
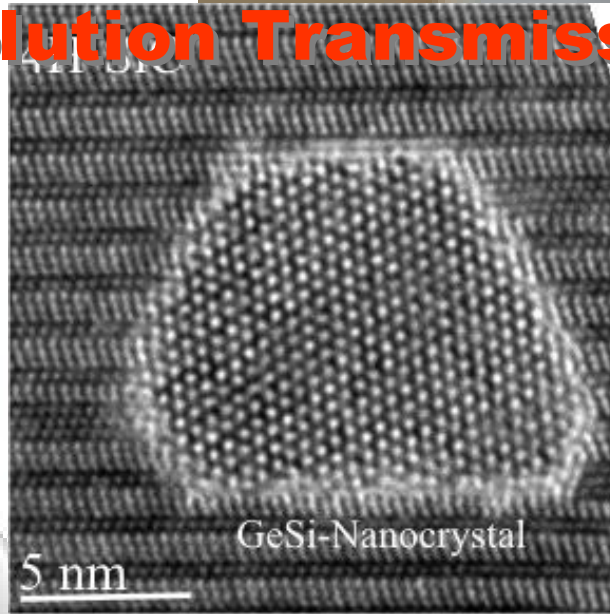


Rozlišovací mez do 1nm

Transmisní elektronový mikroskop



HRTEM (High Resolution Transmission Electron Microscopy)



Mikroskopie skenující sondou

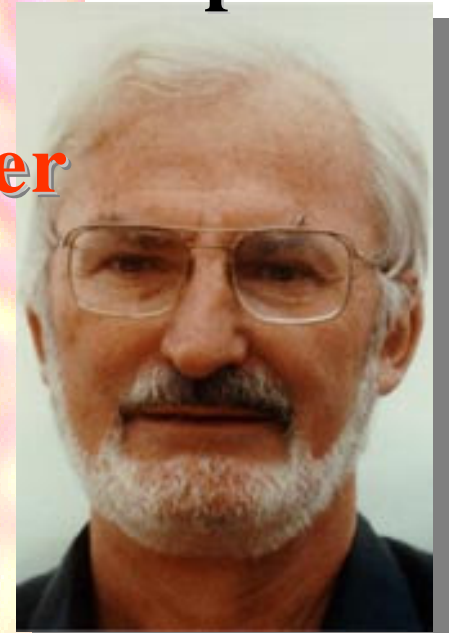
SPM – Scanning Probe Microscopy

1981 – STM – Skenovací tunelovací mikroskopie



Gerd Binnig

Heinrich Rohrer

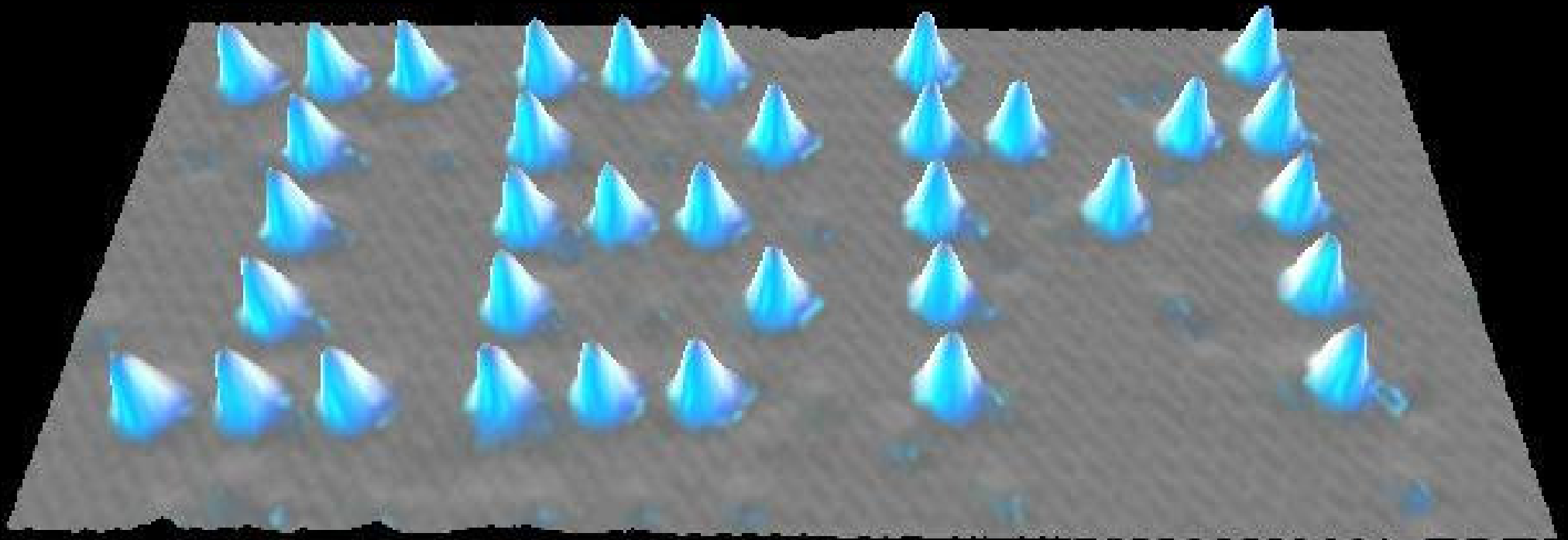


1986 Nobelova cena

1986 – AFM (Atomic Force Microscopy)

Mikroskopie atomárních sil

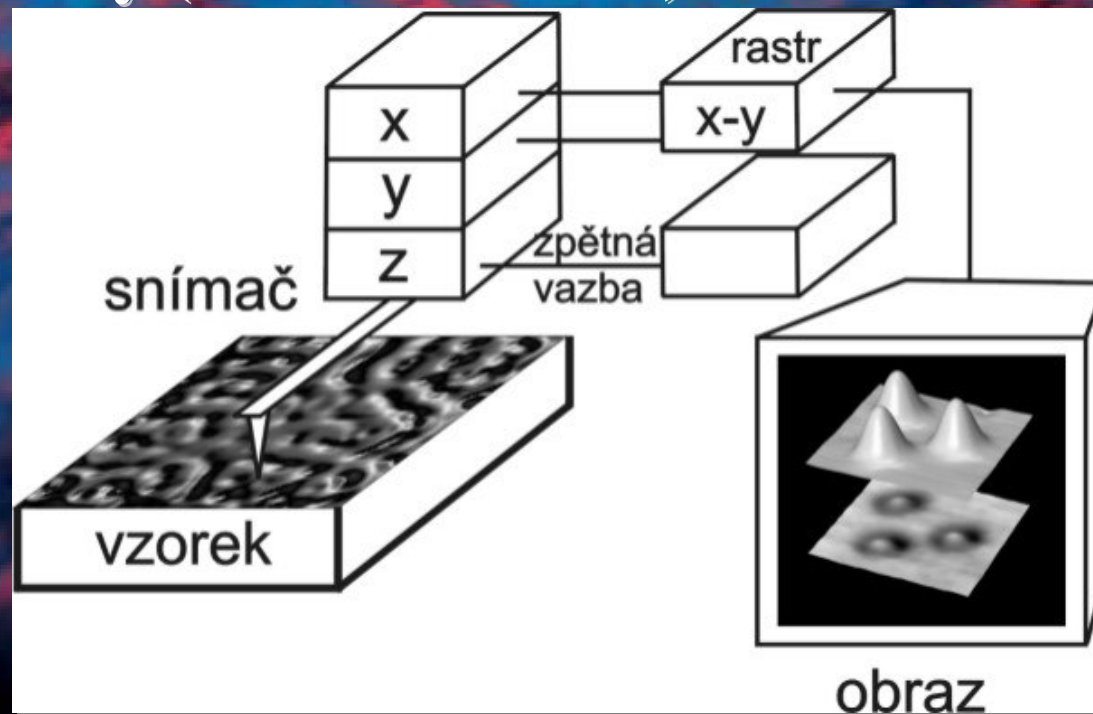
**Feynmanovi začalo být dáváno za pravdu
r.1990**



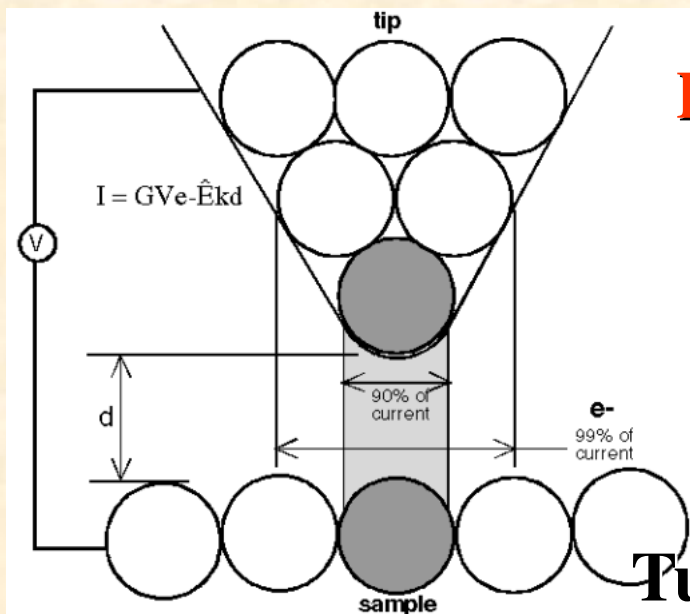
**Vědečtí pracovníci laboratoří IBM „napsali“ pomocí
STM logo své firmy 35 atomy Xe na Ni podložce**

Princip mikroskopických technik využívajících skenující sondu

- umístění mechanické sondy do blízkosti povrchu vzorku
- řízení pohybu ve směru $x - y, z$ signálem zpětné vazby piezoelektricky (rozlišení 10^{-10} m)



Rastrovací tunelovací mikroskopie



Podmínka: ostrý vodivý hrot a vodivý vzorek

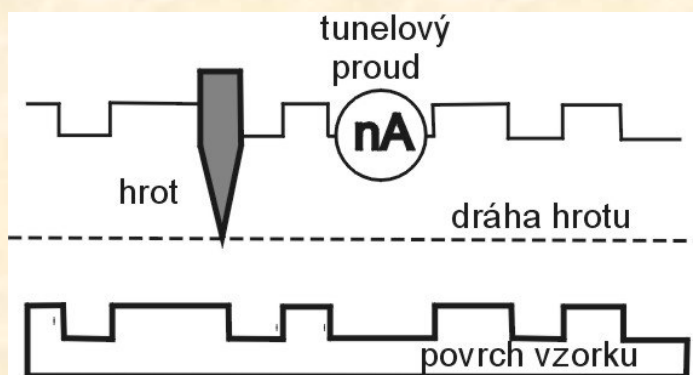
Pravděpodobnost průchodu energetickou bariérou (tunelování)

$$P \approx e^{-\frac{2}{\hbar} \int_0^d \sqrt{2m[U(x) - E]} dx}$$

Tunelovací proud

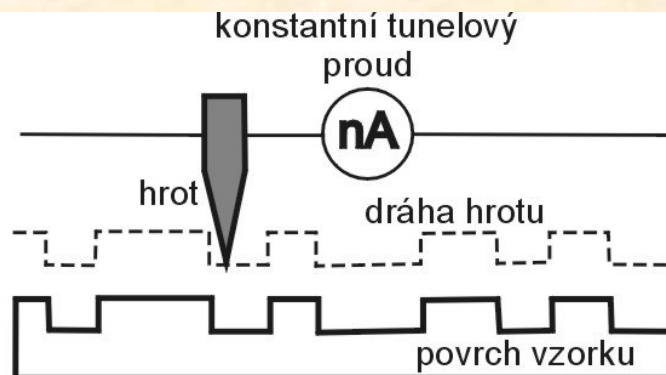
$$I = a.U.e^{-b.\phi^{\frac{1}{2}}.d}$$

obraz povrchu je dán rozložením vlnové funkce atomů



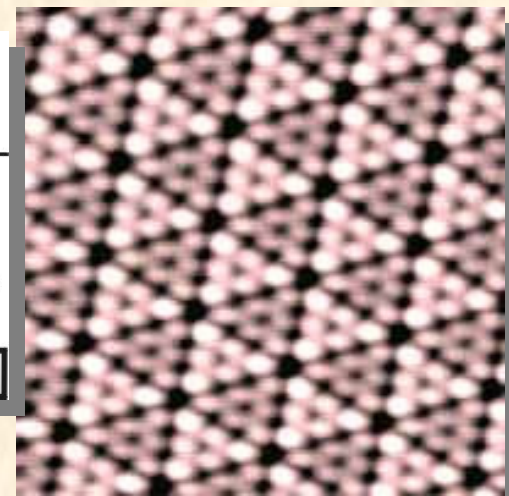
Režim konstantní výšky

- rychlejší
- vhodný pro hladké povrchy



Režim konstantního proudu

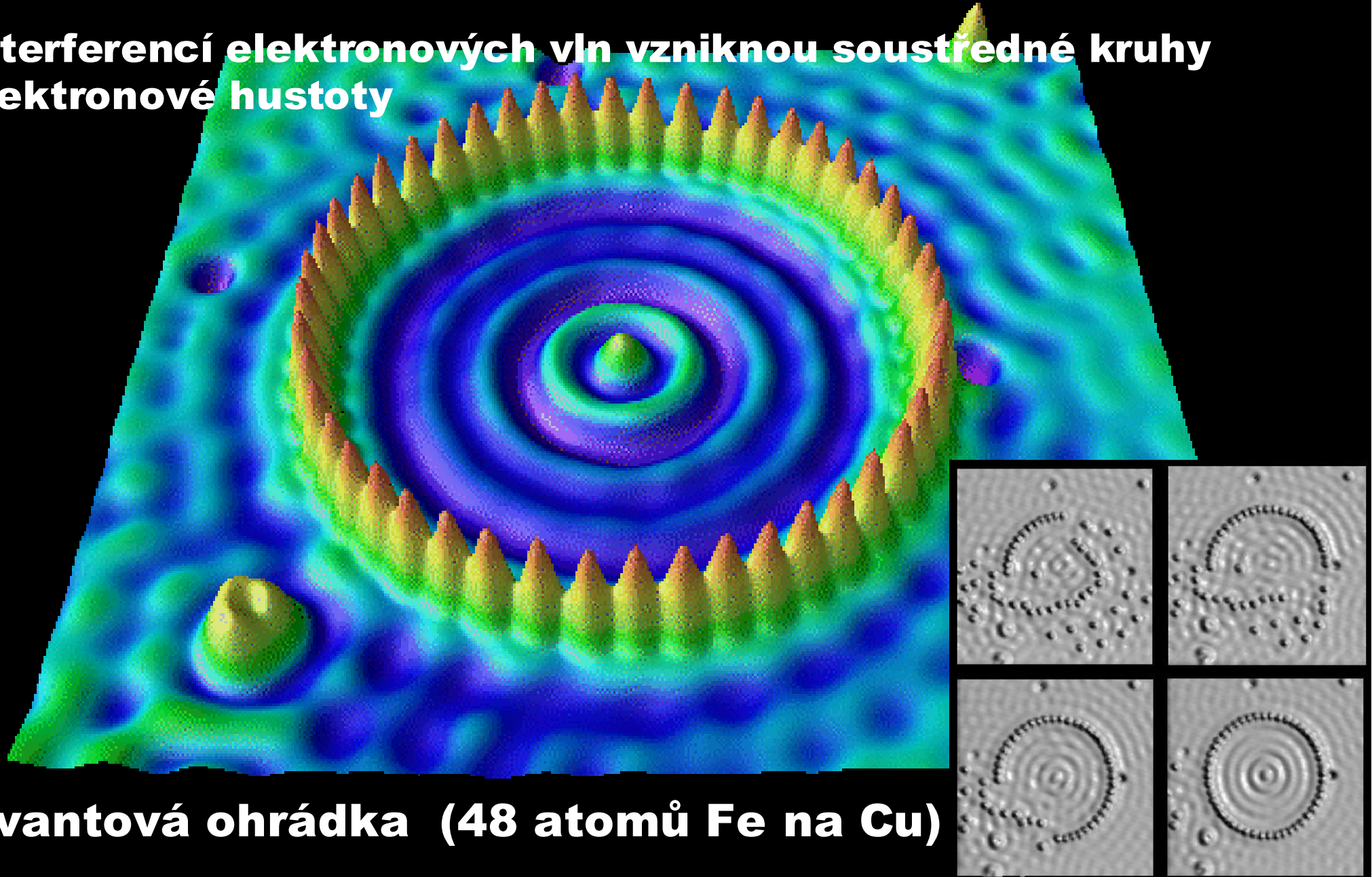
- časově náročnější měření
- přesnější pro členité povrchy



Si (111), 10x10 nm

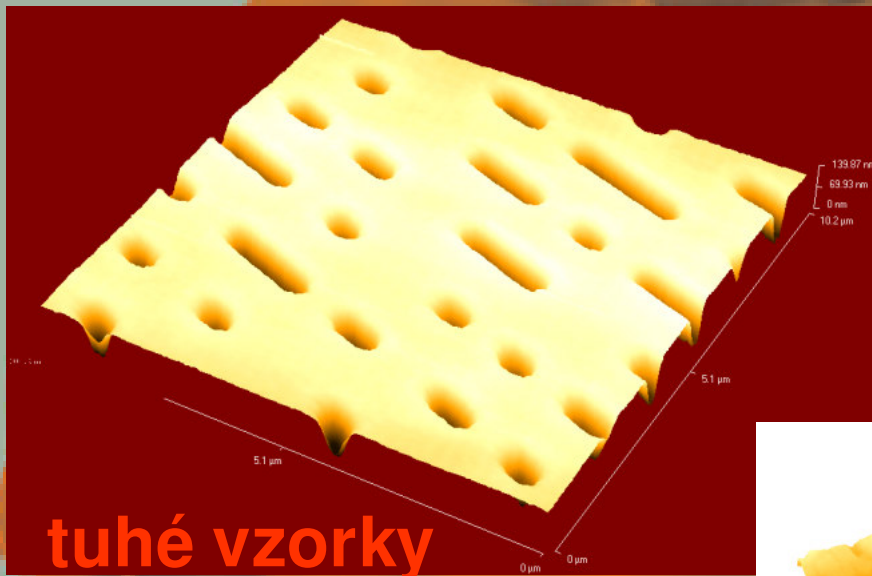
Adsorbované atomy můžeme hrotem STM umístit na zvolené místo a ovlivnit tak povrchovou hustotu elektronů (potenciálová jáma ve formě kruhu Ø 12,4 nm).

Interferencí elektronových vln vzniknou soustředné kruhy elektronové hustoty

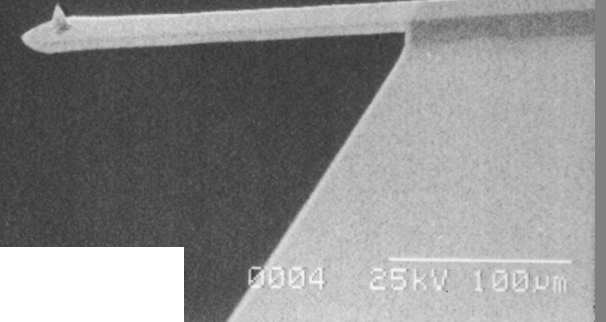


Kvantová ohrádka (48 atomů Fe na Cu)

- **kontaktní režim** - hrot je v kontaktu s povrchem
- **nekontaktní režim**
- **pokleповý režim** $F_W \approx 10^{-12}$ N, $d \approx 100$ nm,
raménko kmitá s $f_r \approx 200 - 400$ kHz

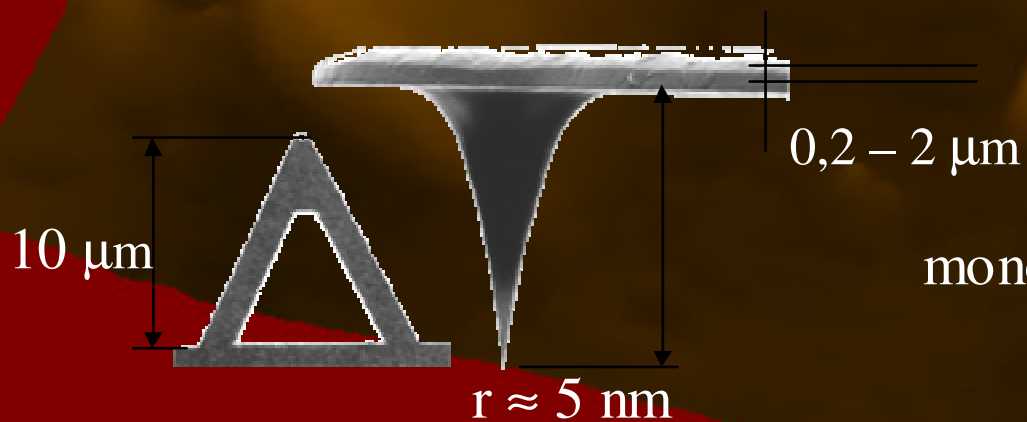


**typický hrot
s poloměrem 5 až 10 nm**



Rozlišovací mez AFM daná štíhlostí hrotu

štíhlost hrotu – 1 : 3 speciální hroty – 1 : 10
(schopnost zobrazit ostré hrany a hluboké zářezy)

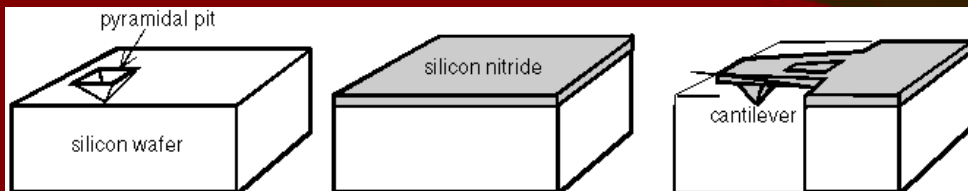


monokrystal Si hrot – Si_3N_4



leptaný hrot

nanotrubičky WS_2



Držadlo

CCD kamera

AFM Explorer

Stavění
nožiček

Piezokeramika
pro posun v ose
x a y

Žárovka

Nastavení
zrcadla

Šrouby k
nastavení
laseru

pohled zespodu

Nožička
stavitelná krokovým
motorem

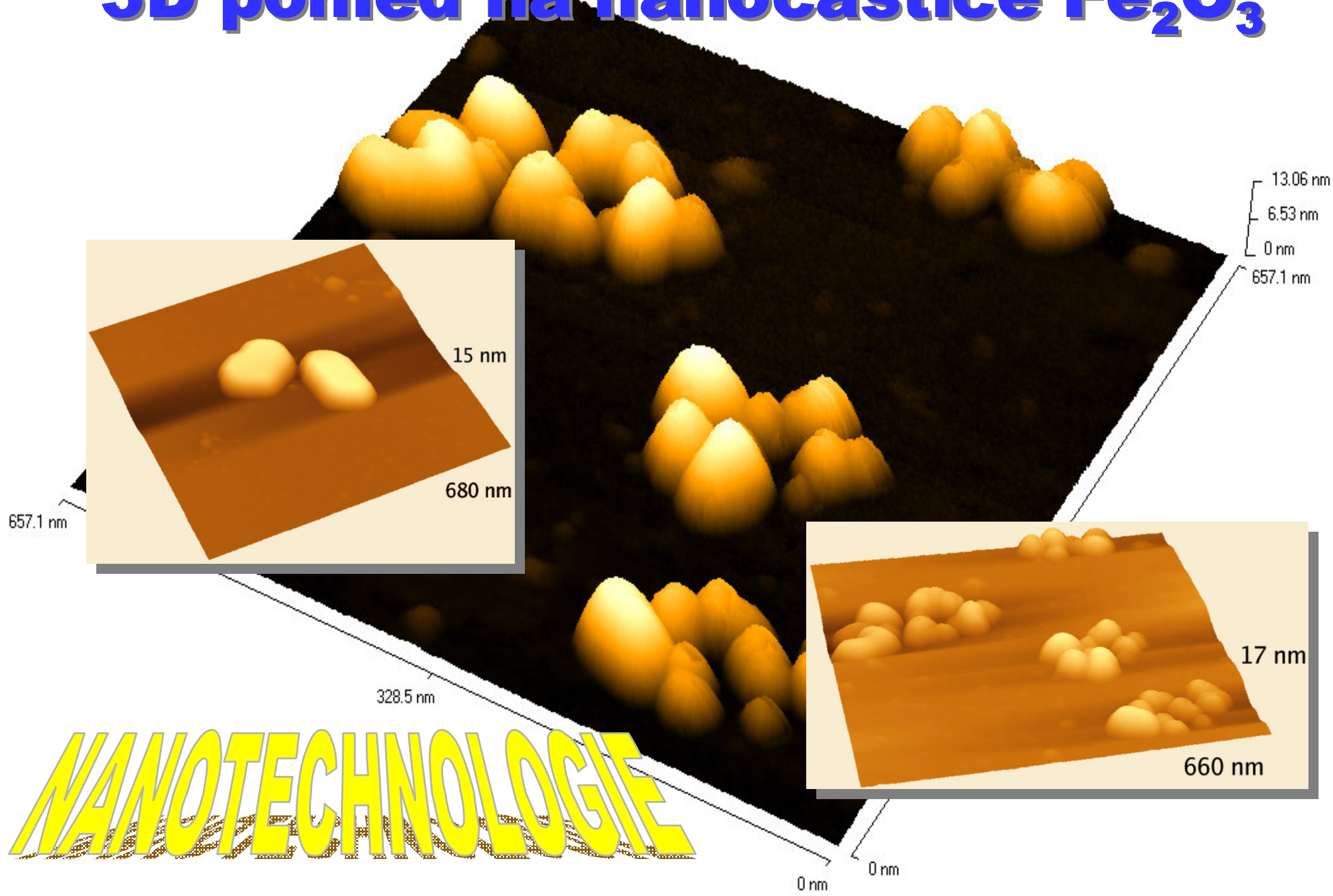
Držák hrotu

Piezokeramika
pro pohyb
v ose z

Ručně
stavitelné
nožičky

DANGER
LASER LIGHT
AVOID DIRECT EYE
EXPOSURE
3 mW max
670 nm
CLASS IIIa LASER PRODUCT

3D pohled na nanočástice Fe_2O_3



NANOTECHNOLOGIE

Současná situace

Použití nanoprášků:

- TiO_2 , ZrO_2 – kosmetika (krémy na obličej, opalovací krémy), separace tekutin, čištění odpadních tekutin (zachycování těžkých kovů i bioorganismů).
- Nanočástice Al, Hf pro pohon raket (lepší hoření a vznícení částic).
- Fe_2O_3 – (hematit) základ červených barev, markry pro MRI.
- TiO_2 – laky s reflexními vlastnostmi.
- Nanostrukturní otěruvzdorné povlaky řezných nástrojů, korozivzdornost.
- Povrchové filmy z nanočástic, na kterých se nadržuje voda ani špína.

Informační technologie - nanoelektronika

- Depozice vrstevnatých struktur o tloušťce několik atomů (1 nm) - (výroba menších, rychlejších a energeticky účinnějších tranzistorů).
- Čtecí hlavy standardních harddisků využívají díky vrstevnatým heterostrukturám velkého magnetického odporu, což zvyšuje paměťovou kapacitu (snižuje cenu).

NANOTECHNOLOGIE

Současná situace

Technologie optické výroby:

- Nanočástice pro chemomechanické leštění (karbidy Si, C, B) – „drsnost“ 1-2 nm důležitá pro rozvoj optoelektronických systémů. Keramické nanomateriály.

Polovodičové krystaly – kvantové tečky:

- Výzkumy fotonických krystalů (fotonických prvků), které v nanorozměrech zvyšují výkonnost komunikačních sítí.
- Kvantová tečka po osvětlení vydává světlo specifické barvy v závislosti na svých rozměrech (možnost sledování biologických reakcí v organismu, testování DNA a protilátek).



V oblasti biomedicíny:

- Nově strukturované struktury-liposomy (lipidové koule o $d=100$ nm) –cílená distribuce léčiv (zapouzdření protirakovinných léků).
- Analýza moči, krve a jiných tělních tekutin pomocí magnetických nanočástic. Možnost separace škodlivých látek z krve – „dialýza v krabičce“.
- Fluorescenční nanočástice jako základ nových detekčních technologií (analýza infekčních a genetických chorob, výzkum léčiv).

NANOTECHNOLOGIE

Blízká budoucnost (do r. 2007)

Oblast informačních technologií a nanoelektroniky:

Vývoj nanotranzistorů pro výrobu analytického počítače pro rychlé modelování genomu.

Oblast materiálů a výroby:

Hromadný prodej uhlíkových nanotrubic, textilní látky odolávající vodě, špíně a mačkání, nové laky a barvy (odolávající ohni...), kosmetické přípravky, biosenzory, otěruvzdorné polymery,...

Oblast medicíny a farmacie:

Separace fragmentů DNA (rychlé sekvencování), senzory pro farmakogenetiku, výzkum léků,

Oblast životního prostředí a energetiky:

Využití uhlíkových nanotrubic pro uskladňování vodíku pro palivové články, odstraňování ultrajemných nečistot z biologických odpadů (jejich zapouzdřením), biodegradabilní chemické látky pro pěstitelství a ochranu proti hmyzu