

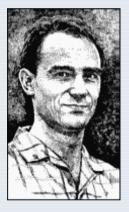
Roman Kubínek, Hana Kolářová, Renata Holubová

Katedra experimentální fyziky Přírodovědecké fakulty UP Ústav lékařské biofyziky Lékařské fakulty UP v Olomouci

Mikroskopie se skenující sondou

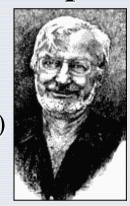
SPM – Scanning Probe Microscopy

1981 – STM – Rastrovací tunelovací mikroskopie



1986 Nobelova cena

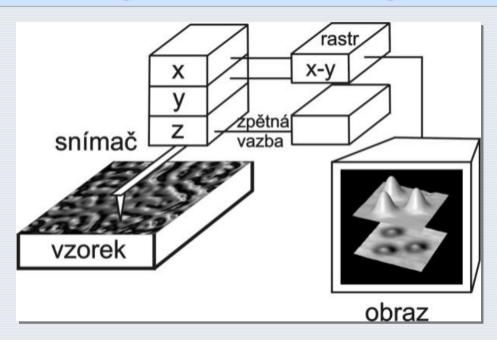
Gerd Binnig Heinrich Rohrer konstrukce STM (Scanning Tunneling Microscope)
Společně Ernst Ruska – základní práce v oblasti elektronové optiky, umožňující konstrukci elektronových mikroskopů



1986 – AFM (Atomic Force Microscopy) Mikroskopie atomárních sil

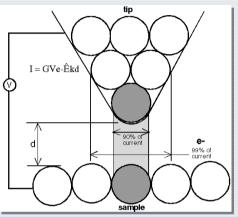
1987 — do současnosti – další klony využívající princip přesného polohování a těsného přiblížení sondy k povrchu

Princip mikroskopických technik využívajících rastrující 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)
$$-\frac{2}{\hbar} \int_{0}^{d} \sqrt{2m[U(x)-E]} dx$$
 $P \approx e^{-\frac{1}{\hbar} \int_{0}^{d} \sqrt{2m[U(x)-E]} dx}$
Tunelovací proud $I = a.U.e^{-b.\phi^{\frac{1}{2}}.d}$

$$I = a.U.e^{-b.\varphi^{\overline{2}}.a}$$

obraz povrchu je dán rozložením vlnové funkce atomů

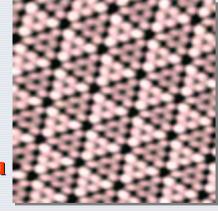


Režim konstantní výšky

- rvchlejší
- vhodný pro hladké povrchy

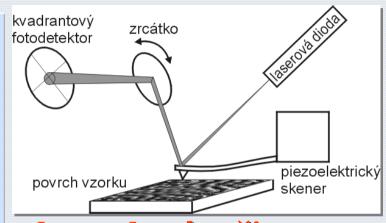
Režim konstantního proud

- · časově náročnější měření
- přesnější pro členité povrchy



Si (111),10x10 nm

Mikroskopie atomárních sil (AFM)



kontaktní režim

 $F \approx 10^{-7} \text{ N} - \text{re}$ žim konstantní síly $d \approx 0.1 \text{ nm} - \text{tuhé vzorky}$

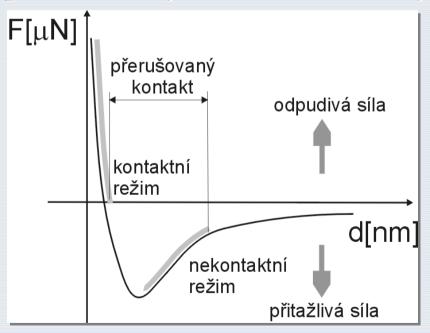
nekontaktní režim

 $F_{\rm W} \approx 10^{-12}$ N, $d \approx 100$ nm, raménko kmitá s $f_r \approx 200$ kHz – měkké, pružné (biologické) vzorky

poklepový režim

mapování atomárních sil

- odpudivé síly elektrostatické
- přitažlivé síly Van der Waalsovy

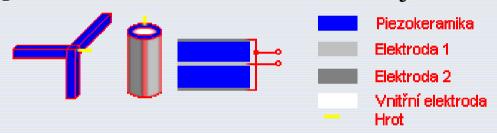


graf závislosti celkové síly na hrot

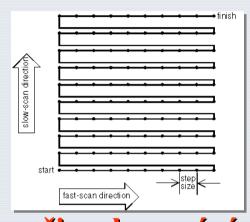
Polohovací zařízení – skener

skener – zajišťuje přesnou pozici vzhledem k povrchu vzorku

piezoelektrická keramika – PbZrO₃, PbTiO₃



trojnožka – 100 x 100 μ m, z – 10 μ m trubička – 2 x 2 μ m, z – 0,8 μ m



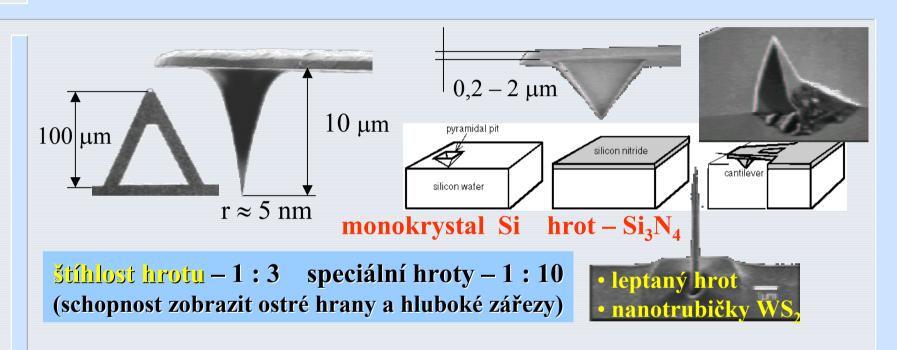
režim skenování:

- počet řádků až 1000
- počet bodů až 1000

zkreslení skeneru ⇒ chyby skenování:

- hystereze nejdnoznačnost při rozpínání a smršťování skeneru
- nelinearita prodloužení není lineární funkcí přiloženého napětí
- tečení (creep) postupné prodlužování skeneru
- stárnutí změna vlastností piezoelektrické keramiky

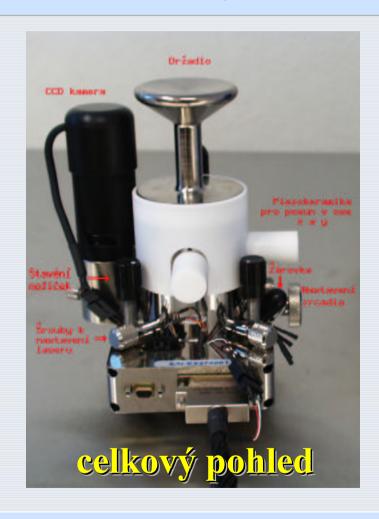
Raménko s hrotem (cantilever)



tuhost hrotu: 10⁻³ – 10 N podle aplikace:

- kontaktní režim měkká a ohebná raménka (minimalizace poškození povrchu), tvar "V" nízký odpor pro vertikální ohyb, vysoký pro torzi
- nekontaktní režim tužší raménka s vyšší rezonanční frekvencí

Popis mikroskopu AFM – Explorer (Thermomicroscopes)

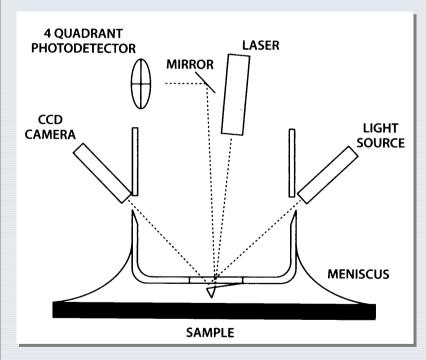




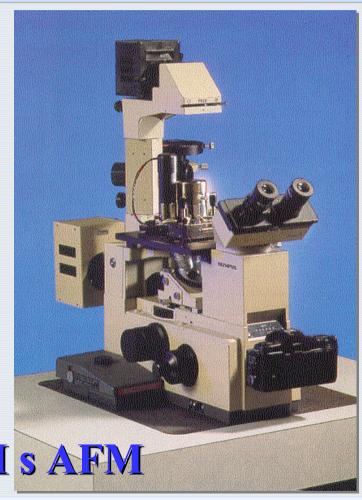
spodní pohled

Přizpůsobení AFM pro biologické aplikace

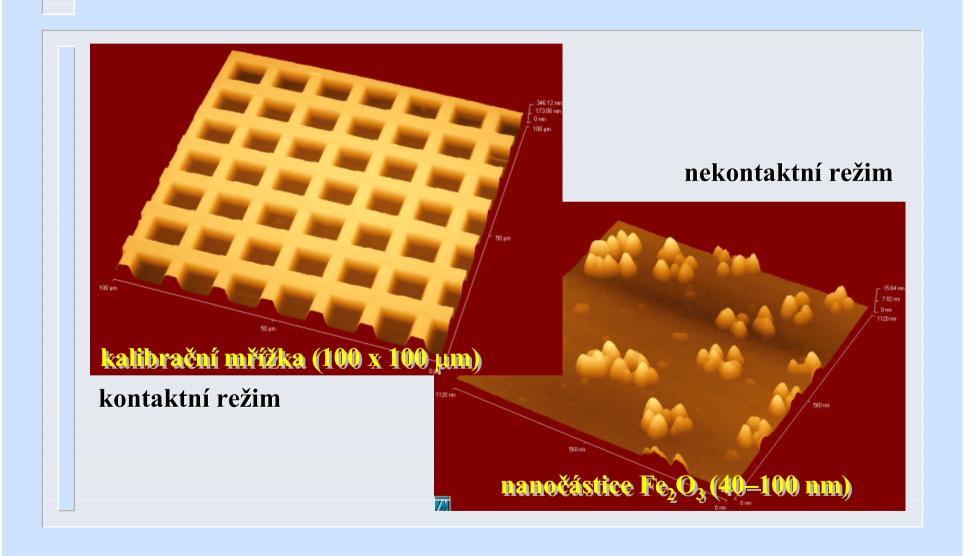
liquid scanner



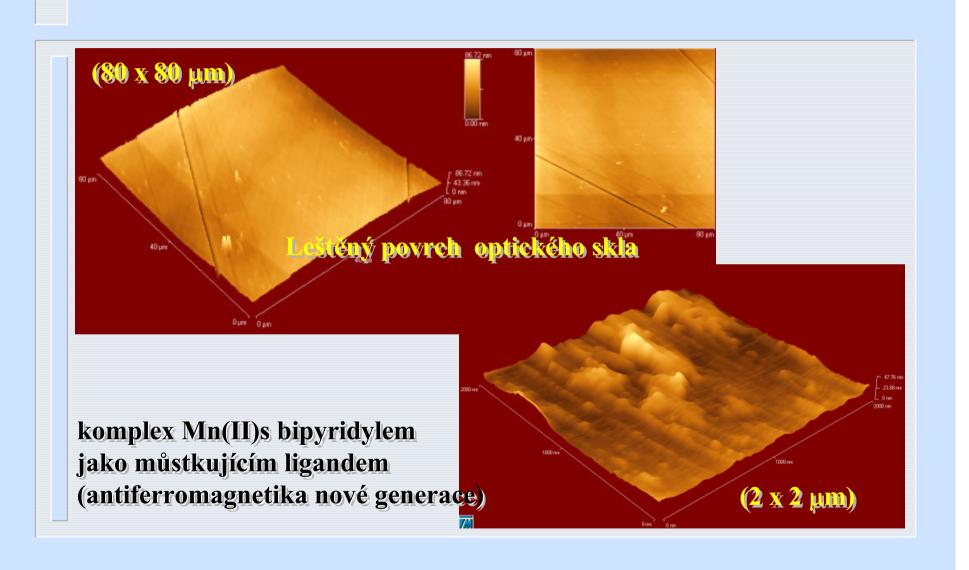
Invertní SM s AFM



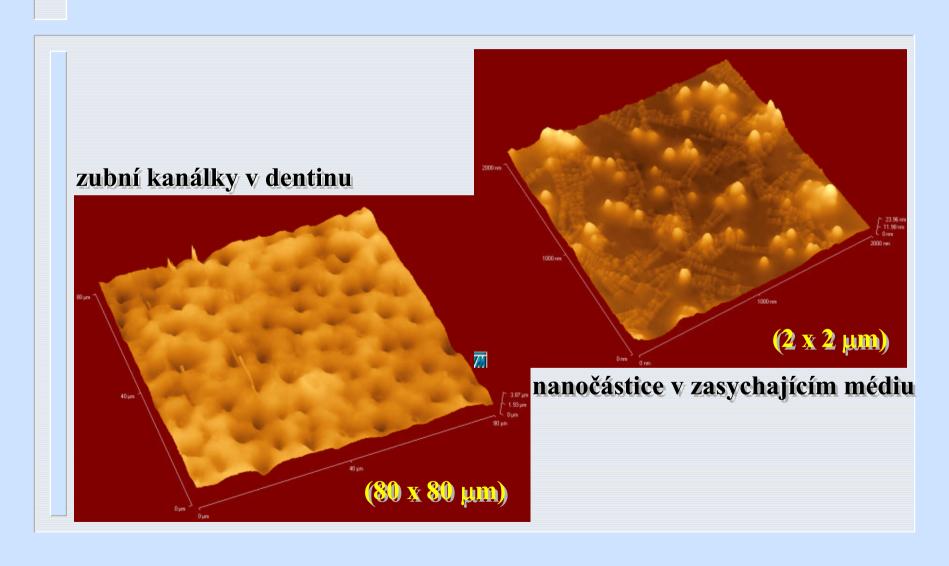
Kalibrace AFM a analytické možnosti



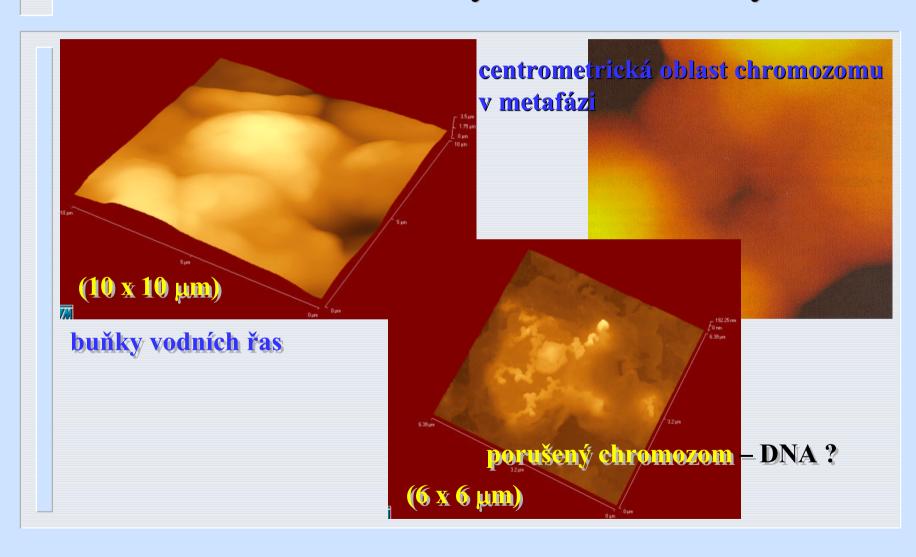
Optické povrchy a chemické komplexy



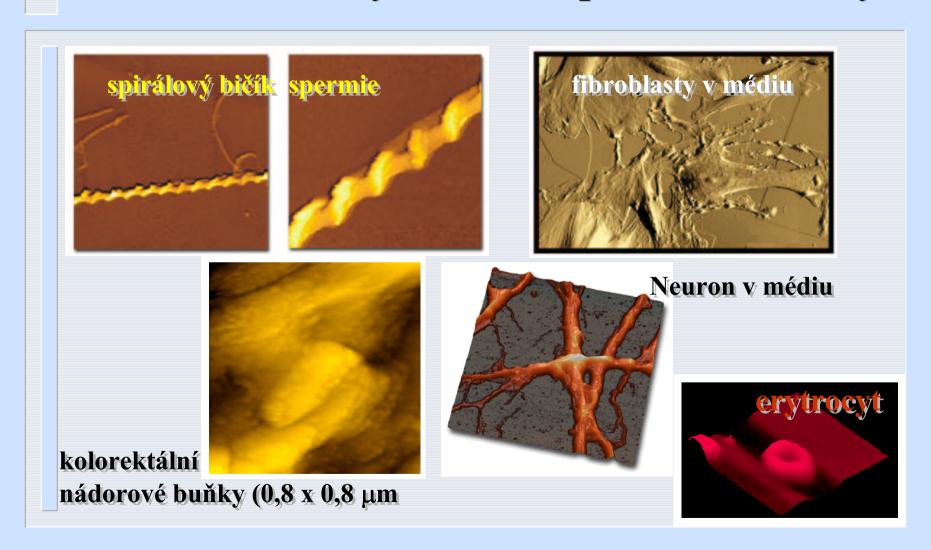
Biologické vzorky – tuhé povrchy



Biologické vzorky rostlinné buňky a chromozomy

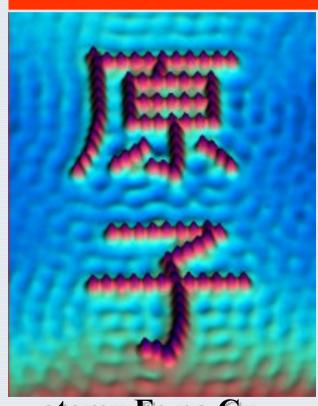


Biologické vzorky živočišné buňky a tkáně – převzaté snímky

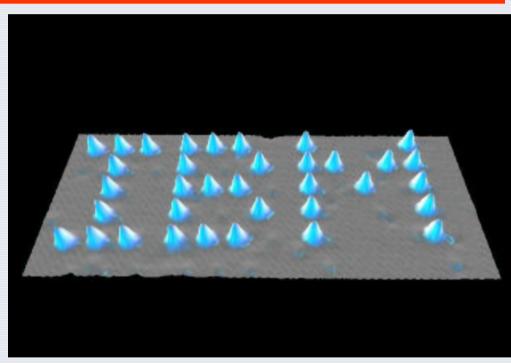


Závěr

Pozvánka k návštěvě: http://atmilab.upol.cz



atomy Fe na Cu



atomy Xe na Ni