

 Anyagtudomány és Technológia Tanszék
 



Anyagtudomány

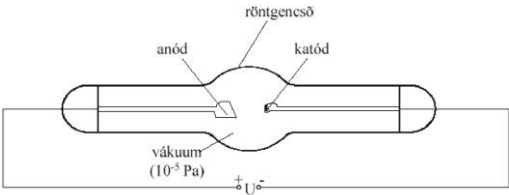
Finomszerkezetvizsgálat

Röntgendiffrakció, atomerő mikroszkóp

Dr. Szabó Péter János
szabo.peter.janos@eik.bme.hu



1

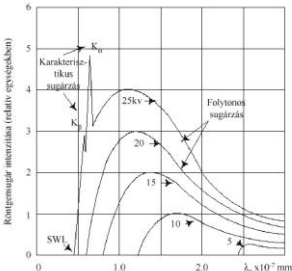

 Röntgensugárzás keltése
 



• Izzókatódos röntgenforrás
 • 20-40 kV gyorsítófeszültség

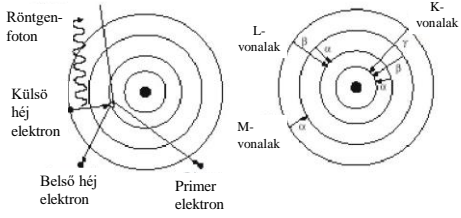
2


 Fehér röntgensugárzás
 



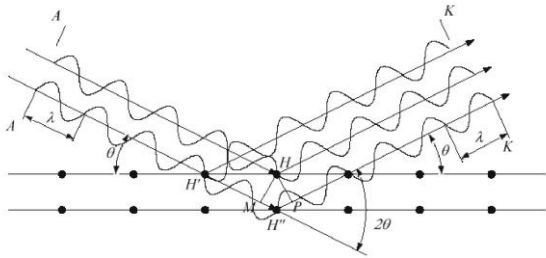
Fehér röntgen: elektronok fékeződése az atomok terében.

3

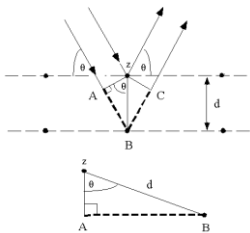


- Belső héj ionizáció
- Rekombinálódást követően röntgenfoton kibocsátás

4

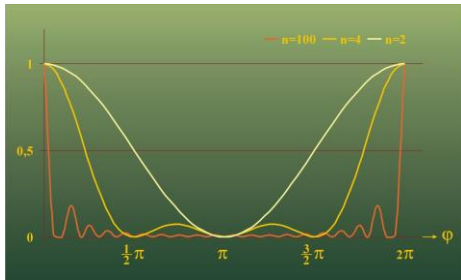


5

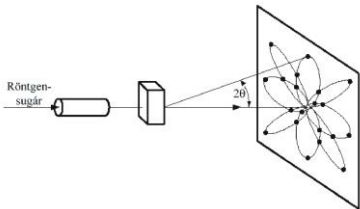


$$n\lambda = 2d \sin \Theta$$

6

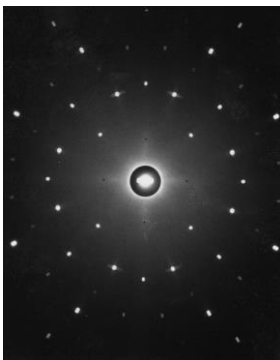


7



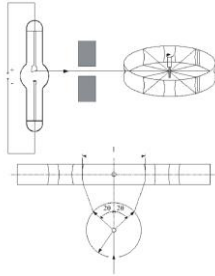
- fehér röntgensugárzás
- egykristály minta
- orientáció meghatározás

8



9

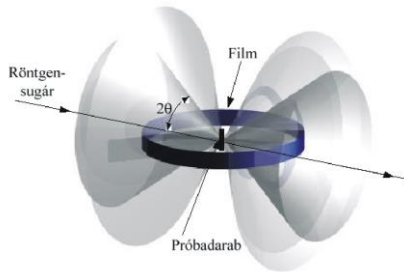
Debye-Scherrer módszer



- monokromatikus röntgensugárzás
- porminta
- fázisanalízis
- rácsállandó meghatározása

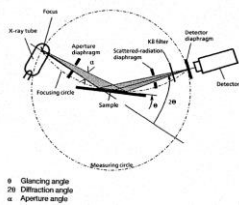
10

Diffrakciós kúpok kialakulása



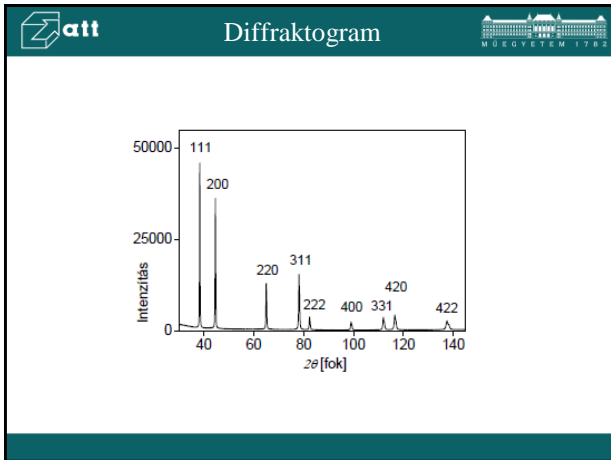
11

Diffraktométer



$$\Theta - \Theta, \Theta - 2\Theta$$

12



13

- att** **Diffraktogram kiértékelése** MŰEGYETEM 1782
- ASTM (JCPDS) kartotékrendszer
 - ~250 000 kristályos fázis adatai
 - A kártya tartalmazza a fázis tulajdonságait, a mért csúcsok indexelését és azok egymáshoz viszonyított intenzitását
 - Számítógéppel segített azonosítás

14

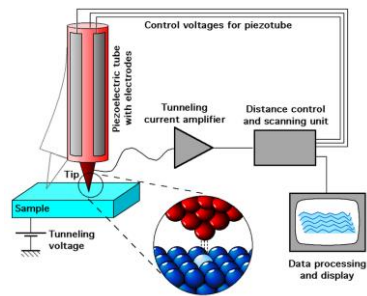
- att** **PÁSZTÁZÓSZONDÁS MIKROSKÓPIA** MŰEGYETEM 1782
- SPM – SCANNING PROBE MICROSCOPY
- Előnyök
- atomi felbontású kép a felületről
 - nem igényel különleges mintaelőkészítést
- Hátrányok
- legfeljebb néhány $10\mu\text{m}^2$ felület
 - legfeljebb néhány μm vertikális tartomány
 - rezgésérzékeny

15

STM (Scanning Tunneling Microscope)
 1981: Gerd Binnig, Heinrich Rohrer (IBM, Zürich);
 Nobel: 1986
 (Ernst Ruska-val megosztva, aki a SEM feltalálója)
 A felfedezés és a díj között csupán 5 év telt el!

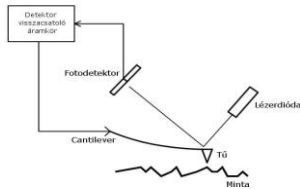
AFM (Atomic Force Microscope)
 1986: Binnig, Rohrer, Quate (IBM, Zürich és Stanford University)

16



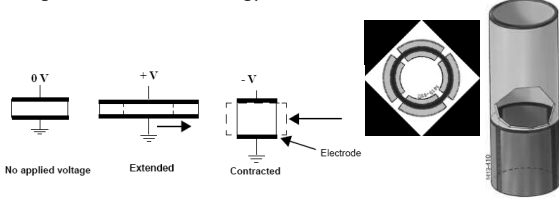
17

Az AFM működése hasonló a mikrotűs profilmérőkéhez, azonban annál jóval kifinomultabb eszközről van szó. Egy hegyes tűt a minta felületén mozgatunk. A tű egy vékony, és ezáltal könnyen hajló konzol (kantilever) végén található. A tű követi a minta felületén lévő kitüremkedéseket és bemélyedéseket.

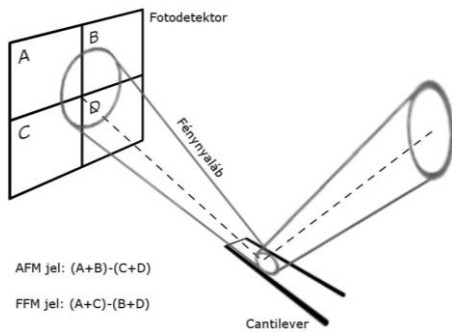


18

- Szervetlen kristály (például Lítium-nióbát - LiNbO_3 , bárium-titanát - BaTiO_3).
- A piezoelektromos együtttható tipikus értéke ezeknél az anyagoknál 10^{-10} .. 10^{-11} m/V nagyságrendjébe esik.
- Piezoelektromos anyagokkal rendkívül pontos pozicionálást végezhetünk el, feltéve, hogy a maximális elmozdulás kicsi.

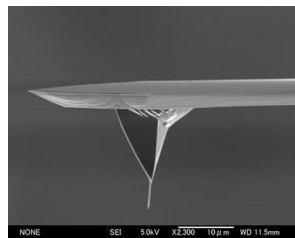


19

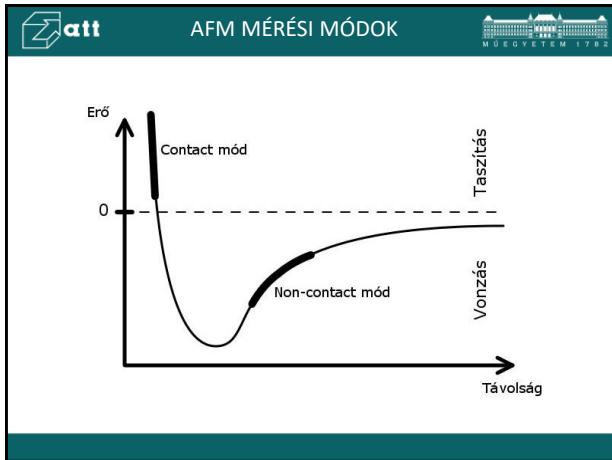


20

- Si mikromechanika
- Szén nanocső „ragasztásával”
- SPM 1 atomban végződjön
- AFM 5-20 nm-es lekerekítési sugár



21



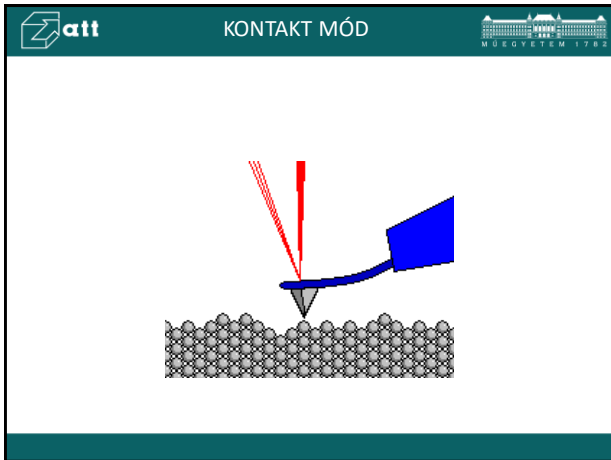
22

- att** AFM MÉRÉSI MÓDOK MŰEGYETEM 1782
- 3 alapvető mód van:
 - kontakt,
 - „tapping”,
 - nem kontakt.
 - A kantilever lényeges paraméterei:
 - rezonancia-frekvencia,
 - rugóállandó,
 - rezgés amplitudója.

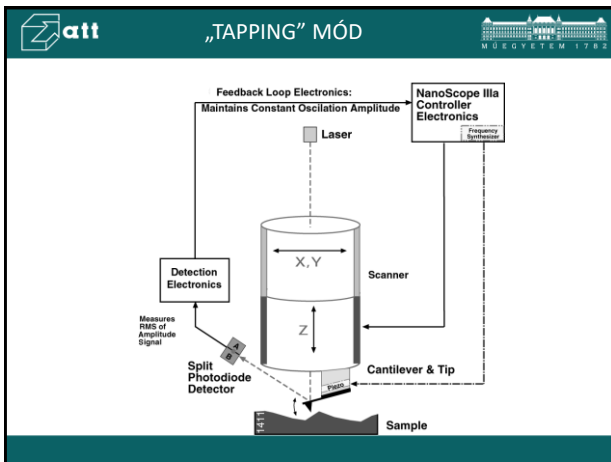
23

- att** KONTAKT MÓD MŰEGYETEM 1782
- 0,01 és 1,0 N/m közötti rugóállandó
 - Mérendő erő tipikusan nN-tól μN -ig
 - Levegőben és folyadék alatt is működik
 - Előnyök:
 - gyors,
 - egyetlen módszer, amivel atomi felbontás elérhető (spec. felszínen),
 - nagyon egyenetlen felületről a legjobb eredményt adja.
 - Hátrányok:
 - nyíróerők befolyásolják a térképet,
 - felületen adszorbeált folyadék réteg rontja a képminőséget,
 - bizonyos minták megsérülhetnek.

24



25

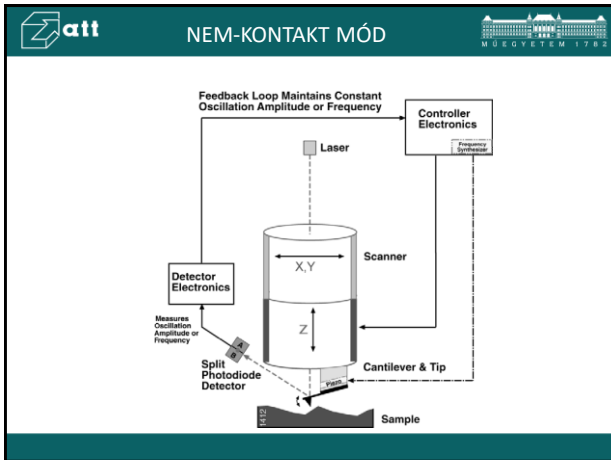


26

„TAPPING” MÓD

- 1 és 100 N/m közötti rugóállandó
- Rezonancia-frekvencia 300 kHz körül
- A rezgési amplitudó RMS-e az, amire visszacsatolunk.
- Amplitudó: 20nm és 100 nm között
- Működik folyadékban is, csak a frekvencia változik.
- Előnyök:
 - a legtöbbféle mintán 1 és 5 nm közötti felbontás,
 - kisebb erőhatás,
 - nincs nyíróerő.
- Hátrányok:
 - Kiseb pásztázási sebesség,

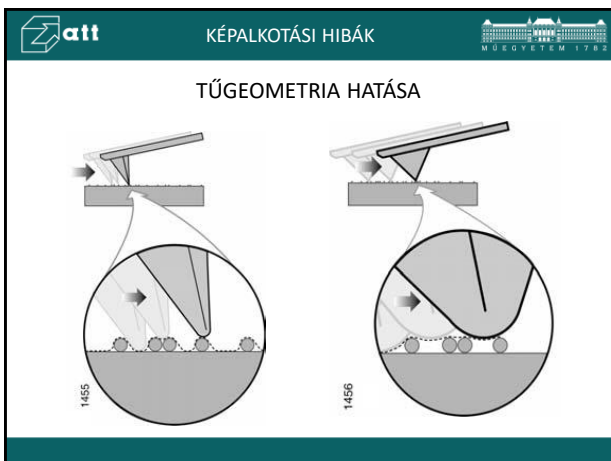
27



28

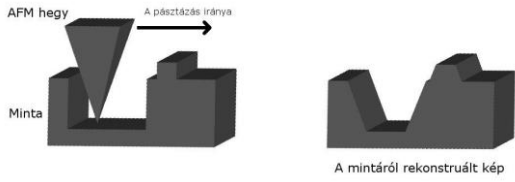
-
- NEM-KONTAKT MÓD**
- A kantilever hasonló, mint a tapping módnál
 - Amplitudó: <10 nm
 - A felülethez közeledve csökken a rezonancia-frekvencia (az elhangolás „felfelé” történik); ezt detektáljuk
 - Előnyök:
 - a legtöbbször 1 és 5 nm közötti felbontás,
 - kisebb erőhatás,
 - nincs nyíróerő.
 - Hátrányok:
 - sokkal kisebb pásztázási sebesség, hiszen meg kell akadályozni, hogy a tű „leragadjon”
 - kisebb felbontás
 - csak hidrofób anyagokon működik

29

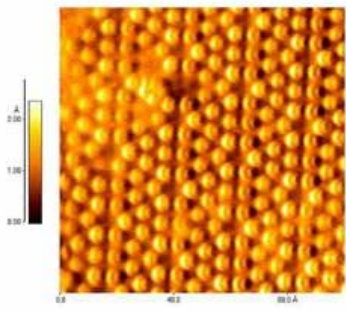


30

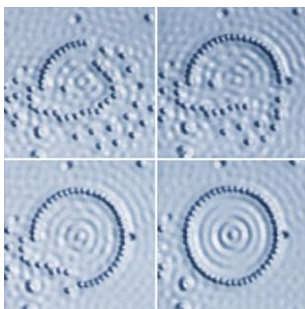
GEOMETRIAI KONVOLÚCIÓ



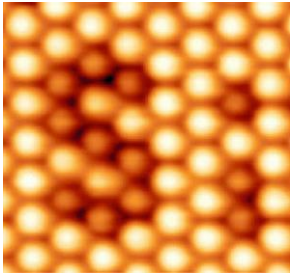
31



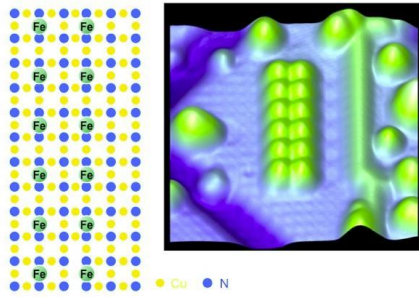
32



33



34



A jelenlegi adattárolók fajlagos kapacitásának
83,000 szerezése – 4 K-en... ☺

35

Köszönöm a figyelmet!

36
