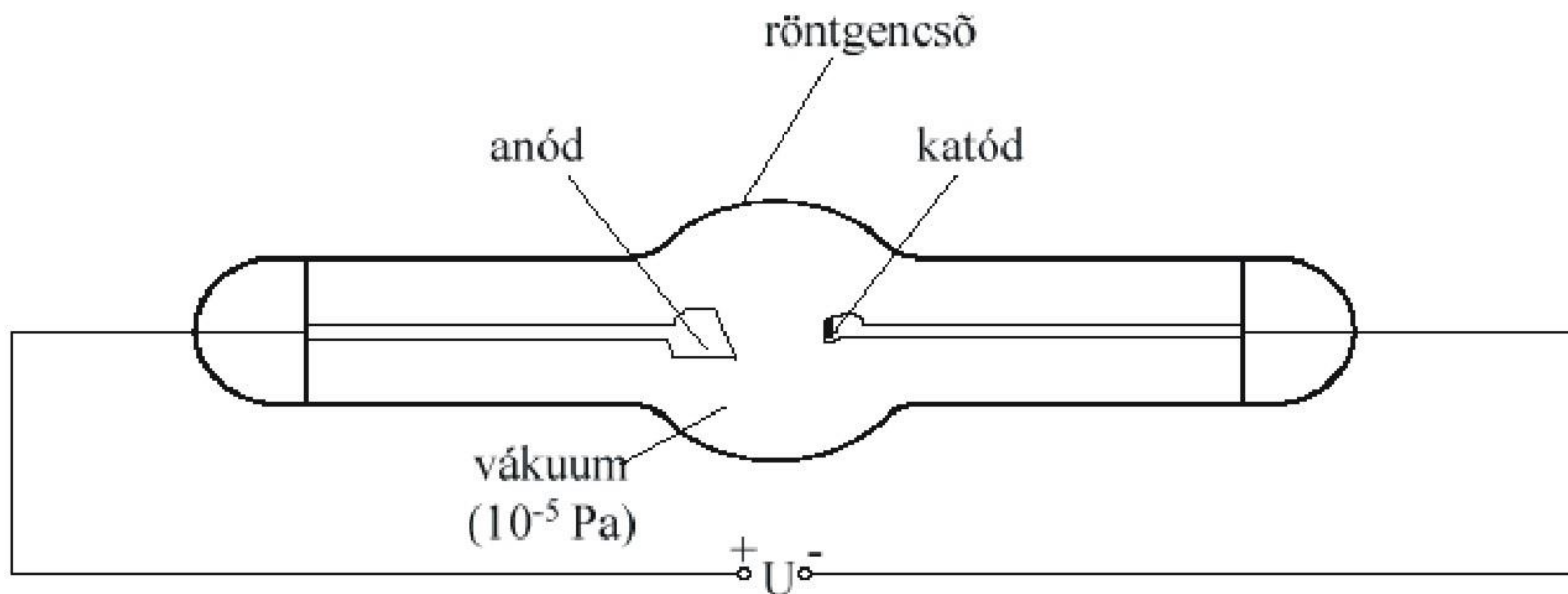


Anyagtudomány

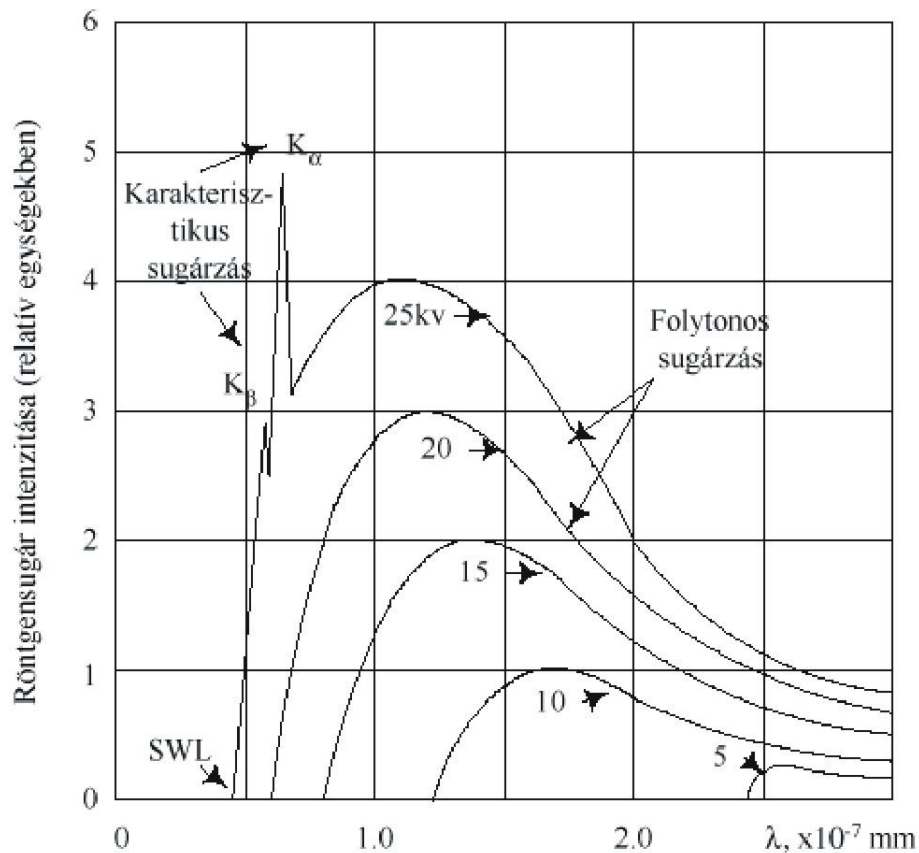
Finomszerkezetvizsgálat

Röntgendiffrakció, atomierő mikroszkóp

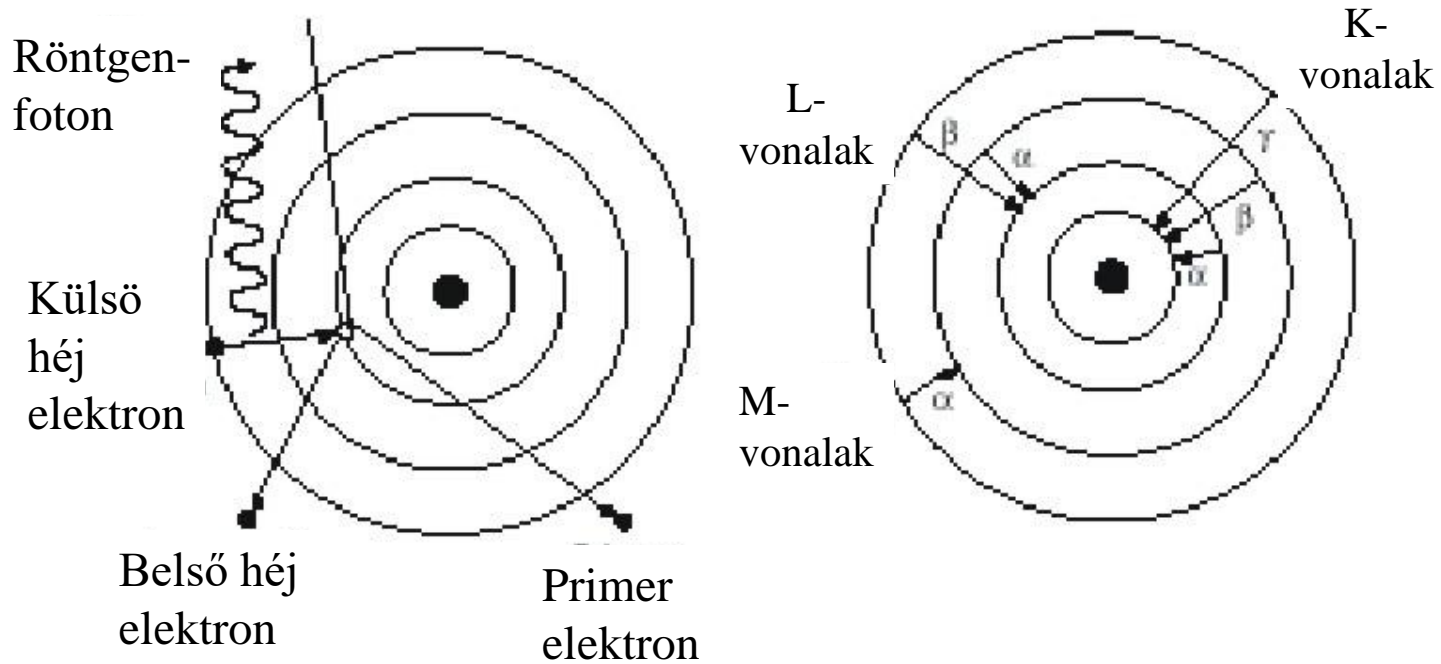
Dr. Szabó Péter János
szabo.peter.janos@eik.bme.hu



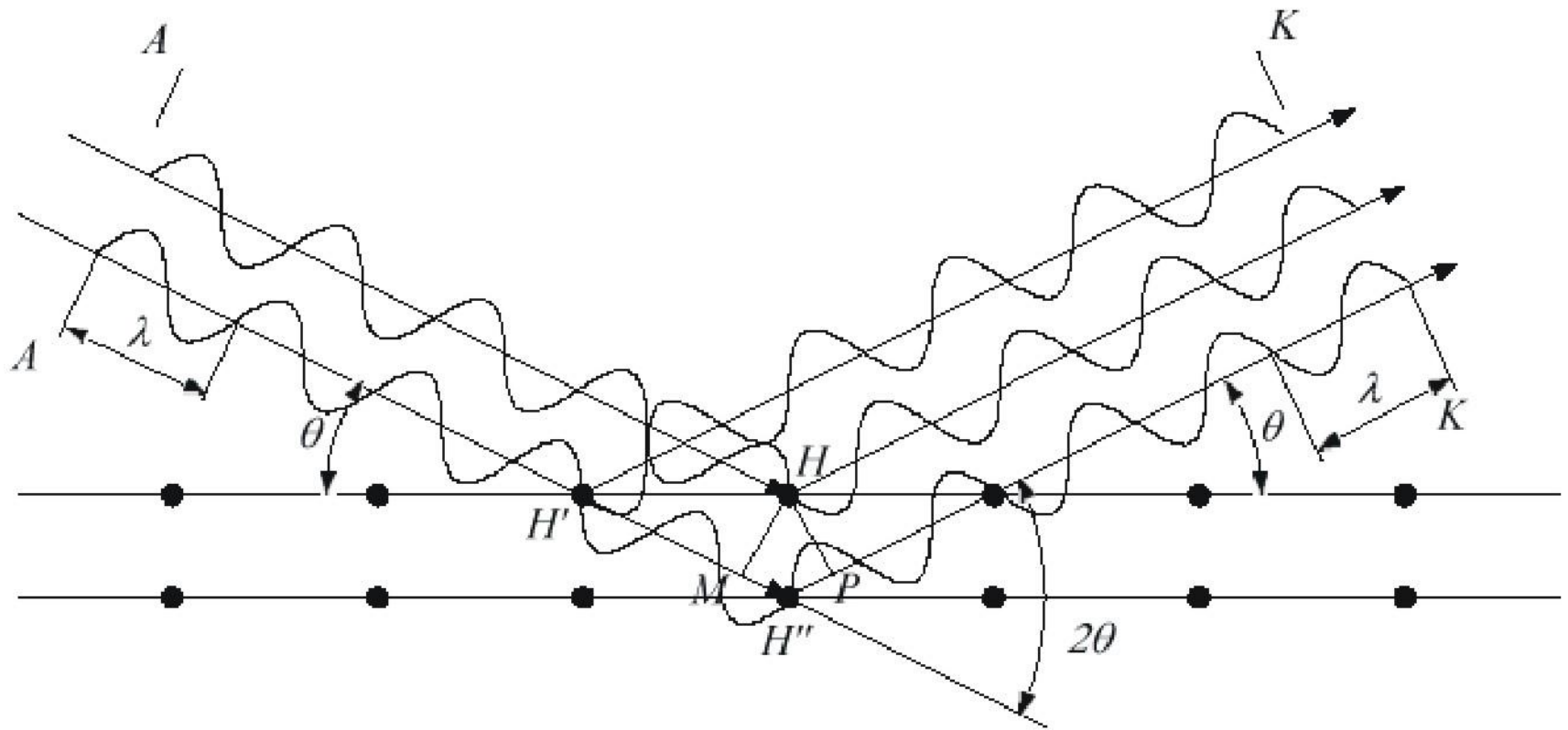
- Izzókatódos röntgenforrás
- 20-40 kV gyorsítófeszültség

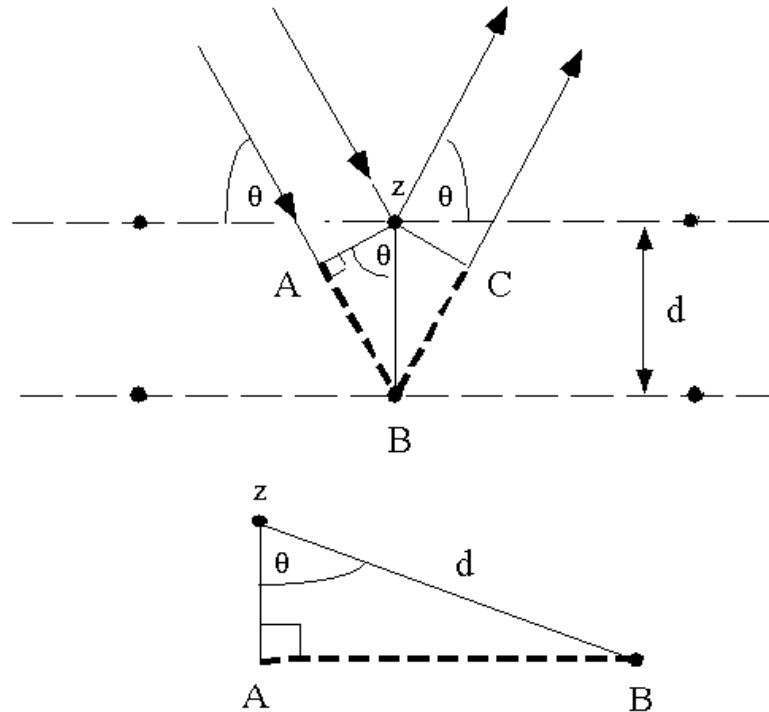


Fehér röntgen:
elektronok
fékeződése az atomok
terében.

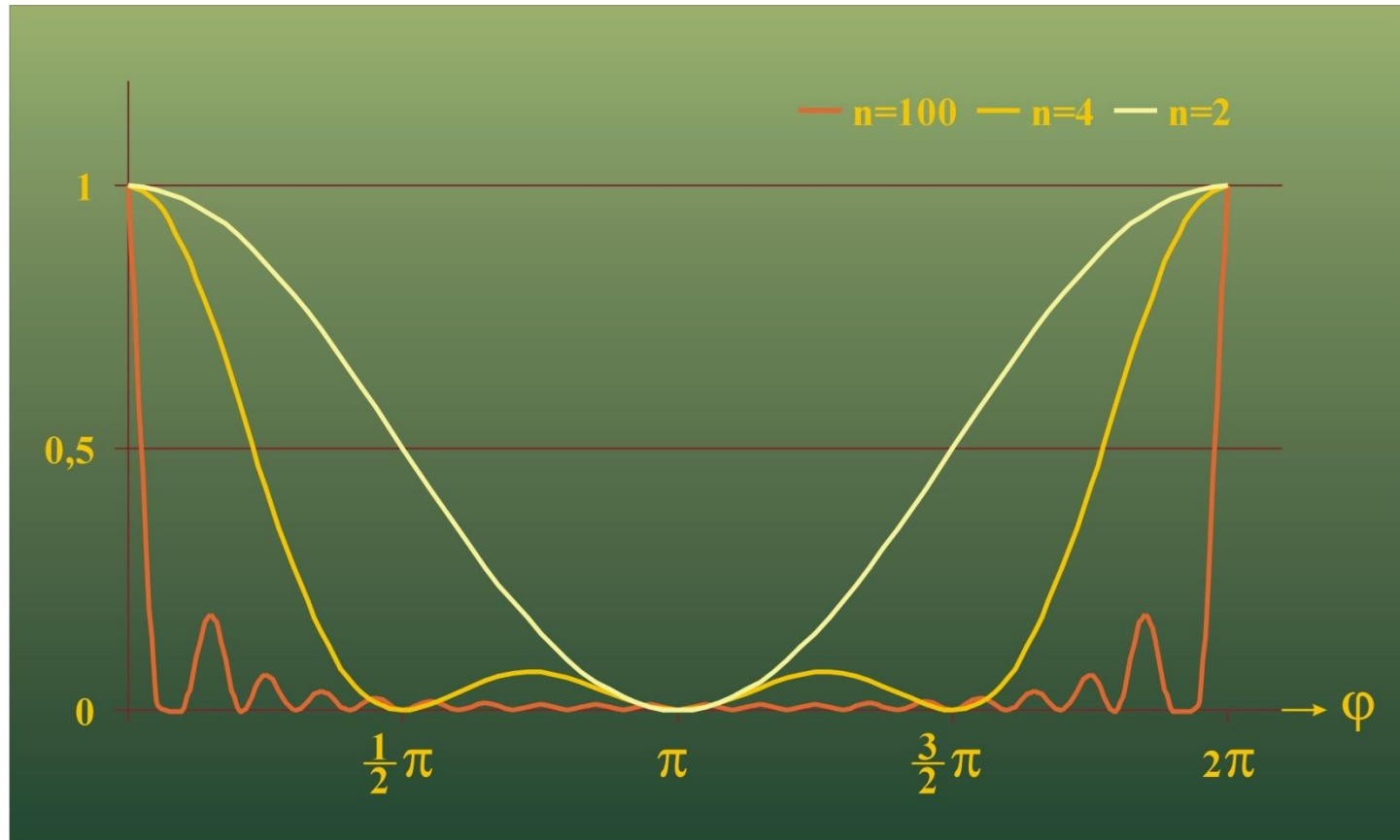


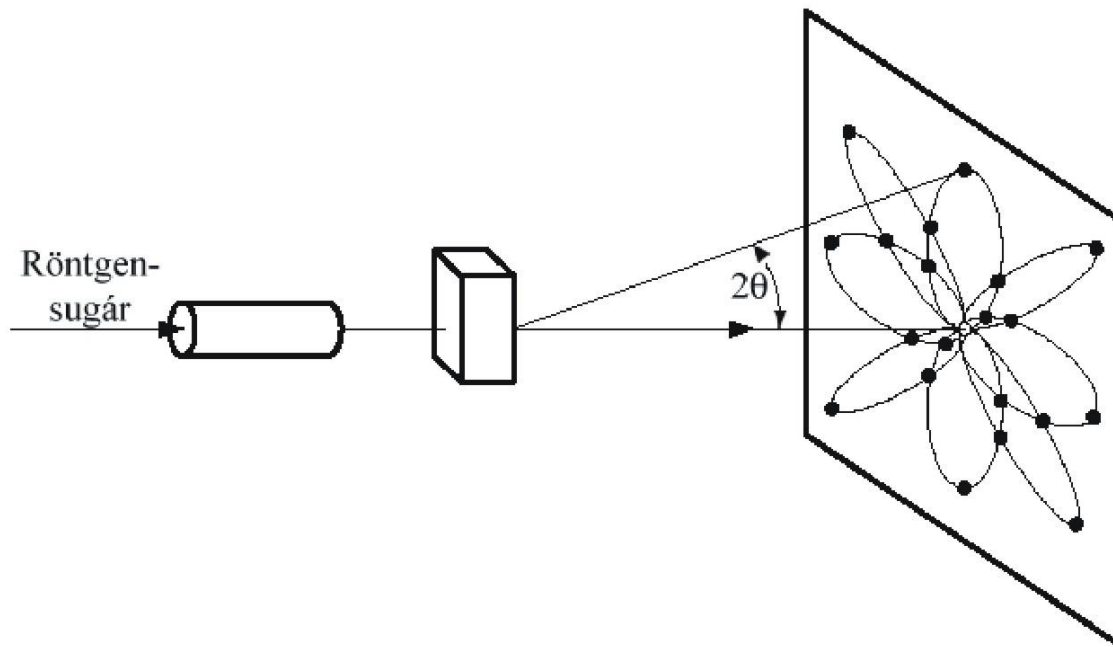
- Belső héj ionozáció
- Rekombinálódást követően röntgenfoton kibocsátás



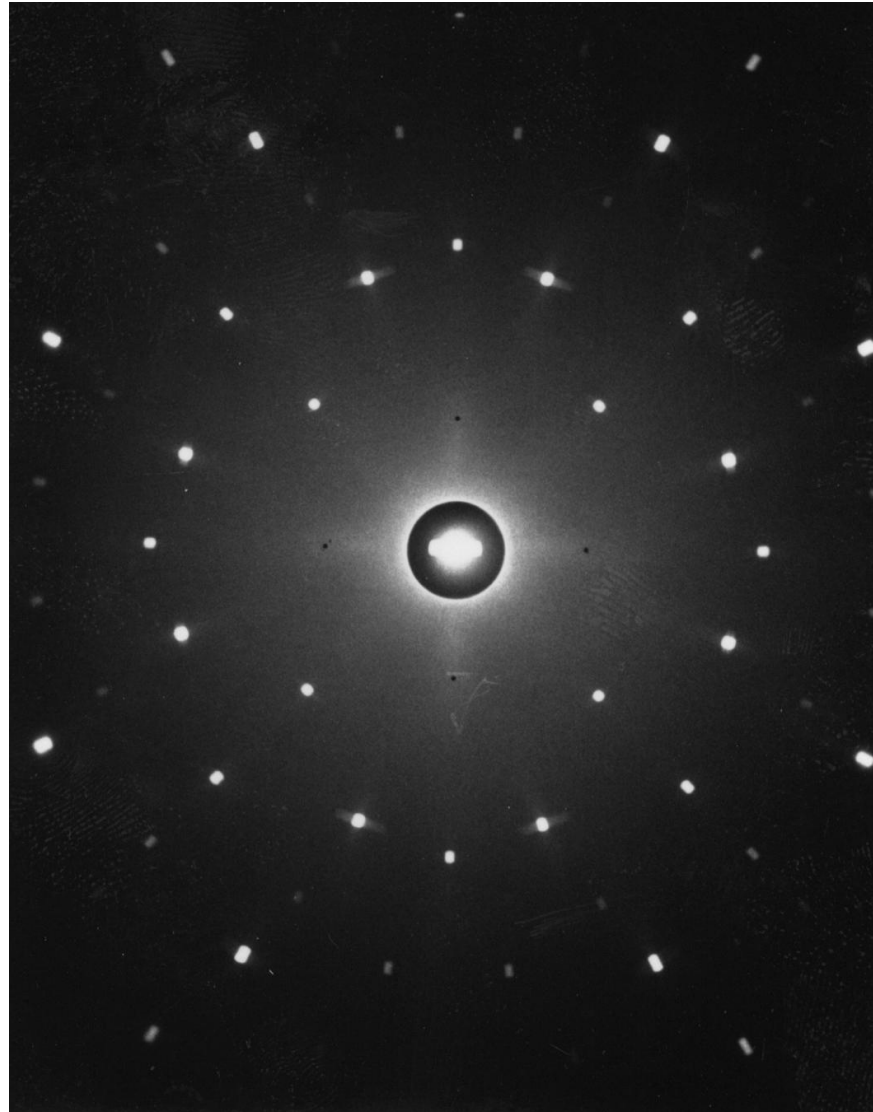


$$n\lambda = 2d \sin \Theta$$

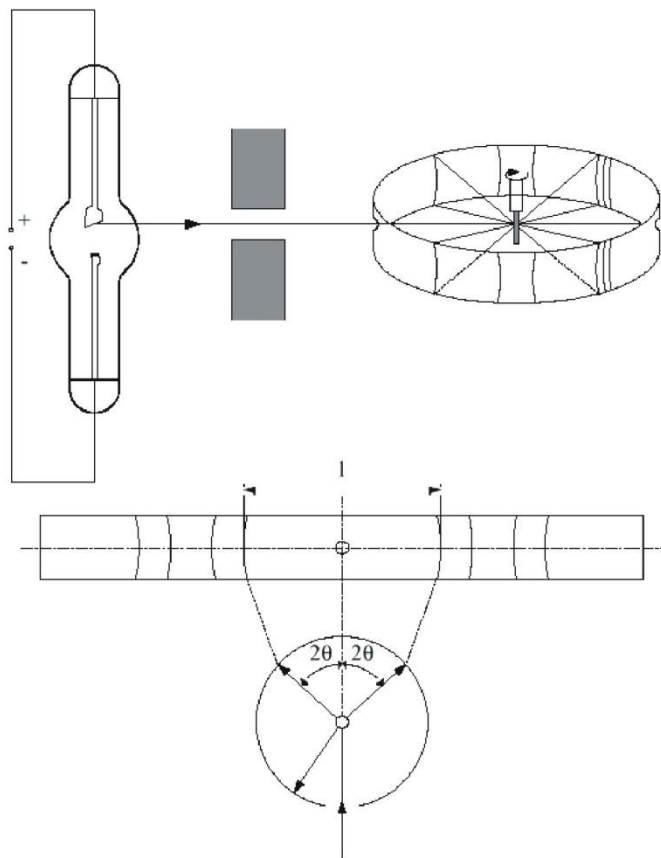




- fehér röntgensugárzás
- egykristály minta
- orientáció meghatározás

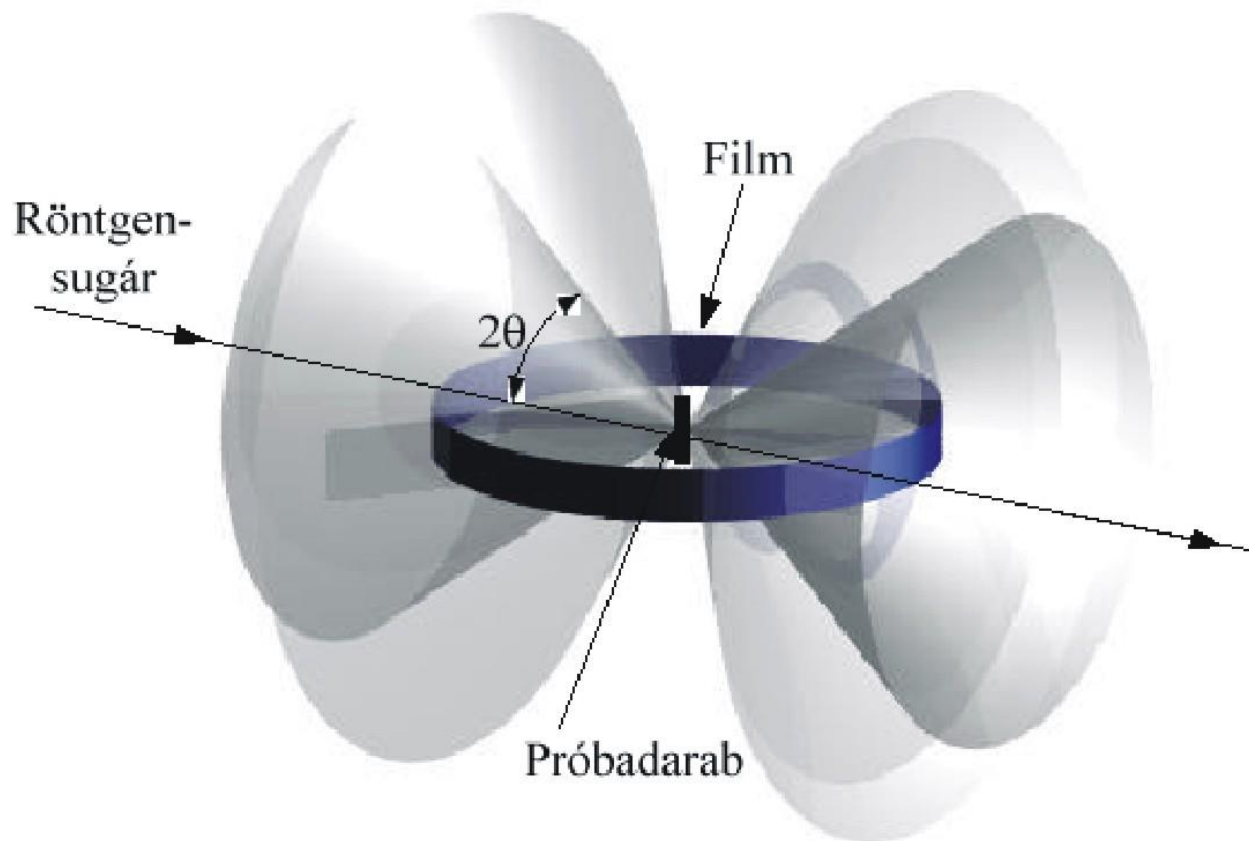


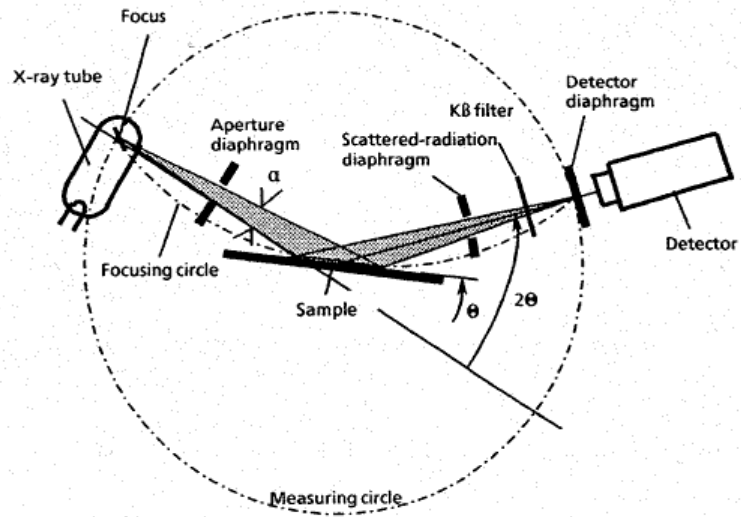
Debye-Scherrer módszer



- monokromatikus röntgensugárzás
- porminta
- fázisanalízis
- rácsállandó meghatározása

Diffrakciós kúpok kialakulása

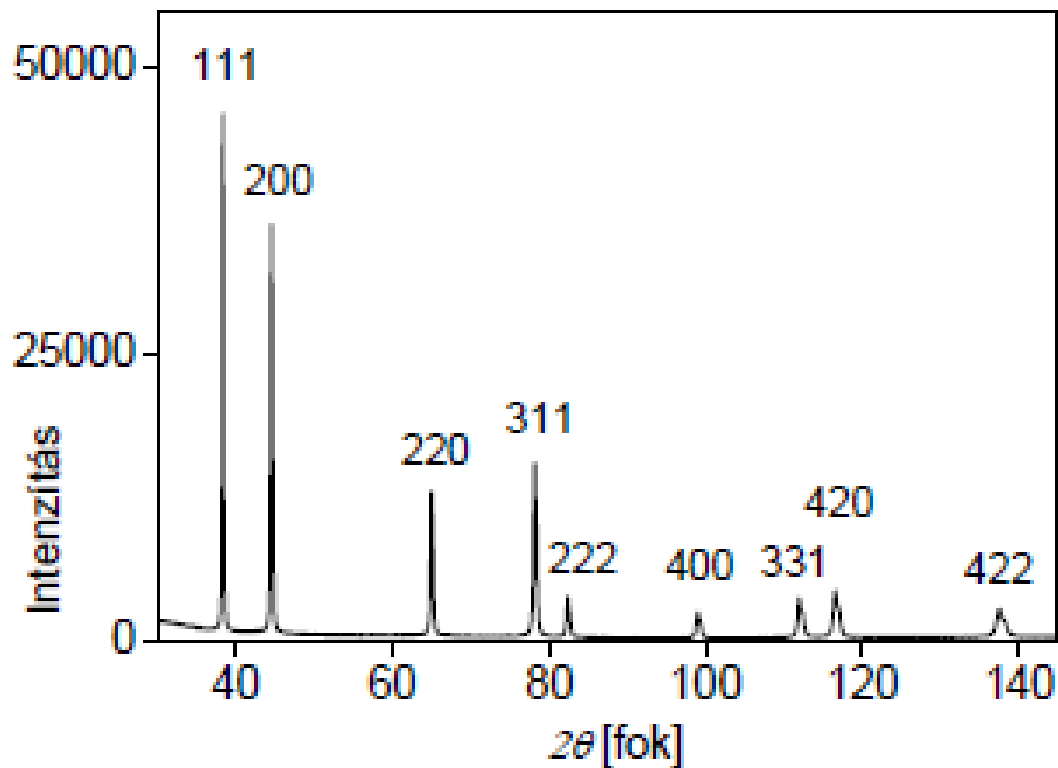




θ Glancing angle
 2θ Diffraction angle
 α Aperture angle



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



- ASTM (JCPDS) kartotékkrendszer
- ~250 000 kristályos fázis adatai
- A kártya tartalmazza a fázis tulajdonságait, a mért csúcsok indexelését és azok egymáshoz viszonyított intenzitását
- Számítógéppel segített azonosítás

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

STM (Scanning Tunneling Microscope)

1981: Gerd Binnig, Heinrich Rohrer (IBM, Zürich);

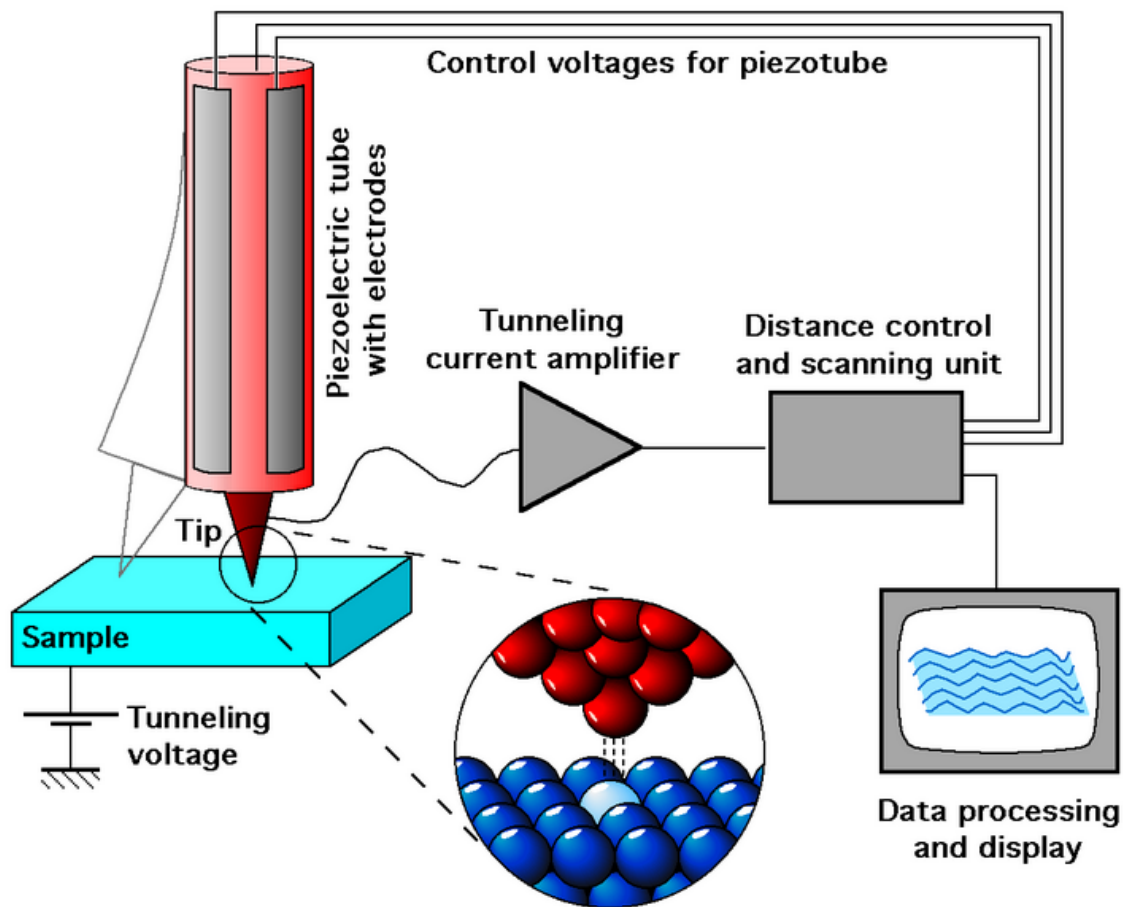
Nobel: 1986

(Ernst Ruskával megosztva, aki a SEM feltalálója)

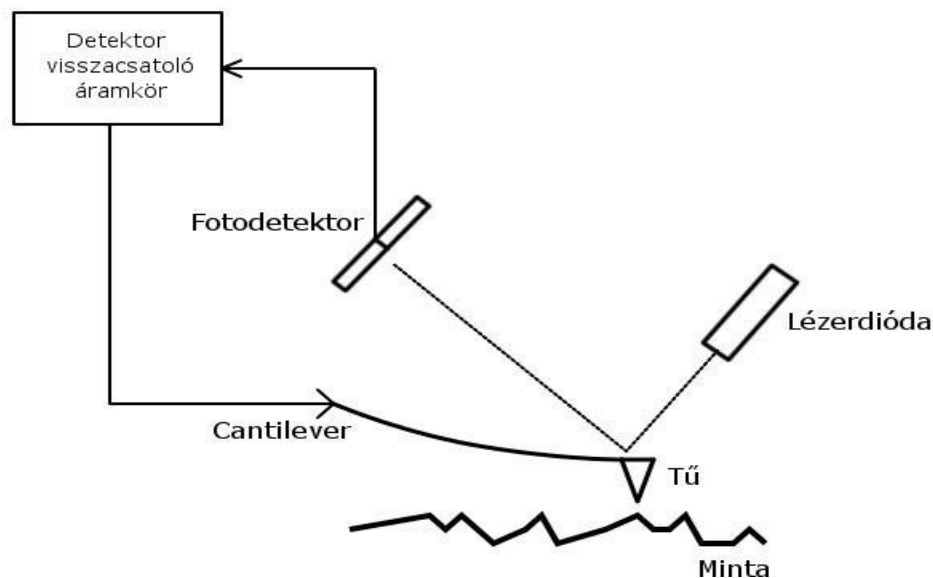
A felfedezés és a díj között csupán 5 év telt el!

AFM (Atomic Force Microscope)

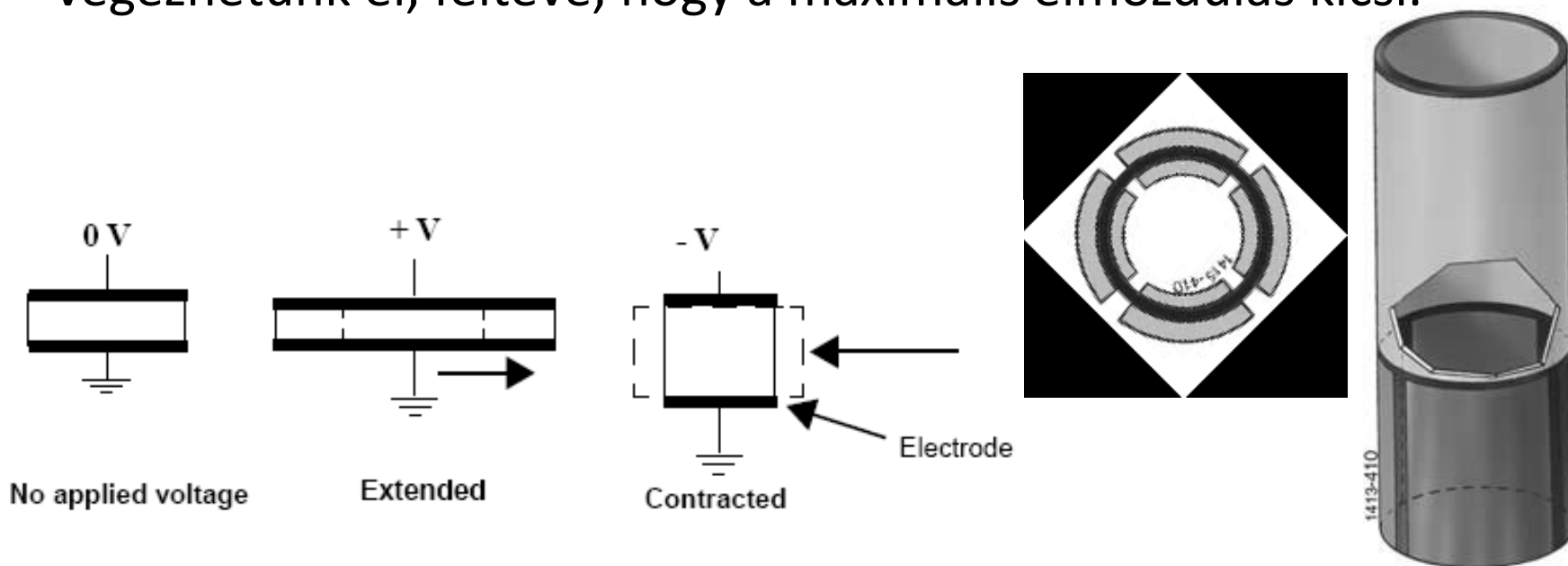
1986: Binnig, Rohrer, Quate (IBM, Zürich és Stanford University)

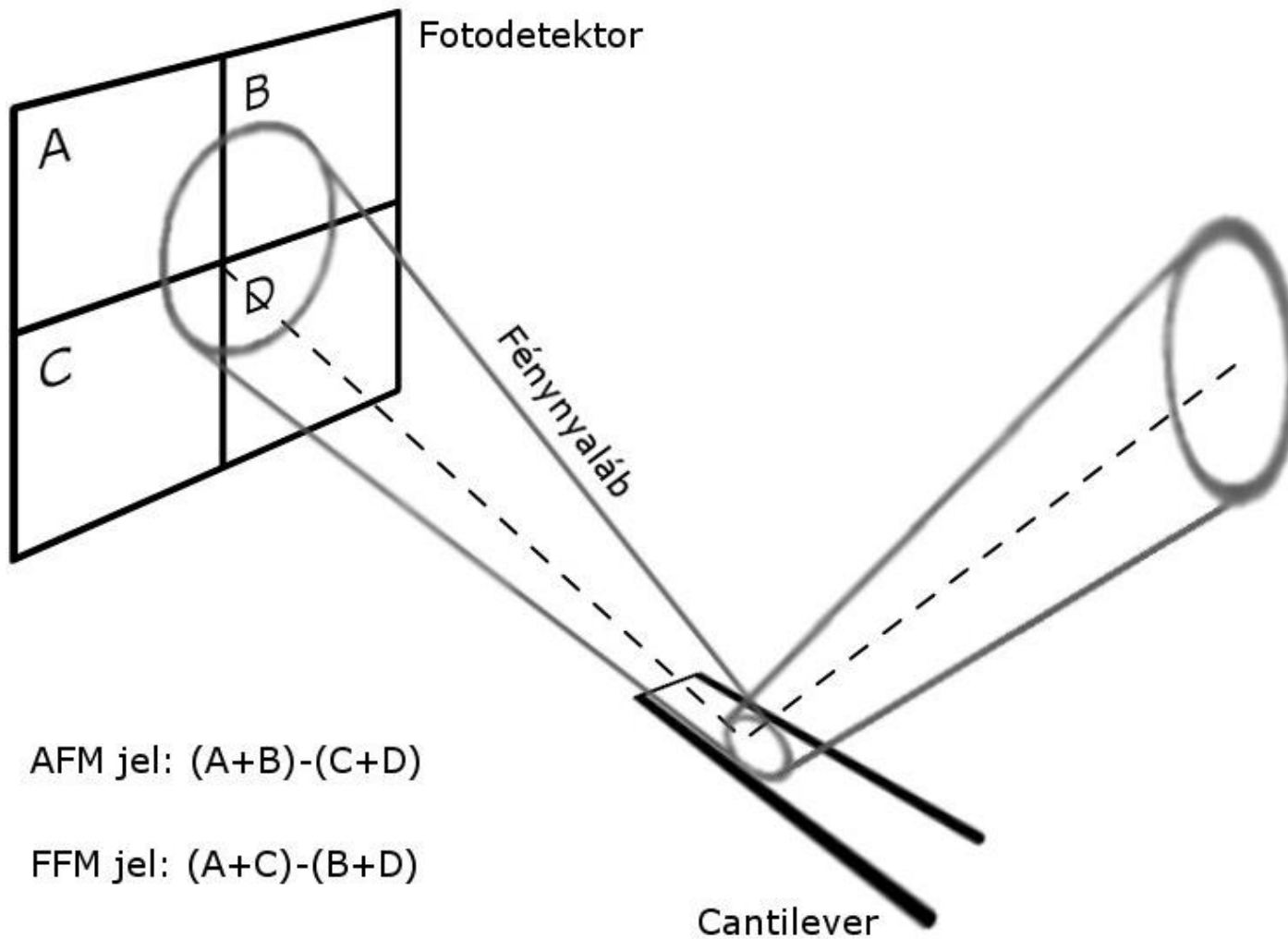


Az AFM működése hasonló a mikrotűs profilmérőkéhez, azonban annál jóval kifinomultabb eszközről van szó. Egy hegyes tűt a minta felületén mozgatunk. A tű egy vékony, és ezáltal könnyen hajló konzol (kantilever) végén található. A tű követi a minta felületén lévő kitüremkedéseket és bemélyedéseket.

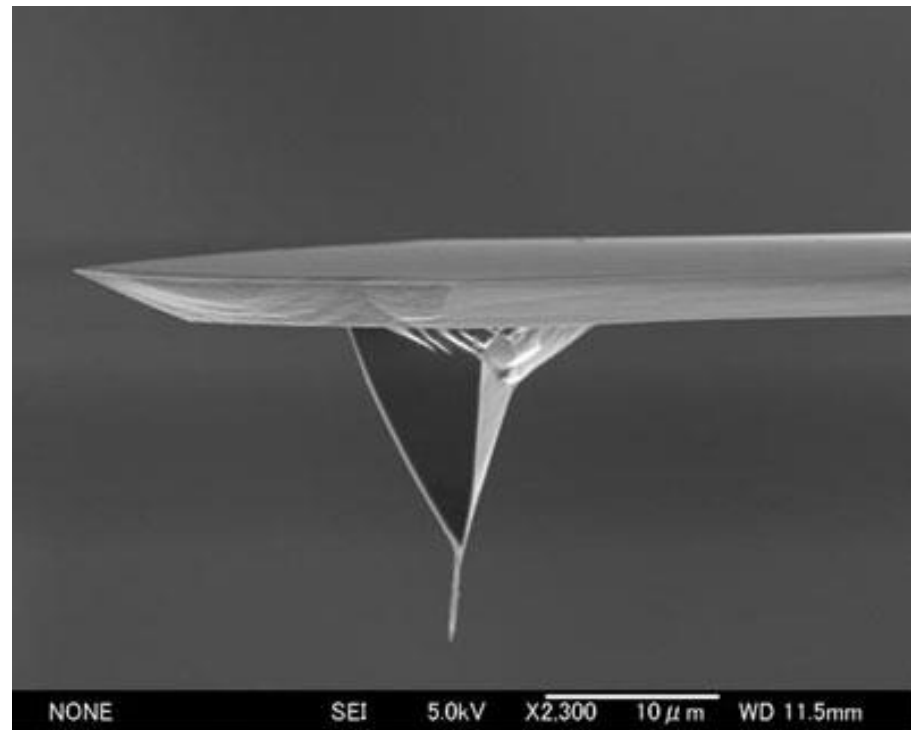


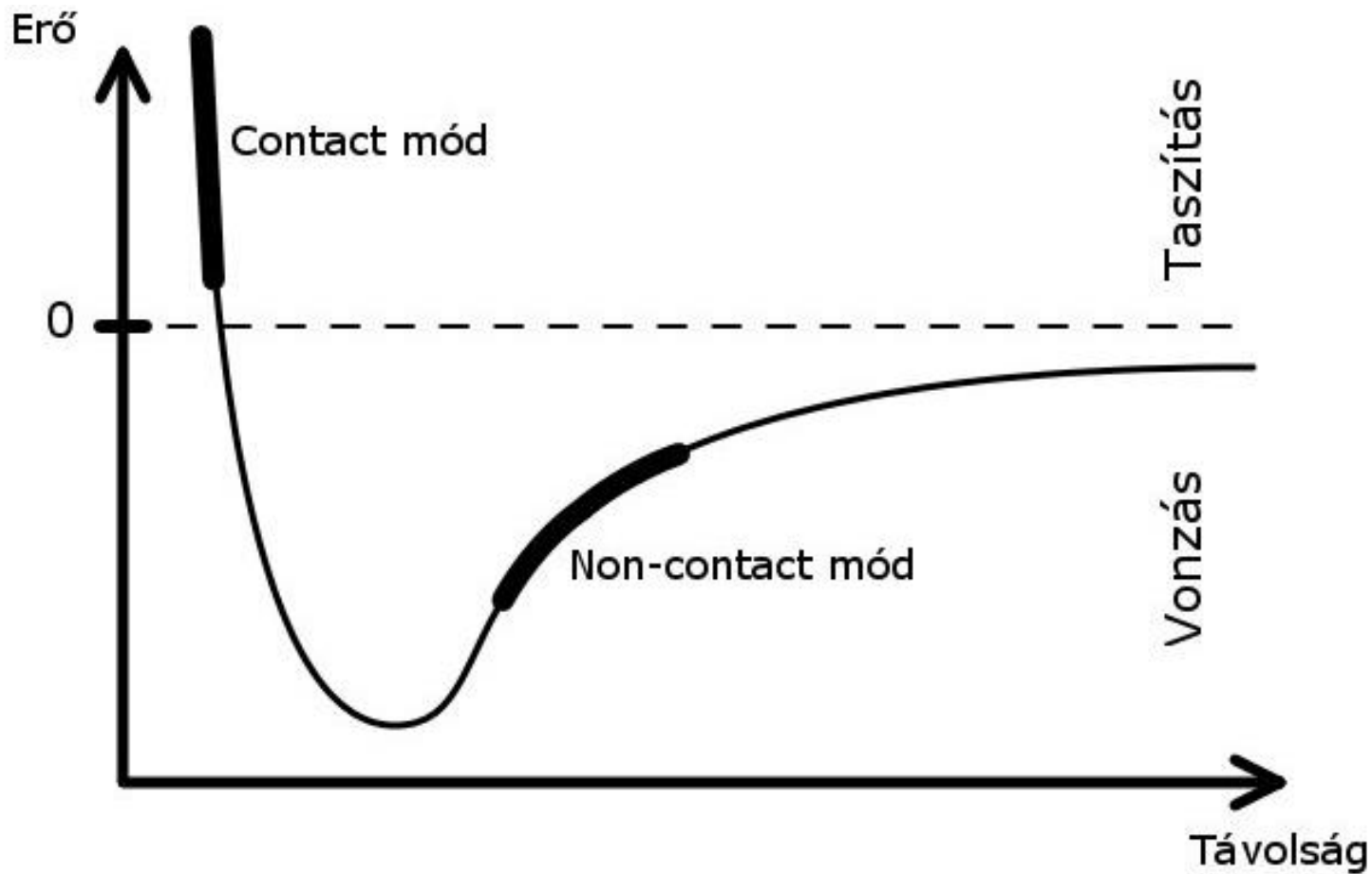
- Szervetlen kristály (például Lítium-nióbát - LiNbO_3 , bárium-titanát – BaTiO_3).
- A piezoelektromos együttható tipikus értéke ezeknél az anyagoknál $10^{-10}..10^{-11}$ m/V nagyságrendjébe esik.
- Piezoelektromos anyagokkal rendkívül pontos pozícionálást végezhetünk el, feltéve, hogy a maximális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





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

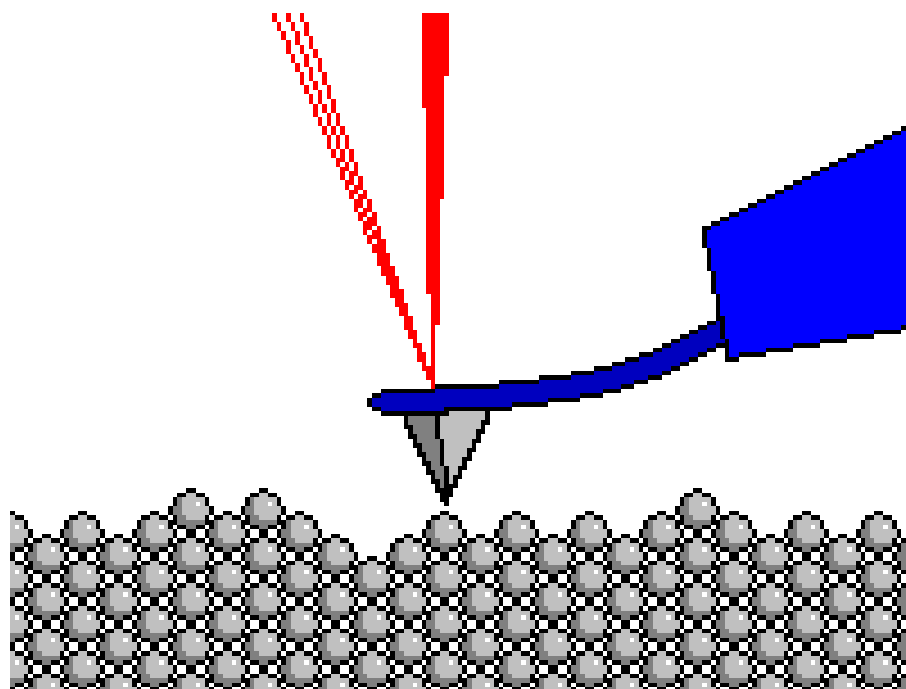


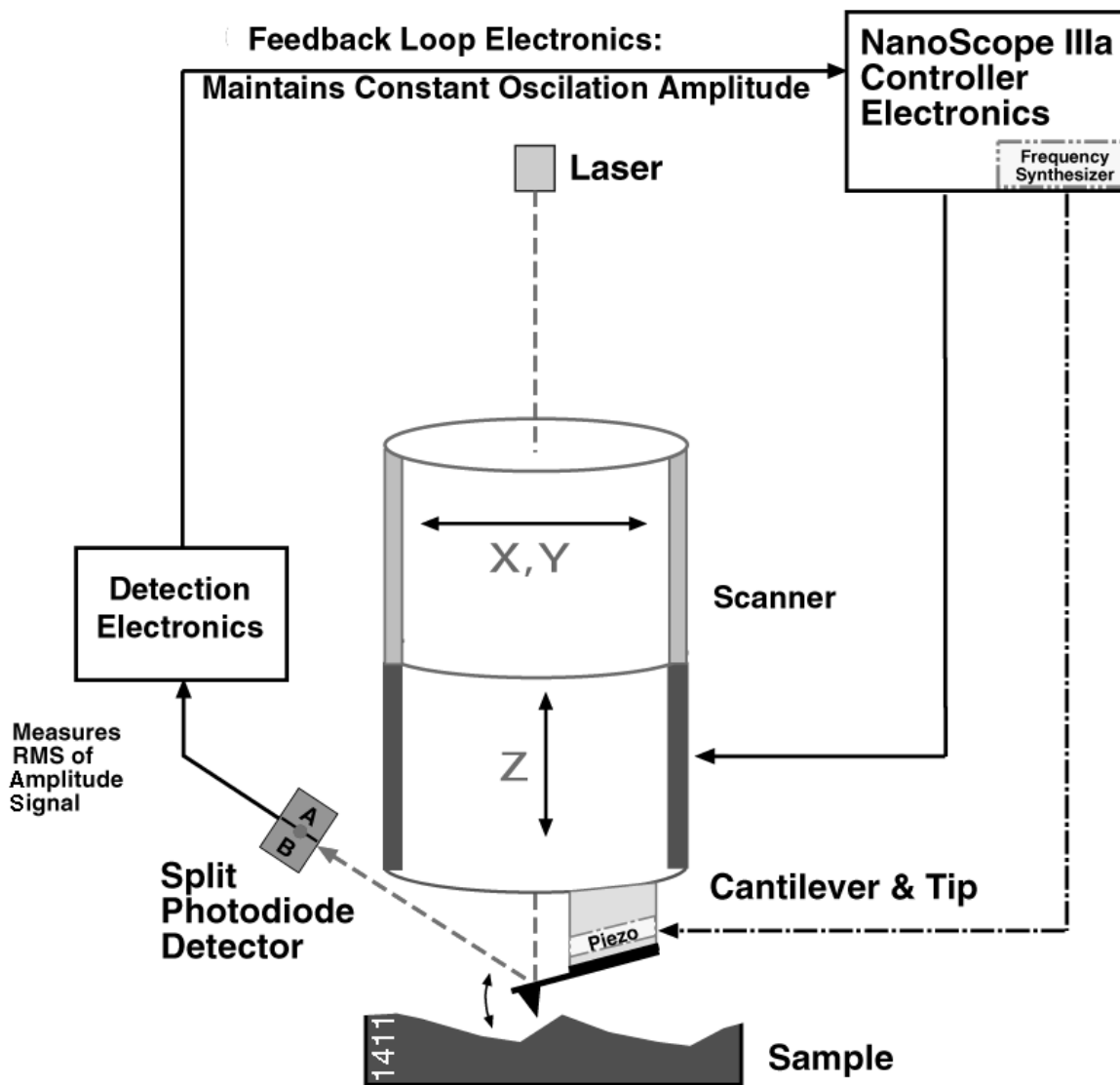


- 3 alapvető mód van:
 - kontakt,
 - „tapping”,
 - nem kontakt.

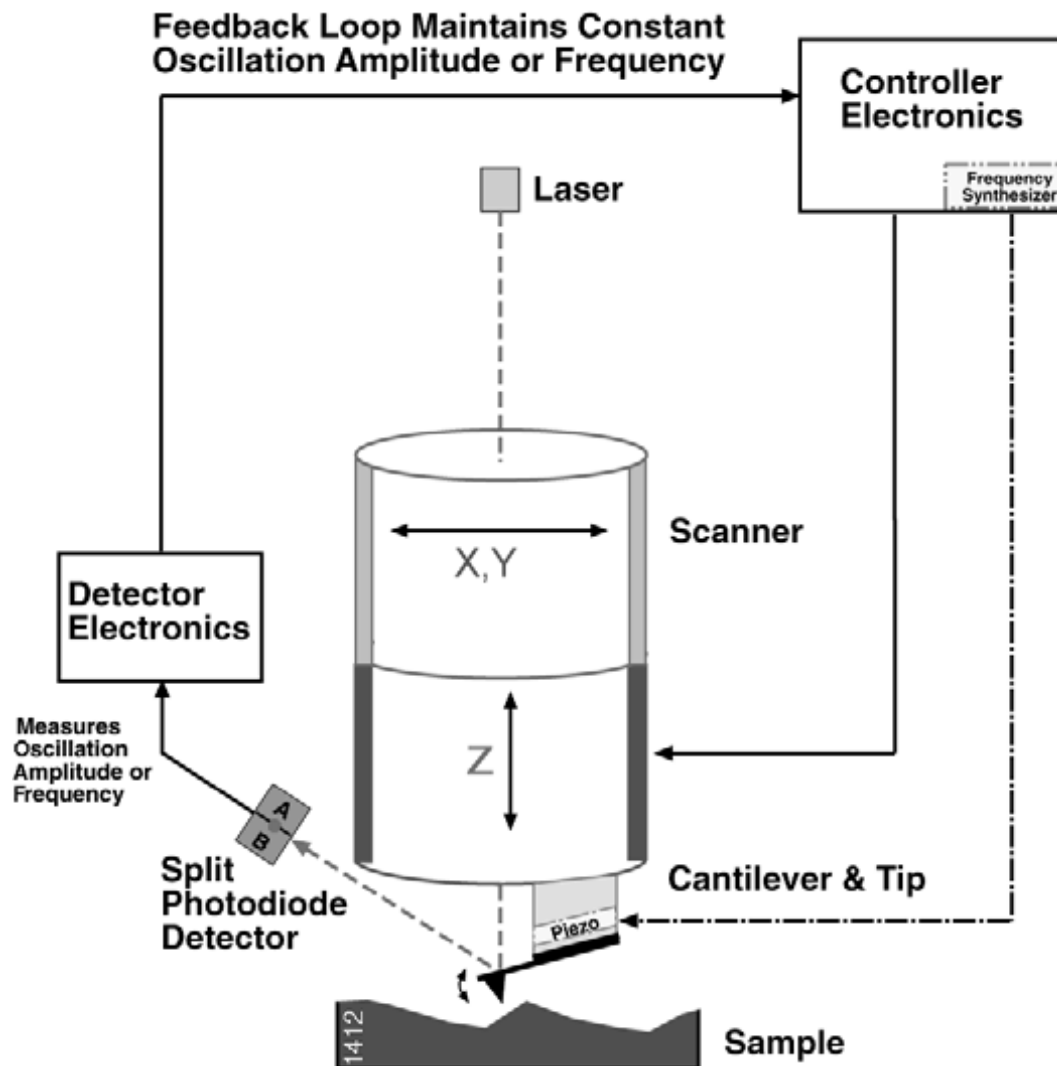
- A kantilever lényeges paraméterei:
 - rezonancia-frekvencia,
 - rugóállandó,
 - rezgés amplitudója.

- 0,01 és 1,0 N/m közötti rugóállandó
- Mérendő erő tipikusan nN-tól μ N-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 folyadékréteg rontja a képminőséget,
 - bizonyos minták megsérülhetnek.



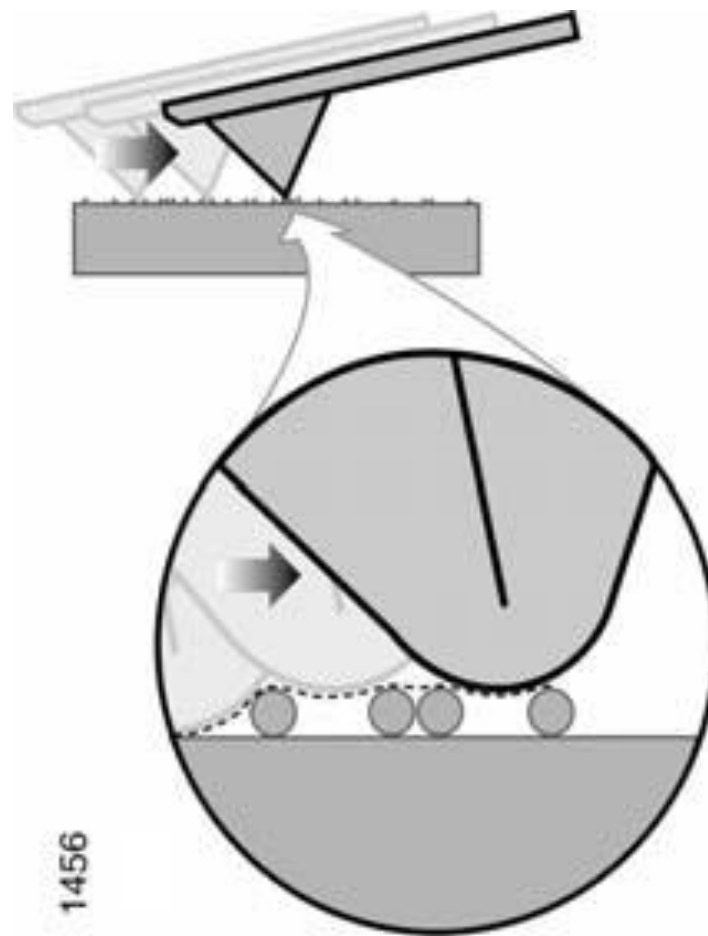
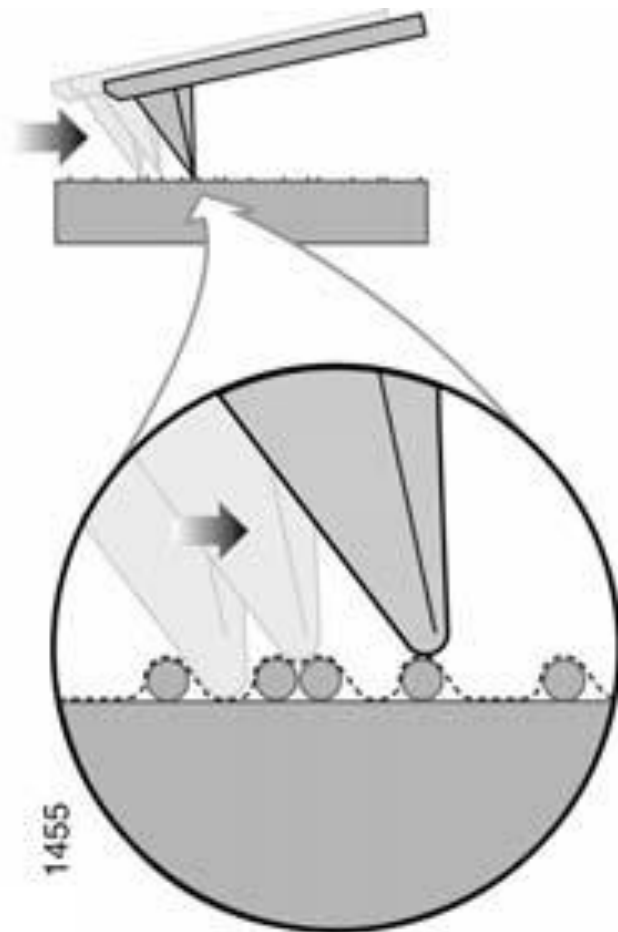


- 1 és 100 N/m közötti rugóállandó
- Rezonancia-frekvencia 300 kHz körül
- A rezgési amplitudó RMS-e az, amire visszacsatolunk.
- Amplitudó: 20nm és 100 nm között
- Működik folyadékban is, csak a frekvencia változik.
- Előnyök:
 - a legtöbbféle mintán 1 és 5 nm közötti felbontás,
 - kisebb erőhatás,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

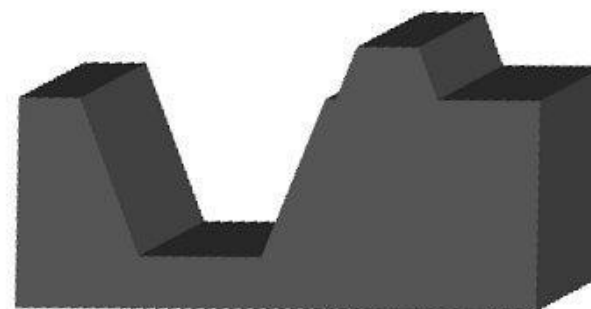
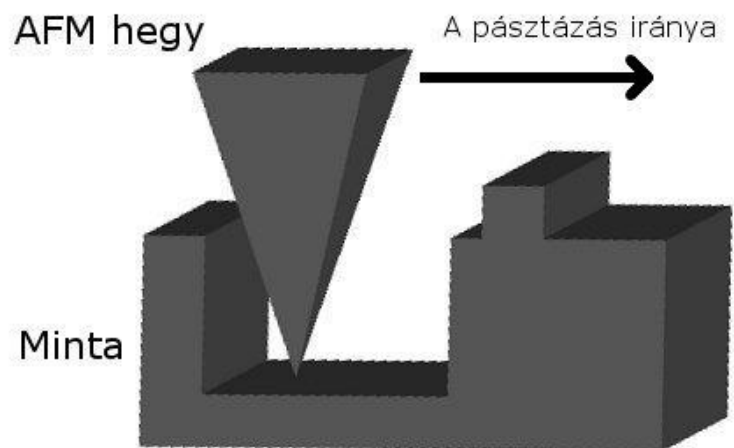


- A kantilever hasonló, mint a tapping módnál
- Amplitudó: <10 nm
- A felülethez közeledve csökken a rezonancia-frekvencia (az elhangolás „felfelé” történik); ezt detektáljuk
- Előnyök:
 - a legtöbbféle mintán 1 és 5 nm közötti felbontás,
 - kisebb erőhatás,
 - nincs nyíróerő.
- Hátrányok:
 - sokkal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

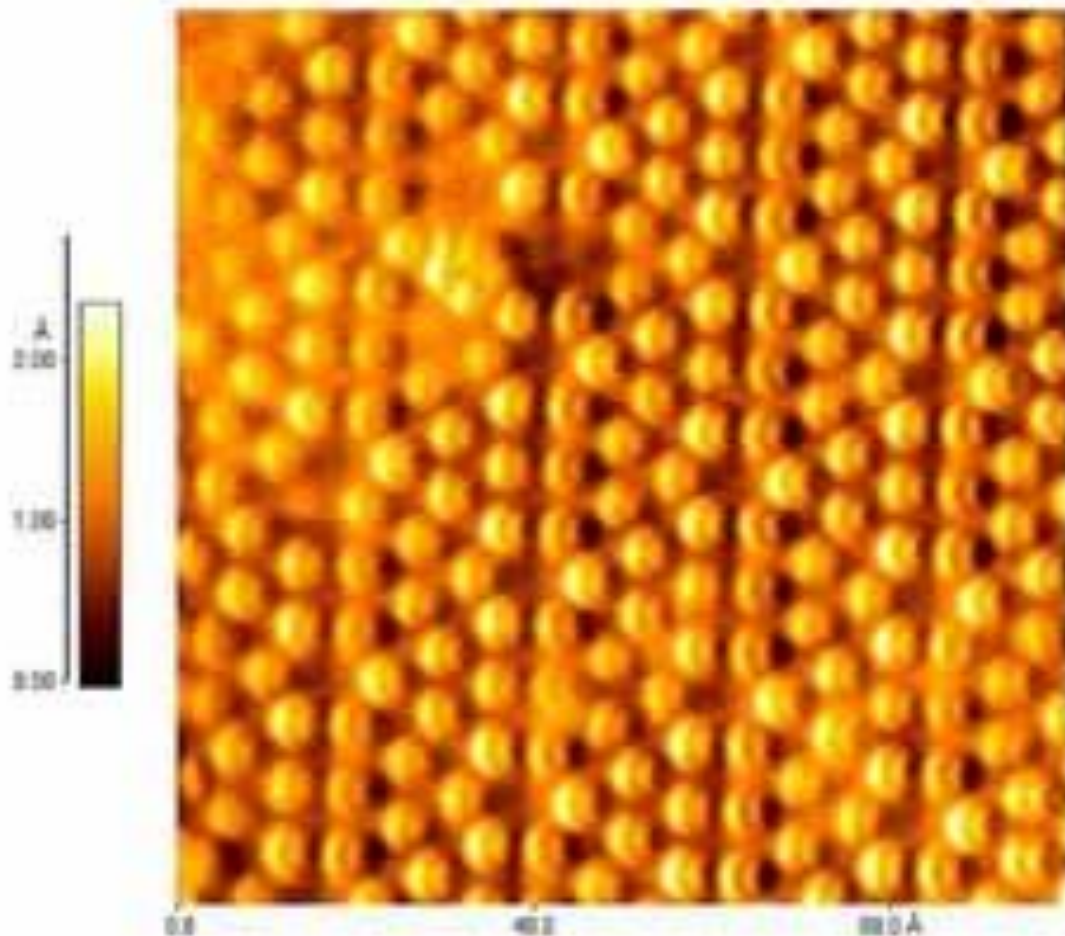
TŰGEOMETRIA HATÁSA

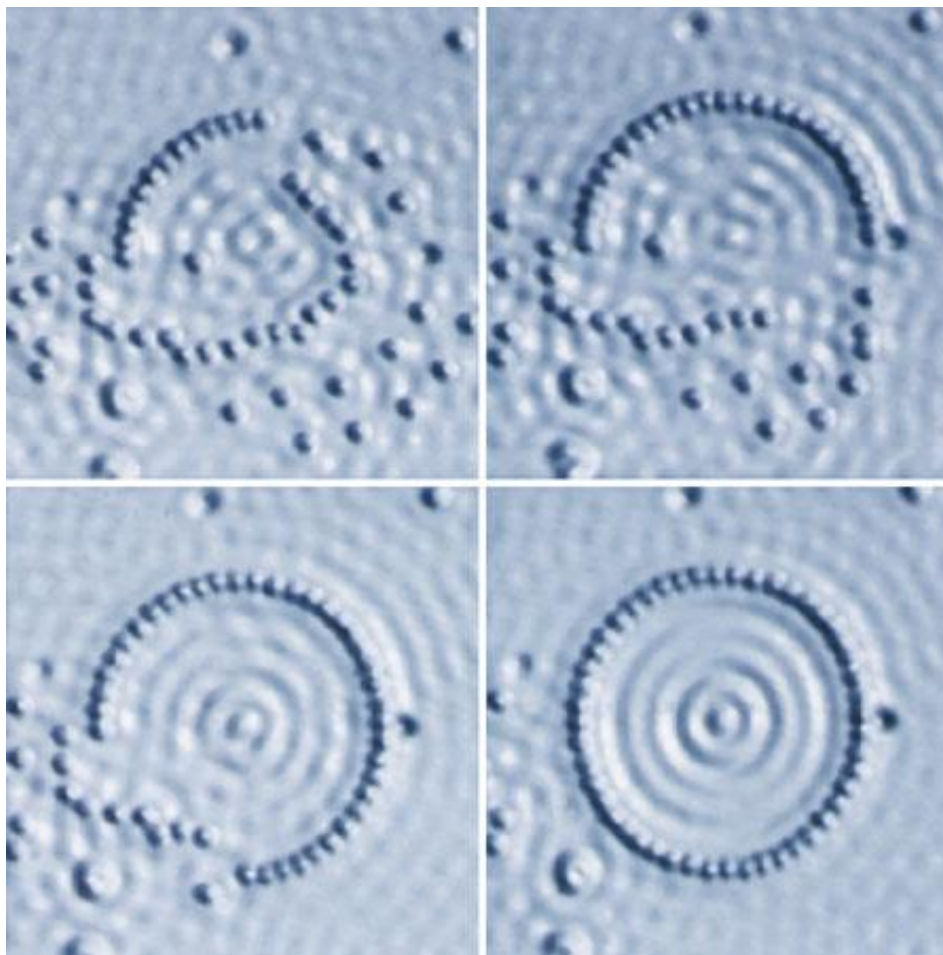


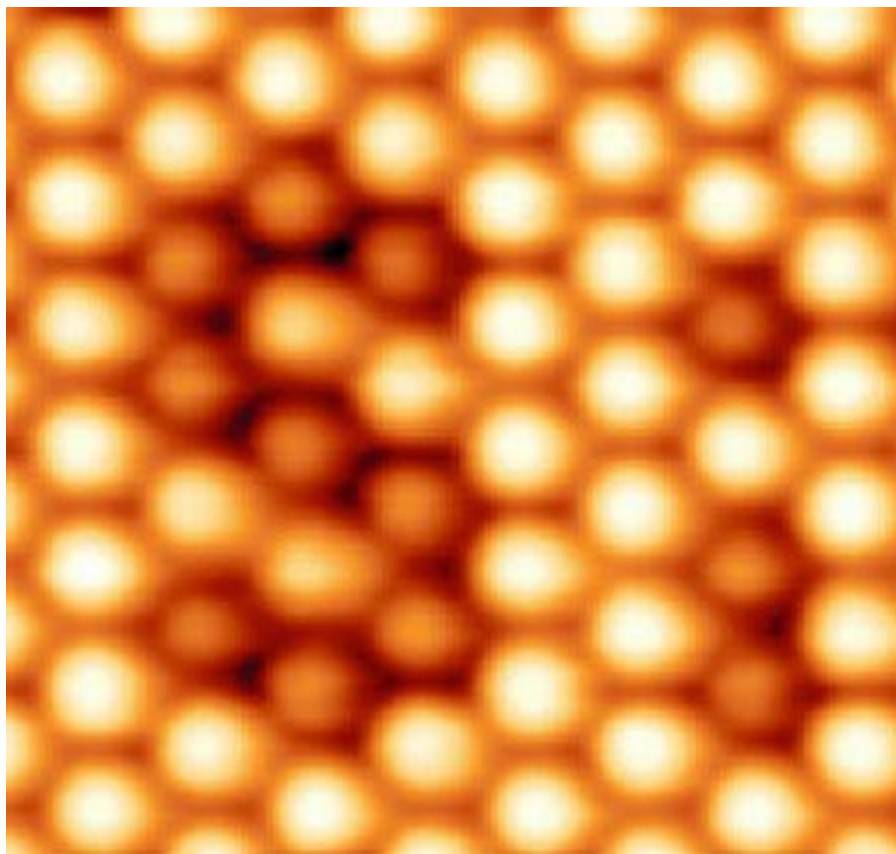
GEOMETRIAI KONVOLÚCIÓ

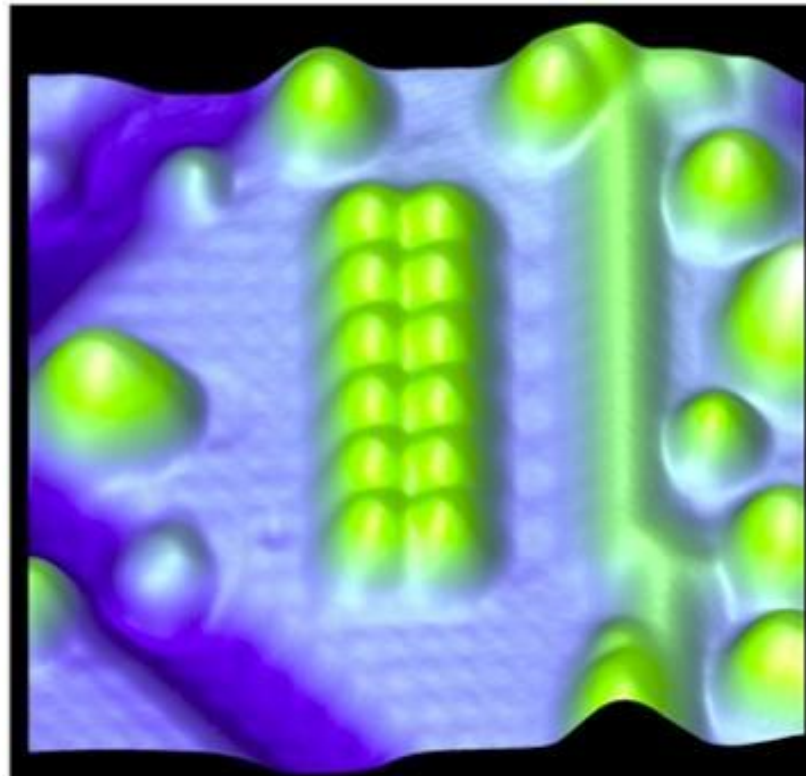
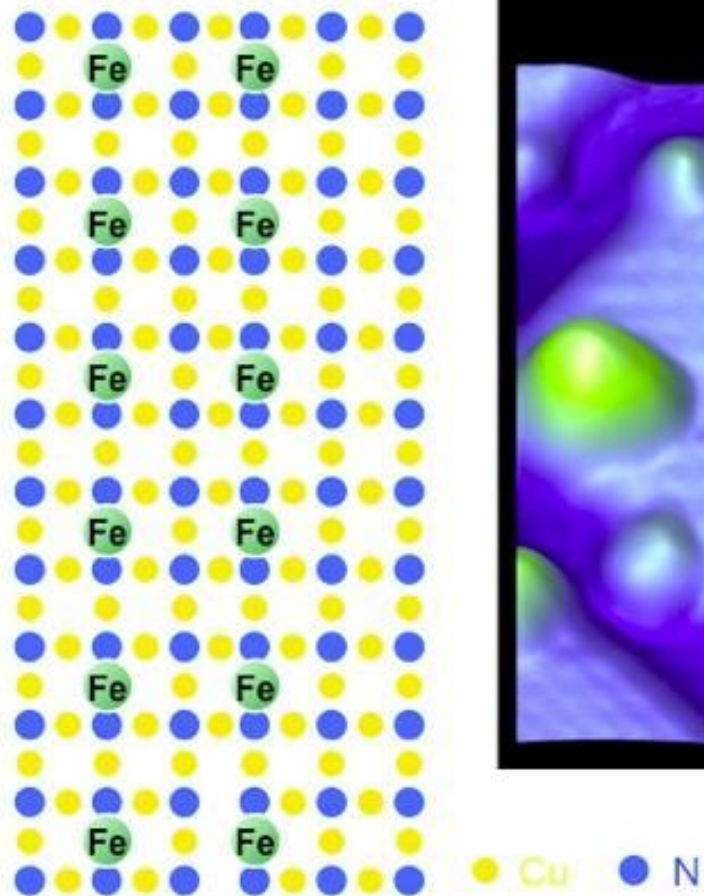


A mintáról rekonstruált kép









A jelenlegi adattárolók fajlagos kapacitásának
83,000-szerese – 4 K-en... ☹️

Köszönöm a figyelmet!