

FÄLT EMISSIONS MIKROSKOP

Historisk bakgrund

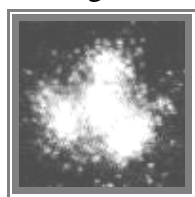
Holländska ostindiska kompaniet förde konsten att forma glas till linser från Kina till Europa på 1500-talets senare hälft. Holländarna **Hans** och **Zacharias Janssen** sätter ihop det första optiska mikroskopet på 1590-talet. Denna konstruktion förfinas stegvis fram till 1900-talets början av ett antal personer. Optiska mikroskop har nackdelen att den inte kan förstora föremålet mer än vad ljusets våglängd medger. Det går alltså inte teoretiskt att direkt med ögonen se mindre detaljer än cirka 500 nm i optiska mikroskop. Praktiskt går gränsen för optisk upplösning vid ännu större föremål.

Fysikerna måste alltså arbeta med andra "budbärare", som kan förmedla mindre detaljer än vad synligt ljus kan göra.

Elektroner som accelereras över stora spänningar erhåller **de-Broglie** våglängder som är avsevärt mindre än synligt ljus. Detta faktum pekade på möjligheten att konstruera nya typer av mikroskop som kunde visualisera mindre detaljer. År 1936 tillverkar **Erwin Müller** (1911-1977) ett Fält Emissions Mikroskop (FEM) och två år senare utvecklar **Ernst Ruska** (1906-1988) elektron mikroskopet. Det var nu möjligt att urskilja detaljer ner på några nanometer 10^9 m. Det hade nu blivit möjlighet att indirekt titta rakt in i mikrokosmos - atomernas värld! Ruska fick 1986 dela nobelpriset för sitt arbete med elektronmikropets utveckling.

Fält Emissions Mikroskop - FEM

Tyskfödde Erwin Wilhelm Müller utbildade sig i Berlin och erhöll doktorsgraden 1935. Han arbetade som tekniker på några tyska företag



innan han kom till USA och Pennsylvania State University. Han blev amerikansk medborgare 1962. Ruska hade en prototyp klar till FEM år 1936. Första publikationen kom 1937 i Zeitschrift für Physik. Bilden nedan visar atomplanen hos en wolframspets från en av Müllers publikationer på 50-talet.



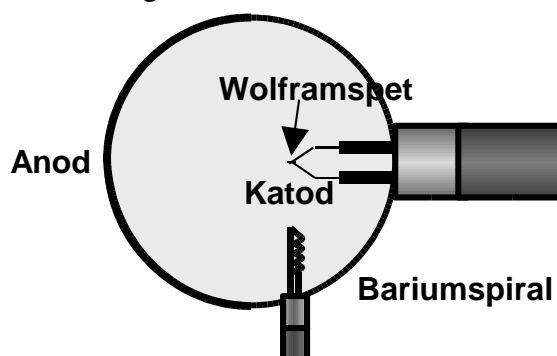
Erwin Müller
(1911-1977)

Vår FEM har en principupbyggnad enligt nedanstående figur.

Trycket i röret mycket litet, cirka 10^{-5} Pa. På glaset vänstra halva finns ett fluorescerande skikt som tjänstgör som anod.

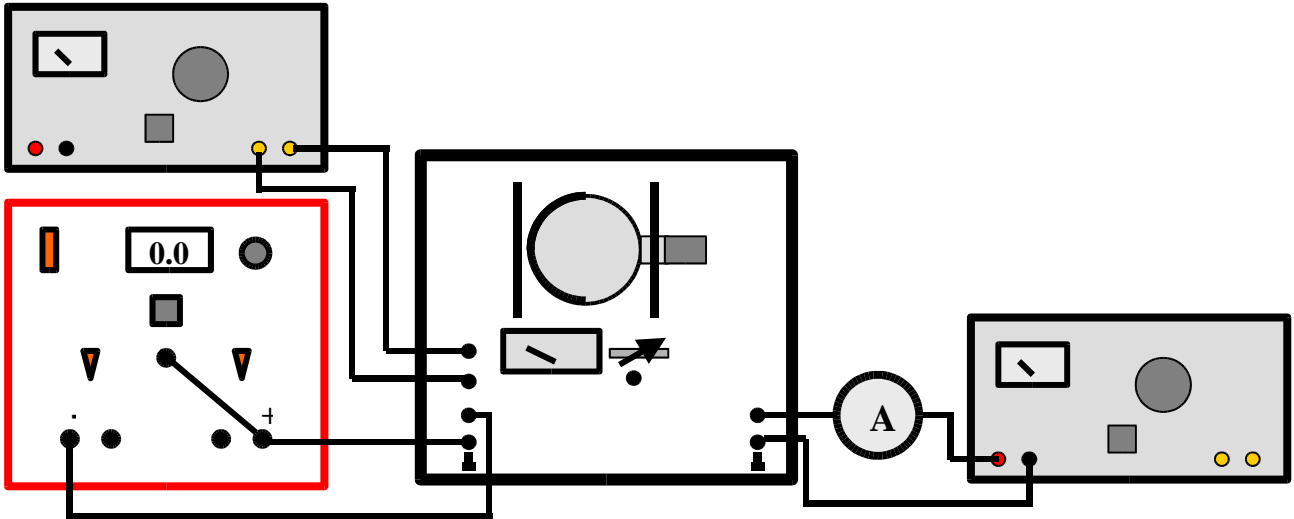
Wolframspetsen är katod och har formen ett mycket litet halvklot med radien $r \approx 0.1-0.2$ μm . Glasröret har radien $R = 4$ cm.

I rörets nederkant finns en glödspiral av Barium som kan förångas. Bariumatomerna placeras då på Wolframspetsen.



Experimentets uppkoppling

Försökupställningen framgår av nedanstående figur. Fält emissions mikroskopet är i figurens mitt placerat på en kopplingspanel. Glödströmmen kopplas till växelströmsutgången på ett nätaggregat. Kontrollera att potentiometern på panelen är i nolläge. Vrid upp glödspänningen till cirka 6 V från nätaggregatet. Högspänningskällans positiva pol kopplas till jord och anslutes till negativa ingången på panelen. Negativa högspänningsutgången anslutes till positiva ingången på panelen. Katoden på **FEM** erhåller alltså negativ potential medan anoden får potentialen 0.



På panelens högra sida kopplas glödspiralen av Barium i serie med en ampéremeter till en likspänningskälla.

Kontrollera att högspänningskällan är inställd på att kunna ge maximala $U_A = 10$ kV.

Experimentets utförande

Experimentet utföres i flera steg i ett mörklagt rum.

i. Upphettning av wolframpetsen

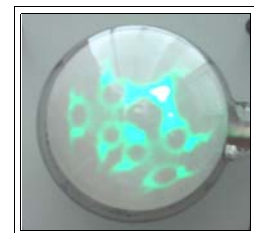
Högspänningen och spänningen till Bariumspiralen är noll. Vrid långsamt upp strömmen till wolframpetsen med hjälp av potentiometern. Vid maximala strömmen $I = 1.2-1.3$ A lyser tråden intensivt. Då wolfram har en ovanligt hög smältemperatur - 3410 °C - smälter tråden inte. Denna uppvärmning av wolfram har två ändamål.

- Vid denna höga temperatur förångas de bariumatomer som sitter på spetsen sedan tidigare försök. Wolframpetsen blir helt ren från föroreningar.
- Spetsen hos wolfram intar sfärisk form.

Låt uppvärmningen vara maximalt 5 minuter.

ii. Studium av den rena wolframtrådens atomplan.

Vrid ner glödspänningen till noll med hjälp av potentiometern. Vrid långsamt upp högspänningen till $U_A = 7-8$ kV. Ju mörkare rummet är desto tidigare kommer strukturen hos atomplanen fram och högspänningen kan läggas på ett lägre värde. Studera den



fluorescerande bilden med dess svarta fläckar som påvisar wolfram atomstruktur. Bilden, som inte ger verkligheten rättvisa, visar skärmen vid ett försök.

Vrid ner högspänningen efter någon minut. Slitaget på röret blir mindre och hållbarheten längre.

iii. Termiska vibrationer hos wolfram vid förångning av bariumatomer.

Vrid upp högspänningen långsamt till maximalt 7-8 kV. Skicka ström genom bariumspiralen långsamt upp till maximala strömmen 7.5 A. Spiralen lyser svagt med mörkröd färg.

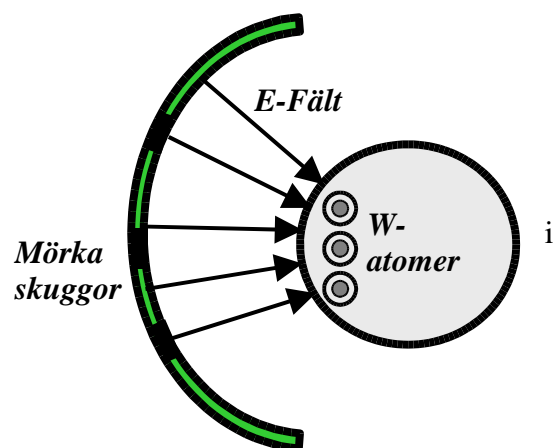
Bariumatomer kommer nu att förångas och lägga sig på wolframkulan som därmed blir varm. Det är möjligt att observera små termiska rörelser hos wolframs atomplan genom uppvärmningen.

- Den svarta cirkulära kanten på glasytan förflyttar sig något i och med vibrationerna hos wolfram.
- De små blixterna i svarta områdena visar på att enskilda bariumatomer har bytt position på wolframspetsen.

Avbryt uppvärmningsförsöket efter maximalt cirka 30 sekunder.

Experimentets teoribakgrund

Då högspänningen är påkopplad slits elektroner loss från den **kalla** wolframatomens ledningsband ut på grund av den kvantmekaniska tunneeffekten. Elektronerna kan då nå fluorescerande skiktet på rörets insida om elektronerna inte bromsas upp av någon wolframatom i dess väg. Skiktet lyser då ljusgrönt. De mörka skuggorna på rörets insida markerar områden som inte träffas av framrusande ledningselektroner. Dessa mörka skuggor påvisar wolframs atomplan. Regelbundenheten hos de mörka områdena visar på atomerna kristallina uppbyggnad.



Fält emission mikroskopets förstoring erhålles med enkel likformighet:

$$G = \frac{R_{glasrör}}{r_{W-spets}} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{0.1 \cdot 10^{-6}} = 4 \cdot 10^5$$

Om de mörka cirkulära i det fluorescerande områden har radien av storleksordning 1 cm blir detaljernas storlek i verkligheten av något **total nm** !

Fysik betyder på grekiska fritt översatt "söka naturens innersta väsen". Med Erwin Wilhelm Müllers Fält Emissions Mikroskop från 1936 har man kommit en bra bit på vägen i denna strävan, att hitta och påvisa naturens minsta beståndsdelar.

Ingvar Pehrson
050904
GA-premiär

