

Elektronmikroskopi for gymnasieelever

Af Louise Sejling Haaning, Nanoteket, DTU Fysik

Elektronmikroskoper har hidtil været udstyr primært forbeholdt forskere. Det er slut nu. Nu får gymnasieklasser og studerende nemlig mulighed for at lave eksperimentelle øvelser med elektronmikroskoper i undervisningslaboratoriet *Nanoteket* på DTU Fysik.

Forsker for en dag

Hvordan ser en polymermembran fra en brændselscelle ud, når den forstørres 10.000 gange, og hvilket grundstof består katalysatorpartiklerne i membranen af? Det er blot nogle af de undersøgelser som gymnasieelever kan lave (figur 1), når de besøger *Nanotekets* nye topmoderne undervisningslaboratorium som indeholder elektronmikroskoper [1].



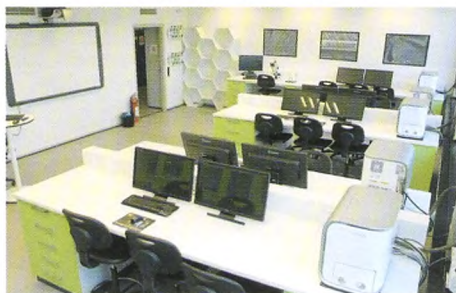
Figur 1. Elever fra Rosborg Gymnasium under indvielsen.

Formålet med det nye laboratorium er at formidle forskning inden for mikro- og nanoteknologi til gymnasieelever og studerende, og give eleverne/studerende et indblik i, hvad det vil sige at være forsker ved at lade dem arbejde med avancerede mikroskoper, som de ellers ikke normalt ville få mulighed for at bruge.

Gymnasieeleverne er meget begejstrede for den nye øvelse om elektronmikroskopi. En elev skriver, at "Det var super sjovt med god variation".

Udvidelse af *Nanoteket*

Det nye laboratorium indeholder fem skanningelektronmikroskoper (SEM), og det kan rumme op til 15 elever/studerende ad gangen, se figur 2.



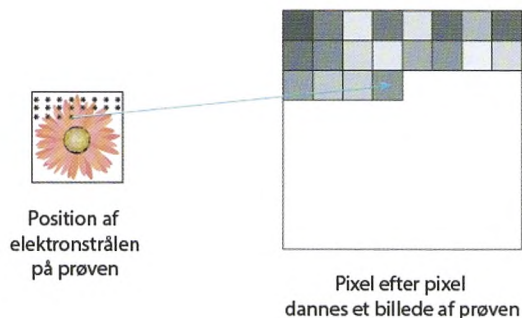
Figur 2. *Nanotekets* nye laboratorium med elektronmikroskoper.

Laboratoriet er en udvidelse af det allerede eksisterende undervisningslaboratorium *Nanoteket*, og det er etableret i samarbejde mellem DTU Fysik og DTU Cen. Projektet er støttet af VILLUM FONDEN, Otto Mønstedts Fond samt Marie & M. B. Richters Fond.

Hvad er elektronmikroskoper?

Når man skal undersøge objekter og strukturer, der er mindre end, man kan se med et optisk mikroskop, kan man bruge et elektronmikroskop. Elektronmikroskoper er derfor vigtige redskaber, som bruges inden for mange fagområder. Et SEM bruger elektroner til at danne tredimensionel-lignende billeder af overfladestrukturer helt ned på nanometerskala. Elektroner har en mindre bølgelængde end synligt lys, og det bevirker, at man kan observere detaljer på en mindre længdeskala med et elektronmikroskop i forhold til med et lysmikroskop.

Når en prøve skal visualiseres i et SEM, skanner man hen over prøven med en stråle af elektroner. Idet elektronstrålen rammer prøven, dannes der signaler, der indeholder forskellige informationer om prøven. Signalerne omsættes til en gråtone, og pixel efter pixel sammenstykes et billede af prøven, se figur 3.

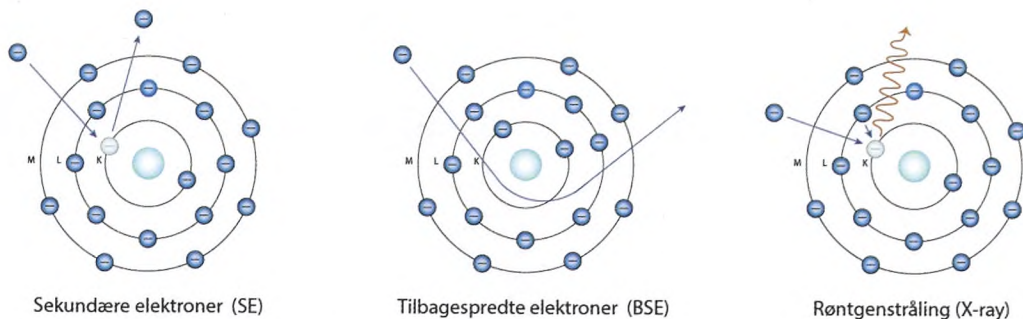


Figur 3. Dannelsen af et billede i et elektronmikroskop.



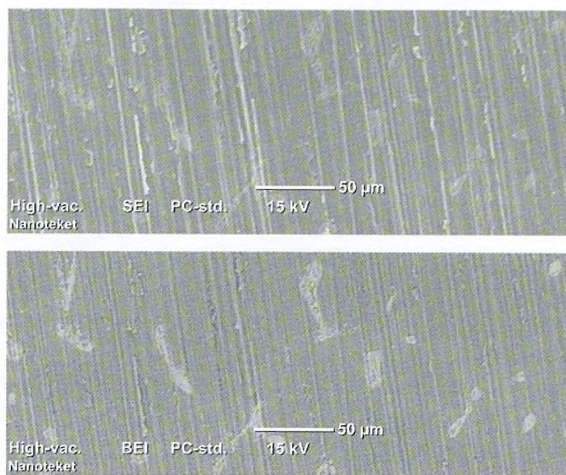
Figur 4. Et af *Nanotekets* skanningelektronmikroskoper.

Hvert elektronmikroskop (se figur 4) har tre typer af detektorer til at opfange signaler fra hhv. sekundære elektroner, tilbagespredte elektroner og røntgenstråling, se figur 5.



Figur 5. Dannelse af: Sekundære elektroner (SE), Tilbagespredte elektroner (BSE) og Karakteristisk røntgenstråling (X-ray).

Sekundære elektroner er elektroner, der giver billeder af prøvens overflade (topografi), se figur 6 (øverst). Tilbagespredte elektroner giver også billeder af overfladen, men her er kontrasten i billedet et udtryk for forskellige grundstoffer i prøven, se figur 6 (nederst). Energien af røntgenstrålingen er karakteristisk for det grundstof, som strålingen afgives fra. Man kan derfor analysere røntgenstrålingen med et energidispersivt røntgenspektrometer (EDS), og bestemme hvilke grundstoffer ens prøve består af.



Figur 6. Eksempel på forskellen mellem et sekundært-elektronbillede (øverst) og et tilbagespredningselektronbillede (nederst). Prøven består af 93% Al, 4% Cu og 3% O.

Eksperimentelle øvelser om elektronmikroskopi

Nanoteket tilbyder indtil videre en gymnasieøvelse om energimaterialer, hvor elektronmikroskoperne bruges. I øvelsen skal overfladen og opbygningen af polymersolceller og polymermembraner undersøges.

Polymermembraner bruges både i elektrolyseceller og i brændselsceller. På hver side af membranen er der et tyndt elektrodelag, hvori der er katalysatorpartikler for at gøre spaltningen/dannelsen af vand mere effektiv. Ved første øjekast har polymermembranen en tilsyneladende plan overflade, men jo mere der zoomes ind med et elektronmikroskop, desto mere ujævn struktur viser det sig, at membranen har. Polymersolceller har derimod en anderledes og mere lagdelt struktur. De er bøjelige solceller, der er fremstillet ved hjælp af en trykmetode.

I øvelsen skal gymnasieeleverne også afprøve SEM'ernes forskellige detektorer og dermed se forskellen på billederne og den information, de giver om prøverne. Eleverne lærer desuden hvordan et elektronmikroskop er opbygget, og hvordan det bruger magnetfelter fra spoler til at afbøje og samle elektronstrålen.

Til øvelsen hører der også nogle regneopgaver, og øvelsen egner sig derfor godt til, at der efterfølgende kan skrives en rapport om emnet.

En ny øvelse om farver og strukturer, hvor elektronmikroskoperne også skal bruges, forventes at være klar i løbet af efteråret 2014.

Om Nanoteket

Nanoteket har eksisteret siden 2004. Det er et undervisningslaboratorium under DTU Fysik, der til daglig drives af en fastansat chefnanotekar, en projektleder samt entusiastiske fysik- og nanoteknologistuderende (se figur 7), der brænder for at formidle spændende naturvidenskab. Det er gratis for gymnasieklasser og studerende at besøge Nanoteket, og der er årligt mere end 3.400 besøgende. Der tilbydes 15 øvelser indenfor mange forskellige emner, bl.a. solceller, brændselsceller og acceleratorfysik. En typisk øvelse varer 4 timer og den tilpasses klassens niveau (A, B og C). Ved et besøg kan man desuden bestille et underholdende og lærerigt fysikshow.



Figur 7. Ansatte i Nanoteket. Fotograf: Lisbeth Holten.

Litteratur

- [1] Nanoteket, www.nanoteket.fysik.dtu.dk



Louise Sejling Haaning, cand.polyt., arbejder som projektleder i Nanoteket, og har ansvaret for elektronmikroskopilaboratoriet.