

Elektronenmicroscopie voor iedereen, een staaltje van eenvoud en vernuft



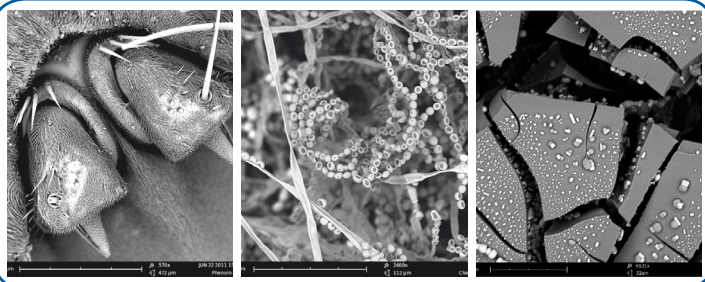
Willem Theuws

Hoe ziet de wereld om je heen eruit als je hem 1000 keer vergroot, of 10.000 keer of nog meer? Je kunt dat onderzoeken met een elektronenmicroscop. Moeilijk? Jongeren konden dat zelf uitproberen tijdens de 'Night of the Nerds'. Wie dat wil kan binnenkort meer van de microscoop zien in een nieuwe proefopstelling in NEMO. Insecten veranderen in monsters, een korrel zout in een kunstwerk. Willem Theuws vertelt het (wiskunde)verhaal achter de microscoop.

Details zien van 0,1 nm. Dat kan met de nieuwste elektronenmicroscopen. Zo'n microscoop vult dan wel een complete kamer en je hebt een paar weken training nodig om ermee te kunnen werken. "Daarna kost het nog een paar jaar om het echte fingerspitzengefühl te ontwikkelen", vertelt Willem Theuws. Theuws is natuurkundige en hoofd research & ontwikkeling bij Phenom-World, een Nederlandse fabrikant van elektronenmicroscopen. De microscopen die zij maken wegen een kilo of zestig, passen op je bureau en zijn 'plug-and-play': stekker in het stopcontact, de eerste drie bladzijden van de handleiding lezen en als het apparaat zichzelf vacuüm heeft gepompt, kun je aan de slag.

Zo eenvoudig als een broodrooster

Door de snelle ontwikkelingen in hightech systemen en materialen ontstaat er steeds meer behoefte om materialen in detail te bekijken. Met een gewone microscoop lukt dat niet meer. Elektronenmicroscopie biedt uitkomst. Met elektronenbundels die gefocuseerd worden met behulp van magneetvelden, kun je details tot op atomair niveau zichtbaar maken. "Lange tijd was dit alleen mogelijk met grote, zeer kostbare apparatuur", vertelt Theuws. "In 2004 lukte het onderzoekers van Philips Research om een kleine elektronenmicroscoop te maken met een resolutie van zo'n 20 nm." Voor veel toepassingen is dit meer dan voldoende. Vier partijen besloten daarop om de krachten te bundelen en het nieuwe systeem voor een brede doelgroep op de markt te brengen.



Een opname van een spin, van kaas en van zout, respectievelijk 570x, 2400x en 6121x vergroot.

Eén ding was duidelijk: de microscoop moest eenvoudig te bedienen zijn. "We vergelijken het wel eens met een broodrooster", vertelt Theuws met een knipoog, "daar hoeft je niet over na te denken wat je ermee moet doen." Zo simpel als een broodrooster is de Phenom niet geworden, maar je kunt hem wel vergelijken met een digitale camera. Om dat te bereiken is wiskunde een onmisbare schakel. "We gebruiken wiskunde in het apparaat zelf, in de applicaties én in het ontwerpproces", aldus Theuws.

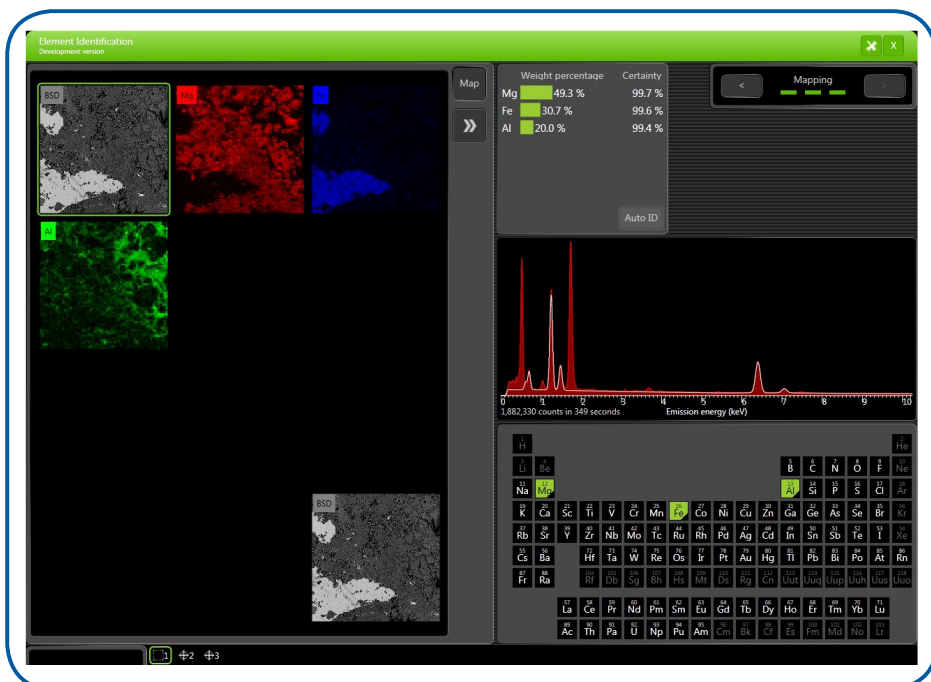
"We gebruiken wiskunde in het apparaat zelf, in de applicaties én in het ontwerpproces."

Net als bij een digitale camera hoeft je niet te weten wat er in het apparaat gebeurt. Als je het beeld scherp wilt stellen, dan druk je gewoon op een knop. In het apparaat wordt de stroomsterkte door de magneetspoelen dan zo aangepast dat de elektronenlens de juiste brandpuntsafstand krijgt. "Om dit te bereiken moet je goed modelleren hoe het apparaat werkt", licht Theuws toe. "We doen dit met een zo eenvoudig mogelijk wiskundig model. Dit model berekent wat er moet gebeuren als je op de focusknop drukt of aan de zoomknop draait. Het model bevat parameters die per microscoop net even anders kunnen zijn. Dit hangt bijvoorbeeld af van de maaktoleranties en het gebruikte materiaal. De samenstelling van magneetijzer is bijvoorbeeld nooit exact hetzelfde. De parameters in de rekenmodellen worden dus voor ieder apparaat apart bepaald. Een constante die voor het ene apparaat 1.02 is, moet voor een ander apparaat misschien 1.03 zijn. Dit bepalen we met behulp van metingen en parameter fitting."

De atomaire structuur in beeld

Een Phenom is in principe een 'plaatjes-maak-machine', maar met wiskunde en software kun je die plaatjes op een slimme manier verwerken. Een voorbeeld is de 'FiberMetric'-applicatie van het systeem. Deze applicatie is ontworpen om de structuur van zeer dunne fibers (bv. in filters) te analyseren. Hierin is onder andere statistiek verwerkt. Via software meet de microscoop op 1000 verschillende plekken automatisch de dikte van de fibers. De meetresultaten worden overzichtelijk bij elkaar gezet. Er komt amper handwerk bij kijken, een paar drukken op de knop zijn genoeg. De plaatsen die statistisch gezien teveel in dikte afwijken, kunnen nader worden onderzocht.

De nieuwste generatie Phenoms werkt met een hogere energie. Hierdoor hebben de elektronen uit de bundel zoveel energie dat ze elektronen in het te onderzoeken materiaal aan kunnen slaan. Als zo'n aangeslagen elektron naar zijn grondtoestand terugvalt, komt er een röntgenquant vrij. "De energie van dat vrijgekomen röntgenquant is specifiek voor het atoom waar het vanaf komt, het is als het ware de vingerafdruk van het materiaal", legt Theuws uit. "Door de energieën van wel honderdduizenden of miljoenen röntgenquanten uit te zetten in een histogram, ontstaat een soort 'kleurenspectrum'". Met een wiskundig model van dit vrij ingewikkelde natuurkundige proces, kun je op atomair niveau analyseren hoe een stof is opgebouwd. Deze methode wordt EDS genoemd, Energy Dispersive Spectroscopy.



Beeldscherm met de resultaten van een EDS-analyse

"We kijken eerst naar de vraag 'Wat wil een gebruiker?'"

One button or less

De gebruiker ziet alle informatie op één scherm: de microscoopbeelden, het spectrum, de gedetecteerde elementen, de verhoudingen daarvan. Wat je ziet is in één oogopslag duidelijk. Dit is het resultaat van een uitgebreid, iteratief ontwerp-proces. "Voordat we ook maar iets gaan maken, kijken we eerst naar de vraag 'Wat wil een gebruiker?' Zo'n start-up doen we met technische experts en zogenaamde applicatie-engineers, mensen die goed weten wat er bij onze gebruikers leeft. In de eerste bijeenkomst bedenken we de userinterface. Op een flip-over tekenen we de knoppen die daarvoor nodig zijn. Na een uurtje breken we weer op. Een software-engineer neemt de flip-over mee en maakt er een computerversie van. In de volgende discussie borduren we daar op voort. Dit doen we drie tot vier keer, elke keer op een hoger niveau. Als we klaar zijn, is het project goed gedefinieerd. Het is in principe 'alles wat op de flip-over staat en ook niet meer dan dat'."

"Daarna gaan we aan de slag met de technische realisatie. De knoppen die we bedacht hebben moeten echt gaan werken. De uitwerking hiervan past niet op een bierviltje. Voor het ontwikkelen van nieuwe hardware maken we gebruik van

numerieke simulaties. Bijvoorbeeld voor het berekenen van de beste vorm voor de magneetspoelen en de kolom eromheen. Ook hier gebruiken we dus wiskunde."

Het streven is om de apparatuur zo toegankelijk mogelijk te maken. Het gaat niet om zoveel mogelijk functionaliteit, maar om zo toepasselijk mogelijke functionaliteit. Als het kan liever een knop minder dan een knop meer. Het liefst 'one button or less', maar dat is nog even toekomstmuziek.

Binnenkort kun je in het nieuwe Lab van NEMO een Phenom elektronenmicroscoop in actie zien. Welke preparaten kunnen erin? Wat zie je door de microscoop? Wat is het verschil tussen een gewone en elektronenmicroscoop? De opstelling staat in een decor van sfeervolle elektronenmicroscoopbeelden. Er is zelfs kunst op microschaal. Het nieuwe Lab en de Phenom zijn operationeel in de herfstvakantie van 2013. Voor vragen over schoolbezoek kunt u terecht op boekingsbureau@e-NEMO.nl of bel 020-53 13 118 (tijdens kantooruren).