

Live-microscopie op (sub)nanoschaal

Uiteenlopende microscopische technieken kennen nu al duizelingwekkende resoluties, tot onder de nanometer. Met als resultaat – meestal statische – plaatjes die onder kunstmatige omstandigheden, zoals vacuüm, zijn gemaakt. Om fysische, chemische en biologische processen die zich op atomair en moleculair niveau afspelen, nog beter te kunnen begrijpen, moeten ze live en onder realistische (lees: industriële) omstandigheden in beeld worden gebracht. Dat is de uitdaging van het Smart Mix-programma NIMIC (Nano IMaging under Industrial Conditions).

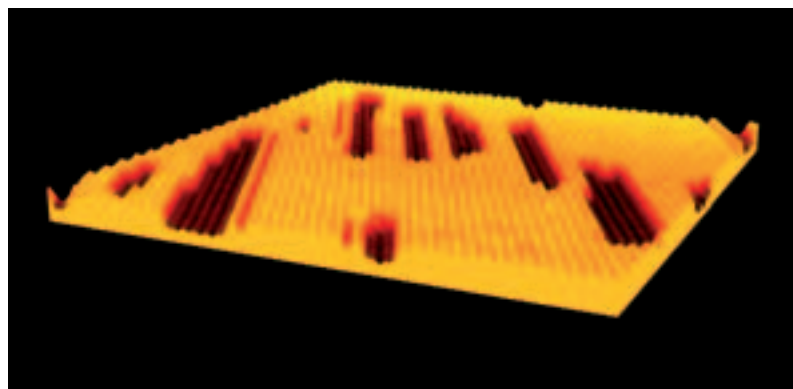
Vorig jaar ging het subsidieprogramma Smart Mix, een gezamenlijk initiatief van de ministeries van EZ (via SenterNovem) en OCW (via NWO), van start. Het doel is op basis van vragen in de markt en maatschappij innovatie te stimuleren. Daarbij moet de hele kennisketen worden benut, van fundamenteel en toegepast onderzoek tot en met pre concurrentiële ontwikkeling (prototypes). Onlangs werd in de eerste ronde 100 miljoen euro subsidie toegekend aan zeven onderzoeksprogramma's. Daaronder het Delfts-Leidse programma NIMIC.

NIMIC

Penvoerder van NIMIC (Nano IMaging under Industrial Conditions) is de TU Delft via het Kavli Institute of Nanoscience en wetenschappelijk directeur is hoogleraar Joost Frenken van het Leidse Kamerlingh Onnes Laboratorium. Overige consortiumleden zijn FEI Company, Albemarle Catalysts, Leiden Probe Microscopy, Leids Universitair Medisch Centrum en het Nationaal Kanker Instituut - Antoni van Leeuwenhoek Ziekenhuis. Het totale programmabudget bedraagt ruim 24 miljoen euro, waarvan 14 miljoen uit de Smart Mix (aangevraagd was 19 miljoen). Het programma loopt zes jaar, tot medio 2013.

Nanotechnologie

Drijvende kracht achter NIMIC is de voortgang op het gebied van de nanotechnologie. Het bedrijven van nano-



STM-opname van een goudoppervlak. Elke streep over het oppervlak is één atoomrij. De donkere gedeelten zijn gaten van één atoomlaag diep, gecreëerd door beschieting met ionen. (Bron: www.fom.nl)

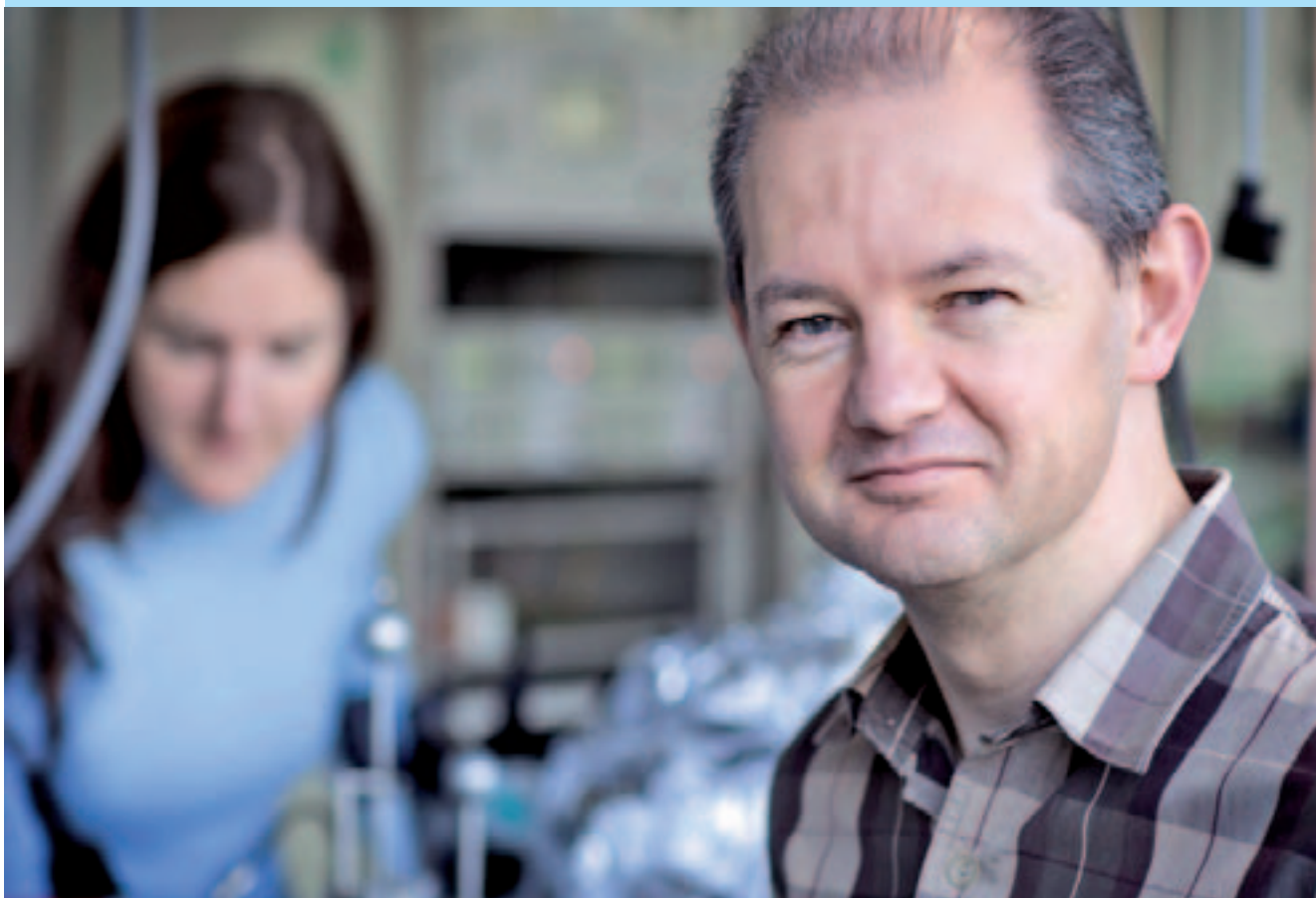
technologie vereist meten c.q. waarnemen op nanoschaal. Het doel van NIMIC is fysische, chemische en biologische processen die zich op atomair en moleculair niveau afspeelen zichtbaar te maken, zowel in wetenschappelijk onderzoek als in industriële ontwikkeling. Denk aan de werking van katalysatoren, de miniaturisatie van halfgeleiderstructuren, de invloed van de structuur van eiwitten op het ontstaan van borstkanker, of de vorming van coatings met beschermende, reflecterende of anti-corrosieve eigenschappen door depositie van metaalatomen op andere materialen.

Jacob Kistemaker-Prijs voor Frenken

Wetenschappelijk directeur Joost Frenken van het NIMIC-programma heeft dit jaar de Jacob Kistemaker-Prijs van de Stichting FOM ontvangen. Frenken kreeg de prijs, aldus de toelichting, voor de ontwikkeling van specifieke en uiterst geraffineerde rastertunnelmicroscopie waarmee hij baanbrekend onderzoek deed. Door zijn instrumenten op de markt te brengen laat Frenken collega-wetenschappers, ook buiten de natuur-

kunde, zoals in de chemie en de biologie, profiteren van zijn technologische hoogstandjes. De prijs, die bestaat uit een oorkonde en een vrij te besteden bedrag van vijftienduizend euro, werd begin september door minister Ronald Plasterk van OCW aan Frenken uitgereikt.

www.fom.nl



Joost Frenken, winnaar van de Jacob Kistemaker-Prijs. (Foto: Jacqueline de Haas)

Microscopische technieken

Twee families van microscopische technieken moeten processen live in beeld brengen, namelijk SPM en TEM. Scanning probe microscopy (SPM) wordt gebruikt om oppervlakken in beeld te brengen door ze af te tasten met een atoom-scherpe tip. Zo berust de werking van de scan-

ning tunneling microscoop (STM) op het quantummechanische effect van tunneling. Er gaat een tunnelstroom lopen tussen tip en oppervlak als daartussen een elektrische spanning wordt aangelegd en de grootte van die stroom is een maat voor de afstand. Door een oppervlak met de tip te scannen kan een hoogtekaart worden gegenereerd, waarin

individuele atomen zijn te onderscheiden; zie Afbeelding 1. Bij transmissie-elektronenmicroscopie (TEM) wordt door een dun materiaal heen gekeken, niet met licht maar met elektronen.

Laboratorium

De twee technieken zijn al langer in gebruik en hebben mede dankzij Nederlandse universiteiten en bedrijven, zoals FEI, een hoge vlucht genomen. Tot nu toe gaat het echter vooral om statische plaatjes, dat wil zeggen met lage snelheid opgenomen beelden. Het is de bedoeling om filmpjes met videosnelheid te maken (25 beelden per seconde). Voor TEM is dat nu al wel haalbaar, maar bij SPM ligt de snelheid nu nog een factor 100 te laag. En als die snelheid al wordt gehaald dan is dat onder 'houtje-touwje' laboratoriumcondities. In het lab heersen meestal kunstmatige omstandigheden, zoals vacuüm en/of lage temperatuur. Biologisch processen spelen zich echter vaak in natte omgevingen af en chemische processen onder hoge druk en/of temperatuur.

Miniaturisatie

De sleutel tot de beide doelen van NIMIC – snel én realistisch meten – ligt onder meer in miniaturisatie. Het te onderzoeken proces wordt in een microscopisch kleine cel ondergebracht. Bij SPM bevindt alleen de tip zich in het reactortje, het hele mechanisme dat voor de besturing van die tip zorgt zit erbuiten, met ertussen een afdichting die voldoende flexibel is om de bescheiden scanbeweging

(maximaal 3 μm in alle richtingen) toe te staan. Vanwege de te behalen resolutie en snelheid vereist de piëzo-elektrische aansturing van de tip een mechatronisch hoogstandje met een uiterst snel regelcircuit.

Voor TEM wordt het proces in een kleine meetcel geplaatst in de vacuümkamer van de microscoop. In de wanden van de meetcel worden uiterst dunne vensters aangebracht, die semi-transparant zijn voor elektronen. Bij een dergelijke fragiele cel bestaat natuurlijk de kans op breuk; normaal zou dat funest zijn voor de kwetsbare elektronenbron van de microscoop. Eén van de opgaven van de NIMIC-onderzoekers is daar een oplossing voor te vinden. Een ander aandachtspunt is optimalisatie van het thermische gedrag van de microscoop. Het gaat daarbij vooral om het voorkomen of minimaliseren van thermische drift, het voortdurend verschuiven ('zwalken') van het beeld in alle richtingen als gevolg van temperatuurveranderingen.

Uitdagingen

Belangrijke vraag tot slot is in hoeverre de 'sensoren' (de meettip c.q. de elektronenbundel) de te onderzoeken processen beïnvloeden. En omgekeerd, hoe bij TEM de omstandigheden (non-vacuüm) de stralengang beïnvloeden. Een voordeel van miniaturisatie is wel dat de eigenfrequenties van het meetsysteem omhoog gaan en daardoor de metingen minder kunnen verstoren. Er blijven echter voldoende storingsbronnen over om de NIMIC-onderzoekers de komende zes jaar voor grote uitdagingen te plaatsen.

Informatie

www.smartmix.nl
www.nimic-project.com