

# Record-resolutie

**De hoogste resolutie ooit in (S)TEM-elektronenmicroscopie-beelden is behaald met een nieuw instrument dat is ontwikkeld door een samenwerkingsverband van FEI Company in Eindhoven, laboratoria van het Amerikaanse Department of Energy (DoE) en het Duitse CEOS. Deze doorbraak in de elektronenmicroscopie – waarbij structuren zichtbaar zijn gemaakt van 0,5 Ångström en kleiner – is het resultaat van het TEAM-project (Transmission Electron Aberration-corrected Microscope) van DoE.**

**E**lektronenmicroscopen kunnen worden gebruikt om de structuur van materialen te bestuderen. Het uitzonderlijk gedetailleerde beeld van de TEAM-microscoop maakt het mogelijk om te onderzoeken hoe atomen binden om materialen te vormen, hoe materialen groeien en hoe ze reageren op verschillende invloeden van buitenaf.

## Mijlpaal

De doorbraak is behaald dankzij de inzet van zowel TEM (transmissie-elektronenmicroscoop)- als STEM (scanning TEM)-technieken op één instrument, ontwikkeld door FEI Company op basis van de Titan S/TEM-technologie. Het instrument is uitgerust met twee door CEOS ontwikkelde sferische afwijkingscorrectoren, die de beeldkwaliteit en de andere mogelijkheden van de microscoop drastisch verbeteren. Op de verkregen TEM-beelden zijn details tot 0,5 Ångström te zien. In de STEM-modus zijn zelfs beelden verkregen die nog gedetailleerder zijn.

“Dit is een mijlpaal in de ontwikkeling van elektronenmicroscopen”, zegt Ulrich Dahmen, leider van het TEAM-project en directeur van het National Center for Electron Microscopy (NCEM) van het Lawrence Berkeley National Laboratory. “TEAM was het eerste grote gezamenlijke project op het gebied van microscopie en stelde zichzelf hoge doelen. We kijken nu uit naar de vertaling van de uitzonderlijke prestaties van de TEAM-microscoop in een instrument om atoomstructuren te onderzoeken in de nanowereld.” Don Kania, CEO van FEI Company, vult aan: “De grenzen van de nanotechnologie worden nog veel verder opgerekt en FEI stelt zich dan ook ten doel om voortdurend doorbraken te bereiken in de moeilijkste vraagstukken op het gebied van beeldvorming en analyse.”



Afbeelding 1. De Titan, FEI's standaard-topmodel elektronenmicroscoop.

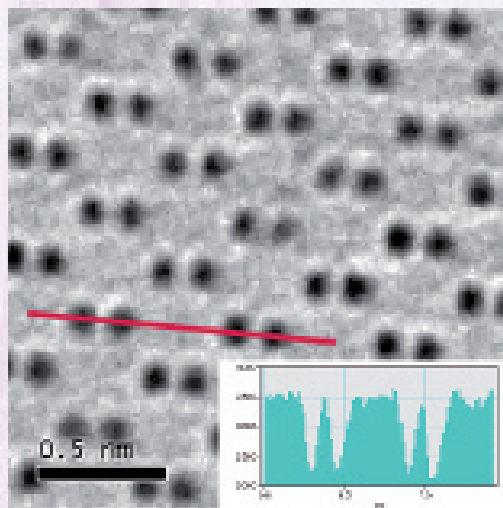
# van 0,5 Ångström

## Formule 1

Mike Stekelenburg, directeur van FEI's TEM-groep in Eindhoven, noemt de TEAM-microscoop de Formule 1-uitvoering van het standaard-topmodel. Bij FEI is dat topmodel de Titan-microscoop; zie Afbeelding 1. Die heeft als specificatie een resolutie van 1 Å en kan als alle omstandigheden kloppen 0,8 Å halen. Het staande wereldrecord, ook behaald met een speciale opstelling, lag op 0,69 Å. De nu met de TEAM-microscoop gerealiseerde 0,5 Å betekent dus een flinke sprong vooruit; zie Afbeelding 2. Deze waarde is inmiddels zowel met TEM als met STEM behaald. Stekelenburg spreekt van twee stromingen met elk hun aanhangers die onder meer discussiëren over de exacte definitie van het begrip resolutie. "Zelf sta ik er redelijk neutraal in. TEM werkt als een diaprojector, maar dan met elektronen en met 1.000.000 maal vergroting van preparaat (dia) naar camera (scherm). In STEM-mode scannen we het preparaat met een zeer kleine spot ( $< 0,5 \text{ \AA}$ ) en dan meten we, per positie, de hoeveelheid elektronen die met een bepaald hoekbereik zijn verstrooid. Deze hoeveelheid is namelijk een maat voor het aantal atomen en hun massa. Het voordeel van STEM is dat de opnames gemakkelijk interpreteerbaar zijn. Maar bij TEM kun je er, met enige moeite, meer informatie uithalen." Met de huidige resolutie kunnen beter dan voorheen bijvoorbeeld interatomaire afstanden worden bepaald in complexere structuren, zoals overgangen of dislocaties.

## Wereldrecord

De TEAM-microscoop stond opgesteld in een speciaal getuende ruimte, afgeschermd van onder meer trillingen en externe velden. Het behalen van een record vergt ook het nodige Fingerspitzengefühl bij de operators en diagnostische vaardigheden bij de ontwikkelaars, aldus Stekelenburg. "Het is bijna een beetje magie. Het gaat om het apparaat, het preparaat, de ruimte en de operator. Alle vier moeten kloppen om reproduceerbare resultaten te behalen." En alle vier moeten ze weer beter voor een volgende recordpoging.



Afbeelding 2. Een met de nieuwe TEAM-microscoop verkregen hoge-resolutie TEM-opname van de zogeheten 'dumbbell'-structuur (0,14 nm) van germanium, waaruit de interatomaire afstand met hoge nauwkeurigheid kan worden bepaald.

## Partners

FEI Company is wereldwijd toonaangevend als leverancier van innovatieve instrumenten voor imaging, analyse en prototyping op nanoschaal, op het terrein van halfgeleiders en gegevensopslag, wetenschappelijke en industriële R&D, en de levenswetenschappen.

Diverse centra van het Amerikaanse Department of Energy leggen zich toe op microscopisch onderzoek via elektronenbundels. De TEAM-microscoop is ontwikkeld door een samenwerkingsverband van vier laboratoria. De eerste TEAM-microscoop zal opgesteld worden op het NCEM. CEOS (Corrected Electron Optical Systems) legt zich toe op onderzoek aan en ontwikkeling van hoogwaardige elektro-optische componenten, waaronder geavanceerde afwijkkingscorrectoren voor lenzen voor geladen deeltjes.

[www.fei.com](http://www.fei.com)

[ncem.lbl.gov/team-project](http://ncem.lbl.gov/team-project)

[www.ceos-gmbh.de](http://www.ceos-gmbh.de)