

Hoe korter de golflengte, hoe blauwer het licht. Hoe langer, hoe roder.

Sovjet-Unie

Alexei Ivanovich Ekimov (1945, geboren in de voormalige Sovjet-Unie) is sinds 1999 hoofd wetenschap van Nanocrystals Technology in New York. Hij promoveerde in 1974 in de natuurkunde. Hij werkte bij het Vavilov State Optical Institute in Sint-Petersburg toen hij de halfgeleider nanokristallen ontdekte die we nu kennen als quantumdots. Hiervoor ontving hij in 1996 al de Alexander von Humboldt prijs, en samen met Louis E. Brus en Alexander L. Efros in 2006 de R.W. Wood Prize.

Graven

Louis E. Brus (Cleveland Ohio, 1943) werkte als scholier in een ijzerhandel. Hij begon als onderzoeker met een beurs bij de marine en werd gegrepen door chemische natuurkunde. Begin jaren tachtig, bij Bell Laboratories, kwam hij op het spoor van nanokristallen. Hij leest veel geschiedenisboeken en biografieën. Ooit zei hij: „Ik graaf graag in de tuin. Het put je uit en je kunt iets laten zien van je werk, anders dan soms na maanden onderzoeksgeploeter.”

Slimme studenten

Moungi G. Bawendi (Parijs, 1961) woonde in Frankrijk en Tunesië voor hij als kind naar de VS verhuisde. Hij promoveerde in 1988 en daarna werkte hij als postdoc bij Bell Laboratories, onder Brus. Al in 1993 ontdekte hij op MIT een revolutionaire manier om quantum dots te maken. Als docent op MIT voelde hij zich soms rekort schieten tegenover zijn superslimme studenten, zei hij in 2008. Na een college lunch en kletst hij graag met studenten. Over wetenschap, dat wel.

NOBELPRIJS VOOR DE SCHEIKUNDE



SCHEIKUNDE

Prijs voor de vaders van de qled-tv

Quantum dots zijn zo klein dat hun afmeting de eigenschappen bepaalt, ontdekten drie Nobelprijswinnaars.

Door onze redacteur
Laura Wismans

AMSTERDAM. De qled-televisie die in mijn woonkamer staat was er niet geweest zonder Alexei Ekimov, Louis Brus en Moungi Bawendi. Zij krijgen dit jaar de Nobelprijs voor de Scheikunde voor het ontdekken en ontwikkelen van quantumdots. Dat zijn deeltjes die zo klein zijn dat hun afmeting de eigenschappen bepaalt. Ze worden op dit moment vooral toegepast om licht te manipuleren: hoe kleiner het nanodeeltje, hoe blauwer het licht. In qled-beeldschermen zorgen ze voor een zeer intense kleurweergave. Ze worden ook gebruikt in led-verlichting, in zonnepanelen en als biomarkers.

Het is maar goed dat alle drie de onderzoekers aan Amerikaanse instituten werken, en dat het daar nog praktisch nacht was toen het officiële telefoontje van het Nobelcomité kwam dat zij de prijs krijgen. Aan deze kant van de oceaan circelden hun namen toen al enige uren rond, nadat het persbericht over de bekendmaking per ongeluk al om half acht in de ochtend bij Zweedse media terechtgekomen was.

„Erg ongelukkig”, zei secretaris generaal Hans Ellegren van de Royal Swedish Academy of Sciences over het uitlekken van de namen. Strikte geheimhouding tot de persconferentie die om kwart voor twaalf in Stockholm begint, is een belangrijk onderdeel van het Nobelcircus. Uitlekken is nog nooit voorgekomen. „We weten niet waarom die mail is gestuurd, maar het

heeft geen invloed gehad op de toekenning van de prijs. Dat proces duurt heel lang.”

Quantumdots zijn een van de belangrijkste vindingen op het gebied van nanotechnologie. Ze zijn gemaakt van halfgeleidermaterialen, zoals silicium of cadmiumsulfide. In halfgeleiders zitten energiebanden waar elektronen tussen kunnen bewegen. Als een foton, een lichtdeeltje, het halfgeleidermateriaal raakt springt een elektron naar een hogere energieband. Als een elektron weer terugvalt naar de lagere band komt een foton vrij dat het energieverschil weer opheft. De afstand tussen de twee energiebanden, de zogeheten *band gap*, bepaalt de kleur van het uitgezonden licht.

De crux van de quantumdots is dat de grootte van die *band gap* te beïnvloeden is door de nanodeeltjes groter of kleiner te maken. Kleinere quantumdots hebben een grotere *band gap*, en zenden daardoor blauw licht uit (licht met korte golflengtes, waar veel energie in zit). Grotere quantumdots hebben kleinere *band gaps* en scheiden daarmee langere golflengtes uit, oftewel rood licht. Het gaat hier om 'groot' en 'klein' op nanoniveau, kristalletjes met een diameter tussen de 2 en 10 nanometer (dat zijn tussen de honderd en tienduizenden atomen, een nanometer is een miljardste van een meter).

In de jaren dertig van de vorige eeuw werd door theoretici al gezegd dat dit quantumeffect bestond, maar het laten zien was toen nog lastig. Ekimov, aanvankelijk werkzaam in Sint-Petersburg, toonde het effect als een van de eersten

aan, in gekleurd glas. Het glas was gekleurd met koperchloride, en de kleur varieerde afhankelijk van hoe lang en hoe heet het verwarmd werd. Dat bleek te komen doordat het verwarmen invloed had op de kristalvorming van het koperchloride. Ekimov publiceerde er in 1981 over, maar in het Russisch, waardoor het onderzoek niet meteen de wereld over ging.

Tien miljoen keer geciteerd

Brus werkte ondertussen bij Bell Laboratories in de VS, waar hij onderzoek deed naar het gebruik van zonne-energie om chemische reacties aan te sturen van kleine cadmiumsulfidedeeltjes in een oplossing. Hij merkte dat de optische eigenschappen van de deeltjes veranderden nadat hij ze een dag had laten liggen en vermoedde dat de oudere deeltjes nieuwe, grotere kristallen hadden gevormd. Hij realiseerde zich ook dat de kleurverandering te wijten was aan een quantumeffect dat samen hing met de grootte. Dit was in 1983.

Tien jaar lang bleef het moeilijk om de deeltjes te maken, vooral het starten van het groeien van de kristallen was lastig onder controle te krijgen. Bawendi, die als postdoc onder Brus bij Bell Laboratories werkte, wist ze in 1993, toen hij al aan MIT verbonden was, wel op een gecontroleerde manier te maken. Ineens was goed te sturen hoe groot de deeltjes precies werden. Daarmee maakte hij productie van quantum dots op grote schaal mogelijk.

„Wij verwachtten al heel lang dat de prijs hieraan zou worden toegekend”, rea-

geert Andries Meijerink, hoogleraar vaste stof chemie aan de Universiteit Utrecht op de bekendmaking. „Nanowetenschappen zijn heel populair, alles is nano tegenwoordig. Maar veel nanowetenschap gaat over het maken van grote oppervlakken. Dat is natuurlijk knap, maar ook vrij triviaal. Dit is echt het summum van de nanowetenschap. Ze beheersen hier de fysische eigenschappen van de deeltjes door afmetingen op nanoschaal te variëren.”

„Vooral Bawendi is denk ik wel tien miljoen keer geciteerd. En dan overdrijf ik maar een klein beetje”, zegt Willem Vos, hoogleraar complexe fotonische systemen aan de Universiteit Twente. „Dankzij hem is de synthese van de deeltjes echt veel makkelijker geworden. Sinds eind jaren 90 is het onderzoek daardoor geëxploodeerd. Niet lang daarna is het ook mijn lab binnengestormd.”

Het is baanbrekende fundamentele wetenschap die ook echt tot iets in de samenleving geleid heeft, vinden zowel Vos als Meijerink. Vos noemt naast beeldschermen en verlichting ook toepassing in de biologie als een van de belangrijke aandachtsgedebieden. Hij doelt op quantumdots die verbonden aan eiwitten ziekmakers of processen in het lichaam visueel kunnen maken. „Nu worden daar veelal organische materialen voor gebruikt, maar die zijn niet zo stabiel. Quantumdots zijn robuuster. Je moet ze wel goed inpakken, de materialen zijn niet zo gezond. Liever nog heb je niet-giftige quantumdots, daar wordt nu ook veel werk aan gedaan.”