

Bouwdoosmagnetisme

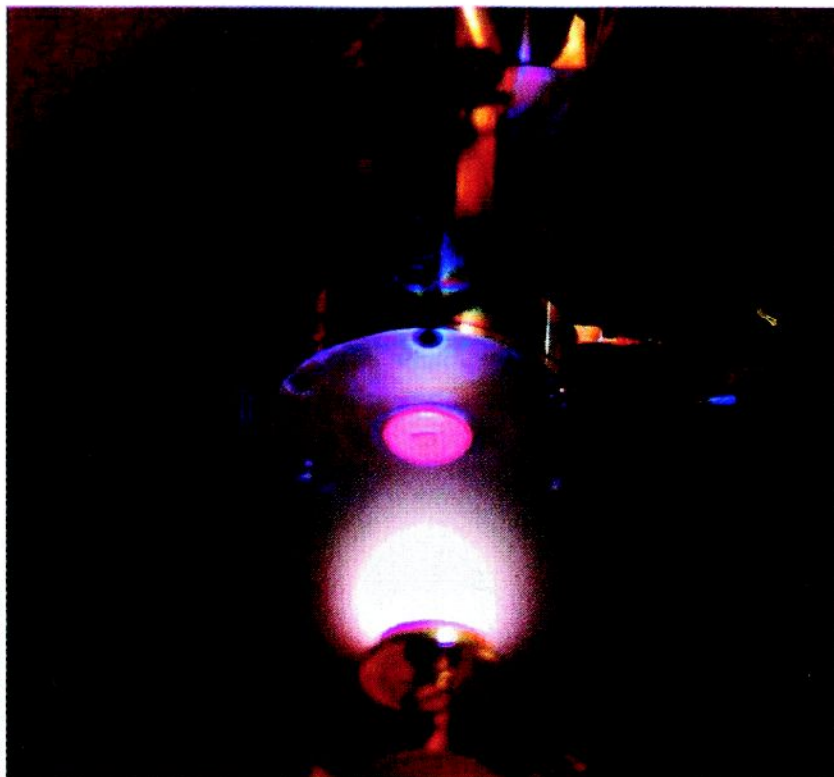
Niet-magnetische materialen magnetisch maken. Dat kan, door slim te stapelen. Het magnetisme daarna aantonen, dat lukt alleen als heel Nijmegen slaapt.

Rob van den Berg

NEEM TWEE materialen die van zichzelf niet magnetisch zijn, stapel ze op elkaar en op het grensvlak ontstaat spontaan een flinterdun magnetisch laagje. Onderzoekers van het MESA+ Instituut voor Nanotechnologie van de Universiteit Twente kwamen dit verrassende effect op het spoor, en publiceerden hun bevindingen onlangs in *Nature Materials* (3 juni).

Eerste auteur en universitair docent Alexander Brinkman vertelt over de telefoon dat er in de onderzoeksgroepen van Hans Hilgenkamp en Dave Blank al een aantal jaren onderzoek aan dit soort 'exotische' materialen wordt gedaan. Perovskieten, want zo heten ze, zijn verbindingen van twee metalen met zuurstof. Ze komen in bepaalde samenstellingen gewoon voor in de aardkorst, maar ze zijn het meest bekend geworden in het midden van de jaren tachtig als hoge-temperatuur supergeleiders. Brinkman: "Magnetisch worden ze pas onder speciale omstandigheden. Dat gebeurt niet wanneer je twee materialen hard tegen elkaar aandrukt. Je moet ze echt op atomaire schaal stap voor stap opbouwen – alsof je met legosteentjes aan het werk bent."

POEDER De praktijk klinkt toch iets anders dan spelen met lego: Brinkman en zijn collega's beginnen met een samengeperst poedermengsel van lanthaanoxide en aluminiumoxide. Brink-

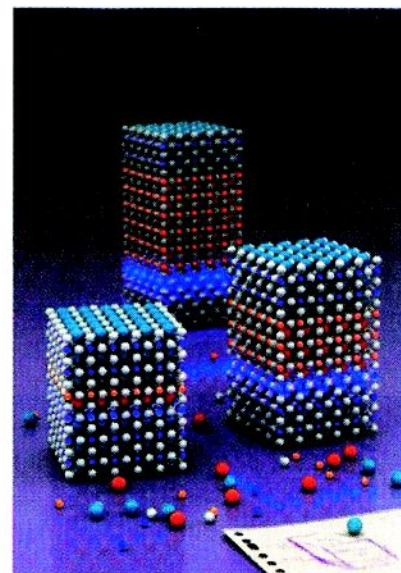


FOTO'S TU TWENTE

man: "Met de intense pulsen van een ultraviolet laser verdampen we telkens wat poeder. Daarbij ontstaat een plasma waarin naast vrije elektronen, ook de atomen – lanthaan, aluminium en zuurstof – al in de juiste verhoudingen aanwezig zijn. Dit plasmawolkje slaat vervolgens neer op een drager, en als we die verwarmen, krijgen de atomen de gelegenheid om de meest gunstige positie te vinden. Ze rangschikken zich netjes naast elkaar in een atomair laagje." De groei daarvan kunnen de onderzoekers tot in detail volgen door een elektronenbundel te laten weerkaatsen aan het oppervlak. "Pas wanneer de laag volmaakt glad is, zien we een sterke reflectie. Zo kunnen we naar believen één, twee of meer atoombundels (in ons geval van het perovskiet LaAlO_3) op elkaar stapelen."

De drager waarop de atomen komen te liggen is een andere perovskiet, strontiumtitaanoxide (SrTiO_3), en daar is een reden voor. Begin 2004 ontdekten onderzoekers van Bell Labs in de Verenigde Staten namelijk dat als je deze twee isolerende materialen op elkaar legt, ze precies waar ze elkaar raken opeens wél een stroom kunnen geleiden.

GEVOELIG Brinkman: "Wij hadden het idee dat er ook allerlei magnetische effecten zouden kunnen optreden. Maar zelfs met de meest gevoelige detector is het magneetveld in zo'n dun laagje niet te meten. We moesten dus magnetische effecten indirect zien aan te tonen. Daarvoor hebben we de hulp ingeroepen van het Laboratorium voor Hoge Magneetvelden (HFML) van de Radboud Universiteit Nijmegen."



• **Door slim te stapelen kunnen twee niet-magnetische materialen op hun grenslaag magnetisch gemaakt worden. Boven de (opgeschaalde) knutselvariant. Links het echte werk in een vacuümkamer, waarin lasers metaalpoeder tot een rood-wit plasma verhitten.**

Het idee voor zo'n indirecte meting was om te volgen hoe een uitwendig magneetveld de stroom door het grenslaagje beïnvloedt. Op basis van theoretische overwegingen was het de Twentenaren duidelijk dat elektronen op het grensvlak ruwweg twee typen gedrag vertonen. Een deel kan zich vrijelijk bewegen, en zorgt zo voor de elektrische stroom. Een ander deel zit min of meer gebonden aan de titaniumatomen. Brinkman: "De elektronen zijn van zichzelf kleine magneetjes, die zich richten naar het uitwendige magneetveld. Als ze allemaal dezelfde kant op staan, zitten gebonden elektronen de vrij bewegende elektronen minder in de weg. Dat uit zich in een toename van de elektrische stroom, of een daling van de weerstand."

Het HFM-lab sprong bij om die elektro-

nenmagneetjes te richten, want dat gebeurt pas bij zeer hoge magneetvelden van wel 30 Tesla. Dit soort hoge magneetvelden maakte het bovendien noodzakelijk om vrijwel alle metingen 's nachts uit te voeren. De magneten verbruiken namelijk nogal wat elektrisch vermogen, zodat de experimenten moesten stoppen zodra Nijmegen ontwaakte en de elektriciteitsbehoefte van de stad op gang kwam. Maar het effect was onmiskenbaar aanwezig. Net zoals er bij zeer lage temperatuur (0,3 kelvin) hysteresis bleek voor te komen in de gemeten weerstand, wat een sterke aanwijzing is voor het ontstaan van magnetische ordening over grotere afstanden.

OPSLAG Brinkman: "Dat betekent dat je daadwerkelijk iets met dit magnetisme zou kunnen doen. Je kunt bijvoorbeeld denken aan opslag van informatie in zo'n grenslaag. Je zou de weerstandsverandering kunnen gebruiken om informatie uit te lezen. En als je een heleboel van die lagen op elkaar zou kunnen stapelen, dan kun je op verschillende niveaus je informatie vastleggen, en krijg je een soort driedimensionale opslag."

Vooralsnog staan de extreem lage temperaturen en de extreem hoge magneetvelden directe toepassingen in de weg, maar de belangstelling voor dit soort dunne lagen – en ook voor één dimensionale nanoraden – is tegenwoordig erg groot, met name waar het halfgeleiders betreft. De elektronica van de toekomst speelt zich immers op nanoschaal af.

Voor Brinkman en zijn collega's is het nu een uitdaging om het magneetveld in de grenslaag direct te kunnen meten. Daar gaan ze zich in de komende maanden op richten. Het belangrijkste is dat de natuurkundigen nu een modelsysteem in handen hebben waarin ze gecontroleerd magnetisme kunnen opwekken om fundamenteel onderzoek te doen aan magnetische wisselwerkingen.