

Techniek

# Materiële zaken

Autolak die zichzelf herstelt als er een kras in komt, supersterke vezels, of rubberstructuren die van eigenschap veranderen onder druk; dankzij nanotechnologie en 3D-printer verschijnen de opwindendste nieuwe materialen in het lab.

Door **Bard van de Weijer** Foto **Arjen Born**

**W**ie de oplagecijfers van gedrukte kranten bekijkt, krijgt somber stemmende neergaande lijnen voorgeschoteld. Maar er gloort hoop voor de drukpers: in de nabije toekomst kunnen de huizenhoge machines die dagelijks *de Volkskrant*, *NRC* en *De Telegraaf* drukken misschien worden ingezet om de wereld te voorzien van goedkope zonnestroom.

In zijn kantoor van het Amsterdamse materiaalkunde-instituut Amolf heeft nanofysicus Albert Polman misschien wel de sleutel in handen voor de massale productie van zonnepanelen die nodig is om de wereld te kunnen voorzien van volledig duurzame energie: een doorzichtige, flexibele kunststof schijf. Op dit rubberen stempel zijn nanostructuren aangebracht, een patroon van piepkleine puntjes die, als ze in een dunne kunststof folie worden gedrukt, daar ineens invallend licht kunnen vangen en omzetten in elektriciteit. Zet zo'n stempel op een drukpers,

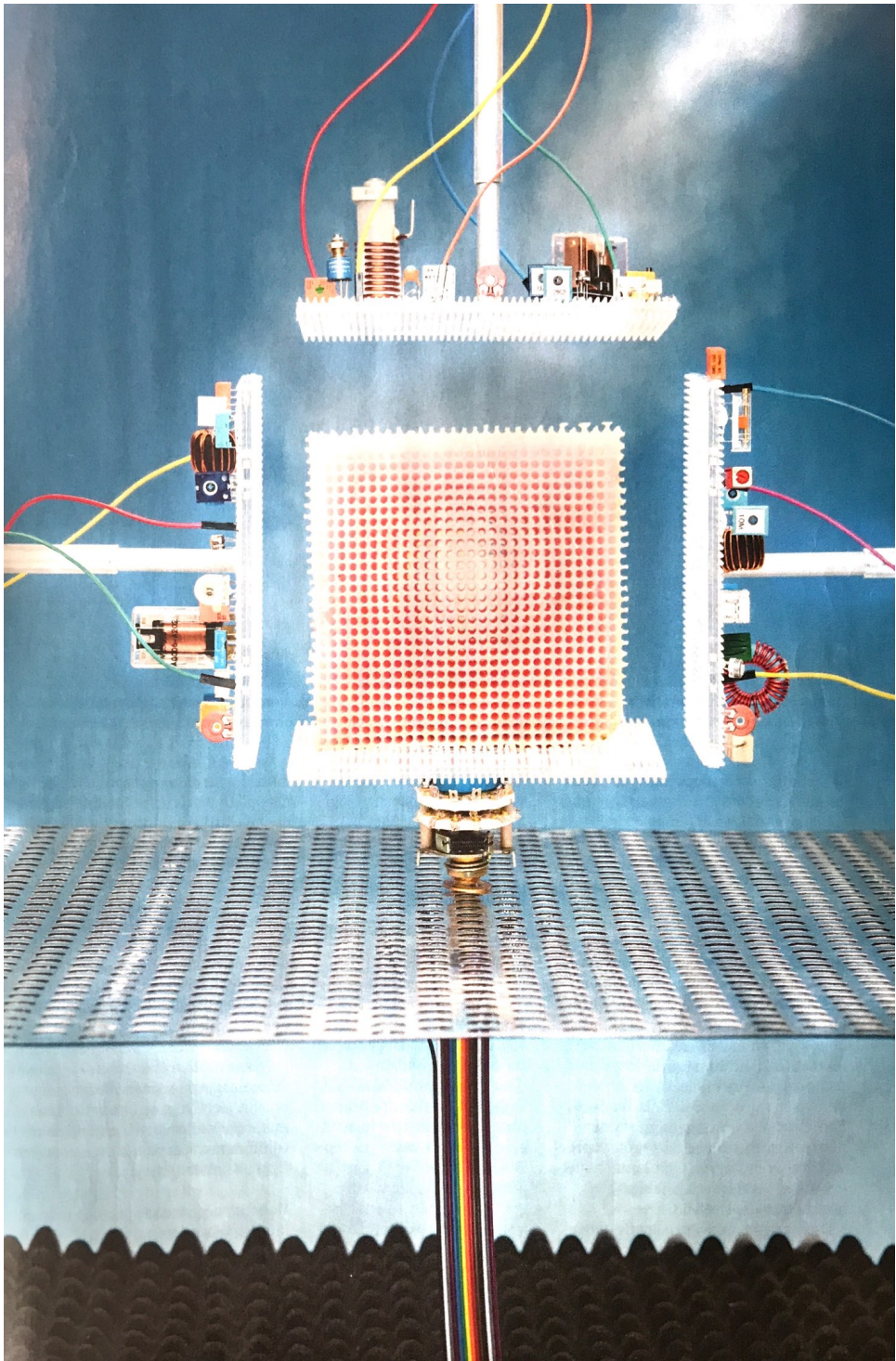
vervang het papier door de zonnefolie en je kunt zonnecellen maken zoals je kranten drukt, zegt hoogleraar Polman, gespecialiseerd in de interactie tussen licht en nanomaterialen.

Het idee erachter: om klimaatverandering het hoofd te kunnen bieden, moet er een breed toepasbare en goedkope methode komen om zonnepanelen te kunnen produceren. Heel veel zonnepanelen. 'Laat vijf drukpersen zoals die van *de Volkskrant* tien jaar op volle snelheid zonnefolies drukken en je kunt de hele wereld van zonne-energie voorzien', zegt Polman.

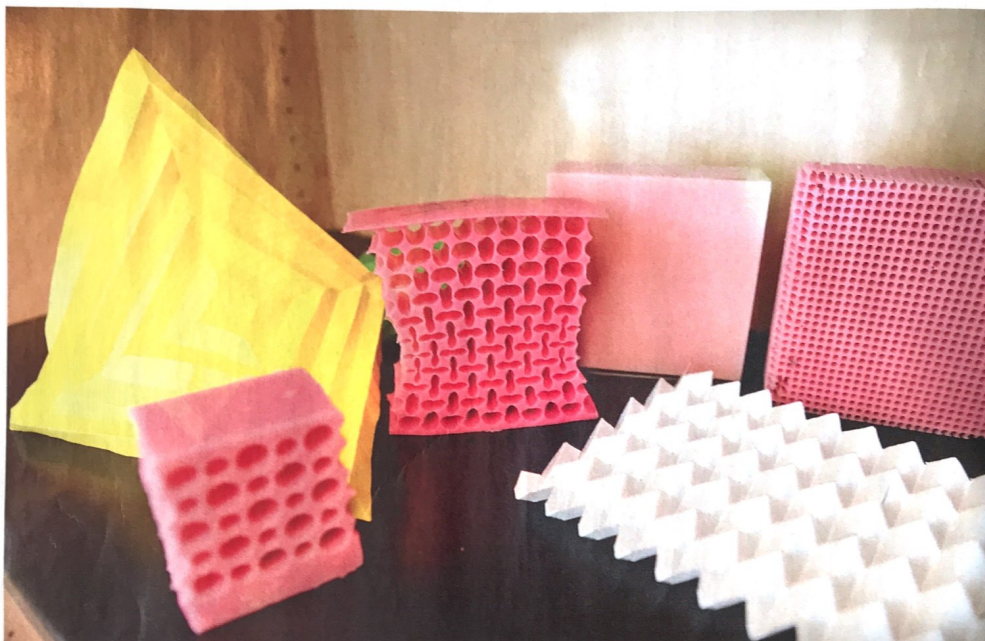
Zover is het nog niet: het is nog niet mogelijk op deze manier zonnefolies te maken, in elk geval niet in de enorme 'oplagen' die nodig zijn. Daar-

voor is nog veel onderzoek nodig, en dit is waar onderzoekers als Polman mee bezig zijn. Fundamenteel onderzoek, zeker. 'Maar bij Amolf hebben we ook altijd de praktische toepasbaarheid als uitgangspunt', zegt hij. 'Als je in de zonne-energie iets bedenkt dat niet op grote schaal kan worden toegepast, is het niet relevant.'

**De werking van** de zonnefolie van Amolf gebeurt op nanoschaal, en het is deze schaal waarop veel hedendaags materiaalonderzoek zich richt. Op nanoschaal kunnen materialen, al dan niet gecombineerd met andere materialen, ineens wonderlijk - en soms onverwacht - 'gedrag' vertonen. Neem grafeen, de wonderbare koolstof- ▶







'Sponzen' gemaakt van het rubberachtige materiaal dat tandartsen gebruiken bij het maken van afgietsels, maar nu afkomstig uit de 3D-printer. De eigenschappen veranderen zodra je er bijvoorbeeld een elastiekje omheen bindt. Foto Henk-Jan Boluijt

► matjes van een atoomlaag dik. Peter Steeneken, hoofd van de groep Dynamics of Micro and Nanosystems van de TU Delft, slaagde erin minuscule 'grafeenbubbels' te maken die licht van kleur kunnen laten verschieten. Naarmate zo'n minuscule blaasje groeit of krimpt, ontstaan verschillende kleuren. Daarmee zouden deze 'mechanische pixels' in de toekomst wellicht toegepast kunnen worden in energiezuinige beeldschermen.

Ander nano-onderzoek gebeurt bijvoorbeeld bij de speurtocht naar betere accu's voor smartphones en elektrische auto's. Momenteel is lithium-ion de dominante technologie, waarbij elektrolyt in vloeibare vorm wordt gebruikt. Als het vloeibare elektrolyt vervangen kan worden door een vaste stof, heeft dat grote voordelen: deze accu's zijn veiliger, kunnen sneller worden opgeladen en hebben een hogere energiedichtheid.

Dus wordt wereldwijd naarstig onderzoek gedaan naar zogenoemde solid state accu's. Een van de onderzoekers is Mark Huijben van de Universiteit Twente. Hij werkt aan superdunne coatings die vloeibaar elektrolyt moeten vervangen.

Hoe dunner het laagje namelijk, hoe beter het elektrolyt in vaste vorm werkt. Daarom werkt de onderzoeker met technologieën waarmee materiaal atoomlaag voor atoomlaag aangebracht kan worden.

Dit gaat met behulp van een krachtige uv-laser, die via een objectievenstelsel in een vacuümkamer wordt gefocust op het materiaal dat de onderzoekers willen opdampen. Door de laser verder te bundelen, wordt het materiaal ter plaatse verhit tot tienduizend graden Celsius, waardoor een gloeiend plasma ontstaat, dat neerslaat op de silicium drager. Door vervolgens een elektronenbundel op het materiaal te richten, en te kijken hoe de elektronen weerkaatsen, kunnen de onderzoekers in het lab rechtstreeks zien hoe

dik de laag is die wordt aangebracht. Vóór het opdampen is het silicium glad, waardoor elektronen worden weerkaatst en geregistreerd door een sensor. Zodra er een atoomlaagje is opgedampt, wordt het oppervlak ruwer en raken de 'kaatsende' elektronen meer verspreid, waardoor de sensor er minder registreert. Zodra het tweede laagje verder wordt gevormd, worden de gaten in het eerste opgevuld, waardoor het materiaal weer gladder wordt. 'Bij elke nieuwe atoomlaag zie je dus oscillatie', zegt Huijben, 'daardoor weet je dat er weer een laagje bij is.'

Zo kan heel precies atoomlaagje voor atoomlaagje materiaal worden aangebracht. 'Het is lego op atomaire schaal. Elk materiaal is zijn eigen blokje en door combinaties te maken kun je nieuwe materialen ontwerpen.'

**Doordat eigenschappen** van materialen kunnen veranderen als ze in heel dunne laagjes worden toegepast, ontstaan soms verrassende effecten. Kan het zich ineens gedragen als een elektrolyt. Soms komt er ook iets totaal onverwachts uit het

lab. 'We ontdekten zo ooit een materiaal-combinatie die magnetisch werd terwijl de componenten dat niet waren', zegt Huijben. 'Daar kunnen wij in ons onderzoek niet meteen iets mee, maar we zijn wel gaan praten met andere onderzoekers, omdat het wellicht op ander gebied toepassingen heeft.'

Dankzij technologieën die werken op nanoschaal mogelijk maken, hebben materiaalonderzoekers nieuwe gereedschappen in handen gekregen om materialen te ontwikkelen die tot voor kort ondenkbaar waren. Zoals een soort cellulosevezel dat sterker is dan staal en spinnend web en dat volledig afbreekbaar is doordat het een biologische oorsprong heeft, aldus een recente studie in het vakblad *Nano* van de American Chemical Society.

Of ze maken materiaal dat zichzelf kan herstellen zodra het beschadigd raakt, meldde *Nature Materials* vorige maand. Dit bestaat uit vloeibare metaaldruppeltjes die zijn gevat in een zacht elastomeer. Zodra er een beschadiging optreedt, barst het elastomeer open en vult het vrijkomende vloeibare metaal de beschadiging op. Onderzoekers zien toepassingen in elektronische circuits in robotarmen, die dankzij de vondst wellicht zelfherstellend kunnen worden. Vergelijkbare principes kunnen worden toegepast in autolak: zodra er een kras optreedt, barsten kleine 'zakjes' met lak open, waarna de kras weer volstroomt en verdwijnt. Of voor het herstel van beschadigingen in de anode van accu's.

Het is niet alleen op nanoschaal waar nieuwe materialen worden ontdekt, ook de toepassing van bestaande materialen verandert. 'Dankzij innovaties als de 3D-printer kunnen we bestaande materialen op een heel nieuwe manier gebruiken', zegt Elvin Karana, universitair hoofddocent design engineering aan de TU Delft. 'Je kunt nu bijvoorbeeld hout printen. Of leer. Dingen die vroeger niet konden.'

Een nieuw onderzoeksveld is *growing materials*, organismen die groeien. Zoals bacteriën of champignons die om een fles groeien en zo de verpakking vormen. Het beschermt de fles, maar mensen blijken het ook prettig te vinden deze verpakking eraf te peuteren, zegt Karana. Ze beginnen ermee te spelen, het maakt de ervaring anders. 'En in plaats van de restanten weg te gooien kun je de champignons in je tuin gooien waar ze als compost dienen.'

Het vergt veel tijd voor nieuwe materia-

len in producten verschijnen, zegt Karana, soms wel tien tot vijftien jaar. Dat heeft meestal te maken met regelgeving. Zoals bij de toepassing van champignons als isolatiemateriaal in huizen. 'Dan moet je voldoen aan allerlei brandpreventieregels, regels over gezondheidsaspecten.'

Designers kunnen helpen het gebruik van nieuwe materialen te versnellen, stelt Karana. Soms weet een material scientist niet wat er allemaal mogelijk is met zijn materialen, zegt de onderzoeker. En soms kan een kleine aanpassing tot nieuwe toepassingen leiden. 'Wij kunnen daarbij helpen.'

**Dankzij de opkomst** van de 3D-printer heeft materiaalonderzoek ook op onverwachte wijze een impuls gekregen: door bestaand materiaal in nieuwe structuren te 'printen' kan het nieuwe eigenschappen krijgen. 'Je kunt eigenschappen inbouwen door het materiaal in vormen te gieten die eerder niet mogelijk waren', zegt hoogleraar mechanische metamaterialen Martin van Hecke bij Amolf. Van Hecke experimenteerde met het roze materiaal dat tandartsen gebruiken om afgietsels te maken van gebitten. Hij gebruikte de 3D-printer om het spul te 'gieten' in een rechthoekige vorm met twee soorten kleine en grotere holtes erin. Het

“

**Door de 3D-printer kunnen we bestaande materialen op een heel nieuwe manier gebruiken. Je kunt nu hout printen. Of leer**

ELVIN KARANA

UNIVERSITAIR HOOFDDOCENT DESIGN ENGINEERING TU DELFT



spul gedraagt zich zoals je zou verwachten, sponsachtig.

'Niet erg interessant', zegt Van Hecke. 'Maar toen bedacht ik zomaar op enkele plekken er een elastiekje om te binden.' Waarop iets gekst gebeurde: druk je het materiaal nu in, dan veert het niet, maar gedraagt het zich meer als een schokbreker. 'Kun je er ineens iets nieuws mee doen.'

Toepassingen zijn makkelijk te bedenken. In loopschoenen bijvoorbeeld. Of je maakt schoenen met twee soorten demping: afhankelijk van of de drager hardloopt of wandelt, zal de zool zich anders manifesteren. Hoe het materiaal zich in eerste instantie 'gedroeg', was een verrassing. Maar inmiddels zegt de onderzoeker het karakter beter te kunnen voorspellen. 'Ik begrijp het steeds beter.'

Zo maakte Van Hecke een kubus waaruit, zodra er druk op wordt gezet, zomaar uit het niets een gezichtje tevoorschijn komt – een voorspelde uitkomst.

Polman is opgetogen over de recente ontdekkingen die in de materiaalwetenschap zijn gedaan. Het brengt disciplines samen die voorheen gescheiden waren: engineering en fundamenteel onderzoek. 'In Europa en in Nederland zijn die twee altijd behoorlijk gescheiden geweest', zegt Polman. 'In de Verenigde Staten is het veel gebruikelijker dat deze disciplines samenwerken.' Dat engineers en onderzoekers ook in Nederland vaker samen komen voor materiaalonderzoek, is daarom alleen maar gunstig, vindt de hoogleraar.

Misschien komen het wondermateriaal van Van Hecke en de zonnefolie nog weleens samen in een nieuw type zonnecel, dat bestaat uit in massageproduceerde zonnefolie gemonteerd op materiaal dat vanzelf meedraait met de zon, zoals de zonnepanelen. Van Hecke: 'Zou mooi zijn.' ●