

Zonnecellen kunnen dunner en dus goedkoper worden.

Door nanostructuren. Margriet van der Heijden

# Zilver maakt zonnecellen dun

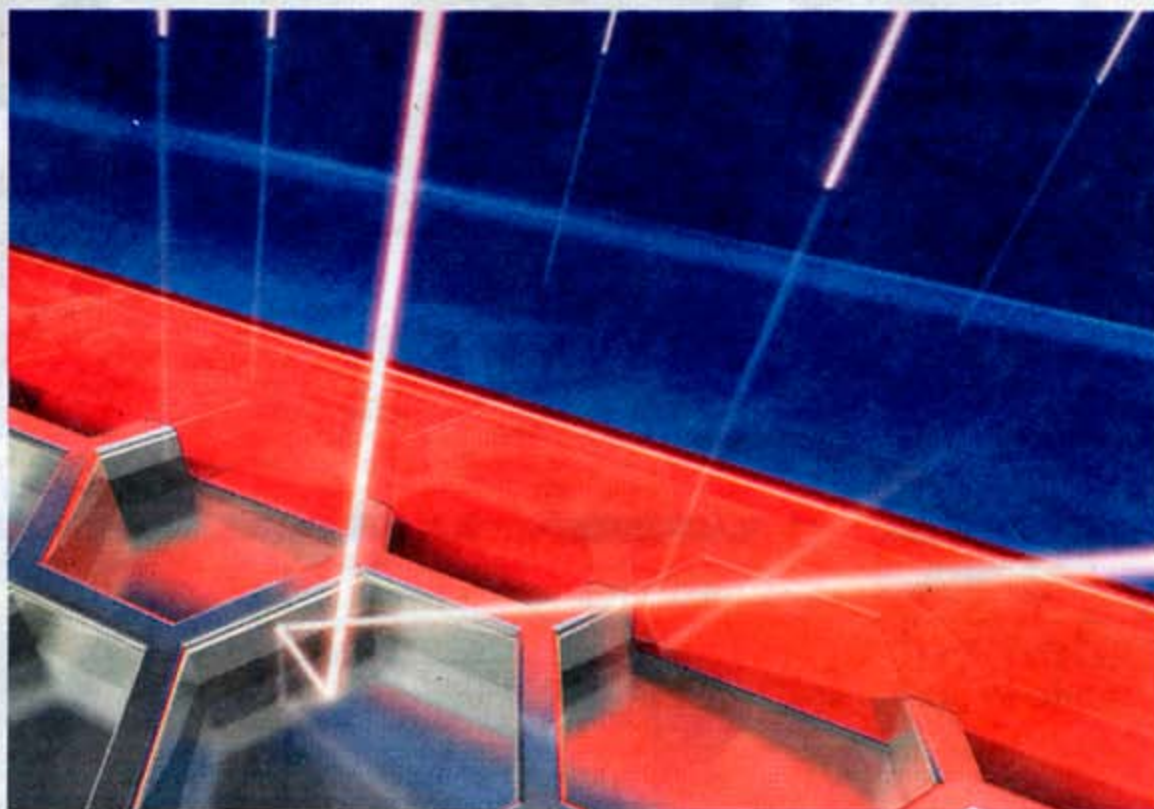
**K**IJK'. OP DE TAFEL bij het raam in zijn werkkamer heeft Albert Polman platte ronde doosjes van wit plastic klaargelegd. Polman is directeur van het Instituut voor Atoom- en Molecuulfysica (AMOLF) in Amsterdam, dat net een nieuw gebouw betrokken heeft met veel beton, hout, glas en kikkergras. Hij leidt hier ook een onderzoeksgroep. En deze week is Polman, samen met Harry Atwater van het California Institute of Technology (Caltech) in de Verenigde Staten, auteur van een overzichtartikel over nieuwe technieken in de zonneceltechnologie (*Nature Materials*, online, 19 februari).

Polman draait een plastic doosje open en haalt er een silicium wafer uit, een schijf met een diameter van ongeveer 15 centimeter. Door die schijf een beetje te kantelen licht er een patroon op van zo'n 100 kleine vierkantjes. Ze weerkaatsen rood, groen of blauw licht, afhankelijk van de hoek waaronder je de schijf houdt.

"Die kleuren, daar gaat het om", zegt Polman. "Elk vierkantje is een dunne zonnecel, maar een goede zonnecel hoort natuurlijk zwart te zijn." Een goede zonnecel absorbeert zoveel mogelijk van alle kleuren licht, en zet dat licht dan zo efficiënt mogelijk om in elektrische stroom. En om alle kleuren licht goed te absorberen, ook het rood en infrarood, zijn zonnecellen nodig waarin het licht een lange weg kan afleggen. In de praktijk: dikke zonnecellen. Naar verhouding natuurlijk: tussen de 180 en 300 micrometer ruwweg. En dat is een van de redenen voor hun hoge prijs, zegt Polman. "Ongeveer driekwart van de prijs zit in materiaalkosten."

**DRESSEREN** In hun overzichtartikel beschrijven Polman en Atwater nieuwe methodes die zonnecellen veel dunner kunnen maken – maar 2 micrometer dik bijvoorbeeld of op den duur wellicht zelfs maar 100 nanometer (dat is 0,1 micrometer). Ze komen voort uit de nanofotonica die minuscule structuren, nanostructuren, toepast om licht te dresser. En ze werden eerder al – in kleine zonnecellen – beproefd op AMOLF, in samenwerking met de Universiteit Utrecht, Philips Research in Eindhoven en Caltech (*Applied Physics Letters*, 3 november 2009).

De nanostructuren bestaan bijvoorbeeld uit minuscule zilveren bolletjes met een diameter van ongeveer 100 nanometer die – heel gemakkelijk – uit zilverdamp neerslaan op het silicium op-



Tekening van een zonnecel met een zilveren nanostructuur die het zonlicht zodanig vouwt dat het bijna in de lengterichting door de zonnecel gaat reizen. Het zonlicht wordt daardoor efficiënter in elektrische stroom omgezet.

FOM/TREMANI

Volgens Polman valt die afweging bij de minuscule kantelen goed uit omdat (relatief) grote metaalstructuren weinig absorberen. En de techniek om ze te maken is goed te vertalen naar grootschalige zonnecelproductie, zegt Polman. Hij laat de rubberen stempel zien die zijn collega Marc Verschuuren bij Philips ontwikkelde. In zacht glas drukt deze stempel het kantelenpatroon met een precisie van 1 nanometer. Over dat glaspatroon wordt daarna een zilverlaagje gedampt en daaroverheen komt dan het silicium van de zonnecel. First Solar, de

pervlak van een zonnecel. De bolletjes absorberen uit het spectrum vooral het infrarode licht dat anders juist dwars door dunne zonnecellen heen schiet. Nu laat het infrarode licht de elektronen aan het zilveroppervlak van de bolletjes op een collectieve manier trillen – ze vormen 'plasmonen'.

Polman: "Elk bolletje wordt een soort dipoolantenne. Het wil het licht weer uitstralen, en doet dat het liefst in de richting met de grootste brekingsindex." Dat betekent dat het infrarode licht amper naar de lucht erboven terugkaatst, maar vooral onder allerlei hoeken het silicium van de zonnecel in wordt gestuurd. Daar weerkaatst het tegen de onderkant van de zonnecel, om bovenin weer te stuiten op een bolletje dat het terug het silicium instuurt, enzovoorts. Dat 'pingpongen' zorgt ervoor dat het infrarode licht niet kan ontsnappen, 'opgesloten' wordt. Daardoor legt het in de dunne laag zo'n lange weg af dat de kans op absorptie weer bijna even groot is als in een dikke zonnecel.

Nog beter werkt een patroon van zilveren kantelen onderin de zonnecel, zegt Polman. "Het

voordeel van deze plek is dat de zilverstructuren het invallende groene en blauwe licht niet langer hinderen. Dat is onderweg in de cel al geabsorbeerd." Het infrarode licht, dat wel door de cel reist, wordt door de plasmonen die in de kantelen ontstaan dwars naar opzij gestuurd. En in de lengterichting van de zonnecel kan het licht dan zo'n lange weg afleggen, dat het kan worden geabsorbeerd en aan de elektrische stroom kan bijdragen.

'Plasmonics', zoals het goochelen met plasmonen (en dus licht) heet, is een "mooi nieuw stuk gereedschap in de gereedschapskist van zonnecelbouwers", zegt prof. dr. Richard van de Sanden, die een grote zonnecelgroep leidt aan de Technische Universiteit Eindhoven. "Eigenlijk kent iedereen het verschijnsel uit glas-in-loodramen. In het rode glas daarvan zitten minuscule goudkorreltjes waarin onder invloed van licht ook plasmonen ontstaan. Die zenden in dit geval dus rood licht uit."

**OPTELLEN** Je kunt met nanostructuren waarin plasmonen ontstaan, dus niet alleen licht opsluiten, maar ook kleur selecteren en zelfs lichtgolven optellen. Van twee infrarode golven één golf in het zichtbare licht maken bijvoorbeeld. "Met zulke manipulaties kun je de efficiëntie van zonnecellen proberen te verhogen", zegt Van de Sanden.

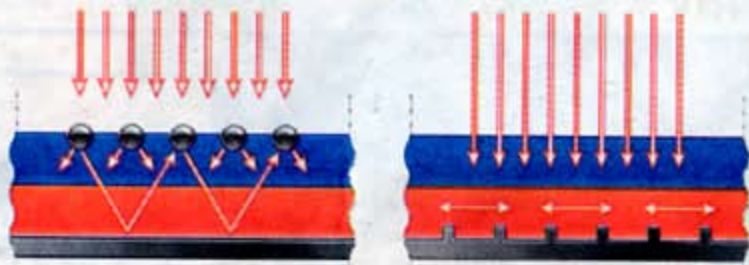
Wat je wel moet meewegen, zegt hij, is dat het zilver of goud ook een deel van het licht absorbeert. Dat gaat weer ten koste van de efficiëntie. "In sommige gevallen bereik je daardoor met een simpele coating meer, dan met technisch ingewikkelder structuren."

grootste zonnecelfabrikant in de vs, heeft al gebeld, zegt Polman, en hij heeft ook gesproken met de Nederlandse zonnecelfabrikant Solland.

**VOORDEEL** Hoe goedkoop de dunne zonnecellen worden die dat kan opleveren, hangt niet alleen van materiaalbesparing af. Ingewikkelder productietechnieken geven weer extra kosten. Het is steeds een afweging. In de nieuwste experimenten, zegt Polman, heeft de groep nu zonnecellen gemaakt die maar ruim 100 nanometer dik zijn. Die zijn iets minder efficiënt, maar zeker een stuk goedkoper. Van zulke hele dunne zonnecellen kun je in principe vellen maken, gewoon op een grote rol. Daarmee zou je gemakkelijk grote oppervlakken kunnen bedekken, om zo de iets lagere efficiëntie weer te compenseren. Een heel dak bijvoorbeeld. Polman: "Daar kun je nog overheen lopen ook, want tegenwoordig kunnen we zonnecellen zo robuust maken dat ze daarvan niet barsten."

In hun artikel beschrijven Polman en Atwater nog een mogelijk voordeel. De beste dunne zonnecellen worden namelijk gemaakt met telluur, een schaars aardmetaal. Er wordt per jaar maar zo'n 300 ton van gedolven, net genoeg voor zonnecellen die jaarlijks 3 gigawatt energie leveren – minder dan één promille van het wereldwijde jaarlijkse energieverbruik. "In het licht van die schaarste", zegt Polman, "wordt het ineens interessant dat je met deze techniek ook telluurencellen 10 tot 20 keer dunner kunt maken." En zeker, zonnecellen zullen nooit in al onze energie voorzien. "Maar ik geloof echt dat we op termijn wereldwijd 20 procent van onze energie uit zonlicht zullen halen", zegt Polman. ●

Zonnecellen kunnen dunner en goedkoper worden als zilveren bolletjes (rechts) of kantelen (geheel rechts) het zonlicht zo verstrooien dat het blijft opgesloten in de cel, en daardoor efficiënter kan worden omgezet.



BEELD FOM/TREMANI