

Opmars van de kleurstofzonnecel

Rob Stroeks - 25-5-2006

Samenvatting

Een van de meest veelbelovende nieuwe generaties zonnecellen (PV) ontwikkeld in Japan, is de *photocapacitor*, 's werelds eerste zonnecel die opwekking en opslag in één en hetzelfde systeem combineert. Deze innovatieve 'kleurstofzonnecel', in 2004 ontwikkeld door dr. Tsutomu Miyasaka van Toin University in Yokohama (1), is flexibel, transparant, licht en goedkoop. Miyasaka verwacht commercialisering van de kleurstofzonnecel vanaf 2008. De eerste experimentele toepassingen zijn reeds te zien in een futuristische auto van Mazda, waarbij de cel in het dak is verwerkt. De eerste marktwaardige producten zijn te verwachten in draagbare elektronica. Onderzoek met als doel om het rendement van de cel te verder te verhogen krijgt veel aandacht. De verwachting is dat de kleurenzonnecel de huidige generatie zonnecellen gebaseerd op het dure silicium uiteindelijk zal gaan vervangen. Het ultieme doel is een methode te ontwikkelen waarmee zonne-energie kan concurreren met klassieke manieren van energieopwekking.

Details

De kleurstofzonnecel is in opmars. De technologie voor deze volgende generatie zonnecellen, ook wel dye-sensitized cell (DSC) genoemd, is in 1991 gepatenteerd door Michael Graetzel (2). Sindsdien is overal ter wereld veel energie gestoken in experimenteel onderzoek naar deze zonnecellen. In 2008 verlopen de patenten en komt de markt vrij voor toepassingen op grote schaal. Op dit moment is het rendement van de kleurstofzonnecel nog erg laag, maar de onderzoekers zijn hard op weg om hier met verbetering in te brengen.

De nieuwe techniek trekt veel aandacht als alternatief voor de op (kristallijn) silicium gebaseerde zonnecellen die op dit moment de markt beheersen. Een markt die nog steeds groeit: in 2004 steeg de productie van PV-cellen globaal met maar liefst 62 procent. Silicium is echter schaars in vergelijking met de potentiële markt voor zonne-energie. Het aanbod van silicium wordt verder beperkt doordat de halfgeleiderindustrie grote hoeveelheden silicium gebruikt. Zonnecellen gebaseerd op silicium zijn en blijven daardoor te duur om te concurreren met klassieke manieren om energie op te wekken. Innovatieve zonnecellen zijn nodig om ook op lange termijn grootschalig gebruik te maken van zonne-energie.

Japan is een van de voorlopers in de ontwikkeling van fundamentele en toegepaste technologie voor de kleurstofzonnecel. In 1976 al had dr. Hiroshi Tsubomura van Osaka University (3) een eerste conceptuele DSC ontwikkeld van hetzelfde principe als de cel waarvoor Graetzel in 1991 de patenten kreeg.

Photocapacitor: baanbrekende Japanse zonnecel

Een van de opvallendste recente Japanse innovaties op het gebied van kleurstofzonnecellen is de photocapacitor, 's werelds eerste zonnecel die opwekking en opslag in één en hetzelfde systeem combineert. De photocapacitor is ontwikkeld door dr. Tsutomu Miyasaka van Toin University in Yokohama. Het model van 2004 was een 2,5 gram lichte flexibele zonnecel ter grootte van een visitekaartje en had 4 procent rendement (dit is de hoeveelheid opgewekte elektrische energie per eenheid zonne-energie). Door zes eenheden in serie aan elkaar te schakelen, realiseerde Miyasaka een zonnecel met een hoog voltage van 4V, ongeveer evenveel als een oplaadbare batterij.

Eind 2005 kwam Miyasaka met een verbeterde en grotere versie van de photocapacitor. De zonnecel van dertig bij dertig centimeter kan voldoende energie leveren voor een mobiele telefoon. Ook het rendement is verbeterd naar 6 procent, en daarmee wordt de photocapacitor een steeds serieuzere concurrent van bestaande zonnecellen gebaseerd op amorf silicium.

Miyasaka gebruikt flexibele materialen voor de elektroden van zijn DSC. Doordat ook titaniumoxide en organische kleurstoffen zachte materialen zijn, is de zonnecel in zijn geheel flexibel. De cel kan gebogen worden tot een radius van vijf millimeter, hetgeen volgens Miyasaka toepassingen mogelijk maakt op kleding en tassen, maar ook op gebogen oppervlakken van mobiele telefoons en andere draagbare electronica. Afhankelijk van de gebruikte organische stof zijn verschillende kleuren mogelijk. Het productieproces maakt gebruik van bestaande printtechnieken en is daardoor goedkoop, ongeveer een vijfde van de huidige generatie zonnecellen.

Miyasaka verwacht commercialisering van de photocapacitor vanaf 2008.

Hiervoor heeft hij in 2004 een venture company opgericht (4).

Experimentele toepassingen zijn reeds te zien, bijvoorbeeld tijdens de Tokyo Motor Show in oktober 2005 (5), waar een futuristische Mazda te zien was met de cel verwerkt in het transparante dak. De eerste marktwaardige producten met de innovatieve kleurstofzonnecel zijn vanaf 2008 te verwachten in draagbare elektronica, zoals mobiele telefoons en digitale cameras. Latere toepassingen verwacht Miyasaka voor huishoudens, de autoindustrie, landbouwtoepassingen en andere gebieden.

Energieopslag van de photocapacitor

Voor de energieopslag maakt de photocapacitor geen gebruik van een externe batterij zoals bij bestaande zonnecellen het geval is. In plaats daarvan is aan de binnenkant van de elektroden een poreuze laag koolstofdeeltjes aangebracht die elektronen vasthouden totdat het elektrische circuit gesloten wordt door lichtinval. Miyasaka's nieuwste prototype kan tot 0,8 volt opladen na een paar minuten onder een 500 watt lamp te zijn gehouden. De opslagcapaciteit per eenheid vierkante centimeter (0,5 F of Farad)(6) is dusdanig dat een PV-module van standaardgrootte theoretisch vergelijkbaar wordt met de accu van een personenwagen.

Technologie van de kleurstofzonnecel

De kleurstofzonnecel is op dit moment de verst ontwikkelde innovatieve zonnecel. Deze bevat twee transparante elektroden, in dit geval elektrisch geleidende substraten van glas of een polyethyleen plastic. Op één van de substraten is een halfgeleider-substantie zoals titaniumoxide aangebracht die bewerkt is met een lichtabsorberende organische kleurstof. De halfgeleiderdeeltjes zijn kristallijn op nanoniveau (15 tot 30 nanometer groot) en hebben daardoor een grote oppervlakte waarop de kleurstofdeeltjes kunnen vasthechten. Tussen de elektroden is een vloeibaar elektrolyt ingebracht. Het elektrolyt reikt tot in de openingen tussen de met kleurstoffen bewerkte titaniumoxidedeeltjes.

Het principe van de kleurstofzonnecel wordt wel vergeleken met fotosynthese, dat gebruik maakt van elektrische energie uit lichtabsorberende pigmentdeeltjes bij de productie van zuurstof. Bij de kleurstofzonnecel zorgt lichtinval ervoor dat een aantal van de elektronen in de kleurstof een hogere energietoestand krijgen (foto-excitatie). Door de speciale nanostructuur waarin de halfgeleiderdeeltjes gerangschikt zijn, kunnen deze elektronen bijna zonder verlies via de titaniumoxidelaag en de elektrode naar een extern circuit bewegen. Nadat de lading daar is afgegeven aan het uiteindelijk te voeden apparaat of circuit, komen de elektronen weer terug via de elektrode aan de achterkant. Daarna neutraliseren ze het elektrolyt en brengen ze de titaniumoxide laag weer terug in de oorspronkelijke staat.

In tegenstelling tot bestaande zonnecellen gebaseerd op silicium, is de kleurstofzonnecel ook gevoelig voor licht onder kleinere invalshoeken. Hierdoor werkt de cel ook bij diffuus licht en bij lage lichtniveaus, zolang de totale inkomende lichthoeveelheid voldoende is.

De stabiliteit van de zonnecel op lange termijn is afhankelijk van de organische kleurstof en van het elektrolyt. In plaats van titaniumoxide is ook onderzoek gedaan met cadmiumsulfide. Voor het elektrolyt kunnen in plaats van vloeistof ook gel-achtige substanties worden gebruikt.

Generaties zonnecellen

Kleurstofzonnecellen vallen onder de categorie organische zonnecellen, ook wel de derde generatie zonnecellen genoemd, na de huidige kristallijne silicium zonnecellen (eerste generatie) en zonnecellen gebaseerd op de dunnefilm-technologie (tweede generatie).

- De eerste generatie beheerst momenteel de markt met een aandeel van meer dan 80 procent, maar is niet in staat om te blijven voldoen aan de wereldwijd groeiende vraag naar zonnecellen, bijvoorbeeld uit China. De hoeveelheid silicium is hiervoor te beperkt en baanbrekende technologische verbeteringen om de efficiëntie van dit soort zonnecellen te verhogen zijn niet te verwachten. Japan is een toonaangevend land op het gebied van zonne-energie. Van de mondiale toptien van zonnecel-producerende bedrijven komen er

maar liefst vier uit Japan: 's werelds grootste producent Sharp, goed voor 29 procent van de wereldproductie, Kyocera (tweede plaats, 11 procent), Mitsubishi Electric (vijfde plaats, 7 procent) en Sanyo (zevende, 5 procent).

- De kristallijn silicium-cellen verliezen terrein aan de goedkopere en lichtere tweede generatie dunne filmtechnologie, die bijvoorbeeld zijn gebaseerd op amorf silicium. Doordat de technologie echter nog steeds afhankelijk is van het schaarse silicium en het productieproces erg complex is, zal de prijs van deze soort zonnecellen niet substantieel dalen. Ontwikkelingen verlopen langzamer dan eerder was aangenomen.
- Derde generatie organische zonnecellen zijn gebaseerd op kleurstofcellen, polymeren of moleculen. Ze zijn goedkoop en eenvoudig te produceren. Daartegenover staat dat hun rendement nog niet de niveaus haalt van de huidige generaties zonnecellen. Technologische ontwikkelingen voor de toepassing van polymeren en moleculen zijn nog in een pril stadium, maar de kleurstofzonnecel staat op het punt om op de markt te komen. De verwachting is dat organische zonnecellen de markt uiteindelijk zullen gaan overnemen.

NEDO

Een belangrijk onderzoeksinstituut actief op gebied van innovatieve zonnecellen is het Japanse NEDO (7). In april 2006 zijn bij NEDO twee nieuwe nationale R&D-programma's gestart voor volgende generatie zonnecellen en voor grootschalig gebruik van zonnecellen. De programma's lopen van 2006 tot 2009 en zijn gebaseerd op de PV Roadmap 2030, waarin NEDO voorspelt dat de helft van het aantal Japanse huishoudens in 2030 met zonne-energie van energie voorzien zullen worden, en dat de cumulatieve capaciteit uit zonne-energie dan 100 GW zal zijn.

Bronnen en meer informatie

1. Miyasaka Laboratory, Toin University in Yokohama:
<http://www.cc.toin.ac.jp/sc/miyasaka/>
2. Swiss Federal Institute of Technology:
<http://dcwww.epfl.ch/lpi/graetzel.html>
3. 'PV Roadmap toward 2030', June 2004, NEDO
4. Peccell Technologies: <http://www.peccell.com/english/index.htm>
5. 'Dye-sensitized solar cells cast shadow over silicon', Nikkei news, 8 mei 2006
6. Farad is de SI-eenheid voor elektrische opslagcapaciteit van condensatoren
7. NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization
www.nedo.go.jp, tegenhanger van het Nederlandse SenterNovem