

Zonnestroom duurzame energie voor morgen

Het grootste zonnedak ter wereld is in het voorjaar van 2002 op de Floriade in gebruik genomen. Ruim negentienduizend zonnepanelen bedekken er een expositiehal met een oppervlakte van drie voetbalvelden. De productie van zonnecellen stijgt jaarlijks gemiddeld met vijfentwintig procent. Verwacht wordt dat zonnestroom in de toekomst in de mondiale energievoorziening een belangrijk aandeel zal verwerven. Door nieuwe technologische ontwikkelingen zal zonnestroom steeds beter met uit fossiele bronnen opgewekte stroom kunnen wedijveren.



's Werelds grootste zonnedak bevindt zich in Nederland

De bezoekers van de Floriade, de Nederlandse wereldtuinbouwtentoonstelling, konden het eerst het grootste zonnedak ter wereld al bewonderen. De semi-transparante zonnepanelen wekten elektriciteit op en vormden het dak van een expositiehal. Doordat de panelen niet tegen elkaar aan waren geplaatst, lieten ze voldoende licht door voor de geëxposeerde bloemen, planten en bomen.

De zonnecentrale van de Floriade – na de sluiting van de tentoonstelling eind oktober bleef het zonnedak in bedrijf – heeft een oppervlakte van maar liefst dertigduizend vierkante meter, in grootte vergelijkbaar met

Het zonnedak op de Floriade: vijftientig kappen met zonnepanelen, elk honderd meter lang. De monokristallijne silicium zonnecellen bevinden zich tussen glas en folie, waardoor de constructie lichter en goedkoper wordt. (links)

Het voordeel van zonnepanelen is dat ze niet alleen makkelijk op daken en gevels kunnen worden geplaatst, maar ook op andere objecten in het landschap, zoals geluidswallen. (rechts)

drie voetbalvelden. Met ruim negentienduizend zonnepanelen en een elektrisch piekvermogen van 2,3 megawatt overtreft het zonnedak van de Floriade de 1 megawattpiekinstallatie op het beursterrein van München, tot voor kort nog de grootste 'gebouwgebonden centrale'. (Het vermogen van zonnecentrales wordt uitgedrukt in wattpiek, het vermogen bij maximale zonnekracht. Het gemiddelde vermogen onder Nederlandse en Belgische condities is gemiddeld tien procent van het piekvermogen.)

In München werden de daken van zes expositiehallen in 1997 met achtduizend vierkante meter PV-modules bedekt (PV staat voor zonnestroom en is een uit het Engels afkomstige afkorting van PhotoVoltaic solar energy, in het Nederlands: fofovoltaïsche zonne-energie). Het project kostte veertien miljoen Duitse mark en levert de opgewekte elektriciteit direct aan de beursgebouwen. De totale investeringskosten van de zonnecentrale op de Floriade bedroegen

17,5 miljoen euro, waarvan het ministerie van Economische Zaken vijf miljoen euro subsidieerde. De opgewekte elektriciteit (jaarlijks 1,23 miljoen kilowattuur) werd aan het elektriciteitsnet geleverd en als 'natuurstroom' ook weer aan de gebouwen en installaties op de Floriade teruggeleverd. Het dak kan vierhonderd huishoudens van elektriciteit voorzien.

8,5 KILOMETER ZONNEPANELEN

'Bijzonder aan het zonnedak op de Floriade is zijn grote omvang, zeker voor een installatie die gekoppeld is aan een gebouw,' zegt Remko Knol, sales manager duurzame energieprojecten en -systemen van Siemens Nederland. Siemens is actief in het vlak van duurzame energie (wind-energie, energie uit biomassa en zonne-energie) en houdt zich op het terrein van zonnestroom vooral bezig met de technische realisatie en het beheer van grote netgekoppelde systemen. 'Wereldwijd zijn er wel zonnecentrales 'in het veld' die

NOVEM/Hans Pattist



DE PRODUCENTEN

het zonnedak van de Floriade qua piekvermogen overtreffen, zoals in Italië, maar van de gebouwgebonden PV-centrales is het zonnedak nu de grootste ter wereld.'

De zonnepanelen zijn geïntegreerd in de overkapping van de expositiehal. Het zonnedak bestaat uit vijftachtig kappen met zonnepanelen, elk honderd meter lang. De zonnepanelen (elk paneel heeft zesenzestig zonnecellen) liggen in een hellingshoek van 18,5 graden in noordoostelijke en zuidwestelijke richting. Knol: 'Voor het eerst is gebruik gemaakt van een combinatie van glas met folie voor glasoverkappingen waartussen de monokristallijne silicium zonnecellen liggen. In de zonnepaneelfabricage domineert tot op heden de glas-glastechniek. Een belangrijk voordeel van een combinatie van glas met folie is dat de panelen een stuk lichter zijn, zodat de draagconstructie van de expositiehal goedkoper en lichter kon worden gebouwd. Op de Floriade werd een beroep gedaan op ontwerpen en technieken uit de kassenbouw die voor de combinatie met zonnepanelen geschikt zijn gemaakt.' De zonnecellen op het zonnedak liggen vier millimeter van elkaar, zodat elk paneel niet alleen licht doorlaat, maar tegelijkertijd ook schaduw biedt.

DERDEWERELDLANDEN BELANGRIJKE AFZETMARKT

'Dat zonnecellen oorspronkelijk werden ontwikkeld voor toepassingen in de ruimtevaart is een veelgehoorde, maar niet geheel correcte uitspraak,' aldus Wim Sinke, manager van de afdeling zonne-energie van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) in Petten. 'Al in de jaren vijftig werd een grote fabriek voor zonnecellen voor aardse toepassingen gebouwd. Die kon haar producten echter onvoldoende kwijt. Zonnecellen werden in de ruimtevaart wel voor het eerst voor een breed publiek zichtbaar toegepast, zij het dan in minuscule oppervlakken.' Op satellieten zit het neusje van de zalm van de zonneceltechnologie: peperdure cellen met een extreem hoog rendement van circa vijftientwintig procent. Dat houdt in dat een kwart van de

De productie van zonnecellen groeit jaarlijks met gemiddeld een kwart en ligt nu op vierhonderd megawattpiek per jaar. De vier grootste bedrijven zijn: Kyocera Solar en Sharp (beide Japans), BP Solar (Verenigde Staten, met productievervestigingen wereldwijd) en (sinds de overname van Siemens Solar dit jaar) Shell Solar. Met de overname van Siemens Solar breidde Shell zijn productiecapaciteit uit tot vijftig megawattpiek per jaar. De Brits-Nederlandse multinational produceert zonnecellen in Duitsland (multikristallijn silicium) en sinds de overname van Siemens Solar ook in de Verenigde Staten (Californië). Daar worden monokristallijne siliciumcellen en – sinds 1998 – op beperkte schaal CIS-cellen geproduceerd. De panelen worden geassembleerd in Duitsland, Nederland (Helmond) en Portugal.

'In België is de voorbije jaren op het gebied van kristallijne silicium zonnecellen veel onderzoek gedaan door het Leuvense onderzoeksbureau IMEC, in samenwerking met de Universiteit Leuven,' zegt Werner Coppys van het onderzoeks- en adviesbureau 3E in Brussel. In 2003 zal IMEC van start gaan met het productiebedrijf PhotoVoltech. De technologie- en materialengroep Bekaert uit het Belgische Kortrijk is in een joint venture met het Amerikaanse Energy Conversion Devices actief met de productie van dunnefilm (amorf silicium) zonnecellen op flexibel substraat. Bekaert ECD Solar Systems verhoogde de productiecapaciteit van de fabriek in Michigan onlangs tot vierendertig megawattpiek en overweegt ook in Europa (niet in België) een productielijn te openen.

energie uit zonlicht wordt omgezet in bruikbare elektrische energie. Tegenwoordig vinden we zonnecellen in allerlei consumentenproducten zoals horloges en rekenmachines, en als autonome energievoorziening op en in schepen, campers, caravans, tuinhuisjes, navigatiebakens, bij drinkwatervoorzieningen voor vee, in meet- en regelapparatuur, enzovoort.

In ontwikkelingslanden biedt zonnestroom vaak een oplossing, omdat op het platteland zelden een openbaar elektriciteitsnet aanwezig is. Zonnepanelen leveren er elektriciteit aan woningen, ziekenhuizen en scholen. Inmiddels hebben twee miljoen huishoudens wereldwijd een solar home system, een klein autonoom zonne-energiesysteem dat bestaat uit een zonnepaneel, een accu en een laadregelaar waarmee stroom wordt opgewekt voor onder meer verlichting, koeling, televisie en radio. Het systeem vraagt weinig onderhoud, werkt geluidloos (in tegenstelling tot bijvoorbeeld dieselsegeneratoren) en de panelen hebben een lange levensduur (meestal meer dan twintig jaar). De accu's gaan helaas minder lang mee. Veel leveranciers van solar home systemen leveren daarom ook 'nazorg' in de vorm van onderhoudsprogramma's en bieden de mogelijkheid oude accu's in te ruilen.

En last but not least betekent zonnestroom een hele verbetering als het gaat om de levensomstandigheden van de plattelandsbevolking. Er worden minder fossiele brandstoffen

of hout verbrand, dus komen er ook minder schadelijke stoffen vrij en is er minder brandgevaar.

Derdewereldlanden in Afrika, Azië en Zuid-Amerika, en groei-economieën zoals China en India, zijn belangrijke afzetmarkten voor de PV-industrie. Dat zal voorlopig wel zo blijven, want wereldwijd blijft vandaag nog altijd twee miljard mensen (een derde van de totale wereldbevolking) verstoken van elektriciteit.

UITDAGING VOOR ARCHITECTEN

In de westerse landen worden de meeste PV-systemen – ook de kleinere – aan het openbare elektriciteitsnet gekoppeld. Via omvormers wordt de door de zonnecellen geproduceerde gelijkstroom omgezet in wisselstroom, waarna de stroom aan het net wordt geleverd. Het voordeel van zonnepanelen is dat ze makkelijk op daken en gevels kunnen worden geplaatst en de schaarse ruimte goed benutten. Woonhuizen en kantoorgebouwen, maar ook geluidswallen en andere objecten, zijn geschikt voor de plaatsing van zonnepanelen. Soms worden de panelen op platte daken geplaatst en aan het oog onttrokken, maar ze worden ook vaak zichtbaar in gebouwen geïntegreerd en kunnen de architectuur zelfs een meerwaarde bieden. Fabrikanten spelen op de esthetische wensen van ontwerpers in door gekleurde panelen aan te bieden. Nadelen van zonnepanelen met een modieus kleurtje zijn een lager celrendement en een hogere prijs.

In Nederland staat nu circa achttien megawattpiek PV-vermogen opgesteld. De Nederlandse overheid streeft ernaar in 2020 met duurzame bronnen (elektriciteit én warmte) tien procent van het primaire energiegebruik op te vangen. Voor 2010 wordt gestreefd naar vijf procent duurzame energie. Het subdoel van 1.450 megawattpiek geïnstalleerd PV-vermogen in 2020 werd vorig jaar geopperd. Sinke: 'De PV-sector zelf spreekt wel nog over een haalbaar PV-vermogen tussen de 1.500 en 3.000 megawattpiek in 2020. Deze cijfers moet je zien als een uitdaging naar de overheid.' Momenteel zijn de belangrijkste duurzame energiebronnen biomassa (waartoe ook een deel van ons afval wordt gerekend) en windenergie.

In België is het vermogen uit zonnestroom minder dan één megawattpiek, aldus Werner Coppye van het Brusselse onderzoeks- en adviesbureau 3E. Het beleid de toepassing

van duurzame bronnen te stimuleren, is in België een regionale aangelegenheid. Vlaanderen streeft naar vijf procent duurzame energie in 2010. Wallonië heeft geen officiële doelstelling, maar is niettemin erg actief met de promotie van zonnecollectoren (vooral voor de warmwaterproductie). Het aandeel duurzame energie op de totale energieconsumptie ligt zowel in België als in Nederland momenteel op ongeveer één procent.

Voor de hele Europese Unie streeft de Europese Commissie naar een verdubbeling van de hoeveelheid duurzame energie tot twaalf procent in 2010. Het aandeel duurzaam opgewekte elektriciteit moet dan 22,1 procent bedragen. Die cijfers liggen hoger dan de Nederlandse en Belgische doelstellingen, want het betreft een gemiddelde voor alle EU-landen. De mate waarin de verschillende Europese landen groene energie produceren loopt sterk uit-

een. Zo zijn Oostenrijk en Scandinavië grote producenten door de aanwezigheid van waterkrachtcentrales. De Europese Commissie ondersteunt duurzame energieprojecten financieel met het ALTENER-programma voor algemene projecten en het THERMIE-programma voor technologieontwikkeling.

GROENE STROOM ERG POPULAIR

In Nederland is de verkoop van duurzaam opgewekte elektriciteit (groene stroom) aan consumenten en bedrijven de voorbije jaren een groot succes geworden. De populariteit is mede te danken aan de vrijstelling van de Regulerende Energiebelasting (REB). Hierdoor werd het prijsverschil met 'grijze' stroom heel klein of soms zelfs nul of negatief. Nu neemt in Nederland een miljoen klanten groene stroom af. Volgens eerdere berekeningen van het ECN zal het aantal verder groeien tot drie miljoen in 2010, wat

De Nederlandse overheid streeft ernaar in 2020 met duurzame bronnen tien procent van het primaire energiegebruik op te vangen. Dat betekent aanzienlijk meer zonnepanelen, die op een esthetische manier moeten worden aangebracht. Fabrikanten bieden al gekleurde panelen aan, maar die hebben een lager rendement.

NOVEM/Hans Pattist



neerkomt op veertig procent van alle huishoudens. Of de groei aanhoudt hangt echter af van het voornemen van de overheid om de vrijstelling van de REB voor consumenten (ecotax) gedeeltelijk en voor bedrijven geheel af te schaffen.

Door het succes van groene stroom is sinds 2000 de import van elektriciteit uit duurzame bronnen sterk toegenomen. Tachtig procent van de groene stroom in Nederland wordt ingevoerd. Om het weglekken van subsidies naar al bestaande buitenlandse energieproducenten te voorkomen, wil de Nederlandse regering dat alleen nog nieuw te bouwen duurzame energiecentrales – in binnen- of buitenland – van de belastingvrijstelling kunnen genieten.

Behalve dat ze groene stroom importeren, exploiteren de energiebedrijven ook zelf duurzame energiecentrales in het buitenland. Energiebedrijf NUON (in Nederland koploper in het aantal natuurstroomklanten) zoekt duurzame energieprojecten over de grens omdat de realisatie in Nederland niet snel genoeg gaat. Dat geldt zeker voor de bouw van windparken, zo meldt het bedrijf in het jaarverslag 2001. NUON constateert dat Nederland, als windland bij uitstek, de doelstellingen voor windenergie niet weet te realiseren doordat de procedures te veel tijd in beslag nemen. Inmiddels exploiteert het energiebedrijf windparken in Duitsland, India en China en werkt het samen met Spanje, waar windenergie een hoge vlucht neemt. In de Noorse provincie Finnmark wordt in oktober in samenwerking met twee Noorse energiebedrijven 's werelds meest noordelijk gelegen windpark in bedrijf gesteld.

Het aandeel zonnestroom dat NUON in het buitenland opwekt, is nog erg klein. Op het platteland in Mali is enkele jaren geleden een zonnecentrale voor lokaal gebruik (zevendui-

De hoge kostprijs van zonnecellen is onder andere een gevolg van het gebruik van dure materialen en technieken. De prijzen van het kristallijne silicium stijgen zodra de vraag het aanbod overtreft. Toch wordt verwacht dat de prijzen de komende jaren jaarlijks met vijf tot zeven procent zullen dalen.

RACEAUTO MET ZONNECELLEN UIT DE RUIMTEVAART

Eind 2001 won het Nederlandse Alpha Centauri team de zesde World Solar Challenge, een wedstrijd voor raceauto's die door zonnecellen worden aangedreven (zie Eos nr. 11, november 2001). De gemiddelde snelheid van de Nederlandse Nuna, gebouwd door studenten van de Universiteiten van Delft en Amsterdam, was éénennegentig kilometer per uur, de top lag op honderd dertig kilometer per uur. In totaal werd drieduizend kilometer afgelegd, dwars door Australië. De Nuna was uitgerust met triple junction gallium-arsenide zonnecellen, die de Europese ruimtevaartorganisatie ESA speciaal voor satellieten heeft ontwikkeld en in 2003 tijdens de SMART-1 missie naar de maan worden getest. Het rendement van zulke cellen is zevenentwintig procent. Als mascotte en als energiebron voor de communicatie-uitrusting was een stripje zonnecellen aan de Nuna bevestigd dat ooit deel uitmaakte van de PV-panelen van de Hubble Space Telescope. De World Solar Challenge moet een impuls zijn voor onderzoek en ontwikkeling van zonneceltechnologie.

zend huishoudens) gerealiseerd en op de VN-topconferentie in Johannesburg werd het startschot gegeven voor een project in Zuid-Afrika. Daar worden vijftigduizend huishoudens met solar home systems van elektriciteit voorzien.

In België is de wetgeving voor groene energie net afgerond, maar er worden nog geen 'groene energieproducten' verkocht. De liberalisering van de energiemarkt is hier minder snel gegaan dan in Nederland. Een ander verschil met Nederland is dat de Belgische energiebedrijven zelf geen PV-projecten realiseren, maar – in samenwerking met de Vlaamse overheid – particulieren en bedrijven een subsidie van vijftenzeventig procent ter beschikking stellen als ze een PV-systeem laten installeren. Coppys: 'De voorbije jaren zijn bij particulieren driehonderd systemen – met een zonnepaneeloppervlakte tussen tien en twintig vierkante meter en een ver-

mogen tussen één en twee kilowattpiek per systeem – geïnstalleerd. Op 160 Belgische scholen zijn PV-systemen operationeel.'

In Nederland richtte de overheid zich vooral op grotere projecten in de woningbouw. In Amersfoort zijn op de daken en gevels van vijfhonderd woningen en enkele utiliteitsgebouwen zonnepanelen aangebracht met een totaal vermogen van 1,3 megawattpiek, in Apeldoorn wordt een 1 megawattpiekproject gerealiseerd en in de rest van Nederland zijn er tientallen kleinere projecten in de woning- en utiliteitsbouw. Een ambitieus project in Noord-Holland (De Stad van de Zon), met vijf megawattpiek aan zonnepanelen, is in voorbereiding, maar vanwege een recente wijziging in de Nederlandse subsidieregeling voor PV-systemen is het onzeker geworden of het project kan worden uitgevoerd.



AFVAL CHIPINDUSTRIE

Zowel de Nederlandse als de Vlaamse overheid benadrukken in hun energiebeleid het belang van de ontwikkeling van zonneceltechnologie en het wegnemen van financiële belemmeringen. Want de hoge kostprijs van zonnecellen is een van de belangrijkste oorzaken van het feit dat PV nog niet echt doorbreekt. Zonnestroom kan op dit moment moeilijk wedijveren met elektriciteit uit fossiele energie (kolen, olie en gas). Maar in tegenstelling tot fossiele bronnen is de beschikbaarheid van zonne-energie in principe oneindig en vergroot zonnestroom het broeikas effect niet. Deze voordelen kunnen in de toekomst een groter politiek gewicht krijgen.

Een zonnepaneel gaat echter pas na enkele jaren netto energie leveren, omdat de productie van de cellen behoorlijk veel energie kost. De 'energieterugverdiens tijd' wordt door technologische ontwikkelingen wel steeds korter. Ook is zonnestroom, vergeleken met andere vormen van duurzame energie zoals windenergie, waterkracht en biomassa, nog altijd een stuk duurder.

Sinke: 'De hoge kostprijs van zonnecellen is een gevolg van het gebruik van dure materialen en technieken, en van de productie op relatief kleine schaal. De kristallijne silicium PV-industrie koopt afval en de overschotten uit de chipindustrie – die

zeer hoogwaardig silicium gebruikt – en bewerkt die tot bruikbare plakken. Dit is echter een onzekere en beperkte bron, en de prijzen stijgen sterk zodra de vraag het aanbod overtreft.' Toch is de prijs van de panelen de voorbije tien jaar gehalveerd.

Sinke verwacht dat, bij een voortgaande groei van de wereldproductie, de kostprijs van zonnepanelen de komende jaren jaarlijks met vijf tot zeven procent kan blijven dalen. De productie nam de voorbije jaren toe met een kwart per jaar, de groei beleefde in 2001 met een productie van vierhonderd megawattpiek zelfs een uitschieter van veertig procent. Wereldwijd staat nu meer dan 1.500 megawattpiek aan PV-vermogen opgesteld. Sinke: 'De marktprijs voor een compleet zonne-energiesysteem ligt nu tussen vijf en acht euro per wattpiek. Per kilowattuur komt dat in Nederland en België grofweg overeen met vijftig à tachtig eurocent.'

PV-producenten en wetenschappelijke instellingen zoeken voortdurend naar mogelijkheden om de kosten van zonnestroom verder te verlagen. Inspanningen zijn onder meer gericht op een vermindering van de productiekosten van zuiver

silicium door goedkopere en snellere productiemethoden. Tot 2010, en misschien nog wel veel langer, zal silicium naar verwachting de belangrijkste grondstof voor de zonneceltechniek blijven. Sinke: 'In het Europese Solsilc-project wordt door Nederlandse en Scandinavische onderzoekers een proces ontwikkeld voor de productie van goedkoper, speciaal 'zonnekwaliteit' silicium, waarbij bovendien minder energie wordt gebruikt dan in de traditionele route.'

'De ontwikkeling van verschillende soorten dunne-film zonnecellen is erop gericht uiteindelijk goedkopere panelen te kunnen maken door op de gebruikte materialen te besparen. Nu is dat meestal nog niet het geval. Sommige dunne-film panelen zijn veel duurder dan die van kristallijne siliciumcellen. Prijsvoordeel krijg je hooguit pas bij grootschalige productie en bovendien heeft de kristallijne siliciumtechnologie in veel opzichten een voorsprong, waardoor de concurrentie hevig is en voorlopig aanwezig blijft. Nadeel van de dunne-film technologie is het lagere rendement, dat bij dit type cellen tussen zes en elf procent ligt. Dat kan in de toekomst echter veranderen.'

Met zonnepanelen werken zal voor toekomstige generaties architecten een grote uitdaging zijn. Een blik in de toekomst gunt ons de Belgische architect Philippe Samyn, die de brandweerkazerne in het Nederlandse Houten ontwierp.

NOVEM/Hans Pattist



HOPEN OP MASSAPRODUCTIE

Massaproductie is een absolute voorwaarde om de kostprijs van zonnecellen verder te laten dalen. Enkele jaren geleden liet Greenpeace berekenen wat de financiële gevolgen van massaproductie voor de prijs van zonnepanelen zouden zijn. Met een jaarlijkse productie van vijfhonderd megawattpiek zou een prijsdaling van zestig à tachtig procent kunnen worden gerealiseerd. In Nederland is op daken van woningen en gebouwen een oppervlakte van enkele honderden vierkante kilometer beschikbaar, die in principe bruikbaar is voor het plaatsen van zonnepanelen. Indien daadwerkelijk op grote schaal PV-panelen zouden worden geplaatst, dan kan hiermee een aanzienlijk deel van de elektriciteitsbehoefte worden gedekt. Sinke: 'Ofschoon de letterlijke inhoud van het pleidooi van Greenpeace veel kritiek heeft gekregen, wordt de basisredenering 'schaalvergroting is noodzakelijk voor prijsverlaging' door vrijwel iedereen onderschreven.'

In Nederland werken Akzo Nobel Chemicals en Shell Solar momenteel aan de voorbereiding van een experimentele productielijn (roll-to-roll proces) voor de productie van flexibele zonnecellen. Op rollen folie zullen zonnecellen worden aangebracht. Projectleider Gert Jan Jongerden van Akzo Nobel Chemicals: 'Het gaat om de productie van dunne-film amorfe siliciumcellen, met een rendement van zeven procent, die door middel van onder meer plasmadepositie in een dunne laag (met een dikte van één tot enkele micrometer) op folie van dertig centimeter breed worden aangebracht. Als blijkt dat het pilootproject succesvol is, verwachten we een miljoen vierkante meter zonnecellen per jaar te gaan produceren, wat neerkomt op zeventig megawattpiek.'

'De flexibele cellen kunnen, omdat ze zo licht en goed te integreren zijn, voor allerlei toepassingen worden ingezet. Gedacht wordt aan zowel netgekoppelde toepassingen, bijvoorbeeld in dak- en gevelelementen, als autonome toepassingen,

ZONNECELTECHNOLOGIE

Energie uit zonlicht kan in bepaalde combinaties van materialen – halfgeleiders – een elektrische stroom opwekken. Zonnecellen werken volgens dit principe. De meest gebruikte halfgeleider in zonnecellen is silicium. Silicium wordt gewonnen uit siliciumdioxide (SiO₂), of kwarts, en komt in grote hoeveelheid in de natuur voor, zoals in zand. De productie van zuiver silicium is wel energie-intensief en zeer duur.

Er zijn in hoofdzaak twee soorten zonnecellen te onderscheiden: zonnecellen die worden gemaakt van plakken kristallijn silicium (zogenaamde wafers) en dunne-film zonnecellen. Tussen vijftientig en negentig procent van de zonnecellen die nu op de markt zijn, behoort tot het wafertype. Ook in de ruimtevaart wordt gebruik gemaakt van de wafer-technologie, maar naast silicium wordt daar ook gallium-arsenide (op een dragerwafer) gebruikt. Het rendement van cellen uit de GaAs-familie cellen is hoger door het gebruiken van twee-of drievoudige tandemcellen (tandemcellen zijn cellen die samen een breder lichtspectrum dekken). Puur GaAs heeft hetzelfde rendement als silicium.

Er zijn twee soorten zonnecellen van het wafertype: monokristallijn silicium (c-Si) en multikristallijn silicium (mc-Si) zonnecellen. Beide celtypes zijn meestal tussen de 100 en 225 cm² groot. De zwartgrijze monokristallijne siliciumcellen in commerciële modules hebben een rendement van dertien à zestien procent. Het zonnedak op de Floriade bestaat uit dit type zonnecellen. In de tot nog toe meestal blauwe multikristallijne siliciumcellen zijn de grillig geschakeerde kristallen duidelijk zichtbaar. Het rendement ervan ligt tussen twaalf en veertien procent.

Bij de dunne-film technologie is de laag van het halfgeleidermateriaal aanzienlijk dunner (minder dan één tot enkele micron – een micron is een duizendste van een millimeter) dan bij cellen van plakken kristallijn silicium (driehonderd micron). Behalve silicium als actieve stof (kristallijn of amorf) worden andere halfgeleiders toegepast, zoals koper-indium-diselenide (de CIS-cel, met momenteel binnen de categorie dunne-film het hoogste rendement) en cadmiumtelluride (CdTe).

Wim Sinke, manager van de afdeling zonne-energie van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN): 'Een interessante nieuwe ontwikkeling binnen de dunne-film technologie is het gebruik van organische materialen in de actieve laag zonnecellen. Zo zijn er in het laboratorium cellen gemaakt met een mengsel van een geleidend polymeer (plastic) en C₆₀, een prachtige koolstofmolecule in de vorm van een voetbal (bucky ball). Het rendement is nu nog maximaal zo'n drie procent en de stabiliteit is nog matig, maar de belofte van de gigantische familie van organische materialen is groot. Al veel verder ontwikkeld zijn de zogenaamde kleurstofcellen en -modules, waarin een poreuze laag van een transparant oxide (vaak titaanoxide) lichtgevoelig wordt gemaakt door ze te kleuren met een superdunne laag organische moleculen. Kleine cellen hebben een rendement van acht tot tien procent en de eerste complete panelen met een rendement van vier à zes procent zijn inmiddels gemaakt, onder andere bij ECN.'

In de wafertechnologie is, wat rendementverhoging en zeker wat prijsverlaging betreft, nog veel mogelijk. Sinke verwacht dat binnen tien jaar het maximum rendement van commerciële kristallijne siliciumcellen zal zijn gestegen tot vijftien à twintig procent. Op lange termijn verwacht hij een substantiële stijging van modulerendementen naar dertig tot veertig procent, bijvoorbeeld door gebruik te maken van verschillende types zonnecellen die samen een breder lichtspectrum dekken (dunne-film tandemtechnologie).

zoals solar home systems en stationaire en mobiele consumententoevoeringen.' Behalve Akzo Nobel en Shell werken ECN, TNO, de Technische Universiteiten Delft en Eindhoven en de Universiteit van Utrecht mee aan het project.

Ook zoekt de industrie naar meer geprefabriceerde producten met zonnecellen voor toepassingen in de bouw. Momenteel werkt het 'PV-Wirefree' consortium aan het ontwerp van een revolutionair PV-systeem waarin de draagconstructie ook dienst doet als elektrische geleider. Het is een click-on/click-off systeem dat heel eenvoudig op daken en gevels kan worden bevestigd. Sinke: 'De kostprijs van een PV-systeem wordt voor vijftig tot zestig procent bepaald door de kosten van

het zonnepaneel en voor de rest door de bijkomende materialen en montagekosten. Met PV-Wirefree kan door de fysieke combinatie van elektrische verbindingen (vroeger bekabeling) en bouwkundige bevestiging aanzienlijk op materialen en montagekosten worden bespaard.' Het PV-Wirefree consortium bestaat uit OKE-Services, NKF Electronics, Oskomera Solar Power Solutions, ECN, TNO Bouw, BEAR Architecten en Attema Plastics.

Annemieke van Roekel |

NOG MEER WETEN?

Op onze site vindt u extra links naar meer informatie over dit onderwerp.

www.eosweb.com

