

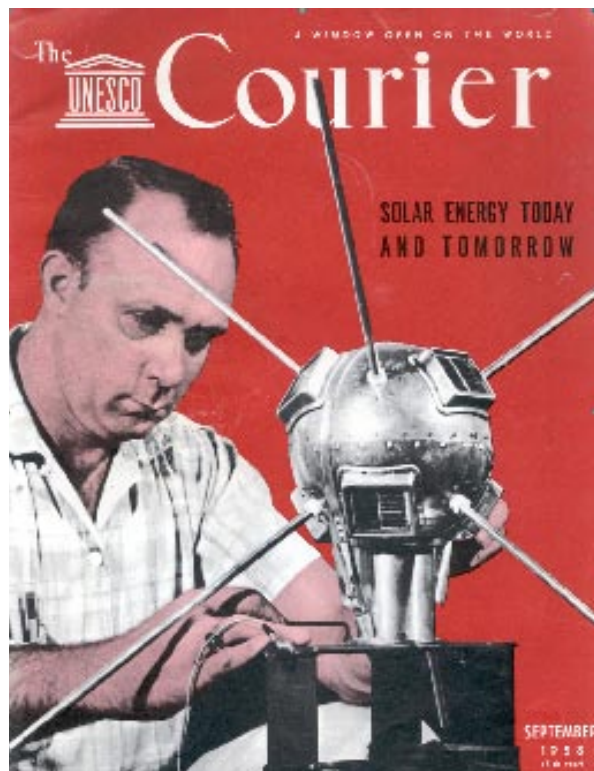
EUROPEES PROJECT CRYSTALCLEAR SUCCESVOL AFGESLOTEN

Wereldrecord

paneelrendement en productiekosten gehalveerd



Een van de grootste onderzoeksprojecten op het gebied van zonnestroom ter wereld is eind mei succesvol afgesloten met een symposium in München. CrystalClear, een zogenaamd Integrated Project dat is uitgevoerd met financiële steun van de Europese Unie, werd gecoördineerd door ECN in Petten. De partners in het internationale projectconsortium waren negen bedrijven, vier onderzoeksinstituten en drie universiteiten (zie kader). CrystalClear had als belangrijkste doel om de productiekosten van zonnepanelen op basis van kristallijn silicium meer dan te halveren tot 1 euro per watt-piek. Om dat doel te bereiken hebben onderzoekers van ECN het siliciumgebruik drastisch verminderd en het rendement van de panelen verhoogd tot een recordwaarde van ruim 16 procent.



HET CRYSTALCLEAR CONSORTIUM

- Bedrijven: BP Solar (ES), Deutsche Cell (DE), Deutsche Solar (DE), Isotón (ES), Photowatt (FR), Renewable Energy Corporation (REC) (NO), REC Wafer Norway (NO), SCHOTT Solar (DE), SolarWorld Industries (DE).
- Onderzoeksinstituten: InESS-CNRS (FR), ECN (NL, projectcoördinator), Fraunhofer ISE (DE), IMEC (BE).
- Universiteiten: Utrecht (NL), Konstanz (DE), UPM-IES (ES).

Het onderzoek zoals beschreven in dit artikel is medegefinancierd door de Europese Commissie in het kader van CrystalClear en door de Nederlandse overheid via SenterNovem.

De eerste satelliet met zonnecellen: de Vanguard I die in 1958 werd gelanceerd (omslagfoto Unesco Courier, september 1958).

Daarbij hebben zij het ontwerp van de zonnecellen en de manier waarop de cellen tot een paneel worden samengesteld volledig herzien. Volgens ECN een unieke prestatie die wereldwijd de aandacht heeft getrokken. Dit artikel beschrijft slechts een kleine selectie van de projectresultaten. Voor een uitgebreider overzicht verwijzen we naar de projectwebsite: www.ipcrystalclear.info

Halve eeuw ontwikkeling

Zonnestroom is een bron van duurzame energie met een enorm potentieel en vele toepassingsmogelijkheden. Er zijn diverse soorten zonnepanelen op de markt en nog meer in ontwikkeling, maar panelen op basis van kristallijn silicium zonnecellen hebben een marktaandeel van ongeveer 90 procent. De geschiedenis van kristallijn silicium zonnecellen gaat terug tot de jaren 50 van de vorige eeuw toen onderzoekers van Bell Laboratories in de Verenigde Staten een doorbraak creëerden in de processen om zulke cellen te maken. Al kort daarna werd hun vondst gebruikt om de eerste commerciële zonnecellen te produceren en in 1958 werd de eerste satelliet met zonnecellen gelanceerd, de Vanguard I (zie foto). Sinds die vroege dagen heeft de technologie van silicium zonnecellen zich enorm ontwikkeld. Aanvankelijk gebeurde dat in het kielzog van de explosief groeiende (micro) elektronica, maar inmiddels is de zonnestroomsector zó groot en zijn de uitdagingen

zó specifiek (en anders dan bij de micro- en nano-elektronica) dat de ontwikkeling grotendeels zijn eigen weg gaat. Niettemin kijken onderzoekers en bedrijven uit beide werelden nog graag bij elkaar over de schouder, want er valt steeds opnieuw te leren van wat anderen doen.

Halvering kosten

Ook de onderzoekers van ECN hebben zich laten inspireren door wat er buiten hun eigen onderzoeksgebied gebeurt. In de mondiale race naar goedkopere zonnepanelen, zonnestroomsystemen en zonnestroom is het laaghangende fruit inmiddels grotendeels geplukt. Met andere woorden: de eenvoudige stappen voorwaarts zijn gezet en het wordt steeds moeilijker om de kosten verder te verlagen. Toch zijn die mogelijkheden er nog volop, maar dan moeten ontwerp en bijbehorende fabricageprocessen van cellen en panelen wel drastisch worden veranderd. Ondanks de indrukwekkende ontwikkeling van cellen en panelen in de afgelopen 50 jaar is het basisconcept nauwelijks veranderd. Op zich niet vreemd, want de betrouwbaarheidsreputatie van kristallijn-silicium panelen is (mede daarom) uitstekend en iedere verandering brengt een potentieel risico met zich mee. Op welk product krijg je 25 jaar garantie? Bovendien is het tot nu toe nog steeds mogelijk gebleken om de kosten te verlagen zonder aan het basisconcept te sleutelen. Geleidelijk aan begon dat echter verdere kostenreductie

danig in de weg te staan. Aan het begin van CrystalClear waren de fabricagekosten van panelen meer dan 2 euro per watt-piek vermogen, aan het einde zou dat 1 euro per watt-piek moeten zijn. Om dat te bereiken moesten drie zaken worden aangepakt: de kosten die samenhangen met het gebruikte (hoogzuivere) silicium, het rendement van de cellen en de panelen en de doorvoersnelheid van de processen.

Zonnecelkwaliteit silicium

Om de kosten van het gebruikte silicium te verlagen is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om minder zuiver en daardoor goedkoper silicium te gebruiken. Dat heeft geresulteerd in de allereerste specificaties voor 'solar grade' (zonnecelkwaliteit) silicium: hoeveel van welke soort onzuiverheden mag het silicium bevatten om nog steeds goed bruikbaar te zijn? Silicium bevat van nature een enorm aantal vreemde elementen en kennis van wat er wel en niet in mag zitten is daarom heel belangrijk om zuiveringsprocessen te optimaliseren.

Herontwerp cellen en panelen

Als een andere belangrijke stap is de dikte van de cellen verminderd van ongeveer 0,2 mm naar 0,12 tot 0,16 mm. Daardoor is minder silicium nodig voor hetzelfde paneelvermogen. Zulke ultradunne cellen zijn echter erg kwetsbaar en breken snel tijdens de productieprocessen. Daarom hebben de ECN-onderzoekers een unieke methode ontwikkeld die is afgeleid van de printplaattechnologie uit de micro-elektronica. De zonnecellen worden voorzien van gaatjes waardoor beide elektrische contacten (+ en -) van de zonnecel aan de achterkant komen te liggen. Deze cellen worden vervolgens gelijmd



Het paneel met wereldrecordrendement in de Pettense duinen.

op een soort flexibele printplaat, waarop elektrisch geleidende banen zijn gemaakt. Die banen zorgen voor de onderlinge elektrische verbindingen tussen de cellen. Samen met Eurotron uit Bleskensgraaf heeft ECN de benodigde 'pick-and-place' apparatuur ontwikkeld om deze zonnepanelen te maken (zie foto). Dit gebeurt heel zachtzinnig en nauwkeurig, maar toch razendsnel: met één cel per seconde; zes keer sneller dan de bestaande fabricagemethoden. Met topklasse zonnecellen en de nieuwe methode om daarvan panelen te maken is een wereldrecord rendement voor multikristallijn silicium behaald. De dunste cellen (0,12 mm) gaven een *paneel*rendement van 16,0 procent, de iets dikkere (0,16 mm) 16,4 procent (zie foto).

Beide zijn een record en beide voldoen volgens de berekeningen aan de kostendoelstellingen van 1 euro per watt-piek. De technologie is direct toepasbaar in de industrie. Zonnecel-fabrikant Solland Solar in Heerlen zal hem later dit jaar als eerste in commerciële productie nemen, onder de naam SunWeb. Andere fabrikanten zullen ongetwijfeld volgen, want de mondiale belangstelling voor deze innovatie is enorm.

Half mensenleven garantie

Omdat een lange levensduur van zonnepanelen net zo belangrijk is als een hoog rendement en lage kosten voert ECN al geruime tijd een heel scala aan testen uit op prototypes van het nieuwe paneel. Ze worden letterlijk en figuurlijk mishandeld om na te gaan of ze alle omstandigheden (vocht, koude, hitte, storm, hagel, dikke lagen sneeuw, etc.) aankunnen. Niet zomaar even, maar 25 jaar of meer. Inmiddels spreken fabrikanten al over een ontwerp levensduur van 40 jaar. Natuurlijk is het onmogelijk om de panelen zo lang te testen en daarom wordt gewerkt met gestandaardiseerde, versnelde levensduurtests. Die kunnen praktijkervaring 'uit het veld' (of: 'van het dak') weliswaar nooit helemaal vervangen, maar zijn een bewezen goed alternatief. Zonder zulke tests zou de mondiale ontwikkeling allang tot stilstand zijn gekomen. Tot nu toe presteert het nieuwe zonnepaneel uitstekend en daarom staan alle lichten voor verdere ontwikkeling op groen. Op naar een rendement van 18 procent of zelfs 20 procent en naar kosten van misschien wel 0,5 euro per watt-piek. Wederom een enorme uitdaging, maar de resultaten van CrystalClear geven vertrouwen in de toekomst. ■

NETPARITEIT

De opwekkosten van zonnestroom dalen gestaag en zullen binnen tien jaar in grote delen van Europa (inclusief Nederland) het niveau van de consumentenprijzen van elektriciteit hebben bereikt (grid parity, ofwel netpariteit) of zijn gepasseerd. Vanaf dat moment is het voor een particuliere eigenaar mogelijk om de investeringskosten voor een zonnestroomsysteem terug te verdienen uit de vermeden inkoop van elektriciteit en uit de verkoop van zonnestroom aan het net. Daar komt nog bij dat opwekkosten van zonnestroom vast zijn, terwijl de kosten van stroom uit het net waarschijnlijk verder zullen stijgen. Uiteraard staat of valt het terugverdienen van de investering met de mogelijkheid om 'netto verrekening' toe te passen. In populaire, maar technisch wat achterhaalde termen spreekt men dan van een 'terugdraaiende meter'. Voor het bereiken van netpariteit in grote delen van Europa is het nodig om turn-key zonnestroom-systeemprijzen van ruwweg 2 tot 2,5 euro per watt-piek te bereiken (op dit moment liggen ze in de EU meestal tussen de 3 en 6 euro per watt-piek, afhankelijk van soort, grootte en land). Omdat een compleet systeem bestaat uit panelen én uit overige onderdelen inclusief montage (de zogenaamde 'Balance of System') en omdat er een verschil is tussen prijs en kosten betekent dit dat de productiekosten van zonnepanelen (waarop de doelstelling van CrystalClear betrekking heeft) rond de 1 euro per watt-piek of lager moeten liggen. De CrystalClear-panelen zijn daarom geschikt om netpariteit te bereiken, mits toegepast in een goed systeem.

Hoewel het bereiken van netpariteit algemeen wordt gezien als een belangrijke mijlpaal is het nog lang niet voldoende voor zeer grootschalige mondiale inzet van zonnestroom. We moeten dan denken aan vele terawatts-piek (TW_p , $1 TW_p = 10^{12}$ watt-piek), ofwel vele tienduizenden vierkante kilometers aan zonnestroomsystemen. Op de lange termijn zou het zelfs kunnen gaan om een miljoen vierkante kilometer. Daarom gaat de ontwikkeling ambitieus verder...



Moduleassemblagelijns voor achterzijdecontactcellen bij ECN. De lijn is gebouwd door Eurotron in Bleskensgraaf en ontwikkeld in samenwerking met ECN.