



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken

Openbaar Eindrapport Project TOP-products

Samenvatting van uitgangspunten en doelstelling; samenwerkende partijen.

Het project TOP products was een samenwerking tussen 6 bedrijven, 1 kennisinstelling, en 1 universiteit, waarin de mogelijkheden zijn verkend om in Nederland onderzoek te doen en een goede kennis- en industriële positie op te bouwen op het gebied van een nieuw type hoogrendementszonnecel. Er is wereldwijd veel interesse in de ontwikkeling van zonnecellen met hoger rendement; een hoog rendement levert potentieel een betere concurrentiepositie op, o.a. omdat het kan helpen de productiekosten van zonnepanelen per eenheid van geleverd elektrisch vermogen te reduceren, en omdat het voor consumenten interessant kan zijn om zoveel mogelijk elektrisch vermogen op een beperkt dakoppervlak te kunnen installeren. Zeker ook voor de Westerse industrie kan het bezitten van technologie voor hoogrendements zonnepanelen een onderscheidende factor zijn. Productie van “standaard” zonnepanelen wordt inmiddels gedomineerd door Aziatische bedrijven. Ook de productieapparatuur voor deze “standaard” zonnepanelen wordt steeds vaker in Azië vervaardigd. Daarom moet de Nederlandse industrie voortdurend actief blijven in de ontwikkeling van nieuwe productie- en zonnecel-technologieën.

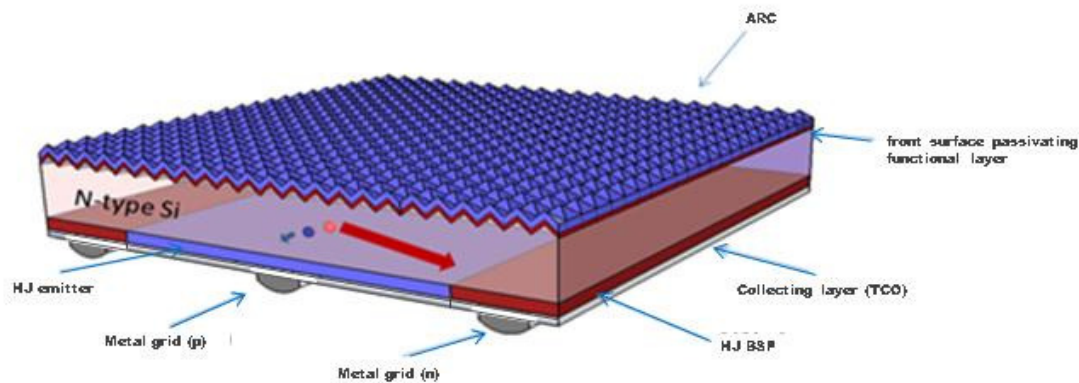
Het project richtte zich op een zonneceltechnologie gebaseerd op silicium wafers, veruit het grootste deel van de markt op dit moment. Het ging specifiek om de methode waarmee van wafers een zonnecel wordt gemaakt. De methode waarmee van zonnecellen vervolgens een zonnepaneel wordt gemaakt, maakte geen onderdeel uit van het project, omdat daarvoor een aantal generieke methodes bestaan en worden ontwikkeld. De methode van zonnepaneelproductie die van belang is voor dit nieuwe type zonnecel wordt al onderzocht in andere Nederlandse samenwerkingsverbanden.

Het project richtte zich op een methode om zonnecellen te maken met als kenmerken

1. *afwezigheid* van de kenmerkende *metallische contacten* op de *voorzijde* van de zonnecel
2. een *geavanceerde methode om de halfgeleider structuren* in de zonnecel te maken.

Beide kenmerken afzonderlijk bestaan reeds en worden gebruikt in de commercieel verkrijgbare zonnepanelen met momenteel het hoogste rendement. Kenmerk 1 wordt gebruikt in panelen van de firma Sunpower; kenmerk 2 wordt gebruikt in panelen van de firma Panasonic. Een zonnepaneel dat gebruik maakt van de combinatie van beide kenmerken is niet commercieel verkrijgbaar maar zal naar verwachting als “het beste van 2 werelden” het hoogst mogelijke rendement opleveren. Daarom is dit ook een onderwerp van intensief onderzoek, door zowel bedrijven als instituten en universiteiten over de gehele wereld.

Een schematische weergave van een zonnecel volgens deze kenmerken is te zien in de figuur hieronder.



Figuur: Schematische weergave van een deel van een zonnecel zoals onderzocht in het TOP products project. Zonlicht valt van boven in. De kenmerken zijn: 1) de contacten ("metal grids") bevinden zich aan de onderzijde, zodat zoveel mogelijk licht kan worden ingevangen; 2) de halfgeleiderstructuren ("emitter" en "BSF") die essentieel zijn voor een zonnecel zijn gevormd uit heterostructuren (HJ). (Tekening is afgeleid van een tekening van een conventionele achterzijdecontact zonnecel op <http://www.limaproject.eu/wp4.php>. ARC is Anti-Reflection Coating, TCO is Transparent Conductive Oxide))

De methode om de halfgeleiderstructuren te maken is om zogenaamde "heterostructuren" te maken, een combinatie van 2 verschillende halfgeleiders. Gebruikelijke zonnecellen (behalve die van Panasonic) bestaan volledig uit kristallijn silicium. In heterostructuur zonnecellen wordt het kristallijne silicium van de wafer gecombineerd met een ander type halfgeleider.

De combinatie van achterzijde contacten met halfgeleider heterostructuren heet achterzijdecontact heterostructuurzonnecel of achterzijdecontact heterostructuurzonnecel.

TOP products was een verkennend project. Een doelstelling van het project was om een studie te maken hoe een dergelijke achterzijdecontact heterostructuurzonnecel er in detail uit zou kunnen zien; hoe die industrieel vervaardigd zou kunnen worden, en hoe competitief zo'n zonnecel zou kunnen zijn. Daarnaast was een doelstelling om vast te stellen wat voor onderzoek op het gebied van deze zonnecellen nodig of mogelijk zou zijn in Nederland, en welke toepassingen en innovaties mogelijk zouden kunnen zijn voor Nederlandse industriële partijen. Tenslotte was het een doelstelling om reeds enkele industriële processen verkennend te testen.

De partners in het project weerspiegelen deze doelstellingen. De partners bestonden uit penvoerder Roth&Rau, ASM, OM&T Moser Baer Technologies, Solaytec, Tempres, allen fabrikanten van productieapparatuur voor zonnecellen; Alinement, een producent in oprichting van heterostructuurzonnecellen; onderzoeksinstituut ECN; en de TU Delft.

Beschrijving van de behaalde resultaten, de knelpunten en het perspectief voor toepassing.

Allereerst is met behulp van modellering redelijk goed vast te stellen wat het potentieel voor rendement van deze nieuwe zonnecellen is. Het blijkt dat voor realistische productieparameters een gemiddeld conversierendement (van energie in licht naar elektrische energie) van meer dan 25%

haalbaar moet zijn. Dat moet vergeleken worden met gebruikelijke conversierendementen in de industrie van 16-18%.¹

Vervolgens is bezien hoe dit type zonnecel industrieel tegen lage kosten geproduceerd zou kunnen worden. Hierbij is gekeken naar zowel productieprocessen in de patentliteratuur en andere publicaties, als naar eigen ideeën zoals processen in ontwikkeling bij ECN. De complexiteit van productieprocessen van zonnecellen is een belangrijk aspect van hoe competitief en kostbaar ze zijn. Een belangrijke maat voor de complexiteit is het aantal “major manufacturing steps”. Voor de gebruikelijke zonnecellen zijn dat er bijvoorbeeld meestal 8. Voor de zonnecellen van Sunpower zijn het er vermoedelijk, gebaseerd op patentliteratuur, minimaal 15. In de TOP products studie zijn verschillende productieprocessen vergeleken, waarbij de meest aantrekkelijke naar schatting 13 “major manufacturing steps” zou vereisen.

De geschatte productiekosten voor dit proces zouden dan ongeveer 0.14 US\$/Wp² zijn. Daarbij komen dan nog de kosten voor de silicium wafer (onderhevig aan fluctuaties en technologische veranderingen, we schatten die op maximaal ca. 0.3 US\$/Wp), en de kosten om van zonnecellen een zonnepaneel te maken (we schatten die op ca. 0.25 US\$/Wp). Dit moet vergeleken worden met de geschatte productiekosten voor standaard zonnepanelen (0.55-0.60 US\$/Wp voor de leidende producenten) of voor Sunpower zonnepanelen (0.9-1.0 US\$/Wp). Een belangrijk voordeel voor het onderzochte type zonnecel is dat het van zeer dunne wafers kan worden vervaardigd, wat een belangrijke kostenreductie kan betekenen t.o.v. de hierboven genoemde waferkosten van 0.3 US\$/Wp die voor standaard-dikte gelden. Deze zonnecel kan dus een belangrijke doorbraak betekenen in het beschikbaar maken van zonnepanelen met zeer hoog rendement, tegen kosten die momenteel alleen voor gewone panelen met relatief laag rendement haalbaar zijn.

ECN voert momenteel een onderzoeksproject uit gericht op het demonstreren van de achterzijdecontact heterojunctiezonnecel. Hierbij wordt gewerkt aan een productieproces dat compatibel is met de genoemde lage kosten en laag aantal productiestappen.

In het TOP products project zijn verschillende testen van processtappen uitgevoerd op productieapparatuur van de industriële partners, die een rol zouden kunnen spelen in het productieproces van de achterzijdecontact heterojunctiezonnecel. Inkjet resist technologie voor het definiëren van een masker patroon en het printen van metalen zijn met succes getest, verdere optimalisatie is nog wel nodig. PVD AZO en PECVD AZO zijn interessante alternatieven voor ITO. De tot nu toe verkregen resultaten zijn veelbelovend, echter verdere optimalisering is ook hier nodig.

Het perspectief voor toepassing van de onderzochte technologie is complex. Afgezien van Panasonic worden heterostructuren nog niet toegepast in massaproductie van zonnepanelen. Naar verwachting zal de komende jaren duidelijk worden of de toepassing wijder verspreid zal raken of niet. Daarnaast is er niet één type heterostructuur maar zijn er vele. De heterostructuur zoals toegepast door Panasonic³ is ook in onderzoek bij vele andere bedrijven en instellingen, maar dat betekent niet noodzakelijk dat het ook de beste kansen voor Nederlandse industrie zal opleveren. Een belangrijke conclusie van het project is dat op basis van de evaluatie van zonnecelrendement en “manufacturability” het belangrijk is om in Nederland te blijven werken aan heterostructuur-technologie in het algemeen. Wel zal een achterzijdecontact heterostructuurzonnecel met heterostructuren zoals toegepast door Panasonic vermoedelijk het snelst geïndustrialiseerd kunnen worden. Er zijn mogelijkheden voor de Nederlandse industrie om daarin een rol te spelen.

Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling (duurzame energiehuishouding, versterking van de kennispositie).

Dit project is hoofdzakelijk uitgevoerd met en door de Nederlandse industrie die productieapparatuur voor zonnecellen vervaardigt. De onderzochte technologie zou op een termijn

¹ Het rendement van een zonnepaneel is een paar % lager dan het rendement van de zonnecellen zelf.

² Een Wp (Watt-peak) is de eenheid van elektrisch vermogen die voor zonnecellen en zonnepanelen wordt gebruikt.

³ Dit is de silicium-heterostructuur (“silicon heterojunction” of SHJ), die amorf en kristallijn silicium combineert.

van ca. 5 jaar in productie kunnen verschijnen. Dat wil zeggen dat er geen directe bijdrage van het project aan de duurzame energiehuishouding is. Het project heeft wel de kennispositie van de Nederlandse industrie versterkt, via identificatie van potentieel van de onderzochte technologie, en potentieel en kansen voor de Nederlandse industrie om in die technologie een rol te spelen.

Spin off binnen en buiten de sector.

Er zijn diverse richtingen waarin spin off binnen de PV sector⁴ mogelijk zijn. Diverse processtappen van de onderzochte technologie zijn ook direct relevant voor productie van andere hoogrendementszonnecellen die niet op basis van halfgeleider heterostructuren werken. Daarbij kan met name gedacht worden aan de technologie voor patroondefinitie, de technologie toegepast op de voorzijde van de zonnecel, en de technologie voor depositie van prestatie-verbeterende coatings.

De modelleringsresultaten, zowel wat betreft kosten als wat betreft prestaties, kunnen vergeleken worden met andere technologieën en daarbij als benchmark worden gebruikt.

Een mogelijke spin off die ook bijzonder interessant lijkt is om de onderzochte technologie te combineren met nieuwe halfgeleider heterostructuren, waar Nederland momenteel bezig is een sterke kennispositie op te bouwen.

Buiten de PV sector zijn op dit moment spin off mogelijkheden geïdentificeerd voor inkjet printing en plasma depositie voor applicaties als printed electronics, PCB, semiconductor en display.

Overzicht van openbare publicaties over het project en waar deze te vinden of te verkrijgen zijn.

Er zijn nog geen openbare publicaties over dit project verschenen, aangezien veel resultaten vooral op basis van vertrouwelijke technologie en vertrouwelijke modellerings-parameters verkregen zijn. Gezien het verkennende karakter van de studie zijn andere resultaten nog te voorlopig en te weinig in detail onderzocht om op dit moment gepubliceerd te kunnen worden.

Meer exemplaren van dit rapport.

Meer exemplaren van dit rapport kunnen digitaal verkregen worden via het hieronder genoemde contact.

Contact voor meer informatie.

Meer informatie over dit project kan verkregen worden via:

- de heer Rene van Vlimmeren, Roth & Rau B.V., rene.van.vlimmeren@roth-rau.com
- de heer Bart Geerligts, ECN, geerligts@ecn.nl

Subsidie.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, voor het TKI Energie uitgevoerd door Agentschap NL

⁴ PV=photovoltaics, de algemeen gebruikte term voor elektriciteitsproductie op basis van zonne-energie.