



# Openbaar eindrapport Pamplona

---

## Gegevens project

- Projectnummer: TEZ0113001
- Projecttitel: Pamplona, **P**-type cells **A**nd **M**odules **P**rocessed using a **L**Ow-cost and **N**ovel **A**pproach
- Penvoerder en medeaanvragers:
  - Eurotron B.V. (penvoerder)
  - Meco Equipment Engineers B.V.
  - Tempres Systems B.V.
  - Levitech B.V.
  - Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)
- Projectperiode: 1-jan-2014 to 31-dec-2015
- Publicatiedatum openbaar rapport: 1 April 2016

## Samenvatting van uitgangspunten, doelstelling en samenwerkende partijen

De algemene doelstelling van het project Pamplona is om zonnecel en –module technologie te ontwikkelen waarmee meer energie kan worden opgewekt tegen lagere kosten. Het consortium bestond uit het Energie Onderzoekcentrum Nederland (ECN) en de bedrijven Eurotron, Levitech, Meco en Tempress. Eurotron brengt apparatuur op de markt voor het vervaardigen van zonnepanelen op basis van zogenaamde Conductive Back Sheet technology. Deze panelen hebben inherente voordelen ten opzichte van de mainstream panelen. Levitech levert aan de zonnecel-producerende bedrijven equipment waarmee door middel van Atomic Layer Deposition een passiverende laag  $\text{Al}_2\text{O}_3$  op zonnecellen aangebracht kan worden. Meco is een bedrijf dat plating equipment maakt voor o.a. de zonnecel-producerende industrie. Door het toepassen van Nikkel-Koper metalisatie op zonnecellen kan de conventionele, dure, zilver metalisatie vermeden worden. Tempress heeft een lange staat van dienst als leverancier van diverse soorten apparatuur voor onder meer de zonnecel producerende markt. Tot die apparatuur behoort machinerie die diëlectrische lagen, waaronder  $\text{SiN}_x$ , kan aanbrengen op zonnecellen en diffusie-ovens, waarmee gedoteerde laagjes in zonnecellen gemaakt kunnen worden. Eén van de belangrijkste doelstellingen in Pamplona was om de zogenaamde p-Pasha zonnecel te maken. Deze zonnecel onderscheidt zich van de mainstream zonnecellen doordat hij op de achterkant geen volledige Aluminium bedekking heeft, maar een diëlectrische laag, t.w.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , met een partiële bedekking van gezeefdrukte Aluminium pasta. Het idee hierachter is dat de diëlectrische laag het rendement van de zonnecel verhoogt vanwege verminderde recombinatie van ladingsdragers en door een verbeterde interne reflectie van licht. Daarnaast is ook de Aspire cel gemaakt. Dit is de Metal Wrap through (MWT) variant van de p-Pasha zonnecel. Deze zonnecel heeft alle elektrische contacten op de achterkant en is daarmee geschikt om er Conductive Back Sheet panelen mee te maken.

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

Binnen project Pamplona zijn p-Pasha zonnecellen gemaakt met een rendement van 20% (zie figuur). Deze zonnecellen kenmerken zich door een alternatieve achterkant t.o.v. de mainstream zonnecellen met een volledige Aluminium bedekking op de achterzijde. De achterkant van de p-Pasha zonnecel is gepolijst met daarop een laag van slechts 6 nm  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , aangebracht door middel van Atomic Layer Deposition. Deze laag zorgt ervoor dat de verliezen door recombinatie van ladingsdragers gereduceerd wordt. Op deze diëlectrische laag wordt een patroon van Aluminium pasta gezeefdrukt. Tijdens het 'firing' proces, een korte hoge temperatuurstap, in een band-oven gaat het aluminium en het silicium een legering aan en na het afkoelen blijft gedoteerd silicium achter. Dit wordt een 'Local Back Surface Field' (LBSF) genoemd. In eerder onderzoek bleek dit LBSF echter niet volmaakt: Langs de randen van de metalisatie bleek het LBSF te ontbreken wat negatieve gevolgen voor de cel-efficiëntie heeft. Binnen Pamplona is een oplossing hiervoor bedacht. Eerst wordt een lokaal masker van een inert materiaal ('wall paste') gezeefdrukt. Nadat dit gedroogd is, wordt op normale wijze Aluminium pasta geprint in de masker openingen en gedeeltelijk op het masker. Deze gepatenteerde oplossing zorgt ervoor dat er een dik, aaneengesloten LBSF gemaakt kan worden. Bovendien is de Al-Si legering dikker waardoor de geleiding van de elektrische contacten beter is en de verliezen derhalve minder zijn.

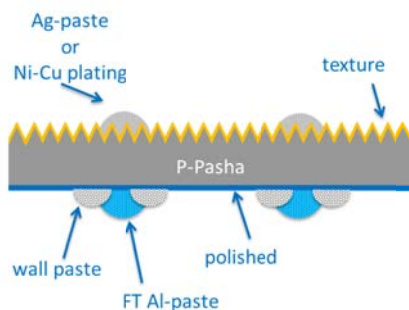


Figure 1 p-Pasha zonnecel



De p-Pasha zonnecel kan gezien worden als een lage-kosten variant van de PERC zonnecel, die door velen beschouwd wordt als de nieuwe generatie zonnecel in de industrie. Terwijl PERC twee diëlectrische lagen heeft, t.w.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en  $\text{SiN}_x$ , volledige metaalbedekking heeft en voor het contacteren een laserstap nodig heeft om de diëlectrische lagen te openen, wordt p-Pasha gekenmerkt door slechts één laag, t.w. 6 nm  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , partiële metallisatie en één extra zeefdrukstap, namelijk die van de 'wall paste'. Hierdoor kunnen de kosten en de uitgaven voor kapitaalgoederen van het p-Pasha zonnecel concept lager zijn dan van PERC. Echter de PERC zonnecel wordt door een groot deel van de markt gedragen en de efficiënties zijn nog hoger dan tot nog toe behaald met p-Pasha (20.5% voor PERC t.o.v. 20% voor p-Pasha). De verwachting is dat de stijgende trend blijft doorgaan. Om concurrerend te kunnen zijn met PERC zal meer R&D nodig zijn voor p-Pasha en zal met name veel effort in de ontwikkeling van de 'wall-paste' en de Aluminium pasta door een industriële partij gestoken moeten worden. Wordt dit mogelijk gemaakt dan is de verwachting dat de efficiëntie van p-Pasha die van PERC op zijn minst gaat evenaren, gezien ook de voortgang van de efficiëntie van p-Pasha in dit project: In het begin was de efficiëntie rond de 17.5%, aan het einde was deze sterk verbeterd en is 20% behaald. Meerdere industriële partijen hebben hun interesse kenbaar gemaakt in het p-Pasha concept.

Binnen Pamplona is ook een Metal Wrap Through variant gemaakt van de p-Pasha zonnecel, genaamd Aspire. Deze zonnecel heeft alle elektrische contacten op de achterzijde. Daardoor is hij geschikt voor de vervaardiging van de Conductive Back Sheet module. Deze modules hebben een lagere kost-prijs in Euro/Wp dankzij lagere weerstandverliezen en verminderd zilver gebruik op de zonnecel. Binnen Pamplona zijn meerdere minimodules en drie full-size modules gemaakt. Eén mini-module bleek de standaard IEC Damp-heat test uitstekend te doorstaan, namelijk 2.5% degradatie na twee IEC periodes, terwijl de norm-grens ligt op 5% degradatie na één IEC periode.

Binnen Pamplona was de focus op kostenreductie. Daarom is er aandacht besteed aan de belangrijkste kostenfactoren. Voor de zonnecel zijn dit achtereenvolgens de wafer en de zilvermetallisatie. Binnen het project is aangetoond dat de apparatuur van industriële partners geschikt is voor het omgaan met toekomstige, goedkopere, dunnere wafers. Door samenwerking van TKI project Pamplona en Nchanted is gewerkt aan een alternatief van zilver metallisatie: Ni-Cu plating. Hierbij zijn optimale instellingen en condities voor plating en Ni-silicidatie bepaald. In vervolgonderzoek zal nog verder aandacht besteed moeten worden aan knelpunten die in Pamplona geconstateerd zijn, zoals 'Ghost plating', i.e. plating die op onbedoelde posities op de zonnecel plaatsvindt, en de adhesie van de Ni-Cu laag.

Als laatste instrument om de kosten van fotovoltaïsche elektriciteit te verlagen is gekeken naar verbetering van het vermogen van de module t.o.v. het vermogen van de zonnecellen. Om meer vermogen per zonnecel uit een module te genereren, is een optimale intra-cel reflectie structuur ontworpen. Deze ideale reflectie structuur kan volgens een grove afschatting lagere kosten in Euro/Wp opleveren, t.w. 6% voor standaard cellen en 19% voor minicellen (4x4 mini-cellen uit één hele cel). In experimenten liet een suboptimale reflectiestructuur al een vermogenswinst zien van 9%, waarmee de projectdoelstelling ruimschoots werd overschreden. Daarmee bieden deze reflectiestroken een interessante opties om de kosten van fotovoltaïsche elektriciteit verder te reduceren.

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

Project Pamplona heeft bijgedragen aan de doelstelling om bij te dragen aan de duurzame energie huishouding door het verlagen van de Euro/kWh prijs van fotovoltaïsche energie. De volgende zaken hebben hiertoe bijgedragen :

1. Verhoging rendement van een zonnecel p-Pasha tegen minimale extra kosten, hetgeen tot een lagere Euro/Wp kostprijs op module niveau leidt.
2. Het geschikt maken van apparatuur van industriële partners voor dunne (goedkopere) wafers, waarvan de verwachting is dat deze in de toekomst tot een verdere verlaging van de kosten zullen bijdragen.
3. Het optimaliseren van het Ni-Cu plating proces waardoor het rendement van zonnecellen groter kan worden en waarbij de kosten, door zilver te vermijden, verlaagd kunnen worden.
4. De introductie van een zonnecel concept dat goedkoper is en een lagere investering vergt dan de PERC zonnecel, die nu in opkomst is in de industrie.



5. Mogelijkheid om de kosten van panelen, in Euro/Wp, te verlagen met 19% door gebruik te maken van reflectie materiaal om het vermogen per zonnecel te vergroten.

De kennispositie in Nederland is versterkt omdat:

1. Er een gepatenteerd concept (ECN) is, wall-paste masker in combinatie met p-Pasha, dat kan concurreren met de nieuwe generatie PERC zonnecel.
2. Er recepten zijn ontwikkeld voor  $Al_2O_3$  en/of  $SiN_x$  passivatie lagen door partners Levitech en Tempres, die tot een concurrentievoordeel leiden.
3. Conditie en instellingen voor optimale Ni-silicidatie en Ni-Cu plating zijn ontwikkeld in het belang van partners Levitech en MECO.
4. De voordelen van het gebruik van reflectiestroken ten behoeve van verbetering van de prestatie van module t.o.v. de zonnecellen van Conductive Back Sheet modules zijn aangetoond, onder meer in het belang van Eurotron.

### Spin off binnen en buiten de sector

Binnen de sector is regelmatig interesse in het zonnecel-concept p-Pasha.

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

Een presentatie is gegeven over de p-Pasha zonnecel bij de "11th CSPV conference" in Hangzhou, China, Nov. 2015 [E. E. Bende]. Een publicatie over het p-Pasha cel concept zal gemaakt worden voor de SNEC conferentie die in mei 2016 zal plaatsvinden. Daarnaast zal een publicatie [L.H. Slooff et al.] plaatsvinden over het meten van de 'cell-to-module performance' bij de "32<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, EUPVSEC, 2016".

### Meer exemplaren van dit rapport

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

### Contact voor meer informatie

Meer informatie over dit project kan verkregen worden via:

- de heer Evert Bende (ECN), [bende@ecn.nl](mailto:bende@ecn.nl)
- de heer Bart de Gier (Eurotron), [bart@eurotron.nl](mailto:bart@eurotron.nl)

### Subsidie

Vermelding van de verkregen subsidie op de volgende manier:

*Verlening 2013 en verlening 2014 (tot 10 juli 2014): "Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Subsidieregeling energie en innovatie (SEI), Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland."*