



Openbaar eindrapport IBChampion

Gegevens project

- Projectnummer: TEZ0113002
- Projecttitel: IBChampion
- Penvoerder en medeaanvragers: Levitech (penvoerder), Tempres, Eurotron, ASM, TU Eindhoven, TU Delft, Meyer Burger (Netherlands) B.V., ECN
- Projectperiode: 01-04-2014 t/m 31-03-2016
- Publicatiedatum openbaar rapport: 27-06-2016



Samenvatting van uitgangspunten, doelstelling en samenwerkende partijen

De groei van de PV markt was spectaculair in de afgelopen jaren. Tegelijkertijd is een belangrijke verschuiving opgetreden in de locatie van de cel productie; nl van Europa naar Azië, terwijl de producenten van proces apparatuur voor een groot deel in Europa zijn gebleven. Om de Nederlandse machine bouwers te ondersteunen om hun sterke markt positie te behouden, heeft het High-Tech "IBChampion" consortium onder leiding van Levitech BV een zogenaamde Back Contact (IBC) zonnecel met de naam 'Mercury' ontwikkeld als natuurlijke opvolger van de n-Pasha (PANDA) zonnecel, die door Yingli Solar in massa productie is genomen op basis van technologie en apparatuur van Nederlandse machinebouwers. De samenwerkende partijen bestaan verder uit de Nederlandse machinebouwers Tempress, ASM, Meyer Burger NL (voorheen Roth & Rau B.V) en Eurotron, en de kenniscentra Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), de Technische Universiteit Delft (TUD) en de Technische Universiteit Eindhoven (TU / e). Het doel van het project is om een kosten concurrerend IBC zonnecel en module proces te ontwikkelen met strenge grenzen aan de complexiteit van het proces.

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

De ontwikkeling in het project heeft geleid tot een proces voor een IBC cel dat slechts één extra processtap heeft vergeleken met de commerciële PANDA cel met homogene BSF. Bovendien zijn er procesvereenvoudigingen haalbaar en dit heeft de aandacht van PV-fabrikanten getrokken. Dit resultaat maakt de proces complexiteit van de IBC cel vergelijkbaar met die van de PERC cel wat een keerpunt markeert in de marktperceptie dat een IBC cel proces omslachtig en duur is. Het project verbeterde de IBC cel efficiency op 6 inch wafers van 19,5 % aan het begin van het project tot 21,1 % aan het eind. Dit resultaat is behaald met behulp van de apparaten van de consortiumpartners en een geavanceerde metallisatie aanpak. Met uitzondering van de kosten voor de zilverbasta en de silicium wafer, heeft het proces het potentieel om een kostenniveau van 36,5 \$ct / cel te bereiken, wat vergelijkbaar is met dat van de PERC cel.

Cruciaal voor deze prestatie was de samenwerking tussen Tempress , ECN en de TU / e op het gebied van het diffusie proces. Dit resulteerde in de unieke verbetering van zowel de cel efficiency als hogere doorloopnelheden voor een eenvoudig cel ontwerp zonder gebruik te maken van een zogenaamde "gap" tussen beide polariteiten. Dit werk heeft geleid tot meerdere conferentie bijdragen en een peer-reviewed artikel zal binnenkort worden ingediend.

De samenwerking tussen de TU Delft en ECN heeft geresulteerd in een IBC cel op basis van een hoog passiverende poly - silicium achterzijde en aan de voorzijde de zogenaamde "Front Floating Emitter" (FFE) van de Mercury cel. Het voornaamste doel was om de kwaliteit van de FFE aan te tonen. Dit is overtuigend door de TU Delft aangetoond door een open klem spanning te meten van maar liefst 685mV voor deze cellen. Dit is de hoogst gerapporteerde waarde voor een IBC cel met een FFE tot nu toe. Andere poly - silicium IBC cellen, die volledig door de TU Delft zijn vervaardigd haalden een cel rendement van 21,3 % (9 cm²). Het achterzijde ontwerp van deze cellen op basis van poly-silicium lagen, is onderwerp van verscheidene artikelen die in toonaangevende tijdschriften zijn gepubliceerd.

Door samenwerking van Levitech en Tempress is een belangrijke procesvereenvoudiging gerealiseerd door de thermische behandeling, die vereist was na de Al₂O₃ depositie in de Levitrack, te integreren in het PECVD proces van Tempress voor SiNx depositie.

Speciaal voor de IBC cel zijn passivatie lagen ontwikkeld in de samenwerking tussen de TU/e en ASM. Deze coatings worden net als in de Levitrack via een Atomic Layer Deposition (ALD) proces gedeponerd en zijn door een bijzonder lage ingebouwde lading in staat om recombinatie verliezen aan zowel positief als negatief gedoteerde silicium oppervlakken te reduceren. Dit is belangrijk omdat beide polariteiten zich aan het IBC cel oppervlak bevinden. Het effect hiervan wordt groter naarmate de doteringen lichter worden en het rendement van de cel toeneemt.

Voor de patroneren van de beide gedoteerde oppervlakken, hebben Meyer Burger NL en ECN een industriële ink-jet printer in het IBC proces geïntegreerd. In de samenwerking is aangetoond dat het IBC proces waarbij een "ets-resist" contactloos wordt aangebracht met de inkt-jet printer, even goed presteert als de zeefdruk standaard. Het is de verwachting dat deze techniek voordelen oplevert op het gebied van fijne patronen en cel breuk zal reduceren.



In samenwerking met Eurotron zijn modules vervaardigd op basis van de Mercury IBC cellen. Het is aangetoond dat de elektrische contacten van de interconnectie gelijk presteren aan MWT zonnecellen. In nauwe samenwerking met het EU project Cu-PV is een volledig operationele 60 - cel module gedemonstreerd.

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

Het project heeft bijgedragen aan het verminderen van de kosten van hernieuwbaar geproduceerde elektriciteit. Dit zal helpen om de wereldwijde koolstofdioxide-uitstoot te verminderen wanneer de cellen en modules van het type dat hier onderzocht zijn commercieel beschikbaar komen. Vooral residentiële systemen zullen profiteren van deze ontwikkeling, gezien de verbetering van de esthetiek van dit soort modules.

De belangrijkste vernieuwingen van "IBChampion" waren:

- Een kosteneffectief IBC cel concept, gebaseerd op ECN patenten, met brede contact gebieden voor beide polariteiten zonder verlies van cel prestaties waardoor eenvoudige module integratie mogelijk is;
- Een achterzijde contact ontwerp dat het metaal verbruik (lagere € / Wp) vermindert en module integratie vereenvoudigd;
- Een cel procedé met een beperkt aantal processtappen dat vergelijkbaar is met het commerciële n-PASHA proces.
- Nieuwe en potentieel betere oppervlak passivatie op basis van ALD en PECVD;
- Nieuwe pn-junctie processen met een betere kostenstructuur of hogere rendement;
- Nieuwe patronen en contact methoden voor verdere kostenverlaging;
- Folie gebaseerde interconnectie-technologie, waardoor het gebruik van grote silicium wafers en hoge doorvoer mogelijk wordt.

De resultaten zijn met alle projectpartners besproken gedurende acht consortium vergaderingen. Het project heeft geresulteerd in: 3 tijdschriftpublicaties met een tweetal Journaal inzendingen in voorbereiding, 3 octrooiaanvragen, 14 bijdragen aan internationale conferenties, waarvan 6 uit mondelinge presentaties bestonden. Tenslotte zijn meer dan 30 vertrouwelijke rapporten opgesteld met beschrijvingen van project resultaten.

Spin off binnen en buiten de sector

Het kosteneffectieve cel- en moduleproces heeft de aandacht getrokken van grote PV-fabrikanten en het consortium start nieuwe industriële en commerciële samenwerkingen.

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

| Datum | Titel | Auteurs | Conferentie / medium |
|--------------|--|--|---|
| 20 June 2016 | n-PERC c-Si solar cell architecture with front and rear ion-implanted carrier-selective contacts | A. Ingenito, H. Dijkslag, G. Yang, O. Isabella, M. Zeman | 32nd International conference EU-PVSEC, Munich, Germany (2016) Oral |
| 5 June 2016 | Designing IBC cells with FFE: long range effects with circuit simulation | A.R. Burgers, I. Cesar, A.A. Mewe, N. Guillevin, P. Spinelli | 43rd IEEE PVSC, Portland, USA (2016) Poster |
| 26 May 2016 | IBC c-Si solar cells based on ion-implanted poly-silicon passivating contacts | G. Yang, A. Ingenito, O. Isabella, M. Zeman | Solar Energy Materials and Solar Cells (in press), DOI: 10.1016/j.solmat.2016.05.041 |
| 23 May 2016 | Enablers for integral IBC cell and module development and implementation in PV industry | I. Cesar, A.R. Burgers, A.A. Mewe, N. Guillevin, P. Spinelli | SNEC 10th International Photovoltaic Power Generation Conf. & Exhibition, Shanghai, Peoples Republic of China (2016) Poster |



| | | | |
|-----------------|--|---|--|
| 7 March 2016 | Design and application of ion-implanted polySi passivating contacts for interdigitated back contact c-Si solar cells | G. Yang, A. Ingenito, N. van Hameren, O. Isabella, M. Zeman | 6th International Conference on Silicon Photovoltaics, SiliconPV, Chambéry, France, 2016 oral |
| 20 Jan. 2016 | Design and application of ion-implanted polySi passivating contacts for interdigitated back contact c-Si solar cells | G. Yang, A. Ingenito, N. van Hameren, O. Isabella, M. Zeman | Applied Physics Letters 108, 033903 (2016) |
| 18 Nov. 2015 | Integral "Mercury" cell and module design | Ilkay Cesar, Nicolas Guillevin, Agnes Mewe, Pierpaolo Spinelli, Antonius Burgers, Victor Rosca, Lars Okel, Bart Geerligts, Arthur Weeber, Simon Sawalich, Michael Nagel | Sunday (2015), Arnhem, the Netherlands Poster |
| 3 Nov. 2015 | Progress towards highly efficient IBC cells at Delft University of Technology | A. Ingenito, G. Yang, O. Isabella, M. Zeman | 7th Workshop on Back Contacted Solar Cells, Freiburg, Germany, 2015 (oral) |
| 14 Sept. 2015 | Mercury: industrial IBC cell with front floating emitter for 20.9% and higher efficiency | Nicolas Guillevin, Agnes Mewe, Pierpaolo Spinelli, Antonius Burgers, Gaby Janssen Bas van de Loo, Erwin Kessels, Ard Vlooswijk, Bart Geerligts, Ilkay Cesar | 31st International conference EU-PVSEC, Hamburg, Germany (2015) Poster |
| 22 June 2015 | Boron-doped silicon surfaces from B ₂ H ₆ passivated by ALD Al ₂ O ₃ for solar cells | Mok, K.R.C. (Caroline), Loo, Bas W.H. van de, Vlooswijk, Ard H.G., Kessels, W.M.M. (Erwin), Nanver, Lis K., | IEEE Journal of Photovoltaics, 5 (5). pp. 1310-1318. ISSN 2156-3381 (2015) |
| 14 June 2015 | Mercury: Industrial IBC Cell with Front Floating Emitter For 20.9% and Higher Efficiency | Agnes Mewe, Pierpaolo Spinelli, Teun Burgers, Gaby Janssen, Nicolas Guillevin, Bas van de Loo, Erwin Kessels, Ard Vlooswijk, Bart Geerligts, Ilkay Cesar | 42th IEEE PVSC, New Orleans, USA (2015) Poster |
| 20-24 June 2016 | n-PERC c-Si solar cell architecture with front and rear ion-implanted carrier-selective contacts | A. Ingenito, H. Dijkslag, G. Yang, O. Isabella, M. Zeman | 32nd International conference EU-PVSEC, München, Germany (2016) Oral |
| 5 June 2016 | Designing IBC cells with FFE: long range effects with circuit simulation | A.R. Burgers, I. Cesar, A.A. Mewe, N. Guillevin, P. Spinelli | 43rd IEEE PVSC, Portland, USA (2016) Poster |
| 23 May 2016 | Enablers for integral IBC cell and module development and implementation in PV industry | I. Cesar, A.R. Burgers, A.A. Mewe, N. Guillevin, P. Spinelli | SNEC 10th International Photovoltaic Power Generation Conference & Exhibition, Shanghai, Peoples Republic of China (2016) Poster |
| 7- March 2016 | Design and application of ion-implanted polySi passivating contacts for interdigitated back contact c-Si solar cells | G. Yang, A. Ingenito, N. van Hameren, O. Isabella, M. Zeman | 6th International Conference on Silicon Photovoltaics, SiliconPV, Chambéry, France, 2016 oral |
| 20 Jan. 2016 | Design and application of ion-implanted polySi passivating contacts for interdigitated back contact c-Si solar cells | G. Yang, A. Ingenito, N. van Hameren, O. Isabella, M. Zeman | Applied Physics Letters 108, 033903 (2016) |
| 18 Nov. 2015 | Integral "Mercury" cell and module design | Ilkay Cesar, Nicolas Guillevin, Agnes Mewe, Pierpaolo Spinelli, Antonius Burgers, Victor Rosca, Lars Okel, Bart Geerligts, Arthur Weeber, Simon Sawalich, Michael Nagel | Sunday (2015), Arnhem, the Netherlands Poster |



Media exposure:

| | | | |
|-----------------|--|--|----------------|
| 1 maart 2014 | Topsectorenbeleid levert achttien nieuwe solar innovatieprojecten op | | Solar Magazine |
|-----------------|--|--|----------------|

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 Ernst Granneman, Levitech B.V., e-mail: ernst.granneman@levitech.nl
- de heer Kay Cesar, ECN, e-mail: cesar@ecn.nl

Subsidie

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.