



# Openbaar eindrapport CHAMP

---

## Gegevens project

- Projectnummer: TEID215038
- Projecttitel: CHAMP
- Project manager en project partners: ECN part of TNO (TNO), Project manager, Tempres Systems B.V. (Tempres), Heliox B.V. (Heliox), DSM B.V. (DSM) en Exasun B.V. (Exasun)
- Projectduur: 01-01-2016 t/m 28-02-2019 (3 jaar en twee maanden: oorspronkelijke duur 2,5 jaar + 8 maanden verlenging)
- Publicatiedatum openbaar rapport:



## Samenvatting van uitgangspunten, doelstelling en samenwerkende partijen

### *Uitgangspunten*

CHAMP had als doel de productie en demonstratie, zowel in het laboratorium als in het veld, van PV-modules van wereldklasse, op basis van de kerntechnologieën van TNO, Tempress, Helios, DSM en Exasun. De focus lag met name op de twee belangrijkste technologieën, te weten alle back-contact modules op basis van metal wrap-through (MWT) en interdigitated back-contact (IBC) cellen, evenals tweezijdige (bifaciale) modules op basis van n-PERT en PERPoly cellen.

In de meeste commercieel beschikbare modules is de prestatie (het vermogen) minder dan de som van de cellen die in de module geplaatst zijn; dit staat bekend als de cell-to-module loss (CTM). In dit project beoogden we een aantal technologieën te demonstreren en te integreren die dit paradigma van verlies kunnen omkeren. Onze module-constructies benutten de eigenschappen beter en leveren meer vermogen dan de som van de cellen in de module; CTM-winst.

We hebben dit resultaat bereikt door optimalisatie van de elektronische en optische eigenschappen van de module lay-out, de constructie en materiaalopbouw in de module. Om maximaal vermogen van deze modules in de buitenomgeving te bereiken en in toepassing in systemen heeft Heliox een micro-omvormer ontwikkeld dat de opgewekte lichtstroom zeer efficiënt kan omzetten.

We hebben materialen en technologieën gebruikt die commercieel ontwikkeld zijn door Nederlandse fabrikanten, met name de n-PERT en PERPoly celtechnologieën en de fabricagetools van TNO en Tempress, de anti-reflectiecoating en tweezijdige modulecoatings van DSM en de back-contact foliotechnologie van TNO en DSM. Deze technologieën zijn gecombineerd om in het laboratorium een standaard 60-cels tweezijdige module te realiseren met een meer dan 360 Wp effectiviteit onder standaard tweezijdige condities, en een back-contact module met een CTM winst van meer dan 5% met toepassing van IBC technologie. Bij de tweezijdige modules, een relatief nieuwe technologie op de markt, hebben we ook onderzocht wat de beste standaard testcondities (STC) zijn en hoe zij zich verhouden tot metingen in de buitenomgeving.

Daarnaast hebben we deze modules getest in een veldtestopstelling van Tempress en de resultaten een jaar lang gemonitord om laboratoriumresultaten te valideren bij toepassing van het systeem in een echte gebruiksomgeving. Begin 2018 vergeleken we deze CHAMP-modules met de beste commercieel beschikbare modules om na te gaan of de projectmodules in de praktijk daadwerkelijk beter presteren dan bijna alle commercieel beschikbare modules met vergelijkbare technologieën onder verschillende weers- en milieuomstandigheden.

### *Doelstelling*

We hebben de technologieontwikkelingen toegepast op zowel de tweezijdige als alle back-contactmodules; deze worden wereldwijd beschouwd als de volgende generatie moduletechnologie. Hiertoe moest het vermogen van de module verhoogd worden en alle mogelijke gebieden van de module gebruikt worden voor optische ontwikkelingen met behoud van modulespanning en beperking van weerstandsverliezen. Dit waren de belangrijkste ontwikkelingen:

- Optisch beheer door het gebruik van speciale materialen tussen cellen, op moduleglas (zowel aan de voor- als achterzijde) en op de celverbindingsmaterialen om extra optische versterking en hoger vermogen te realiseren.
- Optimale afstand tussen de cellen bepaald om de optische winst te maximaliseren, rekening houdend met de kosten, installatie en industriële standaarden die de grootte en het gewicht van de modules beperken.
- Optimale grootte van de cellen om de resistieve verliezen als gevolg van hoger vermogen te beperken.
- Efficiënte omzetting van hoogstroom en hoogspanning elektrische output van modules.

### *Samenwerkende partijen*

- ECN part of TNO (TNO), Petten: projectmanagement
- Heliox, Best: partner, micro-inverter
- DSM, Urmond: partner, materialen



- Exasun, Den Haag: partner, modulefabricage
- Tempres Systems, Vaassen: veldtest

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

### *Resultaten*

Binnen het CHAMP-project zijn 8 hoogwaardige modules gebouwd die geoptimaliseerd zijn voor de best mogelijke prestatie met behulp van tweezijdige of back-contact modules. Hiermee hebben we bewezen dat moduleprestatie niet alleen gaat over de efficiëntie van de cellen in de module. We hebben deze modules ook onderworpen aan een veldtest in de buitenomgeving om meer te weten te komen over hoe ze presteren en hoe goed optische optimalisaties in het laboratorium zich vertalen naar de buitenomgeving.

Daarnaast hebben we een belangrijke bijdrage geleverd aan de PV-gemeenschap in de discussie over en het onderzoek naar tweezijdige modules met betrekking tot meten en voorspellen van hun prestaties op basis van de karakterisatiemethode.

### *Knelpunten*

Op dit moment bevinden de diverse technologieën in de modules zich in verschillende stadia van ontwikkeling. Sommigen zijn al gereed voor commerciële toepassing en CHAMP heeft geholpen om hun effectiviteit aan te tonen. Andere technologieën zoals IMF moeten verder ontwikkeld worden om kosteneffectief te worden en productieproblemen op te lossen. Dankzij karakterisatie en verbeterd inzicht in tweezijdige modules zijn ook knelpunten weggenomen voor wereldwijde adoptie van tweezijdige en back-contact PV-cellen en -modules.

### *Perspectief van toepassing*

Tweezijdige modules worden nu al gebruikt als nieuwste technologie voor grootschalige productie. Volgens voorspellingen wordt de back-contacttechnologie één van de volgende stappen in de realisatie van hoogefficiënte celtechnologieën voor diverse toepassingen. Binnen CHAMP hebben we een toolbox ontwikkeld en optisch ontworpen modules gevalideerd, waarbij beide technologieën uitzonderlijke prestaties lieten zien. De resultaten van dit project bieden een positief voorbeeld van wat er bereikt kan worden met de volgende generatie module-technologieën.

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

In Nederland en grote delen van Europa richt de PV-industrie zich op modulebouwers. CHAMP heeft de voordelen aangetoond van op module gerichte technologie om vermogen en prestaties van PV-modules op basis van alle soorten cellen te verbeteren. De resultaten tonen dat de effectiviteit en bankability in de buitenwereld van nieuwe moduletechnologieën en innovaties goede resultaten opleveren voor elk celtype. Dit helpt bedrijven en eindgebruikers van PV-technologie, zoals installateurs, huiseigenaren en elektriciteitsgebruikers, om goedkopere en efficiëntere PV-oplossingen te vinden en het levert meer mogelijkheden op voor diverse toepassingen.

### Spin off binnen en buiten de sector

De resultaten van dit project omvatten duidelijke validatie van de diverse moduletechnologie-opties van de projectpartners zowel in het laboratorium als in de buitenwereld. Dit biedt een goede basis voor verdere optimalisatie en commercialisatie van de afzonderlijke technologieën en de combinatie van technologieën om modules van wereldklasse te maken op basis van elk celtype.

ECN.TNO zal doorgaan met ontwikkeling van tweezijdige cellen en modules met als doel verbetering van vermogen in alle omstandigheden. Dit omvat ook het uitwerken van ideeën die goed te combineren zijn met half-cellen en optimale lichtbeheersingsstrategieën.



Heliox zet het onderzoek voort aan opties om conversietechnologie voor vermogenselektronica voor innovatieve zontoepassingen te optimaliseren.

DSM werkt verder aan ontwikkeling en commercialisatie van de conductive backsheet. DSM heeft onlangs een samenwerkingsverband opgestart met een partner in de Verenigde Staten voor de fabricage van zonnepanelen op basis van dit materiaal. Verdere ontwikkeling richt zich op de opschaling van dit proces.

Exasun maakt glas-glas back-contactmodules. Dankzij dit project kunnen zij het hoge potentiële rendement aantonen van deze modules in de outdoor testopstelling en potentiële prestatieverbeteringen evalueren voor backcontactmodules en maximaal optisch beheer.

Voor Tempress zijn de projectresultaten een showcase voor de zeer hoge opbrengst van tweezijdige n-PERT modules in vergelijking met andere commerciële moduletechnologieën. Dankzij deze resultaten kan Tempress haar leidende rol behouden als leverancier van diffusie- en LP-CVD-ovens voor de grootschalige productie van geavanceerde n-PERT zonnecellen met passiveringscontacten.

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

Resultaten van werk binnen dit project zijn gedeeld via internationale conferenties en workshops:

- SiliconPV Conference, april 2019, Tempress, Bas van de Loo (Tempress).
- EUPVSEC, september 2018, ECN.TNO, Anna Carr (ECN.TNO).
- PVSC World Conference 2018, ECN.TNO, Bonna Newman (ECN.TNO).
- EUPVSEC, september 2017, ECN.TNO, Nicolas Guillevin (ECN.TNO).
- EUPVSEC, september 2017, ECN.TNO, Bonna Newman (ECN.TNO).

B.K. Newman, A.J. Carr, K. de Groot, N. Dekker, B. van Aken, A. Vlooswijk, B.W.H. van de Loo. *Comparison of Bifacial Module Laboratory Testing Methods*. EU PVSEC 2017, Amsterdam.

N. Guillevin, B.K. Newman, E. Bende, L. Okel, M. Jansen, N. Dekker, W. Eerenstein. *Cell to Module Gains for High Efficiency Back Contact Cells*. EU PVSEC 2017, Amsterdam.

A.J. Carr, B.K. Newman, A. Binani, M. Kloos, A. Gutjahr, I. Bennett, J. Gaury, B.W.H. van de Loo. *Optically Engineered Bifacial Modules*. EU PVSEC 2018, Brussels.

B.K. Newman, A.J. Carr, M.J. Jansen, E. Garcia Goma, M.J.H. Kloos, A. Gutjahr, K.M. de Groot, I.J. Bennett, J. Gaury, B.B. van Aken. *Comparison of Bifacial Module Measurement Methods with Optically Optimized Bifacial Modules*. IEEE PV Specialist Conference & World Conference 2018, Honolulu.

B.W.H. van de Loo, W. Vermeulen, B.K. Newman, A.J. Carr, P. Venema, J. Luchies, *Reaching 39% Higher Specific Yields with Bifacial Passivating Contact Modules in High-Albedo Conditions*, presented at the 9<sup>th</sup> international SiliconPV Conference 2019, Leuven.

## Contact voor meer informatie

Meer informatie over dit project kan verkregen worden via:

- Dr. Bonna Newman, ECN part of TNO, [bonna.newman@tno.nl](mailto:bonna.newman@tno.nl).

## Meer exemplaren van dit rapport

Meer exemplaren van dit rapport kunnen digitaal worden verkregen via Dr. Bonna Newman, [bonna.newman@tno.nl](mailto:bonna.newman@tno.nl).

## Subsidie

*Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.*