



Openbaar eindrapport 1721104

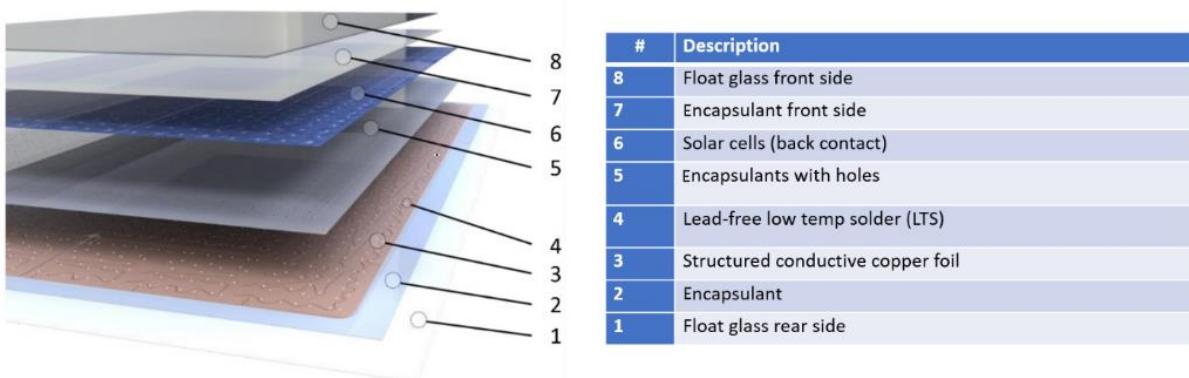
Gegevens project

- Projectnummer: 1721104
- Projecttitel: PARSEC, PV And Recycling for leadfree Solar panels: Economy & Circularity
- Penvoerder en medeaanvragers: TNO, Exasun, Endurans Solar, Mat-Tech
- Projectperiode: 01 November 2019 – 01 May 2022
- Publicatiedatum openbaar rapport: 01-07-2022

Hoewel de informatie in dit rapport is ontleend aan betrouwbare bronnen en bij de samenstelling van dit rapport redelijke zorgvuldigheid is betracht, kan TNO door de gebruiker niet aansprakelijk worden gesteld voor hierin voorkomende fouten, onjuistheden en/of onvolledigheden, ongeacht de oorzaak, noch kan TNO aansprakelijk worden gesteld voor enige schade die hieruit mocht voortvloeien. Elk gebruik dat wordt gemaakt van de informatie in dit rapport en beslissingen die door de gebruiker op basis van deze informatie worden genomen, zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen geval zijn TNO, haar bestuurders, directeuren en/of werknemers aansprakelijk voor indirecte, immateriële of gevolgschade, met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies aan contracten of orders.

Samenvatting van uitgangspunten, doelstelling en samenwerkende partijen

De laatste tijd neemt de aandacht voor recycling van zonnepanelen aan het einde van hun functionele levensduur snel toe. De huidige business case voor de recycling van PV-panelen is negatief, zowel wat de waarde van het teruggewonnen materiaal, als de snelheid van de verwerking betreft. Dit resulteert in netto kosten voor de verwerking van afgedankte zonnepanelen. Om een circulaire economie te realiseren, waarin elektriciteitsopwekking door zonnepanelen centraal staat, is het belangrijk dat de zonnepanelen zelf uiteindelijk ook circulair zijn. Het Parsec consortium richtte zich erop om via slim ontwerp en materiaalkeuze een zonnepaneel te ontwikkelen dat beter geschikt is voor recycling en hergebruik, door middel van een 'Design voor Recycling' (DFR). Bij dit ontwerp speelt de hechtfolie, in een standaard industrieel paneel Ethyl Vinyl Acetaat (EVA), een hoofdrol. Deze hechtfolie is vervangen door een nieuwe type folie de 'release' hechtfolie. De functie van de release folie is het gecontroleerd onthechten aan het einde van de levensduur wat eenvoudiger ontmanteling van een paneel mogelijk maakt. Het release folie materiaal is ontwikkeld door Endurans Solar. Partner Exasun heeft het fabricageproces van het DFR zonnepaneel op hun productie lijn geïntegreerd. Daarnaast zijn alternatieve interconnectie-materialen op basis van loodvrij soldeer onderzocht, vervaardigd en getest. Nieuw loodvrij interconnectiemateriaal werd ontwikkeld door projectpartner Mat-tech. TNO verzorgde het complete testprogramma inclusief de bouw en opschaling van de DFR panelen tot ware grote. Het vereenvoudigen van het productieproces wordt nagestreefd door de hechtfolies in een paneel voor meerdere doeleinden te gebruiken. Deze hechtfolie is niet uitsluitend gebruikt als hechtmateriaal tussen de voorste en achterste glasplaten en de zonnecellen, maar ook als ondersteuning voor de koperen geleidende folie binnenin het paneel (zie figuur 1). Deze dubbele functie biedt zowel een versteviging van de koperfolie, als ook de onthechtende eigenschappen voor de ontmanteling. Het paneel bestaat dan zoveel mogelijk uit uniforme materialen wat de recycling ten goede komt. De betrouwbaarheid op langere termijn en de demontage aan het einde van de levensduur zijn in dit project getest door TNO.



©TNO

Figuur 1 Doorsnede Design voor Recycling PV paneel

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

In het project zijn recyclebare zonnepanelen op ware grootte gerealiseerd, waarvan de materialen na ontmanteling deels *direct* hergebruikt kunnen worden in nieuwe panelen (de volledige intacte en schone glasplaten) en welke na recycling en herfabricage opnieuw kunnen worden gebruikt (zie figuur 2 en 3). Deze recyclebare panelen vertoonden een vergelijkbare prestatie als industrieel vervaardigde panelen, gebaseerd op standaard hechtfolie (EVA). De functionele PV panelen op ware grote zijn gebouwd en met succes gedemonteerd in een speciale ontmantelingsinstallatie (zie figuur 4). TNO heeft de verwerkingsparameters voor de hechtfolie uitgewerkt en gestreefd naar betrouwbaarheid van het materiaal gedurende de levensduur van het paneel. Vanwege Covid restricties en vertraagde materiaalproductie in het buitenland zijn tussenproducten noodzakelijkerwijs langdurig opgeslagen, hetgeen de materiaaleigenschappen ongunstig hebben beïnvloed. Twee onvoorziene extra productie rondes, hebben geresulteerd in een release folie met meer gewenste eigenschappen.

Het merendeel van de projectdoelstellingen is bereikt en beschreven volgens de werkpakketten (WP) per partner:

WP1: Loodvrij verbindingsmateriaal voor panelen op ware grootte

Mat-Tech heeft een nieuw loodvrij soldeermateriaal ontwikkeld. Functionele panelen zijn met het materiaal op ware grote vervaardigd in combinatie met de 'release' hechtfolie. De panelen zijn bij TNO succesvol getest volgens het IEC testprotocol voor zonnepanelen.

WP2: Gestructureerde geleidende koperfolie gemonteerd op release hechtfolie (semi- fabricaat)

Design voor Recycling panelen zijn gebaseerd op back-contact technologie. Dit houdt in dat de elektrische interconnectie van de cellen uit een zeer dunne koperfolie bestaat (zie figuur 1). Deze folie is standaard gemonteerd op een PET drager om de mechanische stabiliteit te waarborgen. In het PARSEC project is deze PET drager vervangen door de release hechtfolie. De reden is om een zo uniform mogelijk materiaalgebruik in het paneel realiseren, wat recycling in een later stadium vereenvoudigt. Door de koperfolie direct op de hechtfolie te monteren (semi- fabricaat) vervallen ook twee processtappen in de assemblage tijdens de bouw van het paneel, hetgeen eenvoudiger en goedkopere assemblage mogelijk maakt. Bij Exasun werd aangetoond dat twee oplegstappen kunnen worden weggelaten bij het aanbrengen van het half- fabricaat op de productielijn.

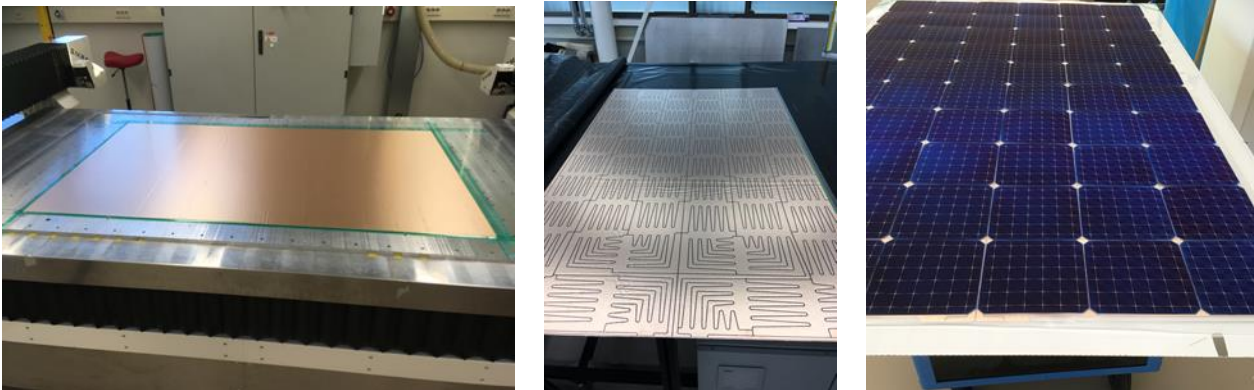
WP3: Opschaling van 4-cels paneel tot 60-cels paneel - op basis van release hechtfolie

Functionele PV panelen op ware grote zijn gebouwd en met succes gedemonteerd na afloop van de duurzaamheidstesten in een speciale installatie. TNO heeft de lamineer parameters voor de release hechtfolie uitgewerkt en aan Exasun overgedragen voor integratie op de productie lijn. In dit traject is een geoptimaliseerde nieuwe release hechtfolie ontwikkeld door Endurans.

WP4: Productie van testpanelen op ware grootte

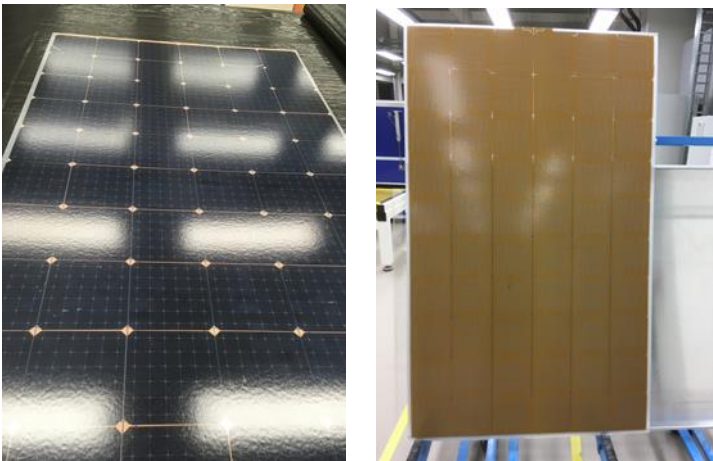
Exasun is erin geslaagd PV-panelen op ware grootte te produceren in hun productie-eenheid. Het lamineerproces vond plaats op de industriële in-line laminator. Een succesvolle vertaling van de TNO laboratorium parameter instellingen naar de industriële laminator kon worden gerealiseerd.

Hoewel het project problemen ondervond als gevolg van de Corona-pandemie, is het merendeel van de resultaten gerealiseerd. De bouw van de eerste prototypes op ware grote laat zien dat een circulair PV paneel zeker haalbaar is. De benodigde tijd voor ontmanteling aan het einde van de levensduur is nog niet op een industrieel niveau en verdient verder onderzoek en optimalisatie.



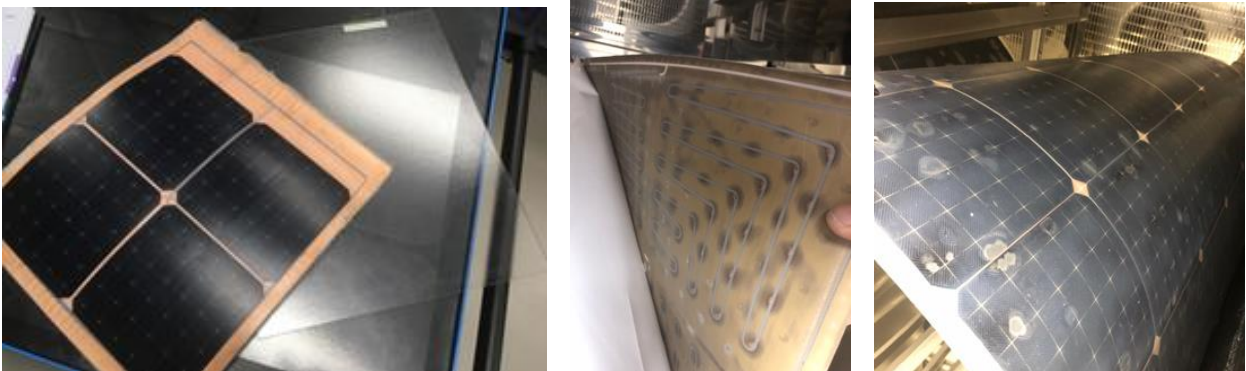
Figuur 2 Productie proces van Design voor Recycling panelen

Links, koperfolie voor het structureren. Center, koperfolie na structureren. Rechts, zonnecel plaatsen



Figuur 2 Productie proces van Design voor Recycling panelen

Links, glas-glas zonnepaneel na lamineren voorzijde. Rechts, achterzijde



Figuur 3 Gecontroleerde ontmanteling met behulp van de release folie aan het einde van de PV paneel levensduur



Figuur 4 Ontmanteling test installatie voor Design voor Recycling panelen bij TNO



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

Dit is de eerste keer dat is aangetoond dat hoogkwalitatieve betrouwbare marktconforme (60 cel) zonnepanelen kunnen worden gemaakt, waarvan het assemblage- en ontmantelingsproces volledig past in een circulaire economie. Hergebruik van teruggewonnen materiaal zoals de PV-cellen, koper en de glasplaat is mogelijk na ontmanteling. Een voordeel is dat deze materialen vrij van residu of verontreinigingen worden teruggewonnen, hetgeen de materialen beter inzetbaar maakt voor hoogwaardige toepassingen. Hierdoor worden besparingen op kosten, energie, materialen en emissies bereikt. De waarde aan het einde van de levensduur van een PARSEC zonnepaneel is dus aanzienlijk hoger dan die van een regulier paneel. In het verlengde van het PARSEC project voert TNO vervolgonderzoek uit binnen twee EU Horizon projecten. Een nationaal TSE project richt zich op de teruggewonnen zonnecellen met als doel zilver en hoogwaardig silicium, het hoofdbestanddeel van de cellen, terug te winnen. Recycling van een silicium cel bespaart aanzienlijk op energieverbruik. Een voorwaarde is dat de cellen in schone staat voor de verdere verwerking worden aangeboden, wat met DFR haalbaar is. De hoog transparante glasplaat van een PV paneel kan dankzij DFR residu vrij verkregen en in de een of andere vorm hergebruikt worden voor nieuwe panelen. Het terugwinnen van schoon restmateriaal levert direct een besparing op. Er is een zeer sterke marktvraag naar CE-zonnepanelen, omdat de Europese Unie, en Nederland in het bijzonder, streven naar een Circulaire Economie. Dit betekent dat alle verkochte producten moeten voldoen aan de normen van de circulaire economie (CE): ze moeten een lange levensduur hebben, een ontwerp hebben dat hergebruik van de onderdelen mogelijk maakt, en onderdelen bevatten die worden hergebruikt.

Spin-off binnen en buiten de sector

Spin-off binnen de sector is verwacht, wegens de grote meerwaarde die het product heeft voor de energietransitie en de overgang naar een circulaire economie, naast de toegenomen eindwaarde van het product. Naast Exasun, de industriële hoofdontwikkelaar in het project, heeft zich een tweede industriële partij bij TNO aangesloten voor verdere doelgerichte ontwikkelingen. Het hechtfolie materiaal dat exclusief is ontwikkeld in dit project voor back contact zonnepanelen kan ook in elk gewenste standaardpaneel worden toegepast in plaats van de bestaande standaard hechtfolie EVA. Verwerking is mogelijk met de reeds aanwezige industriële productiemachines volgens bestaande processen.

Spin-off buiten de sector is verwacht, omdat de benadering van de oplossing om tot een recyclebaar paneel te komen ook in andere sectoren kan worden toegepast, zoals in andere elektronische producten of in de bouw, waar ontmanteling en recyclebaarheid van plastics ook een belangrijk vraagstuk is.

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

Wegens het confidentiële karakter van de resultaten in dit stadium van ontwikkeling zijn er geen openbare publicaties, behalve enkele artikelen die in diverse dagbladen verschenen zijn. De betrokken marktpartijen verwachten dat dit product een interessante bijdrage levert aan de circulaire economie op gebied van PV-panelen. Zij willen het product verder ontwikkelen en hier uitgebreid over publiceren als het product gelanceerd wordt en het intellectuele eigendom nationaal en zeker ook internationaal goed beschermd is. Achtergrondinformatie is te vinden in:

Volkscrant artikel, Zonnepanelen op alle daken, maar wat doen we met het afval, M. Bakker Volkscrant/M. Späth TNO, mei 2022.

NRC artikel, Eindelijk een zonnepaneel dat wél te recyclen is, A. Verdonk NRC/M. Späth TNO, december 2021.

PV Magazine International Recyclable, back contact solar panel from the Netherlands (Parsec project), E. Bellini PV Magazine /M. Späth TNO, December 2021. <https://www.pv-magazine.com/2021/12/09/recyclable-back-contact-solar>.



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 Martin Späth, TNO Energy Transition, martin.spath@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.”