

High Tech Campus 21
5656 AE Eindhoven

www.tno.nl

T +31 88 866 54 43

TNO-rapport

Openbaar eindrapport SURPRICE: Surface passivation and light trapping in thin CIGS solar cells

Gegevens project

- Projectnummer: TEID215031
- Projecttitel: SURPRICE
- Penvoerder en medeaanvragers: ECN, TNO en Meyer Burger B.V.
- Projectperiode: 1-1-2016 t/m 30-6-2018
- Publicatiedatum openbaar rapport: 1-10-2018

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

1 Samenvatting van uitgangspunten, doelstelling en samenwerkende partijen

Uitgangspunt van het project is de wens van de CIGS zonnecel industrie om hogere cel efficiencies, minder materiaal verbruik en kortere procestijden te realiseren. De route daar naar toe is toepassing van dunnere CIGS absorber lagen met verbeterde passivering. Dunnere absorber lagen vangen echter het zonlicht minder goed in en hebben verhoudingsgewijs meer last van de storende invloed van de interfaces met andere lagen en vereisen daarom technieken om de licht invangst te verbeteren. Het doel van het project SURPRICE is licht invangst in dunnere CIGS zonnecellen dmv texturering te vergroten en verstoring te reduceren met verbeterde passivering.

De verbeterde passivering wordt bewerkstelligd door een dunne laag Al_2O_3 aan de achterzijde van de cel, tussen de absorberlaag en het metaalcontact aan te brengen. Deze laag onderdrukt recombinatie van ladingsdragers aan het oppervlak tussen het CIGS en de Mo metaallaag. In dit project hebben we Spatial-ALD toegepast om deze alumina laag te creëren.

Door middel van het aanbrengen van een textuur op de achterzijde elektrode kan de licht invangst in de zonnecel verbeterd worden. We hebben aangetoond dat deze texturen kunnen goed gemaakt worden met Nano Imprint Lithography (NIL).

De samenwerkende partijen in het project zijn ECN en TNO met expertise op het gebied van zonnecel technologie en Meyer Burger met expertise op het gebied van Spatial ALD.

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

We zijn begonnen met het ontwikkelen van een CIGS cel fabricage proces met dunnere absorber lagen, op basis van co-evaporatie. Hiermee is een referentieproces ontwikkeld voor cellen met een absorber dikte van 500 nm (tegen 1800 nm voor standaard cellen) met een rendement van ongeveer 10% (16 % voor standaard cellen). Vervolgens is een proces ontwikkeld om een alumina laag als passiverende laag met S-ALD aan te brengen tussen de CIGS absorber laag en het Mo-achtercontact. Dit proces vereist meerdere stappen. Omdat alumina een elektrische isolator is, moeten er doorgangen in gecreëerd worden om ladingstransport tussen CIGS en Mo mogelijk te maken.

We hebben 2D en 3D simulaties uitgevoerd om te bepalen hoe groot de openingen en hoe groot de afstand tussen de openingen moet zijn om serie-weerstand verliezen te voorkomen en zo een optimale passivering te realiseren.

Daarnaast hebben we een proces ontwikkeld om met NIL een etsmasker aan te brengen om vervolgens met een etsproces gaten in de alumina laag aan te brengen. Vervolgens hebben we dit proces toegepast in een volledig celfabricage. Cellen die met dit procedé zijn gemaakt hadden gemiddeld 10% hogere efficiency (relatief) dan de referentie cellen. De toename in efficiency was echter voornamelijk vanwege een hogere stroom zodat we de toename niet volledig aan passivatie durven toe te schrijven. De aluminalaag kan ook een optisch effect veroorzaken waardoor de lichtinvangst wordt verbeterd.

Knelpunten in het project waren:

- Het proces om gaten te maken in de aluminalaag, met behulp van NIL en etsen is gecompliceerd.
- De passiverende werking van alumina kan – anders dan bij silicium zonnecellen – alleen maar in een complete cel worden getest.
- Invoegen van een alumina-laag aan de achterzijde van de CIGS cel blokkeert voor een deel de Na diffusie vanuit het glas substraat in de CIGS laag. Dit vereist een Na behandeling na de CIGS depositie.

Ondanks de genoemde knelpunten is het gelukt om CIGS zonnecellen met passiverende alumina lagen inclusief regelmatige openingen erin te realiseren. Voor commerciële toepassing is dit proces met NIL en etsen waarschijnlijk te gecompliceerd. Het creëren van de openingen in het alumina zou eenvoudiger moeten of voorkomen moeten worden. Het laatste zou wellicht kunnen door dunnere alumina lagen toe te passen, die tunnelgeleiding mogelijk maken, of een elektrisch geleidende passiverende laag ipv alumina toe te passen.

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

Invoering van het SURPRICE concept in industriële productie van CIGS zonnecellen zou leiden tot hogere cel efficiencies en minder materiaalverbruik en daarmee tot lagere LCOE kosten van zonnestroom.

Het project heeft de kennispositie van Solliance op het gebied van de fundamentele device fysica van CIGS zonnecellen versterkt, maar ook onze praktische kennis op het gebied van nano-imprint lithografie.

4 Spin off binnen en buiten de sector

Het concept dat in dit project is onderzocht is tamelijk specifiek voor CIGS zonnecellen maar de ontwikkelde kennis over nano-imprint lithografie is breder inzetbaar en kan bijvoorbeeld worden toegepast om dielectrische nanoscatterers te maken (die gekleurde PV modules met een hoge efficiency mogelijk maken), zilver nanodraden voor contactering van zonnecellen en andere nano-PV toepassingen. Wij zullen op dit vlak blijven samenwerken met AMOLF.

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

Project resultaten zijn gepresenteerd op wetenschappelijke conferenties en een artikel:

A.R. Burgers et al, WCPEC-7, 2018;

W. Soppe et al, IEEE-PVSC 2016;

J. v. Deelen et al, Photovoltaics International Volume 35, 2017

6 Vermelding waar en tegen welke prijs meer exemplaren van dit rapport te bestellen zijn

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

7 Vermelding van contactpersoon (personen) voor meer informatie

Meer informatie over dit project kan verkregen worden via:
de heer Wim Soppe, TNO/Solliance, wim.soppe@solliance.eu