



Openbaar eindrapport ABC4All

Gegevens project

- Projectnummer: TEUE117022
- Projecttitel: All Back Contact 4 all (ABC4all)
- Penvoerder en medeaanvragers: TNO, Tempres, Levitech
- Projectperiode: 2018-2019
- Publicatiedatum openbaar rapport: 31 maart 2020



Samenvatting van uitgangspunten, doelstelling en samenwerkende partijen

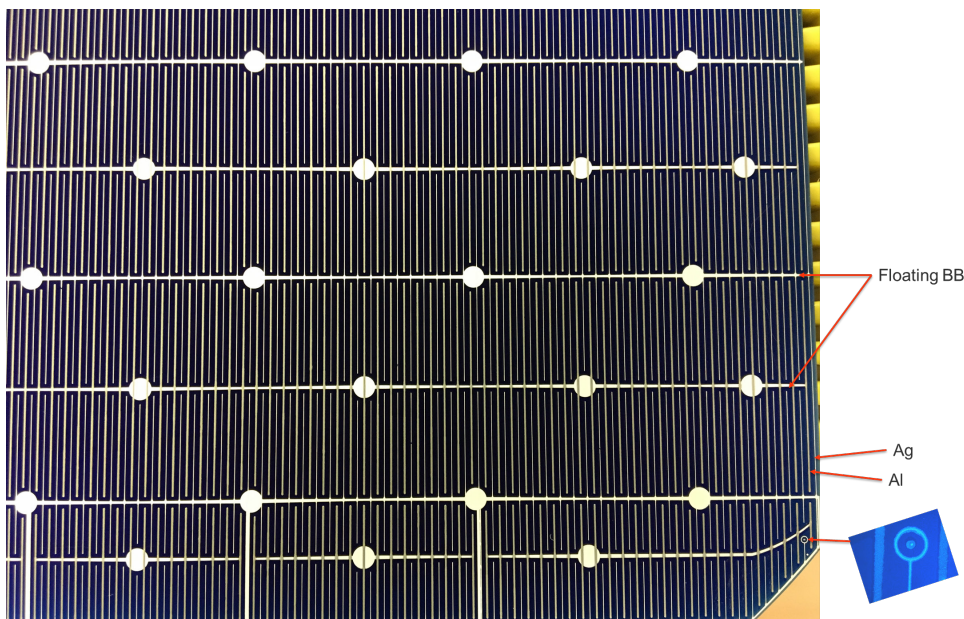
In de zonne-energie markt is er een groeiende vraag naar zonnepanelen die niet alleen hoge vermogens hebben, maar ook esthetisch aantrekkelijk zijn. De 'all black'-panelen met Interdigitated Back Contact (IBC) cellen kunnen goed aan deze behoefte voldoen, maar zijn op dit moment dure, high-end producten die een nichemarkt bedienen met een marktaandeel van minder dan 1%. Na IBC-leider Sunpower, hebben recentelijk ook Sharp, LG, AUO, Jolywood IBC-panelen geïntroduceerd als showmodel. Het X21-paneel van Sunpower, met 's werelds hoogste vermogensdichtheid dankzij zonnecellen met 25%+ efficiëntie, heeft echter als enige de markt betreden en is ongeveer 75% duurder dan standaard zonnepanelen van top-10 fabrikanten. Deze hoge prijzen zijn te wijten aan het duurdere n-type silicium, dure metallisatie en complexe processing van de zonnecellen. Hieruit blijkt dat er een kloof bestaat tussen mainstream- en niche zonnepanelen.

Een andere markt-observatie is dat PERC zonnecellen de nieuwe *work horse* van de industrie zijn geworden. Door de toenemende vraag van bifacial zonnepanelen is ook de productie van bifacial PERC zonnecellen toegenomen. Sommige marktpartijen passen het zogenaamde TOPCON concept toe dat is gebaseerd op een n-type polysilicium contact.

Het doel van project ABC4all was om een zonnecel te ontwikkelen die inspeelt op bovengenoemde trends. Het idee hierbij was om een zonnecel te ontwikkelen die het gat zou kunnen dichten tussen de standaard zonnecellen en de high-end zonnecellen. Aangezien we hebben kunnen constateren dat de PV-industrie risicomijdend is en de neiging heeft om het evolutionaire pad te bewandelen, hebben we een zonnecel bedacht die voortborduurde op de huidige industriële standaard, PERC, en dit combineert met de innovatieve polysilicium-technologie. Hiertoe introduceerden we een PERC-achtige IBC zonnecel. Deze zonnecel is gebaseerd op p-type silicium en de metallisatie is een hybride oplossing van PERC en TOPCON. Een minimaal aantal extra proces stappen ten opzichte van de PERC zonnecel is nodig. Ook kunnen bestaande PERC productielijnen relatief makkelijk uitgebreid worden om de zonnecel te produceren.

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

In het project ABC4all is de p-type *PERC-like* IBC zonnecel ontwikkeld. Deze zonnecel is gebaseerd op p-type *wafers* die 95% van de markt uitmaken. De metallisatie is gebaseerd op die van de PERC zonnecel met het verschil dat beide polariteiten op de achterkant zijn gelokaliseerd. In ABC4all zijn twee varianten van de *PERC-like* IBC zonnecel gemaakt. De H1-variant heeft aan de achterzijde alternerende gebieden van een n-type polysilicium en basisgebieden, terwijl de H2-variant alternerende gebieden intrinsiek polysilicium en n-type polysilicium hebben. Het n-type polysilicium fungeert als emitter van de p-type zonnecel. Voor zowel de H1- als de H2-variant zijn zeer goede $\text{implied-V}_{\text{oc}}$ waarden van meer dan 700 mV na *firing* gehaald voor halffabricaten zonder metallisatie. Een knelpunt bleek de interactie van de metallisatie met de zonnecel. Voor de H1-variant bleek de pn overgang (van basisgebied naar n-type polysilicium gebied) gevoelig te zijn voor *shunts*. Door een stapsgewijze sprong in het oppervlak bleek de depositie van silicium nitride te ontbreken wat leidde tot penetratie van de aluminium metallisatie naar het emitter-gebied. Hierdoor bleef het rendement steken op 19.6%. Echter dit euvel is niet onoverkomelijk, aangezien voldoende strategieën bestaan om dit op te lossen, hetgeen echter niet meer binnen de tijdspanne van het project is gelukt. Simulaties uitgevoerd in het project laten zien dat er een potentie is om 23.9% rendement te halen. Het concept is veelvuldig gepromoot in China waar het veel aandacht heeft gekregen van top-10 zonnecelfabrikanten. Tevens is het inmiddels omarmd door andere R&D instituten en is een rendement van 21.8% van de - door TNO gepatenteerde - zonnecel gepubliceerd. Een andere belangrijke bijdrage aan het project is de introductie van patronering, een noodzakelijkheid bij IBC cellen, op basis van lasers. TNO is erin geslaagd om een gepatroneerde ets-barrière masker te maken met behulp van een laser. Deze technologie maakt industriële toepassing mogelijk omdat zij simpeler, goedkoper en milieuvriendelijker is dan alternatieve oplossingen.



Figuur 1 Eén van de in project ABC4all gemaakt p-type IBC zonnecellen. Zichtbaar is de achterzijde van de zonnecel met de horizontale 'busbars' en de verticale 'vingers'. De gezeefdrukte vingers bestaan afwisselend uit aluminium om de silicium-basis te contacteren en uit zilver om de n-type polysilicium gebieden te contacteren.

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

ABC4all heeft geleid tot een aantrekkelijke patentpositie voor het p-IBC concept voor TNO. In het bijzonder heeft de patronering met een laser het concept nog dichter bij industrialisatie gebracht. Ondanks dat het rendement van 23% niet is gehaald is een enorme kennis opgebouwd op het gebied van chemisch processen, zonnecelpassivatie en -metallisatie. De geclaimde rendementen van 23% blijven onveranderd; hetgeen betekent dat als meer tijd en budget aanwezig zou zijn hogere rendementen gehaald kunnen worden en daarmee dus zonne-energie een stuk goedkoper - uitgedrukt in \$/Watt-piek - kan worden.

Spin off binnen en buiten de sector

Er heeft geen spin-off naar aanleiding van dit project plaatsgevonden.



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

- E.E. Bende, “Alloy and BSF formation on novel PERC-like solar cells”, 7th Metallization and Interconnection Workshop, October 23rd and 24th, 2017, Konstanz, Germany.
- E.E. Bende, “PERC+ and beyond”, 13th China SoG Silicon and PV Power (CSPV) Conference, XuZhou, China November 16-18, 2017
- E.E. Bende, N. Guillevin, Y. Wu, X. Lu, “PERC-like p-type IBC solar cell”, 14th China SoG Silicon and PV Power (CSPV) Conference, Xi’an, China November 8-10, 2018.
- E. E. Bende, N. Guillevin, PERC-like p-type IBC solar cell, Asiachem 5th Solar Cell Paste and Metallization Forum, March 21, 2019 in Changzhou, Jiangsu, China.
- E.E. Bende, N. Guillevin, A. R. Burgers and Y. Wu, P-IBC: Combining PERC and TOPCON, Presentation at the 8th Workshop on Metallization and Interconnection for Crystalline Silicon Solar Cells, May 13-14, Konstanz, 2019
- M. Lenes, Poly silicon deposition for solar applications, n-type cell workshop, Kunshan, China, November 2019

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 Arthur Weeber, TNO, arthur.weeber@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.