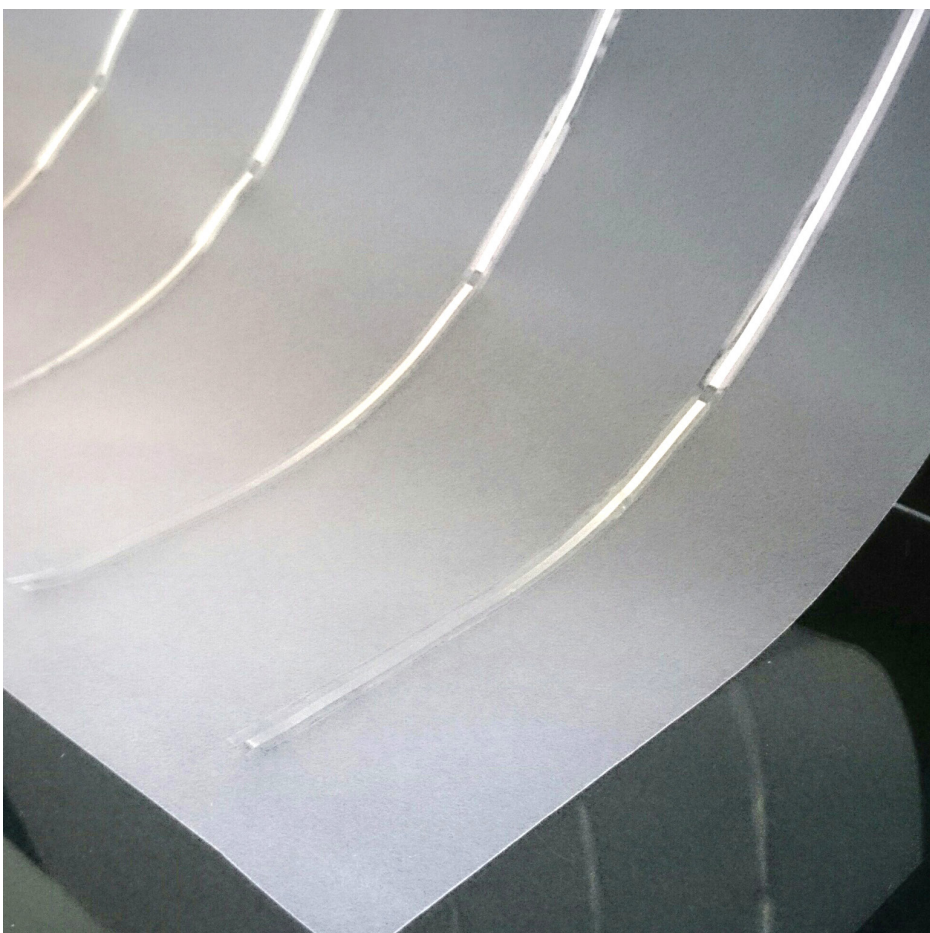


ACCELERERADE LÅNGTIDSSTABILITETSTESTER PÅ SOLCELLSMODULER

RAPPORT 2017:378



Accelererade långtidsstabilitetstester på solcellsmoduler

En testserie för att utvärdera solceller tillverkade med
metod för kostnadsreducering

JONAS BUDDGÅRD

ISBN 978-91-7673-378-3 | © ENERGIFORSK september 2017

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Projektet " Accelererade långtidsstabilitetstester på solcellsmoduler." har genomförts inom programmet SolEl som drivs i samverkan mellan Energimyndigheten och näringslivet. Projektet har undersökt prototypstillverkning av solcellsmoduler där de enskilda solcellerna är sammanfogade med en specialutvecklad tejp. Standardmoduler sammanfogas traditionellt genom lödning, men med den här nya metoden med tejp reduceras kostnaderna och tillverkningen förenklas.

Det finns ett stort intresse i hela världen för att pressa produktionskostnaderna för solcellsmoduler. Minskad silveranvändning, nedkortad produktionstid och reducerat antal kasserade produkter väntas leda till billigare solceller. Det här projektet bidrar med kunskap, utveckling och demonstration av nya konkurrenskraftiga produkter som kan främja en hållbar etablering av solceller i Sverige.

Den specialutvecklade tejpens är kompatibel med befintliga standarder för solceller och moduler. Tester har utförts av RISE i Borås samt Fraunhofer ISE i Tyskland. Jonas Buddgård på JB Ecotech har varit projektledare

Sammanfattning

I projektet testas en metod där man använder en tejp istället för den traditionella lödningen för att sammanfoga enskilda solceller i solcellsmodulerna. Genom att använda tejp vid tillverkning av solcellsmoduler reduceras tillverkningskostnaden med mellan 5-10%.

Projektet har tillverkat prototyper av solcellsmoduler tillverkade med den föreslagna tejp. Dessa har testats av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) i Borås samt Fraunhofer ISE i Tyskland enligt IEC 61215 och jämförbar prestanda med standardmoduler har uppnåtts trots en minskning av mängden silver i solcellen med 25-50%. De första resultaten presenterades på Metallization workshop 2016 i Konstanz, Tyskland och gav stort intresse. De slutgiltiga resultaten kommer att presenteras på SNEC 2107 i Shanghai i april i år. Vi har även skickat in ett abstract till PVSEC 2017 som hålls i Amsterdam i september 2017 där vi hoppas få möjligheten att presentera de slutgiltiga resultaten av projektets tester.

Under projektet har vi inlett ett samarbete med den finska tillverkaren av tabbing wire, Luvata. Luvata säljer idag tabbing wire globalt till ca 5GW årlig produktion av solcellsmoduler. Under de kommande 3 åren kommer vi tillsammans jobba med att lansera tejp till Luvatas befintliga, men även nya, kunder. Vi har också inlett ett utvecklingsprojekt med Energy research Centre of the Netherlands (ECN). ECN utvecklar en nu metod att trycka väldigt tunna gridmönster på dubbelsidiga solceller och de tror att vår tejp kan vara fördelaktig att använda när dessa celler sammankopplas till moduler.

Nästa steg blir att arbeta tillsammans med Luvata för att kommersialisera tejp samt att utveckla en automatiserad produktionslösning för tillverkning av solcellsmoduler.

Summary

This project has tested a method that uses a tape instead of the traditional solder for connecting the individual solar cells into solar modules. By using the adhesive tape in the manufacture of PV modules the manufacturing cost is reduced considerably.

This project has produced prototypes of solar modules manufactured with the proposed tape. These have been tested by SP in Borås and Fraunhofer ISE in Germany according to the IEC 61215 and comparable performance to standard modules have been achieved despite a reduction in the amount of silver in the solar cell by 25-50%. The first results have been presented at the metallization workshop 2016 in Konstanz, Germany, and gave great interest. The final results will be presented at the SNEC 2107 in Shanghai in April. We have also submitted an abstract to the PVSEC 2017 held in Amsterdam in September 2017 where we hope to have the opportunity to present the final results of this project.

During the project, we have started a cooperation with the Finnish manufacturer of tabbing wire, Luvata. Luvata sells tabbing wire globally to about 5GW of annual solar module production. During the next three years, we will work together to launch the tape to Luvata's existing customers but also to new ones. We have also initiated a development project with Energy research Centre of the Netherlands (ECN). ECN develops a method for printing very thin grid pattern on to bi-facial solar cells. ECN think our tape may have an advantage when these cells are connected into solar modules.

The next step will be to work together with Luvata to commercialize the tape and to develop an automated production solution for the tape method.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Huvudresultat	8
3	Måluppfyllelse	10
4	Genomförande	11

1 Inledning

Solcellsindustrin söker hela tiden förbättringar som kan ge sänkt produktionskostnad och ökad effektivitet. JB EcoTech har utvecklat en tejp för sammankoppling av celler i solcellsmodulen. Tejpen är kompatibel med befintliga standarder vad gäller solceller och moduler då det är vad industrin efterfrågar idag.

I projektet utvecklas en metod där tillverkaren av solcellsmoduler använder en tejp istället för den traditionella lödningen för att sammanfoga enskilda solceller till solcellsmoduler. I dagsläget har JB EcoTech ett patent på tillverkningsmetoden och ett till under utvärdering. Patentarbetet är en del av utvecklingsprocessen och det kommer vi att fortsätta med även efter det att produkten har kommersialiserats. Genom att använda tejpen vid tillverkningen reduceras kostnaden avsevärt. Mängden silver i den grid som samlar in ström från solcellens framsida kan reduceras med mellan 25-50%. Andra fördelar med tejpen är att temperaturen vid sammanfogningen av solcellerna kan sänkas radikalt från ca 240 grader till 150 grader vilket leder till minskad risk för sprickbildning i solcellerna och ökad tolerans mot termisk stress i solcellsmodulen som vi visat i projektet "Innovativ utveckling av processen för tillverkning av solcellsmoduler" i Energimyndighetens program El och Bränsle från solen. I och med detta ökas solcellens livslängd vilket i sin tur ger mer elproduktion och i slutändan ett lägre pris på den producerade solen.

I detta projekt har vi testat solceller tillverkade med denna tejp utifrån den standard för certifiering som finns för solceller, IEC 61215. I testförfarandet IEC 61215 ingår en stor mängd tester. Vi har valt att jobba tillsammans med SP i Borås där vi kunnat utföra tester för enskilda delar ur IEC 61215 och samtidigt få stor insyn i testerna och resultaten. På detta sätt har vi med en iterativ metod testat och vidareutvecklat vår tejp. Vid tidigare tillfällen har moduler med vår tejp genomgått testerna damp heat och thermal cycling med mycket goda resultat. I detta projekt har vi gått vidare och testat modulerna för wet current leakage, hot spot samt humidity freez. Med dessa 5 tester avklarade har vi nu bevisat att vår metod för kostnadsreducering fungerar för sammankoppling av solceller samt uppfyller de krav som ställs på solcellmoduler för att ge en lång livslängd.

2 Huvudresultat

Wet leakage current test

Modulen sänks ner i en saltvattenslösning där en hög spänning, 500V och sedan 1000V, kopplas mellan solcellens kontakter och lösningen. Detta för att simulera överslag då spänningen i de strängar solcellsmodulerna kopplas upp i ofta ligger mellan 800-1000V.

Resultat från SP:

Resistance at 500 V DC.: $3.8 \times 10^{10} \Omega$ (i.e. 38 G Ω)

Resistance at 1000 V DC.: higher than $1.0 \times 10^{10} \Omega$ (i.e. higher than 10 G Ω)

Requirement of insulation resistance higher than 40 M Ω m² were fulfilled at both 500 V and 1000 V. Insulation resistances were higher than 200 M Ω for the tested solar panel with an area of 0,2 m².

Solcellsmodulen mätte till och med upp 0,3% högre maxeffekt efter utfört test!

Hot spot test

För att simulera den påfrestning som modulen utsätts för vid partiell skuggning utför man hot spot test. När delar av solcellsmodulen skuggas kan det uppkomma hot spots. De delar som skuggas kan inte producera någon ström men ström tvingas ändå igenom solcellen som skuggas eftersom solcellerna i modulen är seriekopplade. De skuggade delarna blir då varma och kan skadas. Är till exempel lödningen inte uniform kan det rusa höga strömar i väldigt trånga passager som kan överhettas och gå sönder, så kallade hot spots.

Modulen utsattes för ett hot spot test i enlighet med IEC 61215 §10.9 (Case S). Modulens prestanda karaktäriserades före och efter hotspottestet. Modulen påvisade inga synliga effekter av testet och maxeffektmätningen efter utfört test var även här högre än innan testet (+0,2%).

Humidity freez

Modulerna utsattes för ett klimattest på 10 cykler från $-40^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ till $85^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ med 85% RH i enlighet med IEC 61215 §10.12.

Humidity freez är utvecklat för att simulera de tuffa förhållanden solcellsmoduler utsätts för under sin livstid. Sommar med hög värme och luftfuktighet och vinter med kyla, snö och is.

Modulernas prestanda karaktäriserades före och efter klimattestet. Detta test genomfördes på två moduler. Modulerna tappade -0,4 respektive -0,5% i effektivitet efter genomfört test. Detta är väl inom felmarginalen för godkänt då de

accepteras ett tapp på hela 5% i effekt efter utfört test. Även testet för UV-exponering var lyckat. UV-exponeringen utfördes på Fraunhofer ISE. Modulerna visade ingen degradering efter UV-exponeringen vare sig vid visuell- eller vid elektroluminescens undersökning.

3 Måluppfyllelse

Samtliga tester som genomfördes under projektet visade att moduler tillverkade med tejpen klarar kraven i testförfarandet IEC 61215.

4 Genomförande

Vi inledde projektet med att läsa in oss på de planerade testerna: wet leakage, hot spot och humidity freez. IEC 61215 är en välkänd standard i solcellsbranchen och det finns mycket dokumentation och analyser av de olika deltesternas påverkan på solcellsmodulen, vilka de vanligaste felorsakerna är samt hur testresultat kan tolkas. Testresultat av IEC 61215 diskuteras även flitigt på de årliga solcellskonferenserna så som tex PVSEC.

De deltester som vi valt att utföra är de som anses vara speciellt lämpade för att utvärdera nya metoder av sammankoppling av solceller. Det är också dessa tester som Luvata, vår kommersiella partner, vet att deras kunder kräver. Syftet med testerna är att verifiera att kontaktingen mot solcellen är uniform och robust då solcellen, under sin livslängd på över 25 år, utsätts för mycket stress i form av temperaturskiftningar, fukt och UV-strålning.

Efter inläsningen tillverkade vi de moduler som skulle testas. Modulerna som testades bestod av 6 st seriekopplade celler. För humidity freez och UV-exponering testades två moduler och för hot spot samt wet leakage testades en modul. Samtliga tester, utom UV-exponering, utfördes av SP i Borås. UV-exponeringstestet ingår vanligtvis i humidity freez delen, men tyvärr hade inte SP utrustning för att utföra UV-exponering. Vid vår presentation av projektet på Metalization workshop i Konstnaz fick vi dock kontakt med modulgruppen vid Fraunhofer ISE som kunde utföra UV-exponeringen.

Under hela projektet har vi prioriterat att besöka branschmässor och konferenser, så som Intersolar, PVSEC och Metalization workshop, för att hålla oss underrättade om vad som händer i branschen och presentera vårt projekt. Detta har gett utdelning och lett till många intressanta kontakter, bland annat de nämnda samarbetena med Luvata och utvecklingsprojektet med ECN.

ACCELERERADE LÅNGTIDSSTABILITETSTESTER PÅ SOLCELLSMODULER

Tillverkningskostnaden för solcellsmoduler kan sänkas avsevärt om den traditionella lödningen byts ut mot en tejp som fogar samman enskilda solceller till solcellsmoduler. Tejpen leder till att mängden silver i den grid som samlar in ström från solcellens framsida kan reduceras med mellan 25 och 50 procent.

Andra fördelar med tejpen är att temperaturen vid sammanfogningen av solcellerna kan sänkas radikalt från ca 240 grader till 150 grader. Det leder till minskad risk för sprickbildning i solcellerna och ökad tolerans mot termisk stress i solcellsmodulen. Sammantaget gör detta att solcellens livslängd ökar, vilket i sin tur ger en högre elproduktion och i slutändan ett lägre pris på den producerade solelen.

En solcells livslängd är omkring 25 år. Under den tiden utsätts den för mycket stress i form av temperaturskiftningar, fukt och UV-strålning. För att säkerställa att tejpen som används för att sammanfoga solcellerna i modulen är robust nog, har ett antal tester genomförts.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se