



Solar Film (SoFi)

Laminering av organiska solceller

Innehållsförteckning

Contents

Innehållsförteckning	2
Sammanfattning	2
Bakgrund	3
Laminering	4
Mellanskikt	4
Process	5
Organiska solcellmoduler	5
Viktigaste resultat	6
Fortsättning	8
Innovationsmiljön drivs och finansieras av	9

Sammanfattning

Projektet Sofi handlar om laminering av organiska solceller mellan två glasskivor (se Bild 1). Laminering av organiska solceller medför två mål: för det första är glas det bästa kapslingsmaterialet för att skydda organiska solceller mot syre och vatten. För det andra har laminerade glaspartier en stor användning i byggnader. Applicering av organiska solceller mellan glaspartier leder till integrering av solceller i byggnader (BIPV = Building Integrated PhotoVoltaics) eftersom glaspartier med laminerade organiska solceller kan användas i isolerrutor, takfönster, fasader, balkonger eller busshållplatser.



Bild 1: Olika komponenter av en laminerad organisk solcell.

Men det var inte klart hur organiska solceller reagerar på lamineringsprocessen. Därför har vi med finansiering av Smart Housing Småland samt Testbädden för solenergi (www.solartestbed.se) undersökt detta. Vi laminerade ett fåtal organiska solcellmoduler och studerade deras verkningsgrad före och efter laminering. Vårt preliminära mål var max 20 % minskning i verkningsgrad men mätningar visade att laminering processen har en förbättring påverkan på organiska solceller och uteffekten ökade med 50 %. I detta skede tror vi att effekten beror på ökade kristallisering och ordning hos polymer materialen i organiska solceller.

Bakgrund

Solcellbranschen är en växande marknad, d.v.s. nya typer av lösningar och produkter skapas konstant. Organiska solceller har en stor potential att få ett genombrott på marknaden givet att stabilitetsproblemen tacklas på ett effektivt sätt. Organiska solceller tillverkas av kolbaserade material, i detta fall främst ledande och halvledande polymerer. De kan tillverkas på både glas eller på en plastfilm så som PET som bärare. De organiska solceller som tillverkas på PET som bärare är

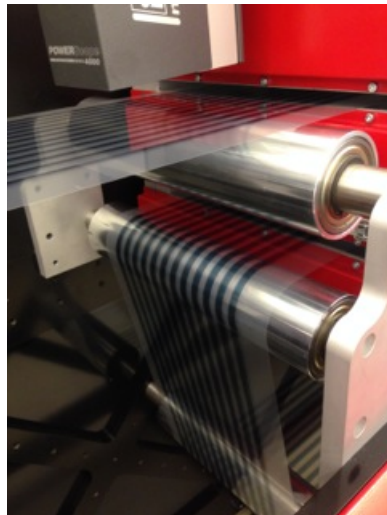


Bild 2: Bilden visar tillverkningsprocessen av organiska solceller i en tryckmaskin. Bilden tillhandahållas av Linköpings Universitet, Sofie Kalldin.

böjbara och kan tillverkas i tryckmaskiner liknande tidningspressar vilket leder till mycket låga produktionskostnader (se Bild 2): detta är en egenskap som de flesta andra "traditionella" solceller så som kristallina kiselceller saknar. Dock är organiska solceller känsliga mot vatten och syre som kan degradera solcellerna. Laminering av solceller mellan två glaspartier är ett sätt att skydda dem mot miljöns påverkan. I detta förstudieprojekt undersökte vi hur solcellernas verkningsgrad påverkas av att lamineras mellan två glas. Vår bedömning i början var att 20 % minskning av verkningsgrad är ett acceptabelt mål, d.v.s. klarar prototypen i första steget den 20 % gränsen, kommer vi i nästa steg

SMART HOUSING SMÅLAND

VIDÉUM SCIENCE PARK, 351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU

(utvecklingsprojektet) att närmare undersöka påverkan av lamineringsprocessen, d.v.s., tryck och värme på solcellers viktiga parameterar så som ström och spänning. Dock visade vårt resultat att lamineringsprocessen har en positiv effekt på organiska solceller, d.v.s. en del parameterar så som ström förbättrades med ca 30 % och den totala uteffekten landade på ca 50 % förbättring.

Linköpings Universitet tillsammans med Forserum Safety Glass samt Glafo deltog i projektet.

Linköpings Universitet levererade organiska solceller samt bidrog med expertis om organiska solceller. Forserum Safety Glass bidrog projektet med kunskap och expertis om lamineringsprocessen samt laminerade proverna.

Laminering

Mellanskikt

Trots det faktum att glas är mycket stark och används i arkitektoniska tillämpningar som bärande element, har glas en avgörande nackdel: det är sprött. Det bästa sättet att övervinna glasets svaghet d.v.s. sprödhet (upp i viss utsträckning) är att laminera den. Laminering betyder att man förbinder 2 eller flera glaspartier till varandra med hjälp av laminat/mellanskikt. Ett laminat är i princip en typ klister eller förbindsmaterial. Det används för att förbinda glas till glas eller glas till annat material, till exempel en solcell. Det finns olika typer av laminat. Tabell 1 sammanfattar de mest vanligaste typer av laminat.

Table 1: Olika typer av laminat

Laminat	Termoplaster	Elastomerer	Härdplaster (thermosets)
Beskrivning	Linjär eller grenad polymerkedjor- mjuknar pga. värme utan att brytas ner	Långa tvärbundna polymerkedjor	Stort länkade/ tvärbundna polymerkedjor
Exempel	PVB	Kisel (oorganisk) Polyuretan (Organisk)	Akryllim Polyesterharts, Epoxy, EVA

Olika laminat har olika egenskaper samt kan användas i olika typer av lamineringsprocessen. Till exempel, PolyVinyl Butyral (PVB) har slagtlighet samt penetrationsresistans. PVB är även känd för sin mycket bra ljudisoleringsförmåga. Den kan även blockera bort upp till 90 % av UV-ljuset. Men alla dessa egenskaper kommer med en kostnad: PVB är mycket fuktkänslig och kräver speciell behandling/lagring före laminering. Den vanligaste och mest förekommande lagringen/förbehandlingsmetod för PVB är att lagra den i ett klimatrum med fukthalt ca 25 % samt temperatur 18-20 °C. Använder man inte klimatrum till PVB:n då finns det risk att slutsprodukten (d.v.s. laminerade glaset) få luftbubblor vilket leder till försämrade hållfasthet samt ökade avfall vid produktion. Det andra vanligaste laminat heter Etylene Vinyl Acetate (EVA) som har en del gemensamma egenskaper med PVB: EVA också blockerar bort UV-delen av synliga solljuset samt har mycket bra ljudisoleringsförmåga MEN kräver inga klimatrum (i motsats till PVB). I jämförelse till PVB, EVA är mer stabil under långa tjänstetider och gulffärgningsprocessen (yellowing på Engelska)

sker mycket långsammare för EVA. Gulfärgning är en mått av materialet stabilitet och visar hur mycket har materialet ändrat sin färg (på grund av UV i solljuset) från vit eller transparent till gul. En annan utmärkelse av EVA är dess vidhäftningsförmåga till olika material till exempel glas, eller PVC eller PET. Det var just på grund av det sistnämnd förmåga av EVA att vi valde att använda EVA för att laminera organiska solceller.

Process

Det finns två förekommande laminering process:

1. Högtryck process

Vid högtryck process, först laminaten eller mellanskikten värms upp och sedan själva lamineringsprocessen sker (vid 12 bar tryck och 140 °C) i autoklaven.

2. Lågtryck process

Vid lågtryck laminering processen används en så kallad vakuumduk som inneslutar provet och suger ut all luft som finns mellan glaset och laminaten. Trycket är mycket lägre i denna process (0.7 bar) och temperaturen ligger kring 135 °C.

Vi valde lågtryck processen eftersom vakuum laminering är skonsammare för organiska solceller(på grund av lägre processtryck) samt EVA är en perfekt kandidat för vidhäftning av glas till andra material, i det här fallet organisk solcellmodul.

Organiska solcellmoduler

En traditionell kiselcell tillhörande första generation solceller består av ett glasskydd, elektroder (metall remsor på ytan av solcell) kiselcellen samt mellanskiktet EVA mellan solcell och glas samt mellan solcell och baskyddse (Bild 3).

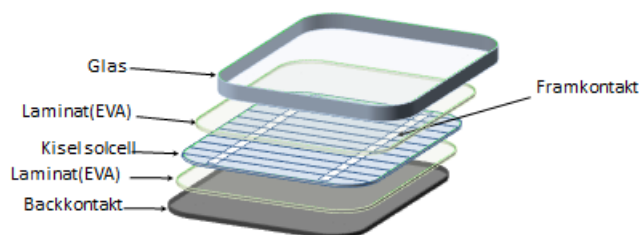


Bild 3:Traditionell kiselcell.

Organiska solceller tillhör den så kallad tredje generation solceller. Deras aktiva material, d.v.s. den delen av solcellen som absorberar solljuset är ett organsikt ämne (både molekyl och polymer)- se(Bild 4). Detta aktiva skiktet är känsligt mot vatten, syre och UV. Man brukar använda en så kallad barriär skikt för att skydda organiska solceller mot miljöeffekter men skikten är dyra och kan ändå inte beskydda solcellen fullständigt. Det är därför man väljer att laminera organiska solcellmoduler mellan två glasskivor. Ingen barriär skikt är lika bra som glas för att bevara och beskydda organisk solcellmodul. En organisk solcell liksom andra typer av solceller har två elektroder: silver eller

aluminium är vanligen en av dem och den andra är Indium Ten Oxid (ITO) eller glas/ITO belagd med PEDOT: PSS eller enbart PEDOT: PSS. ITO är en transparent ledande oxid som används som

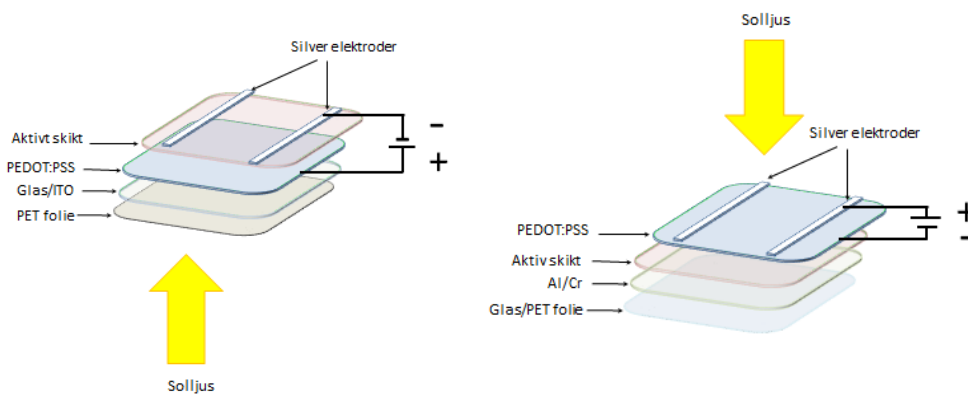


Bild 4: Schematiskt bild av organisk solcell både normal(till vänster) och omvänd struktur(till höger om bilden).

elektrod. Världens nuvarande mängd Indium är mycket begränsad, varför det är viktigt att använda komponenter som är transparent och ledande. De organiska solceller som innehåller glas i sin struktur är inte flexibla men de varianter som innehåller enbart PEDOT: PSS som elektrod i sin struktur (d.v.s. inget glas/ITO) är helt flexibla. Denna egenskap öppnar dörrar till en ny typ av tillverkning: tryckning eller Roll-To-Roll på Engelska. Linköpings Universitet har en tryckmaskin för tillverkning av organiska solceller i pilot skala.

Viktigaste resultat

Vi laminerade två A4-prover samt två mindre prover (6*10 cm). Bilden nedan (Bild 5) visar två av proverna både före och efter laminering. Vid laminering av A4 modul genomfördes ström-spänningskaraktisering före och efter laminering på Linköpings Universitet. IV kurvorna visas i Bild 5 medan P_{max} (producerad effekt eller uteffekt), I_{max} (ström) och V_{max} (spänning) visas i Table 2. Uteffekten från solcellen ökar från 28 mW till 41 mW efter att den lamineras mellan två glasskiver hos Forserum. Det motsvarar en ökning på nästan 50 %. Även I_{max} ökar från 2.7 till 3.5 mA efter laminering medan U_{max} sjunker något, från 28.4 till 27.8 V. Det är välkänt att uppvärmning runt 100C kan vara fördelaktigt för prestandan i organiska solceller. Generellt ordnar sig polymererna i det aktiva lagret på ett mer strukturerat sätt vilket kan leda till bättre ledningsförmåga i materialen och därmed högre ström. Ordningen brukar även medföra en reduktion av U_{max} vilket vi även ser i denna studie. För att säkert slå fast anledningen till den ökade prestandan behövs mer undersökningar men

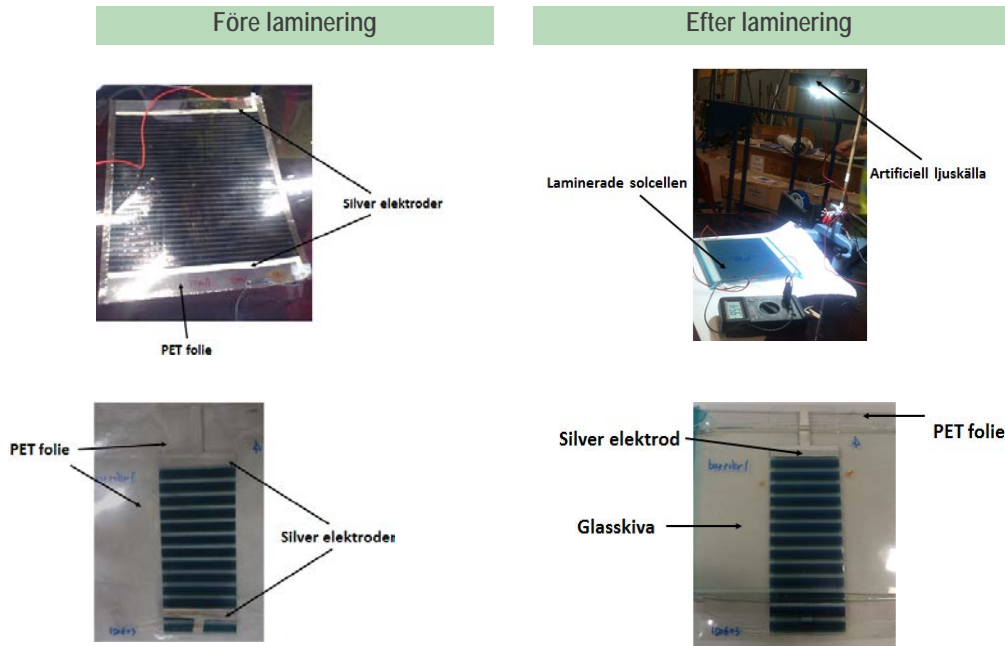


Bild 5: Bilden visar två solcellprover både före och efter laminering.

vi tror att en ökad polymerordning är den främst bidragande anledningen till den ökade prestandan efter laminering.

Resultaten från denna förstudie har visat att det går utmärkt att laminera organiska solceller mellan två glasskivor med för glasbranschen standardiserade metoder. Målet med studien var att solcellen skulle degradera maximalt 20 % efter laminering. Vår studie visar i stället att solcellens prestanda förbättras med nästan 50 % efter laminering. Anledningen till detta tror vi beror på att det ljusabsorberande lagret struktureras på ett mer fördelaktigt sätt vid de temperaturer som används för laminering.

Table 2: Resultat av laminering processen på solcellens egenskaper.

Parameter	Före laminering	Efter laminering
P_{\max} (mW)	28	41
I_{\max} (mA)	2.7	3.5
U_{\max} (V)	28.4	27.8

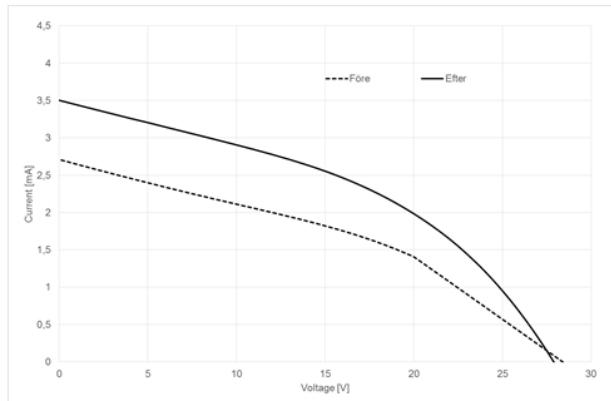


Bild 6: Ström-spänning kurvan före och efter laminering.

Fortsättning

I nästa steg (utvecklingsfasen) vill vi utveckla och modifiera laminering processen (Forserum). Det innebär snabbare och mer automatiserat laminering process som medför ekonomiskt lönsamhet. På solcellfronten vill vi jobba på kemisk sammansättning & struktur på organiska solceller (Linköpings Universitet). Förnuvarande den utvecklingsstrategin av solceller genomfört av Linköpings Universitet är att höja producerade spänning. Observera att den effekt som man får ut av en energikälla har direkt relation med både spänning samt ström:

$$\text{Effekt (watt)} = \text{Spänning (volt)} * \text{Ström (A)}$$

Ju högre spänning solcellerna genererar, desto mer effekt kan vi få utav cellerna.

En annan aspekt som vi vill undersöka är möjligheten att använda laminerade solceller i vissa byggkomponenter så som balkonger med utbytbar glas. Därför vill vi bygga upp ett konsortium som även består av balkongtillverkare samt arkitekter.

Innovationsmiljön drivs och finansieras av

