

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Ta världens potentiellt billigaste, mest resurseffektiva och skalbara solcellsmodul från labbmiljö till pilotproduktion	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska [Klicka här och skriv]	
Universitet/högskola/företag Epishine AB	Avdelning/institution
Adress Westmansgatan 47	
Namn på projektledare Emma Woxlin	
Namn på ev övriga projektdeltagare [Klicka här och skriv]	
Nyckelord: 5-7 st Organiska solceller, solcell, rulle till rulle solceller, tryckta solceller, OPV, R2R	

Förord

Projektet har finansierats av Energimyndigheten inom utlysningen El från Solen. Utöver energimyndigheten har en referensgrupp bestående av Erik Olsson, Elise Grosse, Joel Arnoldsson samt Joel Andersson haft ett värdefullt bidrag till projektet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Summary	1
Inledning/Bakgrund	2
Genomförande	3
Resultat	5
Diskussion.....	6
Bilagor	6

Sammanfattning

För ett hållbart samhälle behöver framtidens energisystem vara oberoende av begränsade och giftiga material och dessutom sträva mot ett minimalt klimatavtryck. Vi har tekniken för att förverkliga en produkt som kan bli en nyckelkomponent i ett sådant energisystem.

Detta projekt har syftat till att ta tryckta organiska solceller från labbmiljö till pilotproduktion. Epishine har utvecklat en unik tillverkningsmetod som gör att vi kan använda organiska ledare som elektrodmaterial i våra solceller. Det gör att vi

kan trycka samtliga solcellslager i skalbara rulle till rulle processer. I standardprocessen för att tillverka organiska solceller som används av majoriteten av aktörerna på marknaden används indiumtennoxid som elektrodmaterial. Indium är en begränsad resurs och driver även upp kostnaden för elektrodslaget till en ansenlig del av materialkostnaden.

Under projektet har vi realiserat basen för en pilotproduktionslina för helt tryckta organiska solceller. Vi har utvecklat en stack med tryckta tunnfilmslager som klarar av processning i vanlig atmosfär, en förutsättning för industriell produktion, och verifierat tillverkning med god yield i rulle till rulle tryckmaskiner bestående av standardkomponenter. Vi har itererat ett antal olika material och processer och står nu på en stadig grund för vidare optimering av våra solceller.

Utkomsten från detta projekt är en verifierad tillverkningsprocess som med fortsatt optimering initialt kommer kunna tillverka stora volymer av organiska solceller för IoT-marknaden och med vidare optimering av processen även för byggnadsintegrerade solceller.

Summary

To ensure a sustainable future, our means of producing energy must not only be independent of toxic or non-abundant materials, but also have a minimal carbon footprint. Epishine has the technology to realize a product that could become a key component in such an energy solution.

This project aims to take printed organic solar cells from a lab environment to pilot production. Epishine has developed a unique manufacturing process that allows for the use of organic conductors as electrodes in our solar cells. The implication of this innovation is the ability to process all layers of the solar cell stack from solution. In contrast, the current state of the art manufacturing process relies on the use of Indium Tin Oxide (ITO) as electrode material. Indium has limited abundance in the earth's crust which not only limits the scalability of the technology, but also drives a significant part of the material cost.

In the project we have engineered solutions to the most significant obstacles to production line for fully solution processed organic solar cells. We have developed a material composition that constitutes our thin-film solar cells, that not only can be produced under ambient atmospheric conditions but also shows good yield in a roll to roll (R2R) process. This has been achieved through careful screening of materials and scalable processes. This has provided us with a stable baseline from which we can further develop our production.

The outcome of this project is a verified means of production of organic solar modules. We are quite close to achieve significant production volumes modules meant for the IoT market. With further optimization we will also be able to use a slightly modified process for production of building integrated solar modules.

Inledning/Bakgrund

Under de senaste tjugo åren har polymera solceller forskats fram som ett alternativ och komplement till traditionella kiselceller. Framförallt för att man vill kunna producera elektricitet utan att vara beroende av ovanliga och/eller giftiga ämnen som indium, kadmium, bly osv. Att en solcell är organisk innebär att man byter ut halvledaren, som klassiskt består av kisel till ett halvledande organiskt material. Dock innehåller solcellerna ofta fortfarande begränsade ämnen i andra delar av solcellen, framförallt i de transparenta elektroderna.

Epishine är idag en av få aktörer i världen som försöker skapa helt organiska solceller i en skalbar process. De flesta av våra konkurrenter behöver använda indiumtennoxid (ITO) för få tillräcklig konduktivitet i sina transparenta elektroder. Vi har möjlighet till detta är tack vare vår unika och patentsökta rulle-till-rulle-process.

Att vi gör solceller helt organiska är inte bara utifrån ett resursperspektiv utan det gör också att vi har potentialen att trycka världens billigaste solcellsmodul. Detta då de material vi använder har en avsevärt lägre kostnad jämfört med ITO.

Tack vare en låg materialåtgång samt att vår tillverkning sker med en tryckprocess rulle till rulle har vi potentiellt vid storskalig produktion ett betydligt lägre klimatavtryck jämfört med kiselceller. Energiåterbetalningstiden går från år för kiselbaserade solceller till månader och potentiellt veckor för organiska solceller tillverkade i en uppskalad process.

Utöver ett lågt klimatavtryck erbjuder organiska solceller även nya möjligheter för integration i byggnader då både form och färg kan varieras. Nya solcellsmarknader i form av lättviktskonstruktioner kan också öppnas tack vare den lätta vikten och formbarheten. På detta sätt kan byggnader generera energi och beroende på var i världen de är placerade potentiellt bli självförsörjande. Möjligheten att tillverka semitransparenta solceller ger också möjlighet för kombinerad ljusavskärmning och energiproduktion vid integration i glasfasader.

För Epishine är instegsmarknaden den växande IoT marknaden med stark expansion av sensorer för att samla data för exempelvis säkerhetslösningar eller fastighetsautomation. Organiska solceller fungerar mycket bra vid låga ljusintensiteter och under artificiellt ljus och kan ersätta eller förlänga livstiden för batterier i många uppkopplade IoT sensorer.

Tre frågeställningar har legat till grund för projektet:

- Hur får man solcellerna helt organiska?
- Hur får man en riktigt skalbar tillverkning?
- Hur gör man för att kunna producera solcellerna i luft? (i dagsläget behöver tillverkning ofta ske i inert miljö)

I de över 20 år som det forskats inom organiska solceller vid Linköpings Universitet och Chalmers har miljontals kronor investerats för att forska fram den här innovationen. Det är dock bara en bråkdel av den kostnad som faktiskt behövs för att ta innovationen över den kritiska gränsen från labbmiljö till pilotproduktion. Det är därför företaget Epishine har startats, för att ta innovationen över denna kritiska gräns.

Målet med projektet har varit att bevisa Epishines innovativa produktionsmetod som gör det möjligt att byta ut ITO elektroder mot organiska elektroder, där samtliga lager som utgör solcellen trycks i rulle till rulle processer. Projektet påbörjades i september 2017 och avslutades i november 2019.

Epishines långsiktiga vision är att erbjuda världens billigaste, mest skalbara och mest resurseffektiva solcell och detta projekt har möjliggjort det första steget i på vägen mot att realisera en fullt skalbar produktionsprocess.

Genomförande

Projektet har varit indelat i tre arbetspaket;

- Arbetspaket 1: Fastställa materialkomposition
- Arbetspaket 2: Fulländad produktionskedja
- Arbetspaket 3: Problemlösning/Optimering av pilotproduktionen

Inom arbetspaket 1 har fokus legat på att fastställa vilka material solcellen ska bestå av för att uppnå god prestanda, livstid och kostnad inom pilotproduktion. Detta har varit ett iterativt arbete där vi initialt arbetat småskaligt i en bänkcoater och sedan flyttat processen till R2R. Efter att ha kört olika processteg i arbetspaket två har vi fått ändra vissa material och justera bläckformuleringar för andra. Viktigast för oss har varit att kunna verifiera att vi kan tillverka solcellsmoduler med de organiska ledare och aktiva lager som projektet syftar till.

Kostnadsdrivande i tillverkningen är det aktiva lagret och barriärfolien. Därför har dessa utvärderats och olika alternativ undersökts i diskussioner med leverantörer. Vi har även undersökt olika typer av adhesiv för att fästa barriärfolien som ska skydda solcellen mot vattenånga och syre och verifierat god prestanda. Vi har även genomfört utbildningar internt inom adhesivhantering.

Vi har metodiskt arbetat oss framåt genom att åldra moduler vid förhöjd temperatur i kvävgasmiljö för att simulera perfekt inkapsling och sedan adderat barriärfolier och fortsatt åldringsstudierna i klimatkammare.

Inom arbetspaket 2 har huvuddelen av projektet bedrivits. För att fastställa alla steg i produktionskedjan har vi kartlagt vad vi ska göra själva och vad vi ska outsourca. För att hålla kompetensen och processen inom bolaget samt att korta iterationstider och minska risken för kommunikationsproblem har vi valt att utveckla de kritiska processerna internt. Vi har även besökt leverantörer av utrustning för att på plats utvärdera olika typer av tryckprocesser.

Inom arbetspaketet har vi lagt mycket tid på att utveckla processer och köra in dessa på olika tryckmaskiner för att trycka kontaktpunkter, elektroder, interlager och aktiva lager. För aktiva lagret och interlager spenderades mycket tid och resurser på att ta fram en process och stack som kan processas i vanlig atmosfär, till skillnad från under inert atmosfär vilket ger starka begränsningar för produktion.

Utvecklingen av tryckta organiska elektroder och interlager har varit fokuserad på att nå jämna tunna filmer. Utvecklingen av tryckning av det aktiva lagret har varit fokuserat på att nå en reproducerbar nanostruktur för god prestanda.

Vi har även arbetat med att beskära tryckfolien rulle till rulle (R2R) samt utvecklat industriella processer för laminering och inkapsling av våra solceller med barriärfolier som skyddar dem mot nedbrytning från vatten och syre.

Inom projektet har även olika lösningar för kontaktering utvecklats.

Inom arbetspaket 3 har vi fokuserat på optimering av pilotproduktionen. Vi har haft en process som vi kallat Roll of the Week där vi veckovis tryckt en rulle solceller med syfte att klargöra reproducerbarhet och yield.

Resultat

Vi har inom projektet utvecklat industriella rulle till rulle processer för att trycka organiska solceller och har tack vare projektet etablerat grunden för pilotproduktion av helt tryckta organiska solceller.

Olika typer av aktiva lager har utvärderats och vi har lagt fast vilka material vi ska använda med god progress inom prestanda, stabilitet och kostnad.

Ett avgörande resultat från projektet är att vi utvecklat en materialstack som möjliggör en produktionsprocess i vanlig atmosfär, vilket drastiskt minskar komplexitet och kostnad för en produktionslina.

Vi har utvecklat grundläggande tryckprocesser för kolkontakter och grafiska lager för att rikta in efterföljande tryck. Vi har även arbetat mycket med tryckning av de organiska elektroderna. Där hade vi stora utmaningar med aggregering av bläcket som ledde till ojämna filmer gav problem både elektriskt och visuellt. Vi lyckades lösa detta genom utveckling av både bläck och tryckhuvuden och kan nu trycka jämna elektroder som presterar bra. För elektroderna har vi dessutom arbetat fram en bläckformulering som ger robusta filmer med önskad konduktivitet och transparens.

Vi har itererat ett antal interlager och nu nått ett läge där dessa kan tryckas i stabila processer och även presterar bra. För interlagren har vi arbetat mycket med att utveckla bläckformuleringar för att kunna trycka homogena filmer. Det aktiva lagret trycks nu också med bra tryckkvalitet och prestanda och vi har verifierat ett brett processfönster där vi reproducerbart uppnår en önskvärd nanostruktur i lagret som leder till god prestanda.

För att justera bredden på folien har vi utvecklat en R2R process för att dela av folien. Vi har även verifierat att den lamineringsmetod för R2R processning som vi utvecklat fungerar med god reproducerbarhet och prestanda.

Vi har arbetat med olika typer av adhesiv för att fästa barriärfolien där vi utvärderat olika typer av adhesiv. Vi har även lagt ner tid på lösningar för kontaktering av våra moduler och tagit fram ett antal olika lösningar med varierande resultat.

Vi har kört våra processteg med rullar med längder upp till 500 meter.

Diskussion

Projektet har möjliggjort verifieringen av en skalbar basprocess för tillverkning av tryckta organiska solceller med organiska elektroder fria från ITO. Vi har dessutom fått det önskade svaret på frågan om vi kan köra processen i luft.

Vi har alltså uppnått de övergripande målen i projektet med avseende på initial frågeställning, men vi har dock inte nått riktigt hela vägen för projektmålen med avseende på livstid och verkningsgrad i solceller. Vi har nått upp till 80% av målet för verkningsgrad i moduler och har ett arbete kvar när det gäller livstiden för våra moduler i solcellsapplikationer.

Med ytterligare utveckling samt arbete för att säkra kvalitet i produktionen kommer vi att kunna ta våra solceller till marknaden där vi kan minska användningen av litiumbatterier genom att helt ersätta batterier eller förlänga livstiden hos batterier i uppkopplade trådlösa sensorer för till exempel fastighetsautomation eller säkerhetssystem.

Tack vare att vi verifierat en produktionsprocess för helt tryckta organiska solceller står vi också i ett bra läge för att vidareutveckla våra solceller för fler marknader som byggnadsintegrerade solceller.

Bilagor

Administrativ bilaga