

Solceller baserade på ljusabsorberande färgämnen och pervoskiter

Sabine Rendon

Laboratoriet för organisk kemi, Åbo Akademi • sabine.rendon@abo.fi

Abstrakt Nästan två sekel sedan den första solcellen uppfanns har utvecklingen gått snabbt framåt. Det finns ett stort antal olika typer av solceller utöver den välkända kiselcellen. Dessa solceller har många intressanta egenskaper när det gäller bl.a. färg, form och tillverkningsprocesser. Här behandlas speciellt solceller baserade på ljusabsorberande färgämnen och perovskiter.

1 Bakgrund

I dagens samhälle är vi allt mer beroende av energikrävande maskiner och apparater. Enligt en uppskattning använder jordens sju miljarder människor ungefär 13 TW energi, och denna energikonsumtion förväntas öka med ytterligare 10 TW inom de kommande 40 åren. I en tid där de fossila bränslekällorna minskar och det finns ökad oro över att kolbaserade bränslekällor kan leda till klimatförändringar och övriga miljöproblem är möjligheten att utnyttja solenergi ett mycket lockande alternativ. Den mängd solenergi som når jordens yta är 120 000 TW. Om vi kunde utnyttja endast en bråkdel av denna energi skulle många problem lösas.

Den första solcellen någonsin framställdes redan år 1839 av Edmond Becquerel. Det dröjde dock mera än ett sekel innan solceller som hade tillräckligt hög effektivitet för att vara praktiskt användbara kunde framställas. För att solceller ska kunna tävla med andra energikällor bör deras effektivitet vara tillräckligt hög, samtidigt som de är stabila under långvarig användning och inte är för kostsamma att tillverka eller installera. De kanske mest välkända och kommersiellt mest använda solcellerna är för tillfället baserade på kisel. Kristallina kiselceller har för tillfället uppnått en effektivitet på över 25 %, vilket börjar närma sig den teoretiska gränsen på ungefär 31 % (den så kallade Shockley-Queisser gränsen) för en solcell med en PN-övergång. För så kallade ”multi junction” solceller, det vill säga flera solceller ovanpå varandra, är både den uppnådda effektiviteten och den teoretiska gränsen högre. Priset på kiselceller har gått ned dramatiskt under de senaste åren, vilket innebär att solenergi i allt större grad är ett möjligt alternativ till de traditionella energikällorna.

Den typ av solcell som har uppnått högst effektivitet är dock inte kiselcellerna, utan galliumarsenid (GaAs) solcellerna. Deras effektivitet närmar sig 30 %, men på grund av att det kostar så mycket att framställa dem är de mest lämpade för speciella fall där kostnaden inte är ett hinder såsom vid rymdresor. (Kalyanasundaram, 2010)

2 Tredje generationens solceller

Tredje generationens solceller har möjligheten att uppnå effektivitet som är till och med högre än Shockley-Queisser gränsen på ca 31 %. De har även stora möjligheter för att

leverera energi för ett lågt pris. Till tredje generationens solceller räknas bl.a. organiska och polymer solceller, solceller baserade på ljusabsorberande färgämnen (dye sensitized solar cells, DSSC eller Grätzel-celler), så kallade quantum dot solceller, samt perovskitsolceller. Av dessa kommer solceller baserade på ljusabsorberande färgämnen (DSSC) och perovskitsolceller att behandlas närmare.

2.1 Dye sensitized solar cells (DSSC)

Denna typ av solcell är relativt ny och den första artikeln publicerades år 1991 i den vetenskapliga journalen Nature. Tekniken uppfanns vid EPFL i Lausanne, Schweiz, i professor Michael Grätzels forskningsgrupp och sedan dess har Grätzel varit världsledande i utvecklingen av tekniken. Den högsta uppmätta effektiviteten för denna typ av solcell är över 13 % (Mathew et al., 2014) och de har klarat av många kritiska stabilitetstest. Solcellerna har många lovande möjligheter för att få ner produktionskostnaderna. De kan också vara flexibla, ha många olika färger och vara delvis genomskinliga. De fungerar även bättre än många andra typer av solceller inomhus och i andra situationer där de inte utsätts för direkt solljus. Detta innebär att de har stora möjligheter för att till exempel användas som en del av olika produkter eller byggnadsarkitektur. Det finns redan till exempel lampor eller ryggsäckar med integrerade solceller, och nyligen installerades även solceller i olika färger på det nybyggda Swiss Tech Convention Center i Lausanne, Schweiz.

Den del av solcellen som absorberar ljuset är ett färgämne. Ofta används färgämnen baserade på rutenium, men nyligen har den högst effektiviteten uppnåtts med ett färgämne baserat på porfyrin. Färgämnet är absorberat på ett poröst lager av en halvledare såsom TiO_2 . När färgämnet exciterats av en foton från solljus injicerar det en elektron till halvledarens ledningsband. Det oxiderade färgämnet regenereras av en elektrondonator i elektrolyten. Ofta används I_3^-/I^- i elektrolyten för detta ändamål, var I^- donerar en elektron och omvandlas till I_3^- . I^- regenereras sedan vid en elektrod, som oftast består av platina. (Hagfeldt, Boschloo, Sun, Kloo & Pettersson, 2010)

2.2 Perovskitsolceller

Perovskitsolceller är en ny sorts solcell som på kort tid uppnått mycket höga effektiviteter på upp till nästan 20 %. Perovskitmineraler har varit kända redan i två sekel, men det var först år 2009 som Tsutomu Miyasaka i Japan använde dem som det ljusabsorberande lagret i en DSSC och uppnådde en effektivitet på 3.8 %. Perovskitsolceller har på bara några år nått en effektivitet som är högre än många andra typer av solceller och utvecklingen går snabbt framåt. (Service, 2014) Den mest använda perovskiten i denna typ av solceller är $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. I början användes en I_3^-/I^- elektrolyt även i perovskitsolceller, men goda resultat har uppnåtts med håltransportmaterial såsom spiro-OMeTAD.⁵ Perovskitsolcellerna är dock inte stabila i kontakt med fukt och mycket forskning pågår för att ersätta det bly som används i de mest effektiva cellerna med något annat material. Denna teknik är dock mycket lovande på grund av den höga effektiviteten och de låga

tillverkningskostnaderna. En tandemcell med en kombination av perovskitsolceller och traditionella solceller skulle kunna uppnå en effektivitet på över 32 %, något som skulle göra solenergi lika billig som energi från kolkraftverk eller naturgas. (Jacoby, 2014)

Referenser

- Hagfeldt, A., Boschloo, G., Sun, L., Kloo, L., Pettersson, H. (2010). Dye-sensitized Solar Cells. *Chemical Reviews*, 110, 6595-6663.
- Jacoby, M. (2014). Tapping Solar Power With Perovskites. *Chemical & Engineering News*, 92, 10-16.
- Kalyanasundaram, K. (2010) Photochemical and photoelectrochemical approaches to energy conversion. In K. Kalyanasundaram (Ed.) , *Dye-sensitized solar cells* (pp. 1-32). Lausanne, Switzerland: EPFL Press.
- Mathew, S., Yella, A., Gao, P., Humphry-Baker, R., Curchod, B. F. E., Ashari-Astani, N., . . . Grätzel, M. (2014). Dye-sensitized solar cells with 13% efficiency achieved through the molecular engineering of porphyrin sensitizers. *Nature Chemistry*, 6, 242-247.
- Service, R. F. (2014). Perovskite Solar Cells Keep On Surging. *Science*, 344, 458.