

Organiniai fotopulsaidininkiai naujos kartos saulės elementams: nuo idėjos link komercializavimo

Organic photoconductors for next-generation solar cells: from idea to commercialization

Vytautas Getautis

Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas, Radvilėnų pl. 19, LT 50254 Kaunas

vytautas.getautis@ktu.lt

Dėl stipriai padidėjusios CO₂ koncentracijos šylant žemės klimatui ES įsipareigojo iki 2030 m. pasiekti, kad 25% suvartojamos elektros energijos būtų gauta iš atsinaujinančių šaltinių. Saulės energija yra pats galingiausias atsinaujinančios energijos šaltinis. Žemės paviršius per valandą gauna apie 178 TWh Saulės energijos, tuo tarpu metinis pasaulio poreikis tėra 111 TWh. Tinkamai išstobulinius saulės elementus (SE), galima visiškai patenkinti visuomenės energijos poreikį. Šiuo metu daugiausia (apie 90 proc.) yra naudojami polikristalinio silicio SE, tačiau juos gaminti brangu ir sudėtinga. Pastarąjį dešimtmetį saulės energetikoje sparčiai kelią skinasi organiniai bei hibridiniai SE. Tarp pastarųjų proveržiu išsiskiria perovskitiniai saulės elementai (PSE), kurie efektyvumu jau prilygsta komerciniams. Per pastaruosius penkerius metus, kuriant naujos kartos SE, didelio susidomėjimo objektu tapo hibridiniai SE, veikiantys perovskitų bei TiO₂ pagrindu. Jų efektyvumas jau viršijo 25% [1]. Šie elementai lyginant su komerciniais silicio SE pasižymi konstrukcijos paprastumu bei pigiomis žaliavomis [2]. Tad visiškai realu, kad šių SE komercializacija, startavusi 2021 m., įgaus didžiulį pagreitį.

Šioje srityje intensyviai darbuojasi kelios dešimtys žinomų kompanijų, kurios konstruoja bei optimizuoja perovskitinius SE. Prognozuojama, kad ši technologija ateityje labai išplis, o 2028 m. PSE efektyvumas sieks net 30%. Kitas labai svarbus šios technologijos aspektas – ji gerai dera su dabartiniais rinkoje išplitusiais silicio SE. Pastarieji ir PSE kartu gali sudaryti tandeminius SE, kurių našumas yra didesnis negu šių atskirų SE. Tokiu būdu dabar Lietuvoje egzistuojanti saulės elementų pramonės infrastruktūra gali būti sėkmingai pritaikyta bei efektyviai išnaudojama naujos kartos SE kūrimui.

Įprastą PSE sudaro švino halogenido perovskito sluoksnis, įterptas tarp elektronų transportuojančio TiO₂ bei organinio skyles transportuojančio sluoksnio, patalpintų tarp elektrodų. Būtent *p*-tipo organinis puslaidininkis daro didžiausią įtaką PSE efektyvumui bei nulemia prietaiso ekonomišumą.

Nepaisant didelių pastangų, skirtų naujoms skylių transportavimo medžiagoms kurti, šioje srityje vis dar dominuoja 2,2',7,7'-tetrakis(*N,N*-di-*p*-metoksifenilamino)-9,9-spirobifluorenas (Spiro-OMeTAD). Deja, jis yra brangus dėl sudėtingos sintezės, be priedų pasižymi nedideliu laidumu (10⁻⁵ S cm⁻¹), o krūvininkų judris tesiekia 10⁻⁴cm²V⁻¹s⁻¹ [3]. Dėl šios priežasties joniniai ar *p*-tipo priedai, kaip ličio bis(trifluorometilsulfonyl)imidis (LiTFSI), yra pridedami Spiro-OMeTAD laidumui bei krūvininkų judriui padidinti. Šių priedų kiekio

optimizavimas reikalauja papildomų darbo bei laiko sąnaudų, jie yra brangūs, todėl jų naudojimas ne tik mažina prietaiso stabilumą, bet ir didina galutinę kainą.

Šiame pranešime bus pristatyti KTU Organinės chemijos katedros Organinių puslaidininkių sintezės mokslinėje grupėje atliekamų skyles transportuojančių mažų molekulių, skirtų perovskitiniams saulės elementams, tyrimų molekulinės inžinerijos srityje rezultatai. Mūsų grupei pavyko sukurti naujas teigiamus krūvininkus pernešančių junginių klases, kurios prilygsta ar yra net geresnės už Spiro-OMeTAD. Nauji *p*-tipo organiniai puslaidininkiai, pasižymintys puikia krūvininkų pernaša, buvo susintetinti vienu ar dviem etapais iš komerciškai prieinamų ir palyginti nebrangių pradinių medžiagų, todėl galutinė tikslių produktų kaina, lyginant su „Spiro-OMeTAD“, sumažėjo kelis kartus. Dėl gero tirpumo įprastuose organiniuose tirpikliuose ir puikių elektrinių savybių šios molekulės yra labai patrauklios komerciniams fotovoltiniams prietaisams. Nauji organiniai puslaidininkiai užpatentuoti JAV, Europoje, Japonijoje, P. Korėjoje bei Kinijoje. Dviejų patentų licencijas įsigijo Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. bei Švedijos kompanija „Dyename“.

Reikšminiai žodžiai: organiniai fotopulsaidininkiai, krūvininkų judris, perovskitiniai saulės elementai

Literatūra

- [1] Best Research-Cell Efficiency Chart. Photovoltaic Research. NREL (2021): <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>
- [2] Y. Rong, Y. Hu, A. Mei, H. Tan, M.I. Saidaminov, S.S. Il, M.D. McGehee, E.H. Sargent, H. Han. *Science* **361**, eaat8235 (2018).
- [3] T. Leijtens, I-K. Ding, T. Giovenzana, J.T. Bloking, M.D. McGehee, A. Sellinger. *ACS Nano* **6**, 1455 (2012).