

Skersaryšinamos fluoreno pagrindo skylių pernašos medžiagos perovskitiniais saulės elementams

Cross-linkable fluorene-based hole transporting materials for perovskite solar cells

Romualdas Jonas Čepas¹, Egidijus Kamarauskas¹, Kristijonas Genevičius¹, Vygintas Jankauskas¹, Aistė Jegorovė², Šaurūnė Daskevičiurė-Gegužienė², Vytautas Getautis²

¹Cheminės fizikos institutas, Fizikos fakultetas, Vilniaus universitetas, Saulėtekio al. 9, LT-10222 Vilnius

²Organinės chemijos katedra, Cheminės technologijos fakultetas, Kauno technologijos universitetas, Radvilėnų pl. 19, LT-50254, Kaunas
romualdas.cepas@ff.vu.lt

Organiniai ir hibridiniai saulės elementai vystėsi ir tobulėjo kelis pastaruosius dešimtmečius kaip pigesnė ir aplinkai draugiškesnė alternatyva silicio saulės elementams. Viena daugiausiai žadančių atmainų yra perovskitiniai saulės elementai. Norint pagaminti našų perovskitinį saulės elementą, reikalingas efektyvus krūvininkų atskyrimas ir pernaša iš sugeriančio sluoksnio, o tam svarbu turėti pernašos sluoksnius, kurių energetiniai lygmenys yra suderinami su perovskito sluoksniu. Šie pernašos sluoksniai privalo turėti didelius krūvininkų judrius, didelį laidumą, gerą cheminį, terminį bei morfologinį stabilumą.

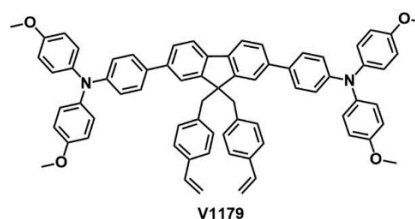
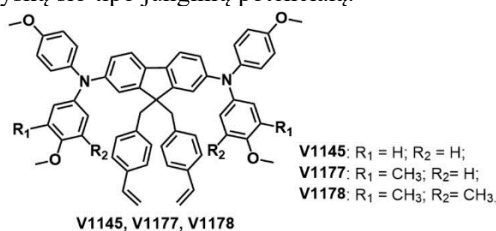
Perovskitiniai saulės elementai įprastai būna dviejų tipų. Įprastoje n-i-p konfigūracijoje, skyles pernešantis sluoksnis būna dengiamas ant sugeriančio perovskito sluoksnio, invertuotoje p-i-n konfigūracijoje – po perovskitu. Priklausomai nuo konfigūracijos, ant viršaus dengiami skylių ar elektronų pernašos sluoksniai gali apsaugoti perovskitą nuo drėgmės, jei jie bus hidrofobiški [1]. Sluoksniai po perovskitu turi būti atsparūs tirpikliams ir nesuirti.

Šiuo metu labiausiai paplitusi 2,2,7,7-tetrakis-(N,N-di-pmethoxyphenylamino)-9,9-spirobifluorene (spiro-OMeTAD) skylių pernašos medžiaga. Gryna ji gali būti naudojama tik n-i-p konfigūracijoje, taip pat ji turi prastą laidumą, kurį galima pagerinti naudojant priedus, tačiau taip legiruojant medžiagą sluoksnis tampa nestabilus [2].

Skersaryšinami skylių pernašos sluoksniai yra atsparūs daugumai perovskito gamyboje naudojamų tirpiklių ir aukštoms apdirbimo temperatūroms. Šios medžiagos taip pat pasižymi hidrofobiškumu bei mechaniniu atsparumu, ir gali būti naudojamos įvairios konfigūracijos struktūrose [3]. Taigi, skersaryšinamos medžiagos gali pagerinti perovskitinio saulės elemento stabilumą ir apsaugoti perovskito sluoksnį nuo aplinkos poveikio. Kita vertus, skersaryšinimas gali pertvarkyti molekules ir pakeisti tarpmolekulinius atstumus, o tai darys įtaką krūvio netvarkos parametrui ir pernašai medžiagoje.

Šiame darbe buvo nagrinėjamos naujos fluoreno pagrindo skersaryšinamos skylių pernašos medžiagos. Lėkio trukmės metodu buvo išmatuotos skersaryšintų ir neskersaryšintų sluoksnių skylių judrių priklausomybės nuo elektrinio lauko esant skirtingoms temperatūroms. Vėliau su šiomis medžiagomis buvo pagaminti p-i-n

konfigūracijos perovskitiniai saulės elementai, vienas jų pasiekė **11,42%** našumą prie AM1,5 spektro apšvietimo. Šiame darbe parodome, kad skersaryšinimas minimaliai pakeičia medžiagų HOMO ir LUMO energetinius lygmenis, tačiau buvo pastebėtas pokytis energetinėje ir erdvinėje netvarkose bei lėkio trukmės kinetikų dispersiškume. Nepaisant netvarkos padidėjimo, skersaryšinimas medžiagų judriams didelės įtakos neturėjo (1 lent.). O su komercinėmis medžiagomis palyginami voltamperinių charakteristikų parametrai parodo ryškų šio tipo junginių potencialą.



1 pav. Fluoreno pagrindo skersaryšinamos medžiagos V1145, V1177, V1178, V1179.

1 lentelė. Skylių judriai μ_0 prieš ir μ_0^* po skersaryšinimo (elektriniam laukui esant $E=0$).

Medžiaga	μ_0 , cm ² V ⁻¹ s ⁻¹	μ_0^* , cm ² V ⁻¹ s ⁻¹
V1179	$7,7 \cdot 10^{-5}$	$7,1 \cdot 10^{-5}$
V1178	$6,1 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$
V1177	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
V1145	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$

Literatūra

- [1] G. Reddy, K. Devulapally, N. Islavath, L. Giribabu, Chem. Rec. **2019**, 19, 2157.
- [2] S. Ameen, M. A. Rub, S. A. Kosa, K. A. Alamry, M. S. Akhtar, H.-S. Shin, H.-K. Seo, A. M. Asiri, M. K. Nazeeruddin, ChemSusChem **2016**, 9, 10.
- [3] Li, Z., Zhu, Z., Chueh, Chu-Chen, Luo, J., Jen, A. K.-Y. **2016**. Adv. Energy Mater., 6: 1601165.