

Eksitonų ir krūvininkų dinamika organiniuose ir perovskitiniuose puslaidininkiuose bei naujos kartos saulės elementuose

Exciton and charge carrier dynamics in organic and perovskite semiconductors and solar cells

Andrius Devižis, Marius Franckevičius, Vidmantas Gulbinas
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius
andrius.devizis@ftmc.lt

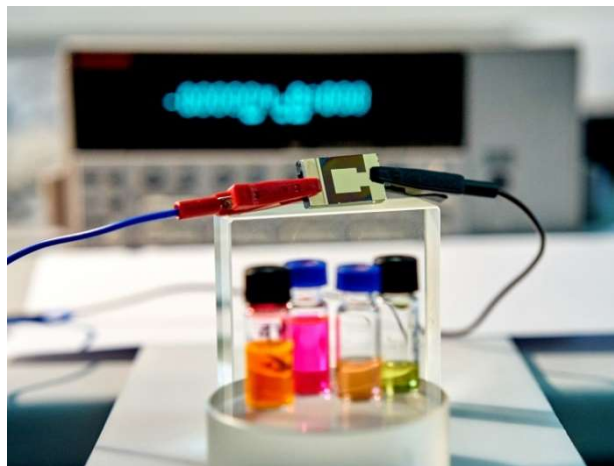
Augantys energijos poreikiai yra viena iš aktualiausių šiandieninių žmonijos problemų. Sunkiųjų elementų tinkamų branduoliniam kurui išteklių riboti, termobranduolinės sintezės panaudojimo energetikai perspektyvos kol kas labai miglotos. Todėl vienintelis patikimas energijos šaltinis yra Saulė. Šios energijos išteklių praktiškai neriboti, reikalingos tik ekonomiškai veiksmingos saulės elementų technologijos. Iš tirpalų formuojami organiniai bei hibridiniai organometalinių perovskitų saulės elementai gali būti lankstūs, pusiau skaidrūs, spalvoti. Jų gamybos ir instaliacijos kaštai potencialiai gali būti žymiai mažesni už konvencinių silicio elementų. Tolesnis jų vystymas priklauso nuo naujų efektyvesnių medžiagų paieškos, bei technologinių procesų tobulinimo optimizuojant juose vykstančius fotoelektrinius vyksmus.

Eksitonai organinėse ir hibridinėse nanostruktūrizuotose medžiagose vaidina ypatingą vaidmenį – jie yra tarpininkai tarp fotonų ir krūvininkų. Sugertas fotonas sukuria kuloninės jėgos surištą elektrono ir skylės porą - eksitoną, kuris vėliau skyla į laisvus elektroną ir skylę jiems difuziškai nutolstant vienas nuo kito. Tačiau eksitonų ryšio energija organiniuose puslaidininkiuose žymiai viršija šiluminę energiją, todėl šis procesas iki šiol nėra visiškai aiškus. Gretinant ultrasparčiosios spektroskopijos ir elektrinius metodus buvo susieti krūvininkų difuzijos ir eksitonų skilimo procesai saulės elementams naudojamuose organinių puslaidininkių heterostruktūrose ir parodyta, jog aukštas pradinis elektronų judris didžiąja dalimi lemia eksitonų disociaciją [1]. Saulės elementams naudojamuose perovskituose eksitonų ryšio energija yra daug mažesnė, todėl eksitonų vaidmuo nėra toks akivaizdus. Šiose medžiagos pradžioje generuojamos erdviškai koreliuotos elektronų skylių poros, kurios šiluminės energijos dėka spontaniškai skyla į laisvus krūvininkus [2].

Kitas ne mažiau svarbus reiškinys yra krūvininkų judėjimas. Jis lemia du pagrindinius našumą sąlygojančius vyksmus: krūvininkų ištraukimą ir jų rekombinaciją. Atsiskyrusių krūvininkų judris turi būti pakankamai didelis, kad jie greitai būtų vidinio lauko ištraukti iš aktyvaus saulės elemento sluoksnio ir nespėtų rekombinuoti bimolekuliniu būdu. Pagal krūvininkų judrio savybes, organinės medžiagos stipriai skiriasi nuo neorganinių puslaidininkių. Visų pirma, organinėse

medžiagose judris yra daug mažesnis, ypač netvarkiose šių medžiagų struktūrose, įprastai naudojamose saulės elementuose ir kituose plonasluoksniuose prietaisuose. Antra labai svarbi savybė yra tai, kad judris kinta bėgant laikui po laisvų krūvininkų susidarymo kol nusistovi jo stacionari vertė. Pradinis judris gali būti tūkstančius kartų didesnis už stacionarųjį, kuris nusistovi per kelias nanosekundes. Todėl stacionaraus judrio vertė kuriant ir vertinant prietaisų veikimą toli gražu nėra pakankamai informatyvi. Judrio dinamikos tyrimui reikalingi aukštos laikinės skyros metodai. Buvo pasiūlytas optinis elektrinio lauko matavimo metodas pagrįstas antrosios optinės harmonikos generacija [3].

Kita optinio zondavimo metodo modifikacija zonduojant Štarko efektu atvėrė papildomas galimybes tirti elektronų ir skylių judėjimą heterosandūrose. Tai leido parodyti, kad elektronų judėjimas yra spartesnis už skylių ir būtent jis lemia krūvio pernašos porų disociaciją į laisvus krūvininkus [4].



1 pav. Perovskitinis saulės elementas (nuotr. Andrej Dementjev).

Reikšminiai žodžiai: eksitonai, krūvininkai, saulės elementai.

Literatūra

- [1] D. A. Vithanage *et al.*, *Nat. Commun.*, 4, 2334 (2013).
- [2] R. Augulis *et al.*, *Adv. Energy Mater.*, 7, 1700405 (2017).
- [3] A. Devižis *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 103, 027404 (2009)
- [4] A. Devižis, *et al. J. Am. Chem. Soc.*, 137(25), 8192–8198 (2015)