

Perovskitų saulės elementai

Steponas Ašmontas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, Vilnius, 10257, Lietuva
el. paštas steponas.asmontas@ftmc.lt

Viena perspektyviausių ir labiausiai tausojančių aplinką energijos šaltinių yra elektros energija gaunama iš saulės elementų (SE). Šiuo metu pasaulyje apie 90% saulės elementų yra gaminama iš silicio. Mokslinėse laboratorijose pagamintų vienos sandūros silicio saulės elementų aukščiausias konversijos efektyvumas siekia 27.6% ir yra artimas teorinei 33.3% ribai. Saulės elementų konversijos efektyvumą riboja tai, kad efektyviai panaudojami tik tie fotonai, kurių energija yra artima draudžiamosios energijos juostos pločiui. Fotonai, kurių energija didesnė negu draudžiamosios energijos juostos plotis, sukuria elektronų-skylių poras, o perteklinę energiją perduoda krūvininkams, kurie tampa karštaisiais. Karštieji krūvininkai mažina SE konversijos efektyvumą, nes jų sukuriama elektrovaros poliškumas yra priešingas įprastos fotoelektrovaros, susidarančios p-n sandūroje, poliškumui. Neigiamą karštųjų krūvininkų įtaką SE konversijos efektyvumui galima žymiai sumažinti panaudojus tandeminius saulės elementus, sudarytus iš kelių fotoaktyvių sluoksnių su skirtingais draudžiamosios energijos juostos tarpais. Ypač perspektyvūs yra organinių-neorganinių perovskitų/silicio tandeminiai saulės elementai.

Pranešime pateikiama organinių-neorganinių perovskitų, tinkamų tandeminių saulės elementų gamybai, sintetinimo technologija. Perovskitiniai sluoksniai buvo formuojami vieno žingsnio nusodinimo metodu iš pagaminto prekursorių tirpalo. Tam tikslui buvo įsigyta atitinkama technologinė įranga, parinkta prekursorių tirpalo sudėtis, optimizuota sluoksnių atkaitinimo temperatūra, trukmė ir sudėtis. Nustatyta, kad perovskitų sluoksniai turi didžiausias optinio pralaidumo vertes ilgesnių bangų ruože, kai metilamonio jodido (MAI) ir PbI_2 medžiagų proporcijos yra vienodos. Susintetintuose perovskitų sluoksniuose su 1,2 M PbI_2 ir 1,2 M MAI koncentracijomis liuminescencijos intensyvumas ir liuminescencijos gesimo trukmės yra didžiausios. Jie labiausiai tinka tandeminiams saulės elementams gaminti. Sluoksnių morfologijos tyrimai parodė, kad cezio jodido priemaiša teigiamai veikia perovskitinės struktūros susiformavimą, bei pagerina optinio pralaidumo vertes ilgųjų bangų ruože [1,2]. Ilgiausias liuminescencijos gesimo trukmės turi perovskitų sluoksniai su 10 % Cs koncentracija.

Pagamintieji trijų katijonų perovskitų saulės elementai turi didžiausias vidutinės konversijos efektyvumo vertes, kai Cs koncentracija yra 10 %. Geriausio SE konversijos efektyvumas siekė 20,2

%, atviros grandinės įtampos vertė 1,11 V, trumpojo jungimo srovė buvo 23,6 mA/cm², o užpildo faktoriaus vertė 77 %. Buvo susintetinti trijų katijonų perovskito sluoksniai planarinių ir mezoporinių struktūrų perovskito SE gamybai [3]. Optinių ir fotoelektrinių savybių tyrimai parodė, kad fotosužadintų krūvininkų gyvavimo trukmės yra ilgesnės perovskito sluoksniuose susintetintuose ant porėto titano dioksido nei perovskito sluoksniuose susintetintuose ant kompaktinio titano dioksido; tai yra dėl geresnio mezoporinės struktūros perovskito sluoksnių kristališkumo. Saulės elementų, pagamintų ant skirtingų perovskito plėvelių, voltamperinių charakteristikų tyrimai parodė, kad mezoporinės struktūros SE konversijos efektyvumas yra geresnis nei planarinių SE. Nustatyta, kad aukštą mezoporinės struktūros SE konversijos efektyvumą daugiausiai lemia didelė trumpojo jungimo srovės vertė sąlygota didesnio perovskito/mp-TiO₂ sąsajos ploto palyginus su planariosios struktūros SE sąsajos plotu, o taip pat ir ilgesnė krūvininkų gyvavimo trukmė. Sukurta organinių-neorganinių perovskitų/Si tandeminių saulės elementų gamybos technologija. Pagamintas trijų katijonų perovskitas/silicis tandeminis SE, turintis didelį konversijos efektyvumą ir ištirtos jo fotoelektrinės savybės. Tandeminis SE yra sudarytas iš pramoninio n-tipo bazės monokristalinio silicio PERT SE, kuris uždengtas trijų katijonų perovskito saulės elementu pagamintu iš pusiau permatomos perovskito plėvelės susintetintos ant porėto TiO₂. Šio tandeminio SE konversijos efektyvumas siekia 26,6 % [4].

1. S. Ašmontas, A. Čerškus, J. Gradauskas, A. Grigucevičienė, K. Leinartas, A. Lučun, K. Petrauskas, A. Selskis, A. Sužiedėlis, E. Širmulis, R. Juškėnas. Cesium-containing triple cation perovskite solar cells. *Coatings* 2021, 11, 279. <https://doi.org/10.3390/coatings11030279>
2. S. Ašmontas, A. Čerškus, J. Gradauskas, A. Grigucevičienė, R. Juškėnas, K. Leinartas, A. Lučun, K. Petrauskas, A. Selskis, A. Sužiedėlis, E. Širmulis. Impact of cesium concentration on optoelectronic properties of metal halide perovskites. *Materials* 2022, 15, 1936. <https://doi.org/10.3390/ma15051936>
3. S. Ašmontas, A. Čerškus, J. Gradauskas, A. Grigucevičienė, R. Juškėnas, K. Leinartas, A. Lučun, K. Petrauskas, A. Selskis, L. Staišiūnas, A. Sužiedėlis, A. Šilėnas, E. Širmulis. Photoelectric properties of planar and mesoporous structured perovskite solar cells. *Materials* 2022, 15, 4300. <https://doi.org/10.3390/ma15124300>
4. S. Ašmontas, J. Gradauskas, A. Grigucevičienė, K. Leinartas, A. Lučun, M. Mujahid, K. Petrauskas, A. Selskis, A. Sužiedėlis, A. Šilėnas, E. Širmulis. Triple cation perovskite/silicon tandem solar cell. *Ukr. Journ. Phys. Opt.* 2022, 23, 193-200. <https://doi.org/10.3116/16091833/23/4/193/2022>