

Tripletinių eksitonų anihiliacijos sąlygotos šviesos konversijos našumo didinimas panaudojant fluorescuojančias singuletinių eksitonų gaudykles

Efficiency enhancement of triplet-triplet annihilation-based light upconversion via utilization of fluorescent singlet exciton traps

Steponas Raišys¹, Karolis Kazlauskas¹, Yoan Simon², Saulius Juršėnas¹

¹Vilniaus universitetas, Taikomųjų mokslų institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

²School of Polymers and High Performance Materials, The University of Southern Mississippi, 118 College Drive, Hattiesburg, Mississippi 39406, United States of America
steponas.raisys@tmi.vu.lt

Šviesos konversija vykstanti dėka tripletinių eksitonų anihiliacijos, kuomet iš mažesnės energijos fotonų generuojami didesnės energijos fotonai, sulaukia ypatingo dėmesio dėl galimybės ją pritaikyti saulės celių ir organinių šviestukų našumui didinti, fotokatalizės reakcijoms inicijuoti bei biologinių objektų vaizdavime [1]. Tripletinių eksitonų anihiliacijos sąlygotai šviesos konversijai realizuoti pakanka nekoherentinės, santykinai mažo žadinimo galios tankio (~10 mW/cm²) spinduliuotės, kas suteikia galimybę panaudoti saulės spinduliuotę kaip žadinimo šaltinį. Šiuo metu šviesos konversijos našumas tirpaluose siekia 26% [2], tačiau kietame būvyje konversijos našumas drastiškai sumažėja [3]. Manoma, kad taip yra dėl apriboto molekulių judėjimo kietoje matricoje sąlygojančio mažą tripletinių eksitonų susitikimo tikimybę ir atitinkamai sumažėjusį konversijos efektyvumą.

Siekiant išsiaiškinti tripletinių eksitonų difuzijos įtaką šviesos konversijos našumui polimeriniuose sluoksniuose, šiame darbe yra pristatomi singuletinių ir tripletinių eksitonų difuzijos polimeriniuose sluoksniuose tyrimų rezultatai. Polimeriniai sluoksniai pagaminti terminio lydymo metodu [4] buvo sudaryti iš polimetilmetakrilato (PMMA) matricos, spindulio - 9,10-difenilantraceno (DPA) ir platinos oktaetilporfirino (PtOEP) atliekančio tripletinių eksitonų sensibilizatoriaus funkciją. Eksitonų difuzijos nustatymas yra paremtas spinduliuotės gesinimo efektyvumo matavimais DPA/PtOEP/PMMA sluoksniuose esant skirtingai gesiklių koncentracijai. Pasinaudojus Monte Karlo modeliavimu bei Šterno Folmerio formalizmu buvo apskaičiuoti singuletinių ir tripletinių eksitonų difuzijos nuotoliai [5,6].

Konversijos kvantinio našumo matavimai esant skirtingoms DPA koncentracijoms parodė, kad ties maža koncentracija eksitonų difuzija ir energijos pernaša iš PtOEP į DPA molekules yra nepakankamai efektyvi našiai konversijai pasiekti, tuo tarpu esant per didelei DPA koncentracijai pasireiškia koncentracinio gesinimo efektas, kuris taip pat mažina konversijos našumą. Nustatyta, kad optimali DPA koncentracija, atitinkanti maksimalų šviesos konversijos našumą, yra apie 25%. Parinkus optimalią sensibilizatoriaus koncentraciją buvo pasiektas maksimalus konversijos kvantinis našumas siekiantis ~1,8%. Taip pat buvo nustatyta, jog sensibilizatorius itin efektyviai gesina DPA singuletinius

eksitonus kartu mažindamas konversijos efektyvumą.

Eksitonų difuzijos nuotolio tyrimai parodė, kad singuletinių eksitonų difuzija išmatuota sluoksniuose be tripletinių eksitonų sensibilizatoriaus stipriai priklauso nuo DPA koncentracijos, o difuzijos nuotolis išauga nuo 24 nm iki 42 nm padidėjus DPA koncentracijai nuo 20% iki 35%, atitinkamai. Tuo tarpu singuletinių eksitonų difuzijos nuotolis mažai priklauso nuo DPA koncentracijos ir siekia ~15 nm sluoksniuose esant 0,05 % sensibilizatoriaus koncentracijai.

Pademonstruota, kad įterpus į polimerinius sluoksnius gerai fluorescuojančias singuletinių eksitonų gaudykles galima sugaudyti ilgą eksitonų difuzijos nuotolį turinčius singuletinius eksitonus ir šviesos konversijos efektyvumą padidinti iki 2,7%.

Reikšminiai žodžiai: šviesos konversija, eksitonų anihiliacija, kvantinis našumas, difuzijos nuotolis, eksitonų gaudyklės.

Literatūra

- [1] J. Zhou, Q. Liu, W. Feng, Y. Sun, F. Li, Chem. Rev. **135**, 19056 (2013).
- [2] A. Monguzzi, R. Tubino, S. Hoseinkhani, M. Campione, and F. Meinardi, Phys. Chem. Chem. Phys. **14**, 4322 (2012).
- [3] D. Dzebo, K. Börjesson, V. Gray, K. Moth-Poulsen, and B. Albinsson, J. Phys. Chem. C **120**, 23397 (2016).
- [4] S. H. Lee, J. R. Lott, Y. C. Simon, C. Weder, J. Mat. Chem. C **1**, 5142 (2013).
- [5] O. V. Mikhnenko, H. Azimi, M. Scharber, M. Morana, P. W. M. Blom, M. A. Loi, Energy and Environmental Science **5**, 6960 (2012).
- [6] H. Y. Hsu, J. H. Vella, J. D. Myers, J. Xue, K. S. Schanze, J. Phys. Chem. C **118**, 24282 (2014).