

# Krūvinukų rekombinacija ir difuzija MAPbBr<sub>3</sub> perovskitiniame kristale plačiame sužadinių intervale

## Carrier recombination and diffusion in MAPbBr<sub>3</sub> perovskite crystal in wide excitation range

Patrik Ščajev<sup>1</sup>, Arūnas Miasojedovas<sup>1</sup>, Saulius Miasojedovas<sup>1</sup>, Saulius Juršėnas<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Vilniaus universitetas, Taikomuju mokslų institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10257, Vilnius  
[patrik.scajev@ff.vu.lt](mailto:patrik.scajev@ff.vu.lt)

Neseniai švino halogenidų perovskitų kristalai pradėti auginti atvirkštinės kristalizacijos būdu iš tirpalo fazės [1]. Gauti kristalai panaudoti siauraspektriniais fotodetektoriams [2] bei dvifotoniniams autokoreliatoriams [3]. Tačiau išsamus krūvio transportas kristaluose reikalauja papildomų tyrimų.

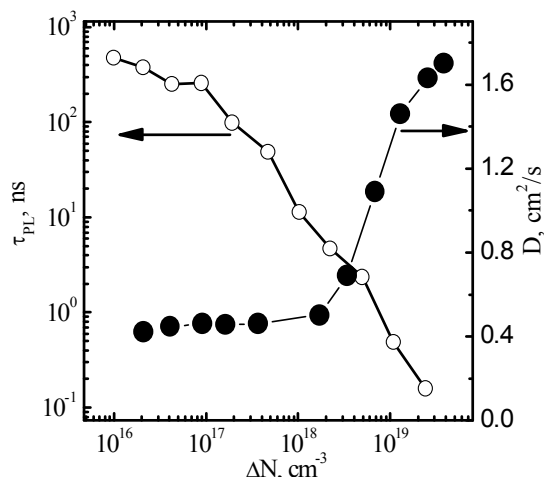
Šiame darbe tiriamas MAPbBr<sub>3</sub> kristalas buvo užaugintas atvirkštinės temperatūros kristalizacijos metodu 70 °C temperatūroje [1]. Pagamintas bandinys (3×3×0,6 mm<sup>3</sup>) buvo nupoliruotas iki optinės kokybės, reikalingos matavimams.

Krūvinukų rekombinacijos ir difuzijos tyrimams MAPbBr<sub>3</sub> kristale plačiame sužadinių intervale buvo pritaikytos dinaminių gardelių, laisvakrūvės sugerties, bei laikinės skyros fotoluminescencijos metodikos esant vienfotoniam (527 ir 480 nm) ir dvifotoniam (1053 ir 900 nm) sužadiniams. Dideli krūvinukų tankiai (> 10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>) ir paviršinis sužadinimas buvo pasiekti esant vienfotoniam sužadiniams, kadangi sugerties koeficientas ties naudotais bangos ilgiais yra 6×10<sup>4</sup> cm<sup>-1</sup>. Esant dvifotoniam sužadiniui pasiektas tūrinis sužadinimas ir maži krūvinukų tankiai (iki ~10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>).

Mažų sužadinių gyvavimo trukmės vertė buvo 1,700 μs iš laisvakrūvės sugerties matavimų (FCA), bei 1,400 μs iš laikinės skyros fotoluminescencijos (PL) matavimų, atsižvelgiant į  $\tau_{PL} = \tau_{FCA}/2$  sąryšį. Pastaroji trukmė yra sąlygota nespindulinių defektų. Esant mažiems vienfotoniams sužadiniams gyvavimo trukmės siekė vos kelias nanosekundes, kas buvo sąlygota paviršinės rekombinacijos.

Laisvakrūvės sugerties ir laikinės skyros fotoluminescencijos kinetikų matavimai didinant sužadintų krūvinukų tankiui parodė gyvavimo trukmės mažėjimą. Gautos gyvavimo trukmės priklausomybės leido nustatyti bimolekulines rekombinacijos koeficientą:  $B = 3 \times 10^{-10}$  cm<sup>3</sup>/s bei Ože koeficientą  $C = 1,2 \times 10^{-29}$  cm<sup>3</sup>/s. Bimolekulines rekombinacijos sparta esant dvifotoniam sužadiniui buvo apie 20 kartų mažesnė dėl reabsorbcijos [4]. Taipogi stebėtas bimolekulines rekombinacijos koeficiento mažėjimas nuo sužadinimo dėl išsigimimo, kas buvo patvirtinta teoriniais skaičiavimais.

Nustatytas difuzijos koeficientas kito nuo 0,45 iki 1,7 cm<sup>2</sup>/s didėjant sužadiniui, kas gali būti paaiškinta būsenų tankio uodegų pildymu ir išsigimimu. Naudojant nustatytas D ir  $\tau$  priklausomybes, apskaičiuota difuzijos ilgio priklausomybė nuo sužadinimo: difuzijos ilgis mažėjo nuo 7 iki 0,1 μm, kas rodo kad MAPbBr<sub>3</sub> kristalas yra pakankamai aukštos elektroninės kokybės.



1 pav. Fotoluminescencijos irimo trukmės esant 900 nm sužadiniui bei difuzijos koeficiento priklausomybės nuo sužadintų krūvinukų tankio esant kombinuotam 1053 nm ir 527 nm sužadiniui.

*Reikšminiai žodžiai: švino halogenidų perovskitai, difuzijos koeficientas, rekombinacijos trukmė, laisvakrūvės sugertis, dinaminės gardelės, laikinės skyros fotoluminescencija.*

### Literatūra

- [1] M. I. Saidaminov, A. L. Abdelhady, B. Murali, E. Alarousu, V. M. Burlakov, W. Peng, I. Dursun, L. Wang, Y. He, G. Maculan, A. Goriely, T. Wu, O. F. Mohammed and Osman M. Bakr, High-quality bulk hybrid perovskite single crystals within minutes by inverse temperature crystallization, Nat. Commun. 6:7586, (2015).
- [2] Y. Fang, Q. Dong, Y. Shao, Y. Yuan and J. Huang, Highly narrowband perovskite single-crystal photodetectors enabled by surface-charge recombination, Nat. Photon. 9, 679–686 (2015).
- [3] G. Walters, B. ranson R. Sutherland, S. Hoogland, D. Shi, R. Comin, D. P. Sellan, O. M. Bakr, E. H. Sargent, Two-Photon Absorption in Organometallic Bromide Perovskites, ACS Nano 9, 9340–9346 (2015).
- [4] T. Yamada, Y. Yamada, Y. Nakaike, A. Wakamiya, and Y. Kanemitsu, Photon Emission and Reabsorption Processes in CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub> Single Crystals Revealed by Time-Resolved Two-Photon-Excitation Photoluminescence Microscopy, Phys. Rev. Appl. 7, 014001 (2017).