

Šviesos gijų indukuota fotoluminescencija nelegiruotame bei Nd ir Yb jonais legiruotuose YAG kristaluose

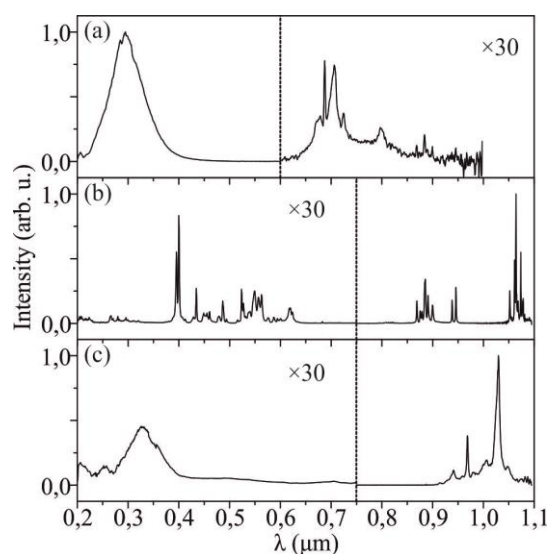
Filamentation-induced photoluminescence in undoped, Nd-doped and Yb-doped YAG crystals

Domas Kudarauskas, Gintaras Tamošauskas, Mikas Vengris, Audrius Dubietis
Vilniaus universitetas, Kvantinės elektronikos katedra, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius
audrius.dubietis@ff.vu.lt

Dėl puikių optinių ir mechaninių savybių itrio aliuminio granatas ($Y_3Al_5O_{12}$, YAG) yra viena svarbiausių ir populiariausių lazerinių matricių, kuri gali būti legiruojama įvairiais trivalenčiais retųjų žemių metalų jonais. Legiruoti YAG kristalai taip pat yra plačiai tiriami kaip potencialiai efektyvūs scintiliatoriai elementariųjų dalelių detekcijai [1-3]. Kita vertus, nelegiruotas YAG kristalas pasižymi dideliu optiniu netiesiškumu bei aukštu optinio pažeidimo slenksčiu, dėl ko yra plačiai naudojamas generuoti koherentinę itin plataus spektro spinduliuotę – superkontinuumą. Formuojant šviesos gijas įvairios trukmės (nuo keleto optinių ciklų iki keleto pikosekundžių) lazerio impulsais superkontinuumo generacija YAG kristale pademonstruota įvairiose optinio spektro srityse [4]. Formuojantis šviesos gijoms, dėl daugiafotonės sugerties kuriama laisvųjų elektronų plazma, kuri savo ruožtu toliau sugeria žadinančią spinduliuotę ir sužadina tiek paties kristalo surištasias krūvininkų būsenas, tiek priemaišinius lygmenis ir juostas, kurių spindulinė relaksacija stebima fotoluminescencijos pavidalu.

Šviesos gijos buvo formuojamos fokusuojant 100 fs trukmės, 800 nm bangos ilgio Ti:safyro lazerio spinduliuotę į 3 skirtingus: nelegiruotą ir Nd^{3+} bei Yb^{3+} jonais legiruotus YAG kristalus. Kartu su superkontinuumo spektrais, kurie visų trijų tirtų medžiagų atvejais apėmė spektrinę sritį nuo 450 nm iki 1.1 μm ir iš esmės buvo identiški, užregistruoti kokybiškai skirtingi medžiagų fotoluminescencijos spektrai. Nelegiruoto YAG kristalo fotoluminescencijos spektras (1a pav.) yra sudarytas iš dviejų plačių spektrinių juostų: intensyvios ultravioletinės juostos, kurios maksimumas ties 300 nm atsiranda dėl eksitonų ir pakeistinių atomų defektų YAG gardelėje, ir mažo intensyvumo juostos infraraudonojoje srityje su maksimumu ties 700 nm, greičiausiai sąlygojamos priemaišinių geležies jonų. Nd^{3+} jonais legiruoto YAG kristalo fotoluminescencijos spektras (1b pav.) yra sudarytas iš daugybės siaurų smailių regimojoje ir infraraudonojoje spektro srityse, kurios atitinka optinius šuolius tarp įvairių Nd^{3+} jono 4f pasluoksnio lygmenų ir eilės mažesnio intensyvumo smailių ultravioletinėje spektro srityje, atitinkančių šuolius į pagrindinį pasluoksnio lygmenį. Yb^{3+} jonai unikalūs tuo, kad turi tik kelis energinius lygmenis, spinduliuojančius 1 μm aplinkoje (1c pav.). Tačiau Yb^{3+} jonais legiruoto YAG kristalo fotoluminescencijos spektre taip pat užregistruota labai plati liuminescencijos juosta su maksimumais ultravioletinėje (ties 320 nm) ir regimojoje

(ties 500 nm) spektro srityse, kurios atsiradimą lemia elektrono pernaša iš gardelės į priemaišinį joną.



1 pav. Šviesos gijomis indukuotos fotoluminescencijos spektrai nelegiruotame (a), Nd^{3+} jonais (b) ir Yb^{3+} jonais (c) legiruotuose YAG kristaluose

Šiame darbe atskleidėme, kad šviesos gijomis indukuoti fotoluminescencijos spektrai nelegiruotame bei Nd^{3+} ir Yb^{3+} jonais legiruotuose YAG kristaluose yra iš esmės identiški šių kristalų katodoluminescencijos ir radijoluminescencijos spektrams, gautiems žadinant α dalelėmis, elektronais ar sinchrotronine spinduliuote [1-3]. Šis rezultatas parodo, kad šviesos gijų indukuota fotoluminescencija gali būti lengvai pritaikyta įvairių medžiagų liuminescentinių savybių tyrimams, o pritaikius laiko skyros spektroskopiją, kartu tirti ir energijos pernašos reiškinius tarp energijos lygmenų ir juostų.

Reikšminiai žodžiai: fotoluminescencija, šviesos gijos, YAG.

Literatūra

- [1] P. Antonini, G. Bressi, G. Carugno, D. Iannuzzi, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A **460**, 469 (2001).
- [2] T. Yanagida, K. Kamada, Y. Fujimoto, Y. Yokota, A. Yoshikawa, H. Yagi, T. Yanagitani, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A **631**, 54 (2011).
- [3] A. F. Borghesani, C. Braggio, G. Carugno, F. Chioffi, M. Guarise, J. Lumin. **190**, 29 (2017).
- [4] A. Dubietis, G. Tamošauskas, R. Šuminas, V. Jukna, A. Couairon, arXiv:1706.04356 (2017).