

Katodoluminescencijos dinamika skirtingos sudėties granatiniuose scintiliatoriuose

Cathodoluminescence Dynamics in Garnet-Type Scintillators with Different Composition

Gabija Soltanaite, Žydrūnas Podlipskas

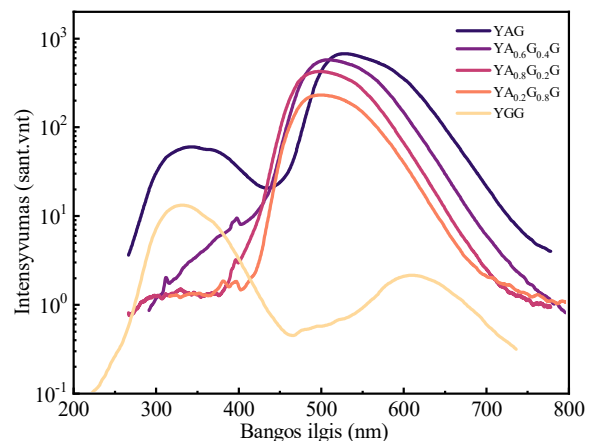
Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Fotonikos ir nanotechnologijų institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius
gabija.soltanaite@ff.stud.vu.lt

Scintiliatoriai pradėti naudoti aukštų energijų fizikoje, medicinos diagnostikoje bei detektoriuose dėl reliatyviai mažų pagaminimo kaštų, netoksiškumo ir optinių savybių. [1] Visgi didėjant granato struktūros scintiliatorių taikymo perspektyvoms, atsiranda poreikis didinti šviesos išėigą, gerinti laikines scintiliacijos charakteristikas. Tai galima pasiekti keičiant scintiliatorių sudėtį, į grynas medžiagas įterpiant kitų medžiagų atomų. Pakaitiniai atomai, pakeičiantys medžiagos kristalinę struktūrą yra vienas iš būdų optimizuoti scintiliatorių liuminescencijos savybes pagal medžiagų taikymo sritį – nuo apšvietimo technologijų ar medicininės įrangos (PET), iki naujos kartos detektoriai.

Šiame darbe tiriama granatinių scintiliatorių sudėties įtaka liuminescencijos savybėms, aliuminio atomus YAG:Ce (Itrio aliuminio granate) keičiant Ga atomais. Penki bandiniai: YAG:Ce, YAGG:Ce (Itrio aliuminio galio granatas) (su Ga atomų koncentracija nuo 20% iki 80%) bei YGG:Ce (Itrio galio granatas) buvo tirti katodoluminescencijos spektroskopijos su erdvine skyra metodu. Liuminescencijos intensyvumo priklausomybės nuo bangos ilgio, pavaizduotos 1 pav. rodo, jog dalis bandinių pasižymi dviejų spektrinių ruožų forma, kurių trumpabangis apima spektrinę dalį tarp 250 ir 450nm bei antrasis, į ilgabangę spektro sritį pasislinkęs ir apimantis 450 – 700nm spektrinį ruožą. Tokia liuminescencijos spektro forma yra nulemta scintiliatoriuose vykstančios energijos konversijos. Smailės, pasireiškiančios ties trumpesniais bangos ilgiais dažniausiai rodo cerio lygmenų šuolį iš $5d_2$ į $4f_{1,2}$ lygmenis, ilgesniais - $5d_1$ $4f_{1,2}$. [1] Taigi skirtingos priemonių dalys daro įtaką liuminescencijos centrų sužadimui ir scintiliacijos trukmei, išėigai. Spektro smailės padėtis didėjant galio koncentracijai slenkasi į trumpesnių bangos ilgių sritį. Taip yra dėl to, jog galis, turintis mažesnę joninį spindulį nei aliuminis, įterpiamas į medžiagą užima aliuminio jonų padėtis, pasikeičia joninių jungčių tarpatominiai atstumai, sąveika tarp elektroninių jonų lygmenų. To pasekoje energijų tarpas tarp gretimų elektroninių lygmenų siaurėja. Liuminescencijos centruose gali pasireikšti ir kristalinio lauko efektas, kuris lemia, jog pasikeičia vibroninė legiranto jonų lygmenų struktūra ir nespindulinė rekombinacija vyksta nebūtinai iš aukščiausio vibroninio lygmens į žemiausią, esantį arti laidumo juostos, tačiau galimai tarpiniuose lygmenyse. [2]

Didžiausias liuminescencijos intensyvumas matomas gryname itrio aliuminio granate (YAG:Ce) ir sparčiausiai (esant pokyčiui iš 0% iki 20% Ga) mažėja didinant galio atomų kiekį kristalinėje matricijoje. Liuminescencijos intensyvumo kritimas galimai yra nulemtas pakaitinių defektų formavimosi, dėl kurių atsiranda seklis elektronų gaudyklės apatiniame laidumo juostos krašte, o didesniems Ga kiekiams esant medžiagoje pradeda dominuoti šuoliai tarp skirtingų cerio energijos lygmenų, kas galimai rodo cerio jonų elektroninių lygmenų užpildymą ir išsiskyrimą.

Šio darbo rezultatai rodo, jog didėjant galio kiekiui medžiagoje pasireiškia mažesnis liuminescencijos centrų efektyvumas, stebimas poslinkis į trumpabangę spektro dalį šuoliams iš $5d_2$ į $4f_{1,2}$ cerio lygmenis, todėl norint taikyti granatinius scintiliatorius dėl jų liuminescencinių savybių svarbu optimizuoti šių medžiagų sudėtį.



1 pav. Skirtingos sudėties granato struktūros scintiliatorių liuminescencijos intensyvumo priklausomybė nuo bangos ilgio.

Reikšminiai žodžiai: granatiniai scintiliatoriai, katodoluminescencija, pakaitiniai defektai

Literatūra

- [1] Mikhail Korzhik, et al. *Physics of Fast Processes in Scintillators*. Springer Nature, 9 Mar. 2020.
- [2] Anthony Mark Fox. *Optical Properties of Solids*. Oxford, Oxford University Press, 2012