

Teplotní závislost časové odezvy $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Eu}^{2+}$

V. Stuchlý – Gymnázium Josefa
Jungmanna, Litoměřice

T. Roztočilová – Gymnázium Joachima
Barranda, Beroun

M. Štefaník – Masarykovo gymnázium,
Příbor, p. o.
marek.stefanik@gypri.cz

Abstrakt:

Scintilační materiály ve specifických aplikacích potřebují fungovat rychle v řádu nanosekund. Proto je třeba znát časovou odezvu, kterou jsme pro konkrétní materiál $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Eu}^{2+}$ (YAG) měřili pomocí časově rozlišené luminiscenční spektroskopie metodou *time correlated single photon counting*. Dalším důležitým parametrem je teplotní stabilita emise, kterou jsme ověřovali v teplotním intervalu 77 K – 467 K s použitím dusíkového kryostatu.

1 Úvod

Ionizující záření je možné detekovat pouze díky jeho interakci s hmotou. K tomu se nejhojněji využívají scintilační materiály, které se řadí mezi luminiscenční materiály. Při pohlčení ionizujícího záření dochází k

luminiscenci, při níž se uvolňují fotony viditelného světla. Ty poté můžeme jednoduše zachytit a převést na elektrický signál pomocí fotodetektoru. Fotony se emitují díky tomu, že elektrony v energetických pásích jsou ionizujícím zářením excitovány do vyšších pásů a při následné deexcitaci dochází k emisi světla o vyšší vlnové délce.

Scintilační materiály mají širokou škálu uplatnění v několika oborech, například ve fyzice vysokých energií, kde je třeba detekovat záření o nejvyšších energiích, např. v urychlovačích. Dále pak v lékařství hned pro několik zobrazovacích metod jako CT (computed tomography), SPECT (single photon emission computed tomography) a PET (positron emission tomography) a při bezpečnostní kontrole na letištích, v geologii nebo při mapování jaderných katastrof.

2 Experiment

Materiály a metody

Scintilační materiály jsou většinou anorganické krystaly a dále keramiky, skla nebo plasty. Příklady takovýchto materiálů jsou k vidění na obrázku 1. My jsme pro naše měření časové odezvy použili práškový scintilátor YAG dopovaný ionty Eu^{2+} .

Provedení experimentu

Připravili jsme si kryostat a tekutý dusík. Příprava spočívala v otevření kryostatu a nanesení stříbrné pasty, která zajišťuje tepelný přenos mezi vzorkem a kryostatem. Dále jsme nanесли práškový vzorek YAG a

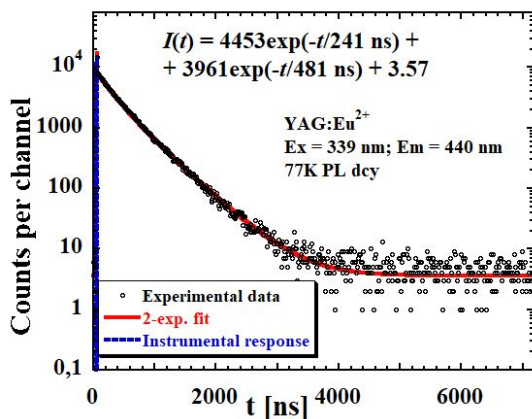
kryostat jsme připevnili k vakuové vývěvě a evakuovali jsme vzduch. Poté jsme kryostat vložili do měřicí aparatury, ke které jsme připevnili pulzní LED (339 nm). Součástí aparatury byl monochromátor a fotonásobič. Zpracování údajů probíhalo na počítači.

Před začátkem měření jsme do kryostatu napustili tekutý dusík a do cesty emisnímu světlu jsme vložili filtr blokující rozptýlené excitační světlo. Experimenty jsme měřili při teplotách od 77 K do 467 K s krokem 30 K. Při každé teplotě jsme zaznamenali křivku intenzity emisního světla v závislosti na čase, jejíž příklad při teplotě 77 K je na grafu 1 níže.

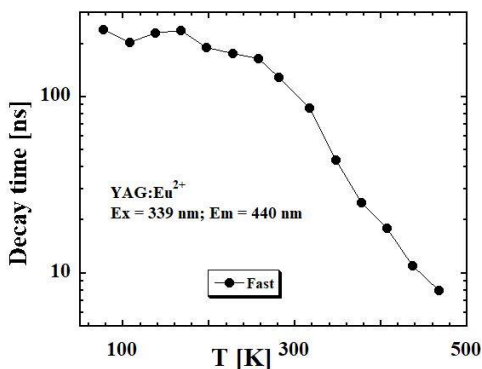
Diskuse a výsledky

Rychlost scintilačního odezvy je charakterizována dobou života τ , se kterou scintilační materiál reaguje na interakci ionizujícího záření. Vzhledem k tomu, že emise nenastává v jednom jediném okamžiku, ale je rozprostřená v čase, rozumí se touto dobou života τ takový čas od interakce, ve kterém se intenzita emise sníží na hodnotu $1/e$.

Graf 1



Graf 2



Na grafu 1 vidíme nafitovanou křivku změřenou při 77 K, přičemž experimentální data byla nafitována pomocí dvou exponenciálních funkcí ve tvaru:

$$I(t) = A_1 e^{\frac{-t}{\tau_1}} + A_2 e^{\frac{-t}{\tau_2}} + \text{pozadí}$$

, kde A je amplituda a τ je doba života dané komponenty. Na grafu 2 vidíme celkovou teplotní závislost dob života scintilačního materiálu YAG:Eu²⁺, ze které vyplývá, že při nižších teplotách je doba života rychlejší komponenty konstantní a přibližně od 250 K se začíná zkracovat.

3 Shrnutí

Změřili jsme časovou odezvu scintilačního materiálu YAG:Eu²⁺ při různých teplotách a zjistili jsme, že při nízkých teplotách je časová odezva relativně konstantní, ale při vyšších teplotách klesá v důsledku nezářivých procesů.

Reference:

- [1] JARÝ, V. – PEJCHAL, J.: *SCINTILÁTORY KOLEM NÁS*. AKADEMIA, 2018,
- [2] Martin Nikl, Akira Yoshikawa. Recent R&D Trends in Inorganic Single-Crystal Scintillator Materials for Radiation Detection. *Advanced Optical Materials*. Volume 3(4), 2015, 463 - 481.