

Co je chytré osvětlení a jak souvisí s nejmodernějšími detektory ionizujícího záření

O. Hladík

Gymnázium Dr. Emila Holuba, Holice

ondra550@gmail.com

Abstrakt:

Seznámili jsme se s procesem luminiscence a scintilace a provedli jsme měření excitačního a emisního spektra vzorku YAG:Eu²⁺ scintilátoru. Také jsme provedli měření dosvitu. Dále jsme se také seznámili nejenom se současnými trendy dalšího vývoje těchto technologií, ale také s jejich aplikací v našem běžném životě, o které mnozí nemáme ani tušení.

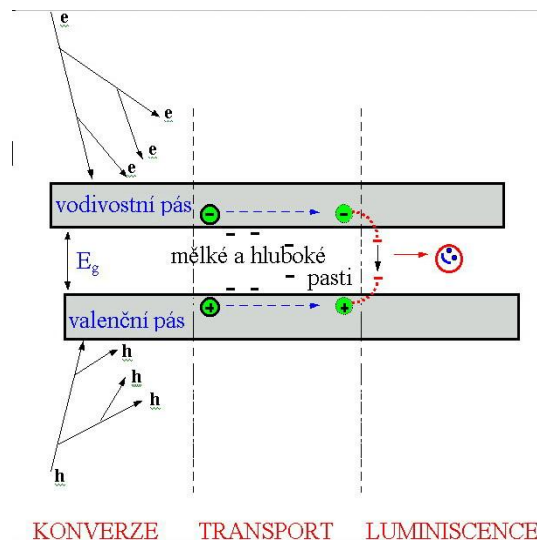
1 Úvod

Snad každý v životě slyšel o luminiscenci. Luminiscence je schopnost materiálů vydávat světlo poté co získají energii, ovšem není tím míněna například žárovka či hvězdy, které září kvůli své teplotě. I proto se někdy světlu vzniklému luminiscencí říká studené světlo. Pokud je pak luminiscence vybuzena rentgenovým nebo gama zářením tak hovoříme o radioluminiscenci, nebo scintilaci. Jelikož při těchto procesech dochází k pohlcení vysokofrekvenčního fotonu a vyzáření fotonu o delší vlnové délce, má tento jev celou řadu využití.

2 Tělo příspěvku

Princip scintilace

Základním požadavkem pro to, aby mohlo k tomuto jevu vůbec docházet je široký pás zakázaných energií mezi valenčním pásem, který je posledním pásem zaplněným elektrony, a vodivostním pásem, který je prvním nezaplňným pásem. Důsledkem interakce vysokoenergetického fotonu a materiálu scintilátoru je vznik termalizovaných elektronů a děr ve valenčním a vodivostním páse. Tomuto se říká konverze a je to první ze tří částí, které tvoří proces scintilace. Druhou částí je transport, kdy se díry a elektrony přesouvají do luminiscenčního centra. Při tomto procesu může docházet k prodlevám, jelikož žádný krystal není dokonalý. Elektrony a díry mohou uvíznout v mělkých nebo hlubokých pastech, které zpomalují jejich průchod materiálem, a to je jeden z důvodů proč tyto materiály mohou svítit, i když už nejsou ozařovány. Poslední částí celého procesu je sama luminiscence. K té dochází v již dříve zmíněném luminiscenčním centru, kde se rekombinují díry a elektrony za vzniku scintilačního fotonu. Schéma na obrázku 1.



Obrázek 1 - Schéma procesu scintilace (obrázek přejat z publikace Scintilátory kolem nás, V. Jarý, J. Pejchal; obrázek původně z dizertační práce Ing. Jiřího Martinčíka)

Scintilační materiály

Scintilátory nejenom, že mohou být vyrobeny z různých materiálů, ale také mohou být vyrobeny v úplně odlišné formě. Každá z těchto forem má jak své výhody, tak nevýhody. Pravděpodobně nejrozšířenější jsou objemové krystaly. Ty se popularitě těší i přes vyšší cenu a vyšší náročnost přípravy a to proto, že mívají nejméně defektů. Dnes se však pro objemové krystaly objevoje konkurence a to ve formě optické keramiky, která může v některých parametrech předčít i ty nejlepší objemové krystaly. Používají se také tenké vrstvy o tloušťce menší než 1 μm . Velmi zajímavé vlastnosti vykazují nanomateriály, u kterých dochází ke změně vlnové délky vyzařovaného světla podle velikosti částic. My jsme pracovali s mikrokrytalickými prášky, které umožňují rychlejší výrobu většího množství vzorků za přijatelnou cenu. Dále je pak důležitý samotný materiál, ze kterého je scintilátor vyroben. V našich experimentech byly použity scintilátory YAG:Eu²⁺. Jedná se o yttrium-aluminiový granát aktivovaný europiem. Scintilační materiály se liší především dle toho, k jakým účelům mají sloužit. Zde se vyskytuje celá řada požadavků a to nejenom na jejich scintilační vlastnosti, ale kupříkladu na odolnost vůči ionizujícímu záření, mechanickou odolnost a chemickou stabilitu.

Experiment

Měřili jsme absorpční a emisní spektrum a dosvit u vzorku YAG:Eu²⁺ za použití luminiscenčního spektrofluorimetru. Vzorek byl ve formě mikrokrytalického prášku umístěném na černé destičce (Obrázek 2). Jako zdroj záření jsme při sledování excitačního a emisního spektra použili deuteriovou výbojku. U dosvitu jsme použili pulzní LED světelný zdroj o vlnové délce 389 nm. Vzorek byl umístěn v uzavřené nádobě, kde přes jeden monochromátor přicházelo světlo od zdroje a přes druhý monochromátor prochází na fotonásobič. Před fotonásobičem je umístěn filtr na odstranění parazitického záření ze zdroje. Excitační a emisní spektra jsou korigovaná na spektrální citlivost fotonásobiče a zdroje záření

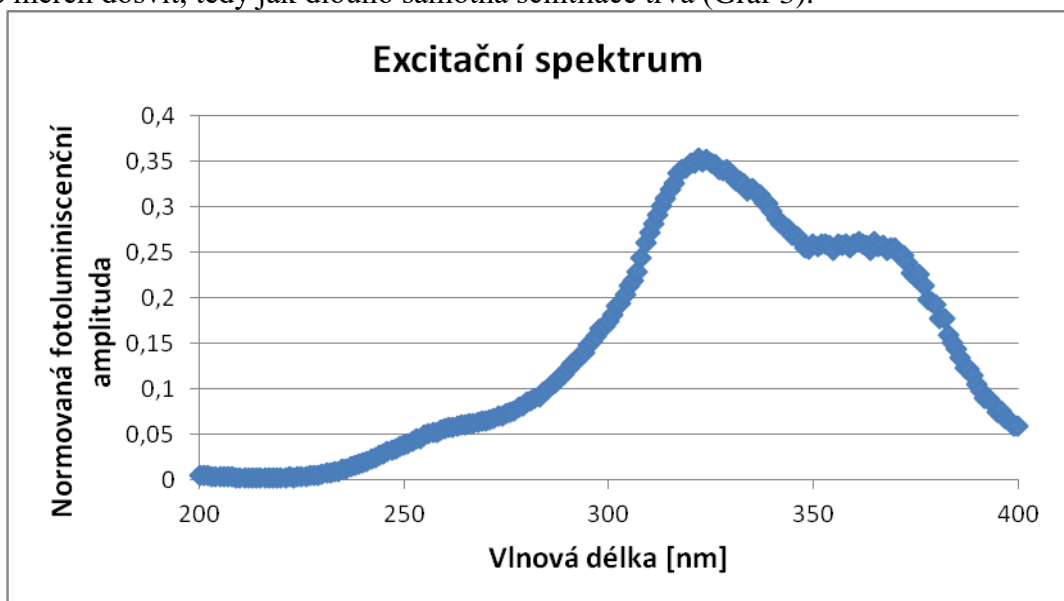


Obrázek 2 - Použitý vzorek

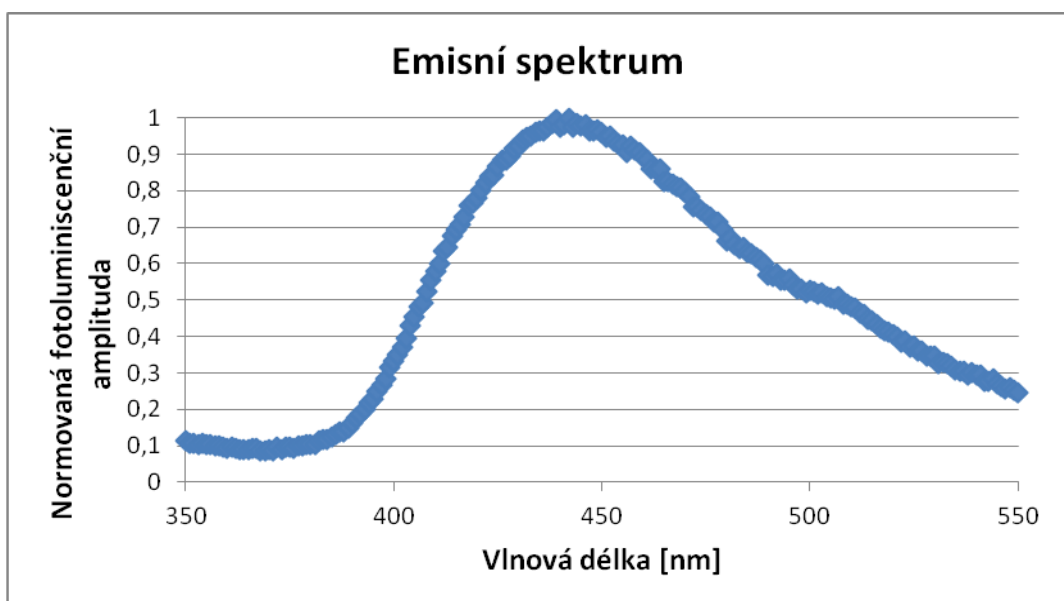


Obrázek 3 - Fotografie vybavení pro měření excitačního a emisního spektra

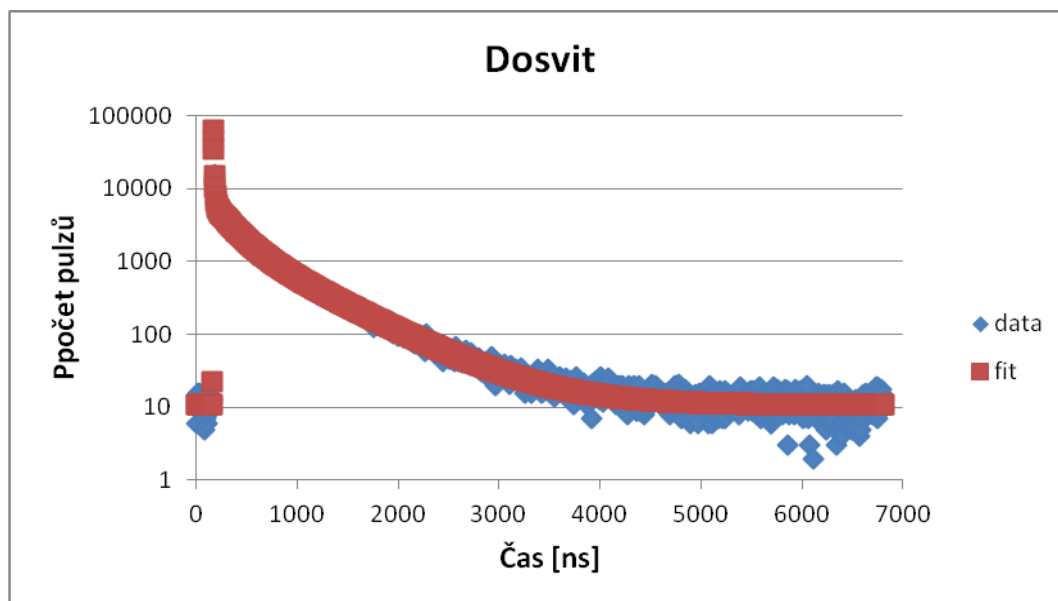
Během experimentu jsme změřili excitační a emisní spektra. Tato spektra nám udávají jaká je vhodná frekvence k ozařování vzorku, aby jsmemu byli schopni dodat co nejvíce energie a také jakou vlnovou délku bude mít výsledné záření vzniklé scintilací (Graf 1 A Graf 2). Dalé byl také měřen dosvit, tedy jak dlouho samotná scintilace trvá (Graf 3).



Graf 1 - Excitační spektrum



Graf 2 - Emisní spektrum



Graf 3 - Dosvit

3 Shrnutí

Scintilátory jsou materiály, které po ozáření ionizujícím zářením vydávají světlo o delší vlnové délce. V experimentech jsme se věnovali proměření vlastností scintilátoru YAG:Eu²⁺. Scintilátory mají celou řadu využití od lékařství (PET), přes geologii (karotážní sondy) až k domácímu osvětlení (bílá LED svítidla)

Poděkování

Velké díky patří mému garantovi, Ing. Vítězslavu Jarému, Ph.D., za neocenitelnou pomoc a nejenom zajímavé, ale také velmi užitečné informace k dané problematice. Díky samozřejmě patří také celému Fyzikálnímu Ústavu AV ČR, v jejichž laboratořích jsem mohl pracovat, a také FJFI ČVUT a především organizačnímu týmu TV@J.

Reference:

- [1] JARÝ,V. – PEJCHAL,J.: *Scintilátory kolem nás* Středisko společných činností AV ČR, 2017.
- [2] L. HAVLAK - J. BÁRTA - M. BURYI - V. JARÝ - E. MIHÓKOVÁ - V. LAGUTA - P. BOHÁČEK - M. NIKL. *Eu²⁺ Stabilization in YAG Structure: Optical and Electron Paramagnetic Resonance Study* J. Phys. Chem. C 120 21751 – 21761 (2016)