

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

Jaroslav Žukov
Gymnázium Christiana Dopplera, Praha
zukov55@email.cz

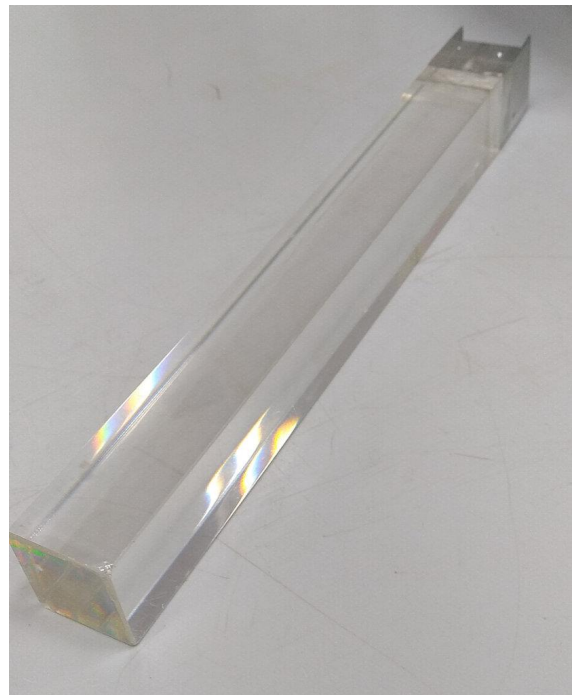
Tomáš Dudík
Purkyňovo Gymnázium, Strážnice
tom-dudik@seznam.cz

Abstrakt:

Luminiscenční krystaly

V rámci práce na tomto projektu jsme byli seznámeni se scintilačními materiály a experimentálně jsme zjistili jaké mají vlastnosti a k jakému účelu se hodí. Scintilační látky, se kterými jsme pracovali, jsou krystaly, jež jsou schopny přeměnit rentgenové záření na ultrafialové nebo viditelné světlo. Měřili jsme vlastnosti látky $\text{KLuS}_2:\text{Eu}$.

Náplní práce bylo proměření základních luminiscenčních charakteristik vybraných látek, které mají předpoklady k využití jednak v detektorech ionizujícího záření, a současně pro konstrukci laditelných zdrojů bílého světla. Byla změřena excitační a emisní spektra, současně také byla změřena kinetika dohasínání luminiscence. Dospěli jsme k pochopení výhod a nevýhod použití různých scintilátorů.

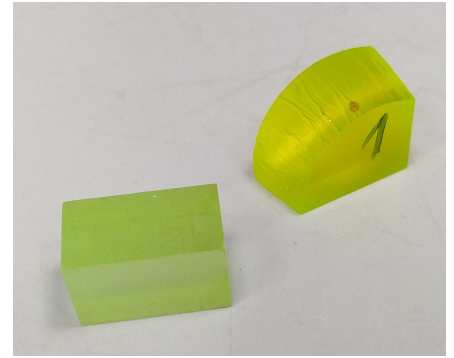


1. Úvod

Scintilátory patří mezi tzv. luminiscenční materiály. Po zachycení neviditelného ionizujícího záření v nich dochází k luminiscenci. Luminiscence je záření tělesa představující přebytek nad tepelným rovnovážným zářením tělesa. Toto záření má konečnou dobu trvání. Nejedná se však např. o žárovku nebo hvězdu. Jedná se například o zářivku nebo LED diodu. Plánujeme zjistit vlastnosti látky $\text{KLuS}_2:\text{Eu}$ a pak na základě měření odvodit výhody a nevýhody jejich použití.

2.Scintilátory

Scintilátory jsou látky, které dokáží vyzářit přebytečnou energii, ultrafialovým nebo viditelným světlem. Mohou být vyrobeny z různých materiálů a také různě vypadat. Nejrozšířenější formou scintilátorů jsou objemové krystaly. Jejich častý výskyt je odůvodněn srovnatelně malým počtem defektů. Konkurovat krystalům může také optická keramika, která je výrazně levnější. My ale jsme pracovali s mikrokrytalickými prášky, které jsou snazší ve výrobě.

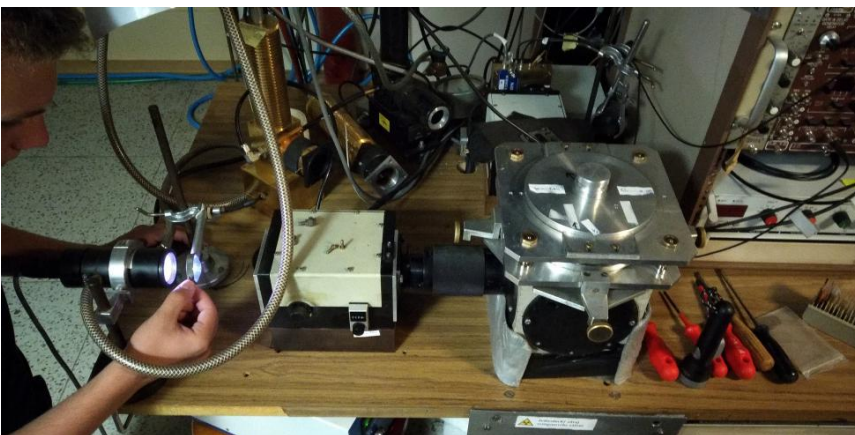


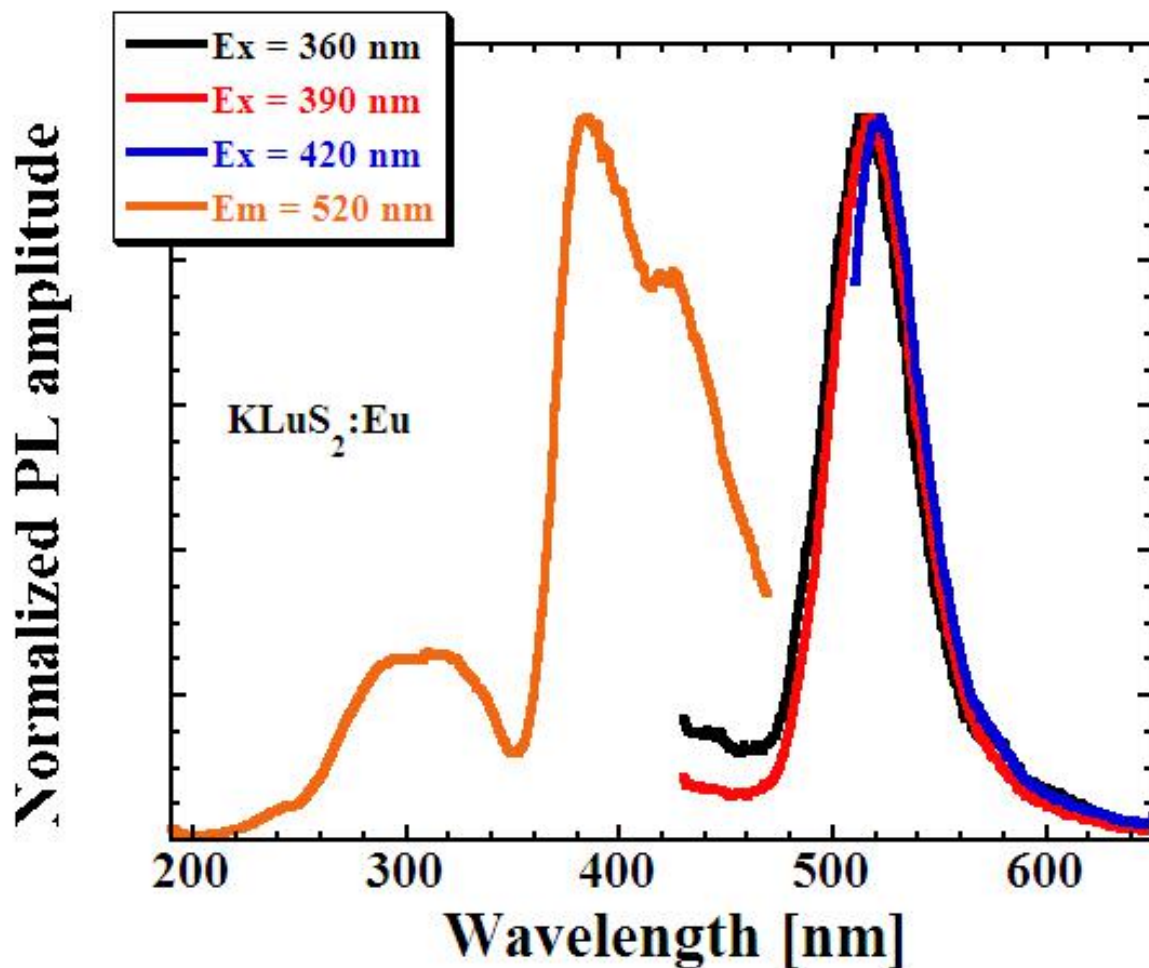
3.Princip scintilátorů

Elektron se v atomu může pohybovat jen po daných hladinách, které odpovídají povoleným hodnotám energie. Ve velmi početném souboru vázaných atomů (př. Krystalu) se hladiny spojí do tzv. energetických pásů, ve kterých se elektrony mohou nacházet. Taktéž se jim říká pásy dovolených energií. Také existují tzv. zakázané pásy. Pro nás je důležitý energeticky nejvyšší obsazený pás, nazývaný valenční, a nejnižší neobsazený pás, zvaný vodivostní. Mezi těmito pásy leží zakázaný pás. Po pohlcení vysokoenergetického fotonu nebo částice materiálem dojde k ionizaci atomů materiálu, tedy vytrhání záporně nabitých elektronů z atomu na jejichž místě se vytvoří kladně nabitě útvary, tzv. díry. Luminiscenční prvek není vždy hlavní prvek v krystalu. Někdy je potřeba dodat tzv. aktivátor. Jeho koncentrace může být velmi nízká ale výrazně změni vlastnosti krystalu.

4.Experiment

Měřili jsme na luminiscenčním spektrofluorimetru. Vzorek jsme nanесли na černou destičku a na tu jsme svítili 60W deuteriovou lampou s použitím monochromátoru. Všechna data byla měřena s použitím metod časově rozlišené luminiscenční spektrometrie, spektra jsou korigovaná na spektrální citlivost fotonásobiče a použitého zdroje UV záření.





Graf Č.1

5. Grafy

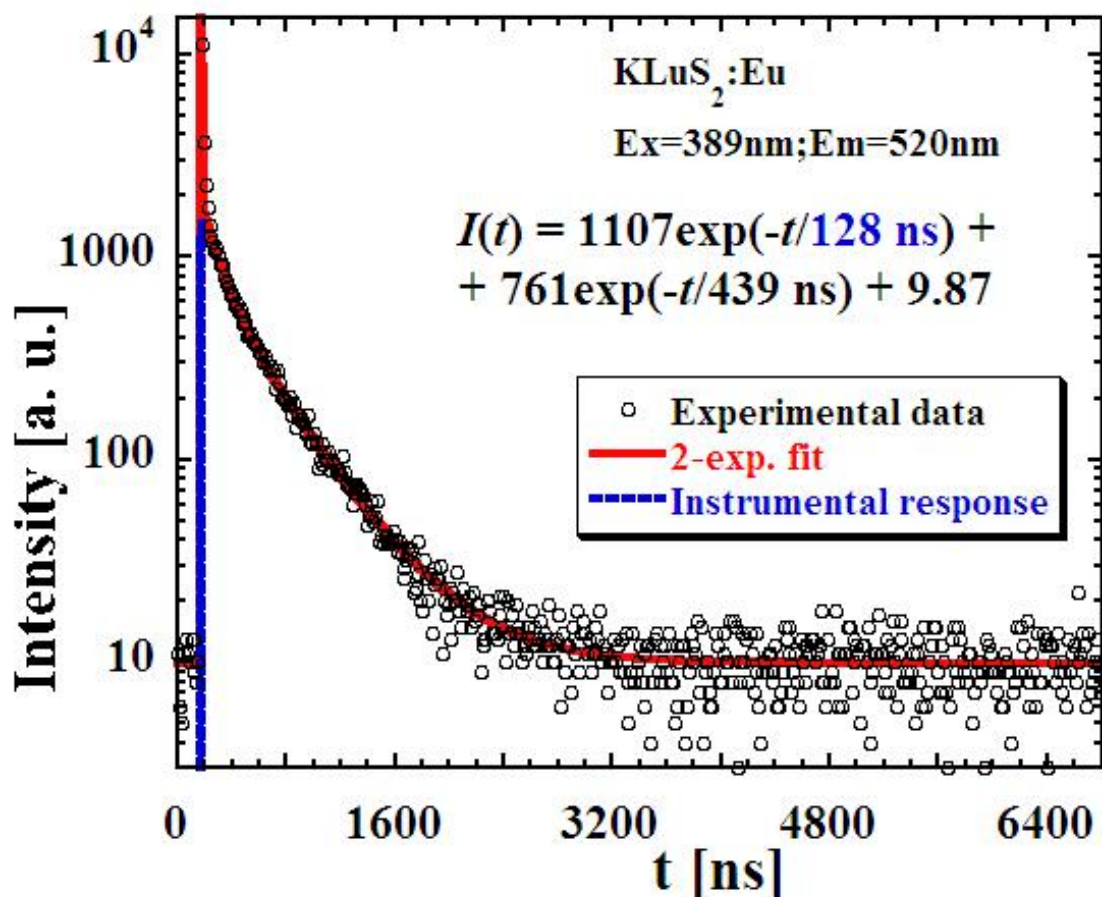
Na grafu Č.1 je vidět emisní spektrum vzorku KLuS₂:Eu, pro různé excitace od 360 nm do 420 nm. Spektrum je dominováno širokým pásem s maximem u 520 nm a tento pás je daný elektronovým přechodem Eu²⁺ aktivátoru v KLuS₂:Eu scintilátoru.

Dále je na grafu excitační spektrum vzorku KLuS₂:Eu pro emisi 520 nm. Ze spektra vyplývá, že nejvhodnější vlnové délky pro vybuzení Eu²⁺ emise u 520 nm jsou v oblasti kolem 300 a 390 nm.

Na grafu Č.2 je pak dosvitová křivka vzorku KLuS₂:Eu pro excitaci 389 nm a emisi 520nm. Vidíme, že průběh poklesu intensity není jednoexponenciální, ale dvouexponenciální a hodnota parametrů byla získána fitováním naměřených dat teoretickou rovnicí:

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

Kde $I(t)$ je intenzita emise v čase t , $A_{1,2}$ jsou amplitudy daných komponentů a τ doby života daného komponentu. τ je takový čas, za který poklesne intenzita emise v čase nula na hodnotu $1/e$.



Graf Č.2

6. Závěr

Byla proměřena fotoluminiscenční excitační a fotoluminiscenční emisní spektra vzorku, konkrétně KLuS₂:Eu. Emise daná elektronovými přechody Eu²⁺ iontu v prvním případě dosahuje svého maxima u 520 nm, v druhém případě pak u 510 nm. Kinetika dohasínání luminiscence ukazuje složitější dvouexponenciální průběh s dobami života 128 ns a 439 ns. Studovaný materiál má potenciál k využití ve scintilačních detektorech a při konstrukci laditelných zdrojů bílého světla.

7. Poděkování

Chceme poděkovat všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce. Dále velké díky patří našemu garantovi, Ing. Vítězslavu Jarému, Ph.D., za velkou pomoc a zajímavé a užitečné informace k dané problematice.

8. 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)