

*Posudek oponenta disertační práce s názvem:*

## **Chalkogenidová skla dotovaná prvky vzácných zemin pro upkonverzi a jejich potenciální aplikace v oblasti fotoniky**

*Autor:* Ing. Vít Prokop

Předložená disertační práce byla zaměřena na výzkum a vývoj nových chalkogenidových skelných luminoforů, které mohou nalézt využití ve fotonických a elektrooptických zařízeních pracujících v infračervené oblasti, jako např. lasery, upkonvertory, zesilovače, modulátory, senzory či detektory.

Hlavním cílem práce bylo studium mechanismů upkonverzní fotoluminiscence (UCPL) a stanovení parametru energetického přenosu  $w_{11}$  u atomů  $\text{Er}^{\text{III}}$  metodou kvadrurní frekvenčně rozlišené spektroskopie (QFRS) včetně určení vlivu složení a struktury u řady systematicky připravených chalkogenidových skel. Pro tento experiment byly stanoveny následující dílčí cíle:

1. Určení dynamiky zelené emise UCPL (kolem  $\lambda = 550 \text{ nm}$ ) atomů  $\text{Er}^{\text{III}}$ , na jejich koncentraci ve skelné matici  $(\text{GeS}_2)_{90}(\text{Ga}_2\text{S}_3)_{10}$ . Rovněž vysvětlení vlivu rostoucí koncentrace Er na změny v UPCL mechanismech hladin  $\text{Er}^{\text{III}}$ :  $^4\text{S}_{3/2}$  a  $^4\text{F}_{9/2}$ .
2. Studium vlivu přídavku  $\text{As}_2\text{S}_3$  na optické vlastnosti skel  $[(\text{GeS}_2)_{86}(\text{Ga}_2\text{S}_3)_{14}]_{0,225}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,775}$  dopovaných 0,01-1,00 at.%  $\text{Er}^{\text{III}}$ ; s ohledem na dynamiku jejich UPCL při excitaci laserem pracujícím na vlnové délce  $\lambda = 980 \text{ nm}$  a  $\lambda = 1550 \text{ nm}$  a měnící se poměr zelené a červené UPCL emise.
3. Porovnání změn ve struktuře a optických vlastnostech skel  $(\text{GeS}_2)_{100-x}(\text{Ga}_2\text{S}_3)_x$  pro  $x = 10, 14$  a  $20 \text{ at.}\%$ , včetně vlivu  $\text{As}_2\text{S}_3$ . Tato skla byla dopována 0,5 at.%  $\text{Er}^{\text{III}}$  formou  $\text{Er}_2\text{S}_3$  nebo  $\text{ErCl}_3$ .

V teoretické části práce jsou dostatečně podrobně popsány vlastnosti vybraných chalkogenidových skel a vyzdvihnuty jejich výhodné optické vlastnosti pro vývoj nových fotonických materiálů. Je diskutována jejich fotoluminiscence a kinetika dosvitu v případě dotování lanthanoidy. Dále jsou zde teoreticky zpracovány a popsány mechanismy jejich absorpce v základním a excitovaném stavu, přenos energie a jednotlivé mechanismy lumíniscence při upkonverzi (GSA, ESA, ETU a CR). Pro popis a vysvětlení spektroskopických vlastností optických materiálů dotovaných lanthanoidy je uvedena Juddova-Ofeltova teorie. Důraz je především kladen na podrobný popis a vysvětlení zvolené hlavní experimentální metody kvadrurní frekvenčně rozlišitelné spektroskopie (QFRS). Jsou uvedeny její přednosti pro analýzu mechanismů UCPL v kombinaci s tříhladinovým modelem atomů  $\text{Er}^{\text{III}}$ .

Jak je uvedeno v experimentální části práce, tak pro dosažení stanovených cílů práce byly správným postupem připraveny objemové vzorky luminoforů o systematicky naplánovaném

složení. Pro jejich základní charakterizaci a určení optických vlastností byly zvoleny vhodné efektivní metody měření včetně modelů analýzy spektroskopických dat.

Jako vysoce přínosné považuji velký rozsah původních experimentálních výsledků a jejich podrobnou analýzu. Ta byla zaměřena především na interpretaci PL a UPCL spekter z pohledu možných mechanismů přenosu energie a jejich ovlivnění chemickým složením a strukturou luminoforů. Byly stanoveny hodnoty parametru energetického přenosu  $w_{11}$  u atomů  $\text{Er}^{\text{III}}$  a byl určen vliv koncentrace  $\text{Ga}_2\text{S}_3$ ,  $\text{As}_2\text{S}_3$  a atomů Er ve formě  $\text{Er}_2\text{S}_3$  nebo  $\text{ErCl}_3$ . Z hlediska vysoké intenzity zelené UCPL emise (kolem  $\lambda = 550$  nm) a praktické využitelnosti bylo na základě experimentálních výsledků určeno, že optimální luminofory mají složení  $(\text{GeS}_2)_{100-x}(\text{Ga}_2\text{S}_3)_x$ : 0,5 at.%  $\text{Er}^{\text{III}}$  ve formě  $\text{Er}_2\text{S}_3$ . Dosažené výsledky, jejich diskuse a závěry svědčí o tom, že se autorovi podařilo splnit stanovené cíle disertační práce.

#### **Připomínky:**

1. K úvaze dávám, zda by bylo vhodnější psát oxidační stav erbia jako  $\text{Er}^{\text{III}}$  místo  $\text{Er}^{3+}$  v případě významněji kovalentních vazeb těchto atomů.
2. V textu disertace se podle mého názoru některé pasáže a informace nadbytečně opakují (např. v úvodní části závěru na str.114).

Tyto připomínky však nesnižují výbornou úroveň předložené práce. Autor řešil zadané téma na vysoké vědecké úrovni, jež je srovnatelná s domácím i světovým výzkumem podobných materiálů. Podle přiložené disertační práce lze konstatovat, že výsledky výzkumu byly na potřebné úrovni publikovány v zahraničních časopisech a na mezinárodních konferencích. Tyto výsledky ukazují, že autor je perspektivní vědecký pracovník. Práce je napsána dobrou češtinou se správným věcným členěním a dobrou grafickou úpravou. Proto na základě výše uvedených skutečností konstatuji, že uvedená disertační práce splňuje podmínky samostatné tvůrčí vědecké práce a obsahuje původní výsledky. Proto tuto práci

**doporučuji k obhajobě.**

#### **Na autora mám následující otázky:**

1. Jakým charakterem vazeb a s jakým koordinačním číslem mohou být atomy  $\text{Er}^{\text{III}}$  vázány ve struktuře připravených skel?
2. Jak případný mix různého chemického okolí atomů  $\text{Er}^{\text{III}}$  může ovlivnit tvar PL a UPCL emisní pásy?
3. Jaká je hydrolytická odolnost připravených skel?

V Praze dne 7.6.2021

doc. Dr. Ing. Martin Havlík Míka