

## **Oponentský posudek diplomové práce Bc. Vojtěcha Maňáka nazvané Příprava a charakterizace luminoforů na bázi perovskitů $\text{LaYO}_3:\text{Yb}^{3+}/\text{Tb}^{3+}$**

Předkládaná diplomová práce se zabývá dopováním perovskitových materiálů  $\text{LaYO}_3$  ionty vzácných zemin, konkrétně  $\text{Yb}^{3+}$  a  $\text{Tb}^{3+}$ . Hlavním výzkumným motivem je posouzení fotoluminiscenčního a upkonverzního chování iontů  $\text{Yb}^{3+}$  a  $\text{Tb}^{3+}$  v matici  $\text{LaYO}_3$  s důrazem na studium „kooperativní upkonverze“. Práce je rozdělena standardním způsobem na teoretickou část a experimentální část s popisem výsledků a jejich diskusí.

V teoretické části práce se autor věnuje popisu perovskitových materiálů, jejich vlastností a aplikací. Další kapitola je věnována způsobům přípravy perovskitových materiálů jak v práškové, tak v tenkovrstvé formě. V neposlední řadě se zde nachází pasáž věnovaná teoretickým podkladům použitých metod charakterizace (fotoluminiscence, upkonverzní fotoluminiscence a její mechanismy, ...).

Teoretická část je na velmi solidní úrovni, co se týče jak formální, tak i jazykové stránky. Teoretická část je konzistentní s experimentální částí diplomové práce a vhodně jí doplňuje. Mám jen drobnou poznámku k anglickým popisům obrázků (např. obrázek 3). Věřím, že existují české ekvivalenty k popisu mechanismu přenosu náboje mezi dvěma ionty. Toto ale nic nemění na pozitivním hodnocení této části práce.

Na práci oceňuji experimentální část, ve které se autor věnuje přípravě řady dopovaných perovskitů  $\text{LaYO}_3:\text{Yb}^{3+}/\text{Tb}^{3+}$  s různými koncentracemi iontů vzácných zemin. Velmi kladně hodnotím dva různé přístupy k syntéze výše uvedených vzorků. Syntéza vzorků citrát-nitrátovou auto-spalovací metodou (CNA) byla úspěšná a vedla k požadované perovskitové fázi, jak bylo potvrzeno XRD analýzou. Srážecí metoda syntézy nevedla k čistě jednofázovým vzorkům ani po opakované vysokoteplotní temperaci (1500 °C/ 5 h). Autor následně všechny připravené vzorky charakterizoval na SEM doplněným o EDX, díky čemuž bylo potvrzeno chemické složení vzorků, které bylo v dobré shodě s nominálním složením vzorků. Dokonce se podařilo u vzorků s 0,5 at. % Tb ověřit přítomnost  $\text{Tb}^{3+}$  iontů v matici. Velmi názorné jsou snímky mikrostruktury ze SEM, které vhodně doplňují diskuzi k posouzení úspěšnosti syntéz.

Následuje komplexní charakterizace optických vlastností připravených vzorků. Zde oceňuji velký objem experimentální práce. Vzorky byly studovány UV-Vis-NIR spektrofotometrií v širokém spektrálním rozsahu 250 - 2300nm, měřením difuzní reflektance a FTIR spektroskopii. Na vzorcích připravených metodou CNA byla opět potvrzena přítomnost požadované perovskitové fáze. Následovala fotoluminiscenční spektroskopie. Výsledky této analýzy jsou zcela přesvědčivé a podporují navrhovaný luminiscenční/upkonverzní mechanismus. Jako doplňkové měření k porozumění mechanismům luminiscence byla měřena fotoluminiscenční excitační spektroskopie. V neposlední řadě byla studována kinetika up-konverzní emise. Byly stanoveny jak doby náběhu, související s přenosem excitační energie  $\text{Yb}^{3+} \rightarrow \text{Tb}^{3+}$ , tak doby dohasínání iontů  $\text{Tb}^{3+}$  a  $\text{Yb}^{3+}$ . U studovaných vzorků byla provedena analýza chromaticity upkonverzní luminiscence, kde byla zjištěna charakteristická jasně zelená emise  $\lambda \approx 543$  nm pocházející zejména z dominantního elektronového přechodu  $^5\text{D}_4 \rightarrow ^7\text{F}_5$  iontu  $\text{Tb}^{3+}$ . V závěru práce je kapitola věnovaná přípravě a charakterizaci tenkých vrstev  $\text{LaYO}_3:0,5\text{at.}\% \text{Tb}^{3+}/1\text{at.}\% \text{Yb}^{3+}$  připravených magnetronovým naprašováním. Práce je napsána přehledně, ale měl bych k ní pár připomínek. Na obr. 14, kde je uvedena logaritmická závislost intenzity upkonverzní emise na výkonu

excitačního laseru je dosti zavádějícím způsobem popsána osa x (výkon laseru). Čtenář by mohl nabýt dojmu, že výkon laseru byl 1-3 mW. V popisku osy by mělo být „log P“, anebo uvést jednotky ve formátu „10<sup>x</sup>“. V textu na straně 75 jsou chybně u vzorku T05Y1 uvedené souřadnice X, Y barevného prostoru CIE 1931, které jsou totožné se vzorkem T01Y1. V tabulce 13 na následující straně již tento rozkol není.

**Bude-li během obhajoby prostor na dotazy, potom bych se rád zeptal na následující:**

1. U syntézy vzorků citrátů-nitrátovou auto-spalovací metodou (CNA) je celková navážka 3 g na vzorek. Vzhledem k velmi nízkým koncentracím dopantu  $\approx 0,1$  at.% Tb<sup>3+</sup> by mne zajímalo kolik mg Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub> bylo potřeba navážít a s jakou přesností?
2. Při charakterizaci vzorků připravených koprecipitační metodou byly nalezeny cizí fáze. V difraktogramech uvedených na obr. 6, ale nejsou čáry příslušející cizím fázím naznačeny. Bohužel není ani v komentáři k tomuto obrázku řečeno, u kterých difrakčních úhlů se čáry cizí fáze nacházejí. Lze specifikovat, kde má čtenář tyto čáry hledat?
3. Jako nejvýhodnější s ohledem na maximální intenzitu upkonverzní luminiscence se jeví molární poměr Tb<sup>3+</sup> : Yb<sup>3+</sup> = 1:10. Myslíte, si že lze najít ještě výhodnější poměr s ohledem na maximum intenzity upkonverzní luminiscence?

I přes některé drobné nedostatky uvedené výše považuji práci za kvalitní, s řadou originálních výsledků, proto ji **doporučuji přijmout** jako diplomovou práci s hodnocením **výborně minus (B)**.

V Pardubicích dne 20. 5. 2025

Ing. Vladimír Kucek, Ph.D.  
Katedra obecné a anorganické chemie  
Fakulta chemicko-technologická  
Univerzita Pardubice