

Posudek disertační práce

„Rare-earth doped and undoped solid-state materials for photonics applications“

Autor práce: Ing. Jan Hrabovský

Disertační práce Ing. Jana Hrabovského je souborem originálních výsledků zaměřených na technologii a charakterizaci vlastností materiálů pro fotoniku. Náplní práce je především precizní metodika měření optických i magneto-optických vlastností amorfních i krystalických materiálů jako jsou optické a magneto-optické spektrální charakteristiky v širokém spektrálním rozsahu (400 nm – 6 μm), spektrální závislost lineárního indexu lomu a spektrální závislost Verdetovy konstanty. Metodami byly charakterizovány různé materiály, tj. amorfni teluričitanová skla, syntetické granáty dopované ionty vzácných zemin a také tenké čisté nebo kobaltem dopované CeO₂ vrstvy. Jelikož technologie a vývoj materiálů byly součástí disertační práce, bylo složení materiálů systematicky měněno a popisováno, což vedlo k nalezení vztahů mezi strukturou a vlastnostmi dvou nových dosud nestudovaných ternárních sklených systémů teluričitanových skel, tj. systémů –TeO₂-ZnO-BaO a TeO₂-BaO-Bi₂O₃. Za přínosné a inovativní považuji, že z těchto materiálů byla připravena funkční optická vlákna a že skla systému TeO₂-BaO-Bi₂O₃ vykazovala velmi vysokou hodnotu Verdetovy konstanty, tj. vyšší nežli má čisté TeO₂ sklo. Při charakterizaci materiálů autor navíc prokázal nejen schopnost využívat techniku elipsometrie pro řadu materiálů, ale také svoje praktické zaměření a nápaditost. V průběhu práce byla navržena nová jednoduchá metoda pro mapování distribuce iontů vzácných zemin vykazujících luminiscenci, kdy pomocí běžného scanneru autor dokázal zobrazit nehomogenity v rozložení koncentrace vzácných zemin v syntetických granátech. Navíc byla během práce pro různé materiály testována navrhovaná kombinatorická Judd-Ofeltova analýza, která je základem k popisu krystalového pole v okolí vzácných zemin. Inovace této metody spočívá ve výběru a identifikaci kombinace vhodných elektronových přechodů v absorpčním spektru, ze kterých jsou pak jednotlivé charakteristické parametry počítány. Praktické využití této analýzy umožňuje představený a vyvinutý on-line nástroj s ukázkou jeho testování na různých typech materiálů.

Studovaná problematika je v celosvětovém měřítku aktuální a jejím cílem je vývoj nových materiálů umožňující rozšíření spektrálního a výkonového rozsahu vláknových laserů a zesilovačů pro možné využití v lékařských aplikacích a optických komunikacích, popř. také využití možnosti kombinace optických a magnetických vlastností materiálů v nových optických členech. Z tohoto důvodu je možné obsah disertační práce hodnotit jako tematicky aktuální a důležitý, inovace v metodice jako významné, původní a užitečné. Mezinárodní ohlas je také na dobré úrovni.

Po formální stránce je disertace rozsáhlá (má 225 stran včetně 6 příloh a seznamu literatury čítajícím 496 položek). Obsahuje velmi malé množství chyb a nepřesností. Její členění není zcela tradiční. Po úvodu následuje teoretická část popisující nejprve obecně pevné látky a interakci světla s pevnou látkou a následně pak jednotlivé studované materiály. V kapitole o studovaných materiálech je uveden popis experimentální přípravy materiálů, a zároveň chybí rešerše současného stavu výzkumu v dané oblasti. Za touto kapitolou popřípadě v úvodu by podle mého názoru měly být formulovány cíle práce, které práce neobsahuje. Po kapitole popisující měřící metody tvoří nejrozsáhlejší část kapitola výsledků a diskuse, která popisuje experimentální i teoretické výsledky a je členěna do osmi kapitol. Sedm kapitol popisuje především charakterizaci strukturních, optických a magneto-optických vlastností vždy každého jednotlivého zkoumaného materiálu. Poslední kapitola uvádí pak výsledky testování kombinatorické Judd-Ofeltovy analýzy. Diskuse a porovnání dosažených výsledků s literaturou autor

uvádí bezprostředně ve srovnání s popsány výsledky, což někdy (především kapitola 5.3) vede k nejasnému promíchání dosažených výsledků s výsledky publikovanými jinými autory. Práce je uzavřena poměrně rozsáhlým závěrem, který je popisem dosažených výsledků. Uvedené nedostatky jsou způsobeny značným rozsahem textu a jsou jen formálního rázu.

V rámci obhajoby prosím, aby autor vysvětlil detailněji:

- 1) V souvislosti s nespécifikovanými cíly disertační práce bych prosila v průběhu obhajoby diskutovat cíl práce.
- 2) V práci byly připravovány tři skelné systémy, systém Te-Zn-Ba; Te-Ba-Bi a Te-Zn-Ba+Er. Můžete prosím odůvodnit, proč navržený systém obsahoval ZnO a jaká je role zinku ve skelné struktuře připraveného skla?
- 3) Erbium bylo do jednoho z uvedených skel přidáno v koncentraci 0,2- 2 mol% Er₂O₃. Proč nebyla zvolena koncentrace vyšší, bylo by to možné?
- 4) Můžete prosím popsat technologii přípravy optických vláken, speciálně přípravu preformy a vysvětlit důvody vzniku optického útlumu.
- 5) U syntetických granátů byla ovlivněna rovnoměrná distribuce RE přídatkem gadolinia. Jak si tuto skutečnost vysvětlujete?
- 6) Obr. 5.38 a 5.39 je uvedena XPS analýza a STM +LEED výsledek, můžete prosím vyjasnit, zda jsou to výsledky převzaté a diskutované a zda byla podobná měření dělána také na Vámi připravených vrstvách a s jakým výsledkem?

Závěr

Autor disertační práce prokázal schopnost systematické vědecké práce a vědeckou erudici při interpretaci a hodnocení experimentálních výsledků, které získal při řešení problémů především v oblasti výzkumu přípravy a charakterizace optických vlastností materiálů pro fotoniku. Vědecký přínos disertace spočívá zejména ve snaze hledat nový prakticky využitelný materiál pracující v širokém spektrálním rozsahu, dále v návrhu inovativních přístupů pro charakterizaci vlastností materiálů. Oceňuji široký experimentální i teoretický záběr autora, který vyústil i v návrh praktického nástroje pro teoretickou charakterizaci krystalového pole v okolí vzácných zemin. Pozitivní hodnocení práce autora dokumentují také publikace autora v impaktovaných časopisech (16 vyšlých + 5 zaslaných článků).

Disertační práci Ing. Jana Hrabovského „Rare-earth doped and undoped solid-state materials for photonics applications“ doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 9. 10. 2024

Doc. Ing. Pavla Nekvindová, Ph.D.