

## Oponentský posudek na disertační práci Ing. Michala Kurky

### „Strukturování a úpravy optických parametrů chalkogenidových tenkých vrstev připravených metodou spin-coating“

Předložená práce Ing. Michala Kurky je věnována strukturování tenkých vrstev  $As_{33}S_{67}$  metodou hot embossing a úpravě některých optických parametrů vrstev substitucí síry selenem a dopací vrstev stříbrnými ionty.

Práce byla vypracována na katedře Obecné a anorganické chemie Fakulty chemicko-technologické, Univerzity Pardubice, má rozsah 116 stran, obsahuje 56 obrázků, 5 tabulek a cituje 89 prací. Další tabulky a obrázky obsahují přílohy A, B, C, D, E, F a H. Je uspořádána v obvyklém členění – vedle Úvodu a Závěru je rozdělena do tří kapitol. Na konci je ještě seznam citované literatury (část 5 - Zdroje) a seznam publikovaných prací autora. Práce obsahuje, kromě výše uvedeného ještě českou a anglickou anotaci a obsáhlejší Souhrn a Summary. Problematika studovaná v disertační práci Ing. M. Kurky je aktuální jak z hlediska základního výzkumu, tak možných aplikací studovaných tenkých chalkogenidových vrstev. Oceňuji skutečnost, že podstatné výsledky již byly publikovány ve čtyřech pracích v mezinárodním časopise a disertant je prvním autorem dvou z těchto prací.

V *Souhrnu* a *Úvodu* je představena motivace pro přípravu tenkých vrstev depozicí z roztoků příslušných objemových chalkogenidových skel a přípravu fotonických struktur metodou hot embossing. Za účelem srovnání byly připraveny vrstvy jak pomocí spin-coating z příslušných roztoků, tak pomocí vakuového napařování. Stručně jsou popsány cíle práce s výhledem na možné aplikační využití studovaných tenkých vrstev. V *Teoretické části (kapitola 1.)* jsou shrnuty podstatné vlastnosti chalkogenidových skel s důrazem na systémy As-S a As-Se. Jsou porovnány depozice tenkých vrstev z plynné fáze a z roztoku a je zdůrazněna možnost úpravy vlastností tenkých vrstev pomocí modifikace výchozího roztoku. Dále jsou uvedeny důležité optické vlastnosti skel a tenkých vrstev a je naznačeno, jak odhadnout optickou šířku zakázaného pásu ze spektrální závislosti absorpčního koeficientu. Stručně jsou charakterizovány fotoindukované jevy v chalkogenidových sklech a uvedeny možnosti strukturování tenkých vrstev s důrazem na hot embossing. *Experimentální část (kapitola 2.)* shrnuje syntézu objemových skel, přípravu substrátů pro depozici, přípravu roztoků chalkogenidových skel, přípravu tenkých vrstev vakuovým napařováním a metodou spin-coating z připravených roztoků. Je zdůrazněna nutnost následné temperace vrstev deponovaných pomocí spin-coating. Dále jsou uvedeny metodiky využitě pro optickou, strukturní a další fyzikálně-chemickou charakterizaci připravených tenkých vrstev. Konec kapitoly je věnován přípravě struktur pomocí metody hot embossing, a dopování tenkých chalkogenidových vrstev stříbrnými ionty. Jádrem práce je v *kapitole 3. (Výsledky a diskuze)*. V části 3.1 je ukázáno, že vrstvy  $As_{33}S_{67}$  připravené pomocí spin-coating mohou být strukturovány pomocí hot embossing při výrazně nižších teplotách než vrstvy stejného složení připravené vakuovým napařováním. Bylo také navrženo vysvětlení pozorovaného jevu pomocí odlišného původu nárůstu viskózního toku, potřebného pro strukturování metodou hot embossing, ve dvou typech připravených tenkých vrstev. V části 3.2 byl studován vliv nahrazování síry selenem, v tenkých vrstvách  $As_{33}S_{67}$ , na teplotu strukturování metodou hot embossing a na změnu optických vlastností vrstev. Bylo studováno pět ternárních vrstev požadovaného složení připravených smícháním dvou výchozích roztoků  $As_{33}S_{67}$  a  $As_{33}Se_{67}$ . Bylo ukázáno, že postupnou substitucí síry selenem lze měnit index lomu a optickou šířku zakázaného pásu a že s rostoucí koncentrací selenu dochází ke

snižování teploty potřebné pro strukturování tenkých vrstev metodou hot embossing. V poslední části práce (3.3) je studována úprava optických vlastností vrstev pomocí dopace stříbrnými ionty na vrstvách připravených pomocí spin-coating a vakuovým napařováním. Pro tyto dva typy tenkých vrstev byla pozorována výrazně odlišná kinetika fotodopace, která byla vysvětlena odlišnou strukturou obou typů studovaných vrstev. Byl pozorován pokles optické šířky zakázaného pásu a nárůst indexu lomu s rostoucí koncentrací stříbrných iontů.

Poměrně rozsáhlá a detailní charakterizace strukturních, optických a dalších vlastností připravených vrstev prezentovaná ve třetí kapitole je umožněna velmi dobrým experimentálním vybavením a kumulovanou zkušeností na pracovišti disertanta.

***K formální stránce práce a teoretické části mám následující poznámky.***

Práce je přehledná a má dobrou grafickou úpravu. Lze však nalézt řadu formálních nedostatků.

*Poznámky k textu.*

1) Přehlednosti práce by prospěla jiná grafická úprava popisu obrázků. Např. velikost fontu a řádkování odlišná od textu práce.

2) Odkazy na použitou literaturu by měly být uváděny především v textu a nikoliv pouze v doprovodném obrázku. Např. na str. 24 - chybí odkaz v textu před vztahem (1) a je pouze v popisu Obr. 1.10.

3). Schematické znázornění pásové struktury kovů a polovodičů (Obr. 1.11 a 1.12 na str. 26 a 27) budí dojem, jakoby energie vakua byla shodná s Fermiho energií – což není pravda. Nezkoumal jsem, zda je nepřesnost již v referenci [29], nebo vznikla přenosem do disertace.

4) Na stránkách 28 a 29 je velmi stručně uvedeno, jak lze odhadnout *optickou šířku zakázaného pásu* studovaných vrstev z měřených transmisních spekter s využitím tzv. Taucovy metody. Mělo být vysvětleno, jak byla v práci stanovena spektrální závislost absorpčního koeficientu z měřených transmisních spekter a za jakých podmínek lze použít Taucovu aproximaci pro určení *optické šířky zakázaného pásu*. Je to důležité s ohledem na skutečnost, že v kapitole 3 byly zkoumány optické vlastnosti tenkých vrstev (v ternárním systému As-S-Se, kapitola 3.2 a kinetika dopace vrstev ionty Ag) a není jasné jak byly vynášené hodnoty získány.

***K prezentovaným výsledkům mám následující náměty k diskusi při obhajobě.***

A) Vzhledem k významu optické charakterizace připravených vrstev mělo být více prostoru věnováno metodice stanovení (odhadnutí) optických parametrů připravených vrstev z naměřených transmisních spekter. Jak byly získány veličiny prezentované na Obr.3.14 (optická šířka zakázaného pásu) a 3.15 (index lomu), z měřených transmisních spekter.

B) Totéž platí pro výsledky prezentované v kapitole 3.3, kde je studována kinetika dopace vrstev stříbrnými ionty. Na Obr. 3.16, 3.17 jsou vyneseny změny absorpčního koeficientu (podle vztahu (5) na str. 46), ale není vysvětleno jak byl absorpční koeficient z měřených transmisních spekter určen.

D) V kapitole 3 nejsou překvapivě citovány již publikované práce disertanta. Je odkaz pouze na práci [24] v části 1.2.3 a na práci [54] v části 1.6.4. Na autorovy práce, publikované v JNCS měly být, podle mého názoru, odkazy na příslušných místech v kapitole 3.

Předložená práce dokumentuje autorův přínos ke strukturování tenkých chalkogenidových vrstev připravených z roztoků pomocí hot embossing a k možnostem modifikovat vlastnosti těchto vrstev úpravou složení výchozích roztoků a dopováním ionty stříbra. Práce svědčí o autorově přehledu, dobré orientaci v problematice a o jeho širokém experimentálním záběru. Získané poznatky mají značný aplikační potenciál v oblasti fotoniky a optoelektroniky.

Předložená disertace prokazuje rozsáhlé odborné znalosti Ing. Michala Kurky a jeho schopnost samostatné vědecké práce. Obsahuje původní výsledky a splňuje předepsané náležitosti, proto **doporučuji, aby práce byla přijata k obhajobě.**

V Praze dne 17. 3. 2024

  
RNDr. Jiří Zavadil CSc.