

Oponentní posudek na diplomovou práci Milana Valy *Guided waves in periodical structures and their sensor applications*

Předložená diplomová práce Milana Valy (z katedry chemické fyziky a optiky, MFF UK v Praze) je věnována teoretickému i experimentálnímu studiu speciálních vedených vln v periodických mřížkových strukturách, tzv. povrchových plazmonů vytvářených pomocí těchto struktur a možnostmi aplikace těchto plazmonů v optických senzorech pro monitorování změn indexu lomu, zejména pro biologickou a chemickou charakterizaci. Práce ukazuje, že problematika povrchových plazmonů představuje oblast, zejména vzhledem k silnému aplikačnímu potenciálu v senzorce, stále mimořádně aktuální. Ze čtyř možných realizačních technik takového senzoru s povrchovými plazmony (na bázi hranolu, difrakční mřížky, optického vlnovodu, optického vlákna) je pro práci vybrána perspektivní možnost generace povrchových plazmonů pomocí difrakční struktury, umožňující uplatnění řady nových efektů, za účelem efektivnější masové realizace senzoru. Z tohoto pohledu by velmi zajímavý mohl být nový studovaný přístup, využívající povrchových plazmonů jak krátkého, tak dlouhého dosahu, umožňující zejména zlepšení parametru výsledného senzoru.

Posuzovaná diplomová práce má 49 stran, obsahuje 43 obrázku a 5 tabulek, odkazu na literaturu je 63. Práce je členěna do 6 hlavních kapitol, včetně českého a anglického abstraktu v úvodu, podrobného úvodu do problematiky, závěru, přehledu literatury a jednoho dodatku (disperzní relace materiálu). Úvodní kapitola diskutuje základní vlastnosti povrchových plazmonů, metody jejich excitace a využití v senzorech. Důraz je kladen na specifika pro případ tenkého metalického filmu, kdy dochází k provázání excitovaných plazmonů, tohoto jevu by mohlo být využito pro nové typy senzoru. Ve 2. kapitole jsou následně stručně definovány cíle práce a její další členění. Třetí kapitola popisuje již výsledky vlastní práce, týkající se modelování a návrhu difrakční struktury senzoru. Stručně je popsána rigorózní integrální metoda difrakce na difrakční mřížce, implementovaná v komerčním programu PCGrate, využívaném v simulacích. Následně jsou rozebrány výsledky simulací a optimalizace navržené struktury (parametry mřížky, tloušťka vrstvy AlF_3 , citlivost obou plazmonů ke změnám indexu lomu pro sensorové aplikace). V této části bych osobně uvítal podrobnější shrnutí a komentáře, zejména z hlediska optimalizace navrhované difrakční struktury. Vhodný by byl i komentář ke zkušenostem s využitím PCGratu, pro studovanou, poměrně komplikovanou strukturu. Zároveň bych uvítal komentář i k využití a zkušenostem s programem CAMFR (profily polí plazmonů, obr. 26). Experimentální část práce je popsána v čtvrté kapitole, kde je diskutována jednak vlastní technologická příprava a realizace vícevrstevnaté struktury (příprava masteru, replikace masteru, depozice dalších vrstev), jednak charakterizace struktury (profilu mřížky pomocí AFM, dále excitovaných plazmonů). V poslední části této kapitoly je diskutována aplikace pro senzor se spektrálním skenem.

Text práce je psán stručně (někdy možná až příliš), přitom však se snahou o přesné a jasné vyjadřování, ne u všech diplomových prací typickou. Zvolená angličtina je až na pár nepodstatných drobností téměř bezchybná, práce zřejmě prošla důkladnou revizí. Grafická úroveň práce je rovněž velmi dobrá. Také překlepy a formální chyby jsou velmi řídké, takže nestojí ani za zmínku, využití obrázku, grafu a tabulek je adekvátní a efektivní. Pokud se týká terminologie, nenašel jsem žádné problematické či nesprávné použití. Jedinou subjektivní výhradu, jak již bylo výše naznačeno, bych měl k někdy až příliš stručnému textu. Ačkoliv nejsem odborníkem systematicky pracujícím v dané oblasti SPR, je více než zřejmé, že úroveň prezentované diplomové práce je velmi slušná (o čemž svědčí i diplomantův příspěvek přijatý na prestižní mezinárodní konferenci), totéž vyplynulo i z diskuzí přímo s diplomantem. Myslím, že výsledky mohou být velmi významné pro další studium a rozvoj tohoto typu senzoru.

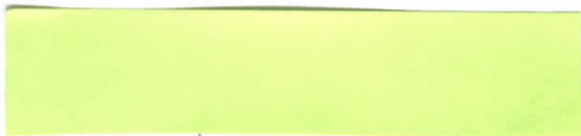
Předložená diplomová práce, částečně i díky poměrně velké textové úspornosti, přinesla celou řadu podnětů pro diskuzi, zde bych se omezil jen na následující dotazy a připomínky, k nimž by se mohl diplomant v rámci obhajoby vyjádřit:

- 1) V práci na str. 8 (obr. 5) je diskutována vazba módu povrchových plazmonů pro tenký metalický film, vedoucí k existenci dvou módů. Jakým způsobem je možno tuto interakci popsat? Jaká by byla závislost vlastností těchto módů na tloušťce vrstvičky (přechod od dvou „izolovaných“ módů k módům vázaným)?
- 2) Jaký je fyzikální význam propadu pole pro LRPS v oblasti $z = 0$ (obr. 26 vlevo), též ve vztahu k obr. 7?
- 3) Bylo by možno hovořit o existenci LRSP a SRSP i v případě sendvičové struktury (viz obr. 22), kdy mřížková modulace je vytvořena pouze na horním rozhraní metalické vrstvy, dolní rozhraní vůči AlF_3 bylo rovinné. Pokud ano, jak by v takovém případě vypadalo srovnání s v práci uvažovaným případem?

- 4) Bylo by možno numericky simulovat (např. pomocí užívaného softwaru PCGrate) i chování difrakční struktury s přídavnou adhezí vrstvou Ti, které by předpovědělo obdobnou srovnatelnou degradaci rezonančních vlastností, jaká byla pozorována v experimentu?
- 5) Je z hlediska technologie známo, jak pomocná vrstva Ti zlepší adhezi zlaté vrstvy? Jaké existují možnosti zlepšení této adheze (ve vztahu k budoucí práci), respektive jaký je vůbec diplomantův názor na další vývoj prací; pokud jsem pochopil, bude zejména snahou zlepšit stabilitu struktury, tedy adhezi vrstev AlF_3 a zlata, aniž by došlo ke snížení charakteristik senzoru (ztrátovost struktury vedoucí ke snížení rozlišení)?
- 6) Je možno stručně komentovat „výpočetní“ část procesu, tedy zvolenou verzi softwaru PCGrate, konvergenci, odhad výpočetních časů, přímá analytická možnost zahrnutí konkrétních disperzních vztahů, apod. Ačkoliv se jedná o tenkou strukturu, nemohla by změna profilu mřížku (např. binární, blejzovaný, apod.), alespoň v teoretické rovině, nějak napomoci výsledným vlastnostem senzoru?

Závěr:

Diplomovou práci je možno hodnotit jako zdařilou a kvalitní. Jelikož předpokládám uspokojivé vysvětlení uvedených dotazů, je možno závěrem konstatovat, že všechny stanovené cíle byly splněny, jakož i veškeré požadavky na tyto práce kladené příslušnými předpisy. Diplomovou práci proto jednoznačně doporučuji k obhajobě. Diplomant prokázal jak smysl pro fyzikální porozumění řešené problematiky, její teoretický popis, tak i schopnosti jejich uplatnění v technickém a experimentálním řešení. Po úspěšné obhajobě navrhuji práci klasifikovat stupněm **v ý b o r n ě**.



Doc. Ing. Ivan Richter, Dr.
KFE FJFI ČVUT

V Praze dne 10. května 2006

Doc. Ing. Ivan Richter, Dr.
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Katedra fyzikální elektroniky
Břehová 7, 115 19 Praha 1
Tel: 2 2191 2285
Fax: 2 8468 4818
E-mail: richter@troja.fjfi.cvut.cz