

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Bc. Peter Darebník

Název práce: Studium a využití povrchových plazmonů v terahertzové spektrální oblasti

Studijní program a obor: Optika a optoelektronika

Rok odevzdání: 2016

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: doc. RNDr. Petr Kužel, PhD.

Pracoviště: Fyzikální ústav AVČR, v.v.i.

Kontaktní e-mail: kuzelp@fzu.cz

## Odborná úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu přiměřený počet    méně podstatné četné    závažné

## Výsledky:

- originální    původní i převzaté    netriviální kompilace    citované z literatury    opsané

## Rozsah práce:

- veliký    standardní    dostatečný    nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet    četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/opponenta:

Diplomová práce obsahuje pilotní studii využití povrchových plazmonů pro spektroskopii v terahertzové (THz) spektrální oblasti. Transmisní spektroskopie v daleké infračervené a THz oblasti umožňuje získat informace o dielektrické nebo vodivostní odezvě materiálů v rovině rovnoběžné s povrchem. Studium kolmé vysokofrekvenční dielektrické odezvy je obtížné, avšak důležité pro pochopení chování různých anizotropních dielektrických materiálů a struktur (např. tenkých napnutých feroelektrických vrstev) a pro jejich charakterizaci. Diplomová práce si klade za cíl prozkoumat možnosti, které pro toto studium poskytují povrchové plazmony. Hlavním závěrem práce je skutečnost, že povrchový plazmon v THz spektrální oblasti při šíření podél rozhraní kov / anizotropní dielektrikum přináší informaci přímo o hledané kolmé komponentě permitivity v případě dostatečné tloušťky dielektrické vrstvy (alespoň desítky mikrometrů). Při měření tenkých vrstev je ovšem nutné použít taková uspořádání (např. kov s hladkým povrchem nahradit kovem s metamateriálově strukturovaným povrchem nebo polovodičem s malým gapem jako InSb), kdy dochází k míchání kolmé a rovnoběžné komponenty dielektrické funkce a analýza experimentů je pak obtížnější.

Vlastní práce je poměrně rozsáhlá pestrostí svého obsahu: zahrnuje analytickou teoretickou část, numerické simulace pomocí softwaru Comsol i experimenty. Autor tedy při studiu využil nejrůznější nástroje fyzikálního výzkumu a osvojil si práci s nimi. Z tohoto důvodu je manuskript obsáhlý, v kontextu bohatosti obsahu má však odpovídající délku. Autor se zabýval jednotlivými výzkumnými částmi soustavně po celou dobu trvání diplomové práce. Bohužel si nesprávně rozvrhl dobu pro vypracování manuskriptu, což je při jeho četbě patrné. V textu se objevuje poměrně významné množství nepřesných nebo zavádějících formulací, několik tiskových chyb v rovnicích a nejednoznačné označení veličin; všechny tyto nedostatky by jistě mohly být snadno odstraněny v případě dostatečné časové rezervy a diplomová práce by pak mohla být používána jako úvodní studijní text pro další studenty.

Několik příkladů:

- vysvětlení symbolů vyskytujících se v důležité rovnici (7) na str. 19 pro cosinus úhlu šíření v jednotlivých vrstvách vrstevnaté struktury je nepřesné; diskuse vedených módů obsažená v následujícím odstavci je rovněž zavádějící
- odstavec, který následuje po rovnici (20) na str. 23, je nešťastně formulovaný a čtenář by si z něj mohl odnést nesprávný závěr, že povrchový plazmon existuje na rozhraní mezi kovem a dielektrikem ve frekvenčním oboru tzv. „reststrahlung“ pásu dielektrického materiálu, kdy je permitivita dielektrika záporná.
- Odvození (32) na str. 28, jakož i jeho výsledek jsou nejasné; vesměs zde na mnoha místech chybí druhé mocniny komponent indexu lomu.
- Na str. 29 jsou bez vysvětlení používány různé symboly  $\epsilon_2$  a  $\epsilon_M$  pro permitivitu kovu. Podobně nejasná jsou odvození na str. 31, kdy je stejná veličina střídavě označována  $\gamma_{0a}$  a  $\gamma_{0p}$ .
- U obr. 6 není zvolené označení tlumení kovu  $K$  vhodné v kontextu této práce, jelikož je takto zaveden a označován normovaný vlnový vektor plazmonu.

Na str. 61 autor uvádí, že body na disperzní křivce plazmonu získané z numerické simulace šíření plazmonu ve vzorku (obr. 21) nebyly z časových důvodů vypočítány s použitím rovnice (50), která toto šíření správně popisuje. Bylo by vhodné uvést během obhajoby správný graf.

Přes uvedené nedostatky lze konstatovat, že autor práce získal významné zkušenosti při analytickém, numerickém i experimentálním studiu povrchových plazmonů a dosáhl důležitých výsledků pro zahájení systematického studia aplikací povrchových plazmonů v terahertzové spektroskopii ve Fyzikálním ústavu AVČR. Diplomovou práci doporučuji k obhajobě.

**Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

**Práci**

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

**Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

Kyoto, 4.6. 2016,

