

## Posudek dizertační práce Ing. Michala Kvapila

Předložená dizertační práce se zabývá teoretickou a experimentální charakterizací tzv. *plazmonických antén* vytvořených pomocí elektronové litografie. Ty po ozáření vnějším elektromagnetickým polem vykazují rezonanční vlastnosti spolu se značnou koncentrací dopadajícího pole v jejich blízkém okolí. Tyto vlastnosti je spolu s citlivostí na okolní index lomu předurčuje k zajímavým aplikacím v oblasti senzorů. Pro teoretický popis těchto antén byla zvolena numerická metoda *FDTD* (Finite-Difference Time Domain), která byla implementována ve volně dostupném programu *Lumerical FDTD Solutions*. Studované plazmonické antény byly charakterizovány pomocí rezonanční vlnové délky, rozptylového účinného průřezu a nárůstu (koncentraci) pole v jejich okolí. Teoretické výpočty byly poté porovnány s experimentálními měřeními založenými na *FTIR* (Fourier Transform Infrared) *spektroskopii*. V rámci dizertační práce byly studovány tři témata. První studie se věnuje rezonančním vlastnostem zlatých plazmonických antén vyrobených na nanokrystalické diamantové vrstvě. Druhá studie ilustruje možnost využití zlatých nanoantén jako citlivého detektoru streptavidinu. Poslední téma se věnuje směrovosti rozptylu na plazmonických anténách ve tvaru písmene „V“, ty jsou pak uvažovány jako efektivní rozhraní k navázání vnějšího pole do vlnovodů.

Dizertační práce je po formální i obsahové stránce na slušné úrovni. Členění textu do jednotlivých kapitol a sekcí je přehledné a logické. Po úvodní kapitole poskytující stručný historický přehled v oblasti plazmoniky, jsou uvedeny tři kapitoly, které v sevržené formě přehledně shrnují základy klasické teorie elektromagnetického pole, včetně klasického popisu optických vlastností dielektrik a kovů, teorii povrchových plazmonických polaritonů a konečně teorii lokalizovaných povrchových plazmonických polaritonů. Tyto úvodní kapitoly jsou pak autorem hojně využívány při diskuzích nad dosaženými výsledky v následujících kapitolách, což usnadňuje čtenáři orientaci v problematice. V páté kapitole jsou popsány základní principy použitého modelu FDTD. V šesté kapitole jsou probrány experimentální techniky zvolené při řešení dizertační práce, tzn. technologie litografie elektronovým svazkem a principy FTIR spektroskopie. V závěru kapitoly jsou stručně popsány použité podkladové materiály pro plazmonické antény. Samotné výsledky dizertační práce jsou popsány v kapitolách sedm až devět. Na konci každé z těchto kapitol jsou uvedeny závěry jednotlivých studií. V závěrečné desáté kapitole shrnuje autor dosažené výsledky a nastiňuje možné navazující experimentální a teoretické aktivity.

Práce s citacemi použité literatury je v úvodních kapitolách příkladná: autor uvádí kompletní zdroje u všech převzatých rovnic, teoretických odvození, a obrázků. Ačkoliv úvod sekce 4.3 poskytuje přehled originálních výzkumných prací ilustrujících relevanci dizertační práce jako celku, myslím, že jednotlivé dosažené výsledky (prezentované v kapitolách 7 až 9) by měli být lépe zasazeny do kontextu předchozích výzkumných prací v oboru. Čtenář totiž pak jen stěží dokáže posoudit význam dosažených výsledků.

Práce je na slušné typografické a jazykové úrovni. Lze vytknout snad jen občasné špatné zalomení textu na konci řádku. Práce je psána velmi pečlivě (našel jsem jen chybu ve znaménku ve vztahu (2.46) a chybějící člen  $E(x,z)$  v rovnici (3.1)).

V souhrnu konstatuji, že dizertační práce je aktuální a autor splnil stanovené cíle a tudíž **doporučuji udělení akademického titulu Ph.D.**

**Připomínky a otázky k eventuálnímu zodpovězení při obhajobě:**

1. V kapitole 7 na obrázku 7.2 jsou prezentovány průměrné optické parametry nanokrystalické diamantové vrstvy. Ty vznikly průměrováním několika měření na různých vrstvách. Mohl by autor ukázat, jak se jednotlivá měření liší?
2. Ve výpočtech FDTD byl zvolen prostorový krok 1nm. Byla provedena studie ukazující, jak se liší výsledky simulací při zmenšování tohoto kroku?
3. Na obrázku 7.15b) jsou porovnány rezonanční vlnové délky získaných pomocí numerických simulací a experimentu. Mohl autor okomentovat, jak by se rezonanční vlnová délka získaná ze simulace, kde je uvažován přesný kvádr, lišila v případě zaoblených hran plazmonických antén, jak je patrné z elektronové mikroskopie?

V Brně dne 20.11.2015

Mgr. Oto Brzobohatý, Ph.D.  
oponent dizertační práce