

Oponentský posudek

na disertační práci Ing. Pavla Kwieciena

Analysis and modelling of sub-wavelength structures using Fourier modal methods

Disertační práce se zabývá modelováním periodických a aperiodických vlnovodných struktur Fourierovou modální metodou. Práce jednak shrnuje teoretické aspekty metody vázaných módů (RCWA), diskutuje řadu modifikací pro efektivní implementaci na aperiodické struktury a jejich využití na široké spektrum řešených vlnovodných struktur. Tato problematika je velmi aktuální a představuje téma značného zájmu mezinárodní vědecké komunity.

Práce obsahuje čtyři základní kapitoly. První kapitola podává přehled numerických metod používaných ve fotonice a plazmonice, mezi nimiž RCWA zaujímá důležité místo a zejména nabízí možnost rozšíření na modelování aperiodických vlnovodných struktur (a-RCWA). Druhá kapitola podává přehled jednotlivých výpočetních algoritmů a metod a-RCWA včetně detailních odkazů na původní práce, ve kterých byly metody publikovány. Důraz je zejména kladen na 2D Fourierovou faktorizaci, formulaci vlastněhodnotového problému, zavedení PML (umělých absorbujících vrstev), přizpůsobení prostorového rozlišení souřadnic, zjednodušení výpočtu využitím symetrie struktury, S-maticového popisu a výpočtu rozložení elektromagnetického pole ve struktuře. Tyto metody byly naprogramovány a v některých případech autor disertace přispěl zobecněním nebo zefektivněním implementace. Kapitola 3 se zabývá zobecněním algoritmu na anizotropní struktury popsané tenzorem permitivity a permeability. Důraz je kladen na implementaci PML, která by však zasluhovala detailnější diskuzi a testování pro různé typy anizotropií. Čtvrtá kapitola stručně shrnuje použitelnost metody pro modelování různých struktur, například senzorů na bázi lokalizovaných plazmonu, magnetooptických vlnovodů, dielektricko-plazmonických vlnovodů a sub-wavelength mřížkových vlnovodů.

Základním přínosem disertační práce je implementace algoritmů a-RCWA a vytvoření volně šiřitelného programu v prostředí Matlab, což představuje práci enormní šíře. Ing. Pavel Kwiecien tím prokázal schopnost nastudovat a pochopit množství fyzikálně obtížných algoritmů, přizpůsobit je vlastním kódům a aplikovat je na řadu aktuálních fyzikálních problémů, které pomocí nich modeloval. Disertační práce jednoznačně splnila zadání a svůj cíl.

Práce obsahuje 93 stran, zahrnuje vědní oblast enormní šíře, je psána velmi hutně a stručně, což je v řadě případů na úkor rigoróznosti a srozumitelnosti textu. Autor se často v práci odkazuje na obtížně dohledatelné vlastní publikace v konferenčních sbornících, nebo své výsledky jen zmiňuje s tím, že jsou nad rámec práce. Význam některých veličin a symbolů v práci není detailně vysvětlen. Tuto formu nepovažuji za vhodnou a navrhuji bych detailní popis a vysvětlení všech studovaných postupů a jevů, případně doplnění stručného přehledu přímo kopiemi stěžejních publikací.

Po formální stránce je práce zpracována velmi kvalitně, bez chyb, doplněna 157 aktuálními citacemi. Práce je psána v angličtině na dobré jazykové úrovni, je doplněna řadou schématických obrázků a přehledných grafů.

Ing. Pavel Kwiecien je spoluautorem 4 impaktovaných publikací a dále řady publikací v konferenčních sbornících. U některých sborníkových článků je prvním autorem, což prokazuje, že jeho samostatné výsledky snesou mezinárodní srovnání.

K disertační práci mám následující otázky, které mohou být zodpovězeny nebo okomentovány během obhajoby:

- V práci jsou často zaměňovány (spojovány) pojmy transversální magnetooptická konfigurace a Voight konfigurace. Podle obvyklého použití terminologie se v prvním případě jedná o převážně lineární magnetooptický jev, kdy magnetizace je kolmá na rovinu dopadu – tento jev je nereciproký. Kdežto v druhém případě se jedná o kvadratický magnetooptický jev který k nereciprocitě nevede. Navrhuji, aby tato otázka byla diskutována.
- V části 4.1. autor předpokládá změnu indexu lomu kapaliny v okolí senzoru z 1.33 na 1.5. Jak může být dosaženo takto výrazné změny indexu lomu?

Pro modely citlivosti senzoru na bázi lokalizovaných plazmonů s náhodně rozloženými disky o průměru 110 nm bylo využito Fourierových rozvojů do řádu 23. Jaké konvergence bylo dosaženo a jaké bylo v rámci tohoto omezení Fourierových rozvojů rozložení permitivity?

- Obr. 37a ukazuje závislost mezní frekvence pro dopředný a zpětný směr šíření. Co je příčinou nereciprocit pro nulové magnetické pole?
- Jaké vlastnosti a omezení má anizotropní PML pro různé typy anizotropií? Selhává její použitelnost pro obecnou anizotropii?

Shrnutí: Disertační práce je na dobré obsahové a formální úrovni. Autor v ní prokázal schopnost samostatného a kreativního řešení vědeckých problémů, schopnost implementovat náročné výpočetní postupy a algoritmy. Výstupy práce zahrnují naprogramování Fourierovy modální metody pro modelování aperiodických vlnovodů, použití programů pro studium řady aktuálních struktur a originální interpretace výsledků. Výstupy snesou mezinárodní srovnání, což je doloženo 4 původními publikacemi v prestižních mezinárodních časopisech, u nichž je disertant spoluautorem a řady publikací v konferenčních sbornících. Výsledky představují podstatný přínos k rozvoji metodiky modelování plasmonických struktur.

Ing. Pavel Kwiecien jednoznačně prokázal předpoklady k samostatné tvořivé vědecké práci. Doporučuji, aby mu na základě úspěšné obhajoby byl udělen akademický titul doktor.

V Ostravě, 22. května 2015

Doc. Dr. Mgr. Kamil Postava
Institut fyziky VŠB- Technické univerzity Ostrava
17. listopadu 15
708 33 Ostrava – Poruba
e-mail: kamil.postava@vsb.cz