

# Oponentní posudek doktorské disertační práce

**Jméno disertanta: Ing. Anna Sterkhova**

**Název práce: Modelling of pulse propagation in nonlinear photonic structures**

Tématem disertační práce je numerické modelování vybraných nelineárních jevů ve fotonických vlnovodných strukturách s kruhovými rezonátory. Výhodou těchto struktur je, že v rezonanci umožňují dosáhnout významné nelineární odezvy i při nízkých intenzitách vstupního signálu. Proto se očekává, že by mohly mít velký praktický význam, např. jako optické paměti nebo logické spínací prvky. Tato skutečnost se v současnosti promítá i do velkého počtu vědeckých publikací, které se zabývají danou oblastí a jejichž reprezentativní vzorek je uveden i v přehledu použité literatury předložené disertační práce. Je tedy zřejmé, že fotonické struktury s kruhovými rezonátory patří mezi velmi aktuální problematiky.

Předložená práce byla zaměřena na vývoj jednoduchých numerických metod pro modelování šíření pulzního záření v nelineárních vlnovodných strukturách, které by mohly být použity k simulacím zmíněných struktur s kruhovými rezonátory. Zvolené způsoby řešení problematiky jsou aktuální a velmi dobře odpovídají kladenému cíli. Uskutečněný postup řešení se odráží v samotné práci, která je logicky a přehledně strukturována.

Autorka v úvodu stručně popisuje motivaci a vznik zájmu o danou problematiku. Cíle jsou jasně definované (viz. kap 1). V kap 2. podává teoretické základy, které bude později využívat při vývoji vlastních numerických metod. Kap. 3 obsahuje kritický přehled v současnosti používaných numerických přístupů, které by mohly přicházet v úvahu při studiu dané problematiky. V kap. 4 následuje podrobný a podle mého názoru i důležitý přehled základních lineárních i nelineárních vlastností vlnovodných struktur s kruhovými rezonátory. Poznátka podané ve všech zmíněných kapitolách jsou hojně doprovázeny řadou citací (seznam odkazů na literaturu obsahuje solidních 84 položek). Je patrné, že autorka věnovala studiu problematiky velké úsilí a snažila se o přehledné a aktuální shrnutí současného stavu problematiky.

Jádrem disertační práce jsou kapitoly 5-7 zaměřené na dvě původní numerické metody umožňující popis šíření pulzního záření ve vlnovodných struktur s kruhovými rezonátory. Zde autorka předpokládá Kerrovu nelinearitu, tj. závislost indexu lomu prostředí na intenzitě procházející vlny. Kap. 5 popisuje numerickou metodu (nazývanou CE) založenou na použití vázaných diferenciálních rovnic. Autorka popisuje odvození těchto rovnic (vyplývají z obecné teorie prezentované v kap. 3), poté prezentuje původní numerické schéma založené na metodě konečných diferencí a podrobně zkoumá numerickou stabilitu schématu. Jsou také předloženy alternativní formulace a porovnávána jejich přesnost.

Kap. 6 popisuje další metodu (nazývanou DE), která vychází z obdobných principů jako metoda CE, avšak využívá některé, v práci podrobně zmíněné aproximace. Tím je umožněno jednodušší numerické řešení. Konečně kap. 7 prezentuje výsledky aplikace metody DE na struktury s několika rezonátory, které jsou zaměřeny zejména na studium samovolné generace optických pulzů.

Po prostudování práce mohu konstatovat, že stěžejní kapitoly 5-7 obsahují původní a přínosné výsledky, a že náročnost řešené problematiky bezpochyby odpovídá požadavkům

obecně kladeným na disertační práce. Z praktického hlediska mohou být výsledky práce přínosné pro další rozvoj numerických metod, potřebných k modelování fotonických vlnovodných struktur. Zajímavé aplikace také může nabídnout generace optických pulzů v rezonančních strukturách; nejsem si však jist, zda lze tento jev snadno experimentálně realizovat. Výsledky práce byly publikovány v dostatečné míře (2 články v časopisech s IF, 6 příspěvků ve sbornících konferencí).

K formální stránce práce nemám významné připomínky. Grafické zpracování je kvalitní a nalezené tiskové chyby jsou zanedbatelné. Práce je psaná anglicky. Z několika formulací je sice zřejmé, že ji nepsal rodilý mluvčí, avšak text je jasný a srozumitelný. Pokud se týká odborné terminologie, nezjistil jsem žádné problematické či nesprávné použití (na několik nedůsledností poukáži dále).

K věcné stránce práce mám několik poznámek:

1. Autorka prezentuje vyvinuté numerické metody jakou alternativu standardně používané techniky konečných diferencí v časové oblasti (FD-TD). Logicky bych očekával, že tedy provede více podrobnější porovnání vlastností vyvinutých metod s metodou FD-TD.

2. Jak jsem již uvedl, práce je sice přehledně a logicky rozvržena, avšak podle mého názoru autorka nevěnovala dostatečnou pozornost podání jednotlivých detailů; někdy trpí přesnost a srozumitelnost výkladu. Je také vidět, že různé části práce vznikaly nezávisle na sobě, a tak styl výkladu a použité konvence se v různých částech práce poněkud liší. Příklady:

- Kapitoly 3 a 4 obsahují řadu důležitých informací, avšak podle mého názoru měly být lépe rozvrženy, tak aby byly více srozumitelné i čtenáři, který není odborník v dané problematice.
- Popis obr. 4.5 (str. 27) obsahuje text „coupling length is 2  $\mu\text{m}$ .“ Tato informace je však zbytečná, protože uvedené výsledky na vazební délce vůbec nezávisí.
- Popis obrázku 5.14 zmiňuje port označený jako „through“, avšak v samotném obrázku je tento port označen jako „Output“.
- V práci autorka používá termín „group refractive index“. Zdá se mi však, že vhodnější by bylo danou veličinu nazývat „effective mode group index“. Daná veličina se totiž vztahuje ke grupové rychlosti vlnovodného modu (používají se efektivní veličiny) ne rovinné vlny.
- Někdy se pro stejné veličiny v různých částech práce používají různá označení. Příklad: na obr. 5.15 je použita normovaná intenzita („normalized intensity“); odpovídající veličina na obr. 7.3 je označena jako výkon („power“).

Závěrem konstatuji, že kladené cíle práce byly bezpochyby splněny. I přes výše uvedené připomínky úroveň práce jednoznačně odpovídá požadavkům obecně kladeným na disertační práce. **Proto předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě.**

Dotazy k obhajobě:

1. Proč nebyly vyvinuté metody CE a DE detailně porovnány s metodou FD-TD?
2. Na str. 77 zmiňujete „gap solitons.“ Můžete stručně popsat tento typ solitonů a vysvětlit souvislost se zkoumanou problematikou?

3. Lze podle vašeho názoru očekávat praktické využití samovolné generace optických pulzů v rezonančních strukturách?
4. Může perioda takto generovaných pulzů souviset s dobou života fotonu v rezonátoru (resp. s činitelem kvality)?
5. Stručně charakterizujte termín Hopfova bifurkace, používaný v kap. 7.

V Brně dne 3.2.2014

Handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized initial 'O' followed by the name 'Samek'.

Mgr. Ota Samek, Dr.

Ústav přístrojové techniky AV ČR, v. v. i.  
Královopolská 147  
612 64 Brno