



Title	Computer Aided Design of Optical Waveguide Circuits based on Guided-Mode Extracted Integral Equations
Author(s)	田中, 雅宏
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43257
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	たなか まさひろ 田 中 雅 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 6 1 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 14 年 1 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	Computer Aided Design of Optical Waveguide Circuits based on Guided-Mode Extracted Integral Equations (導波モード分離型積分方程式を用いた光導波回路用計算機援用設計)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 塩 澤 俊 之 (副査) 教 授 河 崎 善 一 郎 教 授 森 永 規 彦 教 授 小 牧 省 三 教 授 元 田 浩 教 授 北 山 研 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、導波モード分離型積分方程式が光導波回路用計算機援用設計 (CAD) の基礎理論として有効であることを示した。光導波回路としては、プローブを用いた近接場走査型顕微鏡、任意形状曲がり光導波回路を取り上げた。本論文は、以下の6章より構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的およびその意義を明らかにした。また、導波モード分離型積分方程式の特徴を示した。

第2章では、従来からよく知られている境界積分方程式を導出し、その積分方程式が光導波回路用 CAD の基礎理論として適していない理由を示した。光学回路としては、誘電体プローブを用いた近接場走査型顕微鏡を取り上げた。

第3章では、新たな未知関数を定義し、第2章で示した積分方程式から導波モード分離型積分方程式を導出した。入射波は、TE、TM の両モードを取り扱った。導波モード分離型積分方程式に基づくモーメント法により数値解析を行い、高い解像度の検出像が得られるようプローブ形状の最適化を行った。入射波が TM モードの場合、最適なプローブ形状を設計できた。しかしながら、入射波が TE モードの場合には、検出像はプローブ形状にあまり依存せず、最適なプローブ形状を見出すことができなかった。

第4章では、金属コーティングされたプローブを用いた近接場走査型顕微鏡を取り上げた。このとき、入射波が TM モードの場合には、第3章の方法を拡張することができないため、入射波が TM モードの場合について導波モード分離型積分方程式を導出した。数値シミュレーションにより、金属コーティングされたプローブの検出像と誘電体プローブの検出像を比較した。その結果、金属コーティングされたプローブの検出像は、誘電体プローブの検出像より解像度、コントラストがよいことが明らかとなった。

第5章では、任意形状の曲がりを含む光導波回路を取り上げ、それに対する導波モード分離型積分方程式を導出した。数値シミュレーションにより、放射エネルギーが減少するように曲がり形状を設計した。その結果、曲がり部を透過するエネルギーが入射エネルギーの30%から95%へ大幅に改善することができた。

第6章では、本論文をまとめ、結論を述べた。また、今後取り組むべき課題を明らかにした。

論文審査の結果の要旨

光導波回路を設計するための基礎理論の確立は重要な課題である。本研究では、導波モード分離型積分方程式が光導波回路設計のための計算機援用設計基礎理論として有効であることを理論および数値シミュレーションにより示している。具体的な光導波回路としては、プローブを用いた近接場光学顕微鏡および任意形状曲がり光導波回路を取り上げている。本論文で得られた主な結果は次の通りである。

- (1)誘電体プローブを用いた近接場光学顕微鏡、金属コーティングされたプローブを用いた近接場光学顕微鏡、および任意形状曲がり光導波回路に対する導波モード分離型積分方程式を導出している。導波モード分離型積分方程式における無限長積分路は有限長と見なすことができ、モード展開法を用いることなく、光導波回路問題を解くことができることを示している。
- (2)導波モード分離型積分方程式に基づく計算機援用設計ソフトウェアを開発し、数値シミュレーションによる計算機援用設計によりその有効性を確認している。
- (3)近接場光学顕微鏡における誘電体プローブ形状の最適化を行い、最適なプローブ形状を設計している。また、金属コーティングされたプローブを用いた近接場光学顕微鏡は、誘電体プローブを用いた場合より解像度が高い検出像が得られることを示している。
- (4)任意形状曲がり光導波回路において、放射エネルギー損失を小さくするように曲がり形状の設計を行っている。

以上のように本論文では、光導波回路用計算機援用設計において、導波モード分離型積分方程式の導出、計算機コード開発、数値シミュレーションを行い、導波モード分離型積分方程式が光導波回路用計算機援用設計の基礎理論として有効であることを明らかにしている。これらの成果は、通信工学の発展に寄与するところが極めて大きく、よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。