



Title	境界要素法および差分時間領域法による電磁波回路素子の解析に関する研究
Author(s)	平, 雅文
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3129269">https://doi.org/10.11501/3129269</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	平 雅 文
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 12879 号
学位授与年月日	平成 9 年 3 月 18 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	境界要素法および差分時間領域法による電磁波回路素子の解析に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 倉蔵 貞夫 (副査) 教授 小牧 省三 教授 児玉 裕治 教授 前田 肇 教授 森永 規彦 教授 池田 博昌 教授 長谷川 晃 教授 元田 浩

### 論文内容の要旨

本論文は、境界要素法および差分時間領域法による電磁波回路素子の解析に関する研究の成果をまとめたものであり、全文は次の 7 章より構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、目的ならびに概要について述べている。

第 2 章では、高温超伝導コプレーナ線路の解析について述べている。分散性媒質に適用できるように改良された差分時間領域法と、二流体モデルから得られる超伝導体の複素導電率の式を用いることにより解析を行い、高温超伝導コプレーナ線路の減衰定数・位相速度の周波数特性ならびにそれらの導体厚依存性を詳しく検討し、同線路の低損失性・低分散性を明らかにしている。

第 3 章では、高温超伝導体で構成された進行波形光変調器用ミリ波電極の解析について述べている。前章と同じ手法を用いて、誘電体電気光学結晶基板上に高温超伝導材料で構成された非対称コプレーナストリップ電極の特性を明らかにしている。特に、光波と変調波の位相整合のために、電極近傍に低誘電率のバッファ層を挿入した構造のものについて詳しく検討している。

第 4 章では、差分時間領域法と半導体の複素比誘電率の式を用いて、まず、線路空隙部に設けた半導体の光導電効果を利用して制御するマイクロ波線路の解析を行っている。ついで、光導電効果により制御する新しいプランチラインカプラを提案し、その散乱行列の周波数特性を明らかにしている。

第 5 章では、スリットを有する平板状逆 F アンテナの解析について述べている。放射素子にスリットを設けて共振周波数を低下させ、より小型の放射素子を用いて所望の共振周波数を得ることができるようにした平板状逆 F アンテナについて、差分時間領域法による解析を行い、スリットが放射指向性に与える影響を初めて明らかにしている。

第 6 章では、光集積回路中の誘電体導波路として最も適していると考えられる埋込形誘電体光導波路および同導波路を用いたカプラについて境界要素法を適用して解析を行っている。実際の光集積回路中のコア断面に近い形状を持つ種々の埋込形導波路およびカプラの特性を明らかにし、解の収束などの計算精度についても詳しく検討している。

第 7 章では、本研究で得られた成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

マイクロ波・ミリ波・光波工学の進歩に伴い、複雑化高機能化する電磁波回路素子の研究開発においては、汎用的で高精度な数値解析法の重要性が益々高まっている。本論文は、様々な電磁波回路素子に対する境界要素法および差分時間領域法の適用法について検討し、具体的な回路素子の設計に応用したもので、得られた主な成果を要約すると、次の通りである。

- (1) 分散性媒質を取り扱えるように改良された差分時間領域法に二流体モデルから得られる超伝導体の複素導電率を組み込み、高温超伝導マイクロ波・ミリ波線路の解析に適用している。この手法によれば、任意の超伝導体厚に対する数値計算を行うことができ、高温超伝導薄膜の厚さが電磁界の侵入長と同程度であるような場合にも高精度の計算が可能である。高温超伝導コプレーナ線路の線路定数および高温超伝導体内の電磁界分布を求め、その低損失性と低分散性を明らかにしている。
- (2) 非対称コプレーナストリップ線路構造の進行波形光変調器用高温超伝導ミリ波電極の解析結果として、常伝導体電極の場合の損失や分散によって引き起こされる変調効率の低下、変調帯域の減少等の問題を解決できることを明らかにし、また、低誘電率の $\text{SiO}_2$ バッファ層を設けた電極モデルでは、ミリ波の位相速度を光波の位相速度 $1.3 \times 10^8 \text{ m/s}$ にほぼ等しくできることを示している。
- (3) 差分時間領域法に半導体中の電子・正孔プラズマ領域における複素比誘電率の式を組み込むことにより、光導電効果を利用した光制御マイクロ波線路の数値解析を行っている。また、回路構造の一部に Si 領域を設けた新しい光制御プランチラインカプラを提案し、光強度により、設計中心周波数 $7.7 \text{ GHz}$ においてマイクロ波出力を約 $15 \text{ dB}$ の範囲で連続的に制御可能であることを示している。
- (4) 差分時間領域法のアンテナ遠方界への適用例として、導体筐体上に装着された、スリットを有する平板状逆Fアンテナの数値計算を行い、放射指向性について検討している。その結果、スリットにより共振周波数を $760 \text{ MHz}$ から30パーセント低下させた場合においても、放射指向性にはほとんど影響が現われず、スリットを設けることは平板状逆Fアンテナを小型化するために極めて有効な方法であることを明らかにしている。
- (5) 非軸対称屈折率分布を有する埋込型誘電体光導波路および同導波路で構成されたカプラに対して、境界要素法が有効な解析法であることを示し、導波路の分散特性とモード複屈折、カプラの結合長の周波数依存性ならびにコア間距離依存性を求め、実用的カップラの設計上重要な指針を与えていている。

以上のように、本論文は、複雑な電磁波回路にも適用可能な汎用性のある数値解析手法の確立のため、境界要素法および差分時間領域法の適用領域の拡張と新しい回路素子の提案を行ったもので、電磁波工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。