

○ 研究分野：光通信工学、電磁波工学、電磁波伝搬シミュレーション

○ キーワード：光通信、光ファイバ、フォトニック結晶、非線形光学効果、シミュレーション

I 研究概要

光通信工学や光情報処理のために、光信号をその振幅や周波数に応じて伝送・分配・処理するための回路の設計をシミュレーションによって行っている。光の伝送路(光導波路、ひかりどうはろ)に閉じ込めた光波を、分波・合波、フィルタリング、経路制御などを行うための基本的な構造について、研究している。すべて光信号のままで情報信号を処理できるようになると、現在の電気-光変換にかかる時間を要しないために、高ビットレートで大容量の光通信が実現できるほか、光によって計算を行うより高速なコンピュータも実現できると考えられている。そのための基本的な回路の設計と計算を行っている。伝送路としては、2次元構造を主に取り扱っている。特に、周期的な媒質定数の分布により実現される、フォトニック結晶(または電磁バンドギャップ構造)と呼ばれる構造を用いた信号処理に関する研究を多く行っている。また、電界振幅に依存して媒質定数(誘電率など)が変化する非線形現象の応用も研究している。

1. 電磁的バンドギャップ素子のマイクロ波モデル実験ならびにシミュレーション

誘電体の周期的構造であるフォトニック結晶が次世代の光通信や信号処理のための素子として注目されている。誘電体の誘電率や形状・寸法、光の周波数と構造周期で決まるフォトニックバンドギャップという性質を利用すると、電磁波を閉じ込めて運ぶ導波路や、特定の周波数だけを取り出すフィルタ回路を構成することができる。この性質はマイクロ波帯でも現れ、電磁的バンドギャップ素子とも呼ばれる。このテーマでは、マイクロ波帯で電磁的バンドギャップ素子回路を製作し、その電磁的特性を実験により明らかにする。これらの実験に対してシミュレーションを行い、結果を相互に確認し、周期構造素子の理解を深める。

2. 周波数または振幅依存性がある媒質中の電磁波伝搬シミュレーション

様々な電磁波伝搬現象を数値解析するために、従来から時間領域有限差分(FDTD)法が広く用いられてきた。FDTD法は単純な差分式の繰り返しで簡易に結果が得られるのが利点であり、基礎的な電磁気学の教科書にも載っている。上記の電磁的バンドギャップ素子の一部には金属や誘電体が使われているが、その媒質定数は厳密には入力信号の周波数や振幅に依存して変化する。(実用上は使用周波数帯域を制限し、入力信号振幅を小さくすることで、これらの依存性の影響を抑えている。)そのような依存性がある媒質内の電磁波伝搬を解析する数値解析法と、そのためのプログラミングおよび結果の応用について研究する。

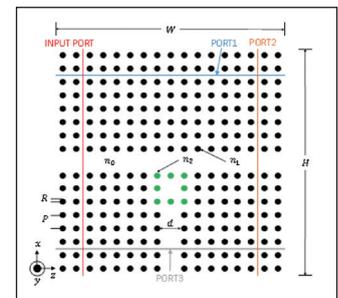


図1: フォトニック結晶導波路の構造例

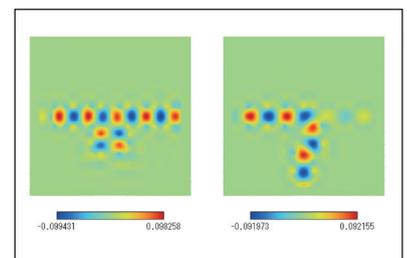


図2: 入力波長1.338 μm (左図)と1.516 μm (右図)を左側から与えたときの電界分布入力波長

I 利点特徴

- ・フォトニック結晶構造は、周期構造の中に、部分的に周期性が欠如した欠陥列を設けることで、光や電波を閉じ込めて伝送することが可能である。本研究室では、光の代わりにマイクロ波を用いたフォトニック結晶のスケールモデルを構成し、実験とシミュレーションによって様々な回路の特性の確認を行っている。
- ・非線形光学効果の応用として、光信号の振幅によって回路内の伝送経路を制御(光スイッチング)、あるいは光信号のままに論理演算(光コンピューティング)を行う回路の設計も行っている。これにより、高速な光演算が可能になると考えられる。

I 応用分野

1. フォトニック結晶の応用
 - ・光集積回路・マイクロ波回路の集積化技術
 - ・電磁波遮断効果を持つ建物の構造設計
2. 非線形光学効果の応用
 - ・海底光ファイバ通信
 - ・インターネット光パケットのルーティング
 - ・光コンピューティング

