The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	テラヘルツ電磁波領域におけるフォトニック結晶の作製と時間領域分光法による透過特性の測定
Author(s)	近藤, 孝志
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44210
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　近藤孝志（こんどうたかし）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　17816　号

学位授与年月日　平成15年3月25日

学位授与の要件　学位規則第4条第1項該当

工学研究科応用物理学専攻

学位論文名　**テラヘルツ電磁波領域におけるフォトニック結晶の作製と時間領域分光法による透過特性の測定**

論文審査委員　（主査）

教　授　萩行　正憲

（副査）

教　授　増原　　宏　　教　授　笠井　秀明　　助教授　小西　　毅

助教授　谷　　正彦

論文内容の要旨

本論文では、フォトニック結晶の研究をテラヘルツ（THz）電磁波領域で行なうことで、可視域や近赤外域では得難いフォトニック結晶に関する基礎的な物理情報を測定することを試みた。この目的の為に、基本単位構造や素材の屈折率が異なる3つのフォトニック結晶について測定を行ない、フォトニック結晶による光の閉じ込めがどの様な形で透過特性に反映されるかを調べた。以下に学位論文の要旨を述べる。

第1章では、フォトニック結晶に関する研究背景について述べ、本研究の目的と意義を明らかにした。

第2章では、フォトニック結晶の基本的な特性とその理論計算について述べた。

第3章では、THz 電磁波の放射素子と検出素子について述べ、THz 時間領域分光法（THz-TDS）の原理と背景について説明した。また、測定結果から強度透過スペクトル、位相差スペクトル、複素屈折率等の光学定数を導出する方法について述べた。

第4章では、円孔配列誘電体プレートを光造形法によって作製し、その透過特性を調べた。その結果、強度透過スペクトルに現われたディップがスラブの導波モードに起因したモードに対応していることが明らかになった。

第5章では、屈折率の小さいテフロン球配列フォトニック結晶の透過特性を調べた。その結果、透過特性にはテフロン平行平板の導波モードの特徴が残っていることが示された。

第6章では、屈折率の大きい Si_3N_4 球配列フォトニック結晶の透過特性を調べた。その結果、一旦フォトニック結晶に閉じ込められたモードが徐々に染み出ている様子を時間領域で測定することに成功した。また、フォトニック結晶による吸収を考慮した理論計算結果と測定結果は広帯域に渡って良い一致を示した。この結果から、電磁波の閉じ込めが強い Si_3N_4 球配列フォトニック結晶の透過特性には単一 Si_3N_4 球の局在モードの特徴が残っており、Si_3N_4 平行平板の導波モードではその物理描像を上手く説明出来ないと結論付けた。

第7章では、汎用カラープリンターを用いて THz 帯光学素子を作製する方法を提案し、実際に備光子とフィルターの試作と測定を行った。その結果、良好な透過特性を持つ光学素子が簡単に作製出来ることが示された。

第8章では本研究の内容を総括した。

論文審査の結果の要旨

電磁波（光）を制御する新しい概念としてフォトニック結晶がある。光領域におけるフォトニック結晶に関する研究では作製に対する要求が非常に厳しいため、現状では予め理論計算などによって予測された特性を持つフォトニック結晶を得ることは容易な事ではない。本研究では、フォトニック結晶の研究を波長の長いテラヘルツ電磁波領域で行なうことに着目し、精度の高いフォトニック結晶試料を作製し、時間領域分光法の特徴を生かして時間波形と周波数スペクトルの両方での測定と議論を行っている。本研究における主な成果を要約すると以下の通りである。

(1)屈折率(n～1.67)の比較的小さな光硬化樹脂の平行平板に２次元円孔配列を有するフォトニック結晶では、透過スペクトルに鋭いディップが現れ、その周波数が板厚とともに系統的に変化することを見出している。このディップは、平行平板の TE 導波モードが周期構造により入射電磁波と結合するとして近似的に説明できることを示している。

(2)屈折率の小さなテフロン球(n～1.44)及び屈折率の大きな Si_3N_4 球(n～2.97)を用いて２次元配列フォトニック結晶を作製し、透過スペクトルを測定することにより、前者では誘電体平行平板の導波モードの特徴が、後者では単一誘電体球の局在モードの特徴が主に現れることを明らかにしている。この結果は、誘電体球からなるフォトニック結晶において、屈折率によって透過特性が質的に変化することを実験的に明確に示した最初の例である。

(3)２次元 Si_3N_4 球配列フォトニック結晶において、実験結果と計算結果を詳細に比較し、計算において母材の吸収係数を考慮すると両者は従来にない一致を示すことを明らかにしている。この結果は、光領域における実験と理論の一致においても達成すべき目標を与えるものである。

(4)金属フォトニック結晶構造を持つテラヘルツ帯の光学素子の新しい作製方法を提案し、実際に偏光子とフィルタの試作を行っている。このような簡単な手法でテラヘルツ帯の光学素子が作製可能であることを示したことは実用的な意義が大きい。

以上のように、本論文では典型的なフォトニック結晶についてテラヘルツ時間領域分光法を用いて、従来にない精度で実験と理論の比較を行い、母材の誘電率やフォトニック結晶の構造が透過特性に及ぼす影響について明らかにしている。この結果は、テラヘルツ領域のフォトニック結晶のみならず、光領域でのフォトニック結晶の開発にも重要な知見を与えるものである。本論文で得られた成果は応用物理学、特に応用光学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。