

電子・情報工学専攻		紹介教員氏名	井上 光輝
申請者氏名	弥生 宗男		

論文要旨(博士)

論文題目	2次元磁性フォトニック結晶を用いた光サーキュレータの形成とその特性に関する研究
------	---

(要旨 1,200字程度)

光サーキュレータは、近年通信量が増大している光通信において、波長多重通信などを担う重要なコンポーネントの一つである。この光サーキュレータを小型化・集積化することは光通信装置の小型化や高機能化に大きく貢献できる。本研究では、理論的に提案されている2次元磁性フォトニック結晶(2D-MPC)を用いた光導波路サーキュレータについて、シリコンフォトニクスと磁性体を組み合わせ簡単化した構造をシミュレーションにより設計し、さらにこの構造の形成を試み、その特性の実験的検証を行おうとするものである。1章では、本研究の背景と目的、および研究の概略について述べた。2章では、2次元構造より基本的な1次元構造において、ビスマス置換イットリウム鉄ガーネット(Bi:YIG)を用いた1次元磁性フォトニック結晶(1D-MPC)の形成に初めて成功し、その特性を明らかにした。この1D-MPCは、フォトニックバンドギャップ(PBG)内の局在ピークにおいてBi:YIG単層膜の約10倍のファラデー回転を示した。この局在ピーク波長において性能指数がBi:YIG膜の約4倍となり、実効性能が向上することが明らかとなった。また、1D-MPCに磁歪アクチュエータを付加した構造では、1D-MPCを磁歪によって伸縮させることで局在波長のシフトが可能となることが示唆された。3章では、理論的に提案されている形成困難な構造をもつ2D-MPC光サーキュレータについて、シリコンフォトニクスと磁性体を組み合わせ簡単化した構造を設計し、その光学特性を有限要素法シミュレーションにより調べた。一様に磁化したBi:YIGの周囲に3周期分のシリコン2次元フォトニック結晶(2D-PC)を組み合わせた形成容易な構造で、光サーキュレーションが明確に現れることが分かった。この構造の実現を目的として4章では、2D-PCをボトムアップ的手法で形成する方法である、アルミニウムの陽極酸化反応を用いて2次元構造を形成し、そのフォトニック結晶としての特性を検討した。Niスタンプにより六方格子配列でアルミニウム表面にマイクロピットを形成し陽極酸化するプリトリガ陽極酸化法により、数mm角の大面积の領域全体で完全な周期性・規則性をもって孔が配列したポーラスアルミナが形成でき、光学特性からPBGが観測され2D-PCとして動作することが明らかとなった。しかしポーラスアルミナでは2D-MPC光サーキュレータ構造が形成困難であるため、5章ではトップダウン的手法であるFIBおよびRIEを用いてSOIウェハに光導波路および2D-PCを形成し、2D-MPC光サーキュレータの形成を試みた。RIEで導波路外形を形成し、さらにFIBによる孔加工で2D-PCを形成した。これにFIB装置のマイクロサンプリングプローブを用いてBi:YIG薄膜から切り出したナノロッドを埋め込むことにより、3章で設計した2D-MPC構造を実際に形成することができた。形成した2D-MPCでは光サーキュレーションを確認することはできなかったが、2D-MPC光サーキュレータ形成において、FIB加工が有効であることを示した。6章では全体を総括した。本研究を通して、これまで形成が試みられてこなかった2D-MPC導波路型サーキュレータについて、実験的実証および実用化に向けて解決すべき課題を明らかにすることができ、今後の光サーキュレータデバイスの実現が期待できる。