

平成 15 年 1 月 8 日

電子・情報 工学専攻	学籍番号	009014
申請者氏名	加藤 英樹	

指導教官氏名	井上 光輝	教授
	大田 昭男	教授
	石田 誠	教授

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	1次元磁性フォトニック結晶の特性と薄膜光アイソレータへの応用
------	--------------------------------

高速大容量伝送が可能な光通信がデータ通信の主要になりつつある。光通信において光学部品が重要となる。しかし、伝送路に設けられる光学部品からの反射光が半導体レーザーに戻ると、レーザーの発振を不安定にさせ伝送品質を劣化させるという問題を生じる。この反射光を防止するために光アイソレータ一般的に用いられる。光アイソレータに用いる磁性材料に必要とされる特性は、光通信波長において、透明で、かつ単位厚さあたりのファラデー回転角が大きいことが望まれる。このような磁性材料として、Bi置換 YIG があり、約 0.3~0.4mm の厚さで 45°のファラデー回転角が得られている。しかしながら、素子の小型化の観点からは、更なるファラデー効果の増大が望まれているが材料開発は遅れているのが現状である。

近年、磁性薄膜と誘電体薄膜を周期的に積層した構造において磁気光学効果が増大されることが報告され（この現象は磁性フォトニック結晶と呼ばれている）、これを利用すれば磁気光学素子の小型化が実現できるものと考えられる。この原理は、光学膜のフアブリペローフィルターとほぼ同じ原理であり、局在波長では光の閉じ込め効果がおきるため磁気光学効果が増大される。しかし、これらの研究の現状は、光アイソレータ特性（透過率 99%、ファラデー回転角 45°）を満たす構造が得られず、また、良好な素子を作製することができない。本研究では、光アイソレータ特性を満たす構造を探索し、かつ、工業化に適した形成方法について検討を行った。

欠陥層を 2 層以上用いた構造について検討を行った結果、欠陥層が 2 層の $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^k/\text{Bi:YIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^k/\text{SiO}_2/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^k/\text{Bi:YIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^k$ 構造において (k は積層数)、ファラデー回転角と透過率の増大が同時に現れ、光アイソレータ特性を十分に満たす事が分かった。この素子構造では、特性を満たす素子の厚さは全体で 12.98 μm （磁性体層は 550nm）となる。これは、従来の素子と比べると大幅に小さくなる。また、欠陥層が 3 層以上のものや欠陥層が 1 層の構造でも、Al や誘電体膜で反射型構造とすることによって光アイソレータ（反射率 99%、カー回転角 45°）特性を満たすことが分かった。また、素子形成においては、下地基板や熱処理方法を検討した結果、工業的に有利な電気炉においても作製することが可能となった。 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^9/\text{Bi:YIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^9/1737$ 構造の試料を ND 制御を用いた成膜方法により誘電体薄膜を成膜することによって、局在波長において、 $T = 46.7\%$ 、 $\theta_F = -5.4 \text{ deg.}$ の大きな回転角を示した。これは、Bi:YIG 単層膜の実に 150 倍もの増大されている。この値は理論値と良い合致が見られ、理論予測を裏付けており、薄膜光アイソレータの早期実現化が可能と考えられる。