

(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	--

平成 28 年 1 2 月 7 日

## 学位 (博士) 論文の和文要旨

論文提出者	工学府博士後期課程 電子情報工学 専攻 平成 26 年度入学 学籍番号 1 4 8 3 4 2 0 7 氏名 Abdul Wahid Danish 印
主指導教員 氏 名	清水 大雅
論文題目	Study on Preparation and Characterization of Bismuth Substituted Gadolinium Iron Garnet Thin Films by Metal Organic Decomposition Method (有機金属分解法によるビスマス置換ガドリニウム鉄ガーネット薄膜の製膜と評価に関する研究)
論文要旨 (2000 字程度) ビスマス置換ガドリニウム鉄ガーネット(Bi:GdIG)はフェリ磁性体であり、磁気光学デバイスを実現するために最も好ましい材料の一つである。本学位論文は Bi:GdIG 薄膜を磁気光学デバイスへ応用するための製膜と評価について述べたものである。本研究では Bi:GdIG 薄膜を製膜するために有機金属分解法(MOD 法)に着目した。 第 1 章「Introduction」では本研究の目的と関連研究を述べた。 第 2 章「Magnetism of rare-earth iron garnet and mechanism of magnetic anisotropy」では基礎となる物理を述べた。 第 3 章「Principle of Experiment and characterizations」では作製した Bi:GdIG 薄膜の評価法について述べた。 Bi:GdIG 薄膜の磁気異方性やファラデー回転角は製膜条件に影響される。著者は垂直磁気異方性を考察し、より大きなファラデー回転角を得るために MOD 法 / EMOD 法によって Bi:GdIG 薄膜を単結晶 GGG, SGGG 基板、および、ガラス基板上に製膜した。作製した薄膜は X 線回折、ファラデー回転角、光透過率/反射率、磁化特性の測定によって評価した。試料の磁気光学特性、結晶の品質、膜厚と熱処理条件(温度/ガスの種類)、Bi 置換量の関係を議論した。第 4 章「Preparation and characterization of Bi <sub>1</sub> Gd <sub>2</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub> magnetic garnet thin Films by MOD method on (111) GGG substrate」では Bi <sub>1</sub> Gd <sub>2</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub> 薄膜を MOD 法により作製し、製膜条件の違いがもたらす磁気異方性とファラデー回転角への影響を議論した。著者は Bi:GdIG 薄膜の製膜に成功し、波長 510nm で 13.7 deg./μm のファラデー回転角を得た。アニール時のガスとして酸素を導入せず、アニール温度を 620~700°C とした場合、またアニール温度を 700~750°C とした試料では、酸素を	

導入してアニール温度を 620~700°C とした試料より、大きな垂直磁気異方性を示すことがわかった。磁気異方性とアニール温度・ガスの影響を議論した。

単結晶の GGG 基板や SGGG 基板は Bi:GdIG 薄膜と格子定数が近い一方で価格が高い。第 5 章「Preparation and characterization of  $\text{Bi}_x\text{Gd}_{3-x}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  films with  $x = 1$  to 2.5 by EMOD method on glass substrate」では、EMOD 法によって Bi 置換量の異なる Bi:GdIG 薄膜を製膜し、アニール温度と Bi 置換量のファラデー回転角に対する影響を議論した。著者は  $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  バッファ層を用いたところ、用いない場合と比べて  $\text{Bi}_{2.5}\text{Gd}_{0.5}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  薄膜のファラデー回転角が大きくなることがわかった。波長 533nm で 27.9 deg./ $\mu\text{m}$  のファラデー回転角が得られることがわかり、SGGG 基板上に製膜した  $\text{Bi}_{2.5}\text{Gd}_{0.5}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  薄膜と比較して 85% の大きさであることがわかった。しかしながら、EMOD 法による Bi:GdIG 薄膜の製膜では Bi 置換量を増やすにしたがって、薄膜の表面が荒くなることがわかった。

第 6 章「Preparation of  $\text{Bi}_2\text{Gd}_1\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  magnetic garnet thin films using  $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  garnet buffer layer on glass substrates by MOD method」では、第 5 章で明らかになった Bi:GdIG 薄膜時の  $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  バッファ層の有効性を MOD 法に応用した。 $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  バッファ層の最適製膜条件を決めるために、その膜厚とアニール条件を変化させ、 $\text{Bi}_2\text{Gd}_1\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  薄膜を製膜し、X 線回折測定やファラデー回転角を評価した。 $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  バッファ層の膜厚が 286nm でアニール温度が 750°C の時、波長 500nm で 36.3 deg./ $\mu\text{m}$  のファラデー回転角が得られた。 $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  バッファ層なしで製膜した場合に比べて 23 倍のファラデー回転角が得られ、SGGG 基板上に製膜した単結晶  $\text{Bi}_2\text{Gd}_1\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  薄膜(40.3 deg./ $\mu\text{m}$ ) の 90.1% の大きさであった。また薄膜の表面は清浄であった。

第 7 章「Conclusion」では、第 1 章~6 章をまとめ、得られた実験結果はガラス基板上への光アイソレータ/サーキュレータや磁気光学空間光変調器の作製に有効であることを述べ、結論とした。