

有機金属堆積法によるガラスおよびシリコン基板上への $\text{Bi}_2\text{Y}_1\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 薄膜の作製と評価

Fabrication of $\text{Bi}_2\text{Y}_1\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ Films on Glass and Silicon Substrates by Metal Organic Decomposition Method and their Magneto-Optic Characterization

東京農工大工 ○細田昌志 佐藤謙 Danish Abdul Wahid 清水大雅

Tokyo Univ. of Agri. & Tech, Masashi Hosoda, Jo Sato, Danish Abdul Wahid, and Hiromasa Shimizu

Email: h-shmz@cc.tuat.ac.jp

[はじめに] 光アイソレータのような非相反デバイスを集積化するためには、Si や InP などの半導体基板上に磁性体薄膜を作製することが必要である。ビスマス置換イットリウム鉄ガーネット(Bi:YIG)は通信波長帯の光に対して透明であり、また大きなファラデー回転角を有するため、自由空間型光アイソレータに応用されている。しかし、 Bi:YIG は Si や InP などの半導体基板とは熱膨張係数や格子定数が大きく異なるために良質な結晶成長が難しく、光アイソレータの一体集積化は困難とされている。これまでに Si 基板上へのセリウム置換イットリウム鉄ガーネット(Ce:YIG)の作製方法として、PLD 法^[1]やマグネトロンスパッタ法^[2]が報告されている。本研究では MOD(Metal-Organic-Decomposition)法により、 Bi:YIG 薄膜を形成した。特に結晶性の向上を期待して基板との間にバッファ層を挿入した $\text{Bi}_2\text{Y}_1\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 薄膜をガラスおよび Si 基板上に作製し、X 線回折測定、磁気光学効果の測定を行った。

[実験内容] MOD 法による作製工程は MOD 溶液の塗布、乾燥、仮焼成、および本焼成から成る。MOD 法における塗布～仮焼成の繰り返し回数はすべての薄膜に対して 6 回とした。すべての Bi:YIG 薄膜は本焼成温度・時間を 620 度 2 時間で作製し、バッファ層となる $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ および $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 薄膜は温度を変えて 2 時間の本焼成で作製した。波長 600nm におけるファラデー(極カー)効果の磁場依存性および磁場 12kG におけるファラデー(極カー)スペクトルを測定した。また両基板上の薄膜の性能を比較するため、膜厚および屈折率を透過率(反射率)スペクトルから求め、誘電率テンソルの非対角項を膜厚、屈折率およびファラデー回転角スペクトルから見積もった。

[実験結果] Fig.1 にガラス基板上および GGG 基板上に作製した Bi:YIG 薄膜の波長 600nm におけるファラデー回転角を示す。750 度にて本焼成した YIG バッファ層を挿入した Bi:YIG/YIG/Glass 構造の Bi:YIG 薄膜の示すファラデー回転角は単結晶の GGG 基板上の Bi:YIG 単層膜の 75%に相当した。Fig.2 に Si 基板上に作製した 2 層膜の波長 600nm における極カー回転角の磁場依存性を示す。ヒステリシス曲線を描くことから、薄膜が強磁性を示すことを確認した。 Bi:YIG/YIG/Si 構造においてカー回転角の符号が正となっているのは波長 600nm 付近における薄膜内の多重反射によるカー効果エンハンスメントである。 $\text{Bi:YIG(240nm)/YIG(330nm)/Si}$ 構造の Bi:YIG 薄膜の有する誘電率テンソルの非対角項は波長 900~1000nm において $\varepsilon_{xy} = -1.3 \times 10^{-3} - i7.0 \times 10^{-3}$ 程度であると見積もられた。これは同波長帯において、 $\text{Bi:YIG(205nm)/YIG(310nm)/Glass}$ 構造の Bi:YIG 薄膜の有する非対角項と同等の大きさであった。以上より、単結晶の Bi:YIG 薄膜に近い磁気光学性能をもつ多結晶の Bi:YIG 薄膜を MOD 法により、ガラス、及び、Si 基板上に製膜することに成功した。

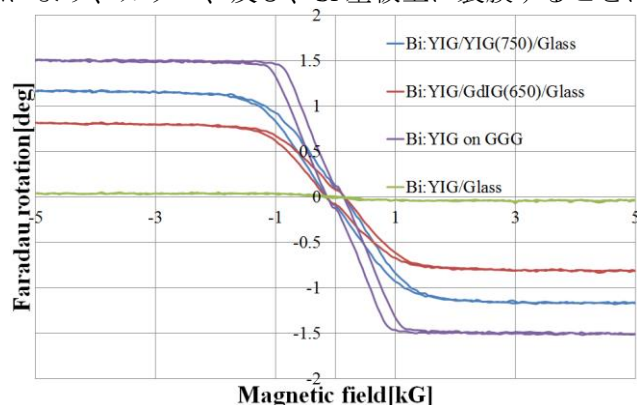


Fig.1 Magnetic field dependence of Faraday rotations of Bi:YIG samples on glass substrates. Results of single Bi:YIG samples on glass and GGG substrate are shown for comparison.

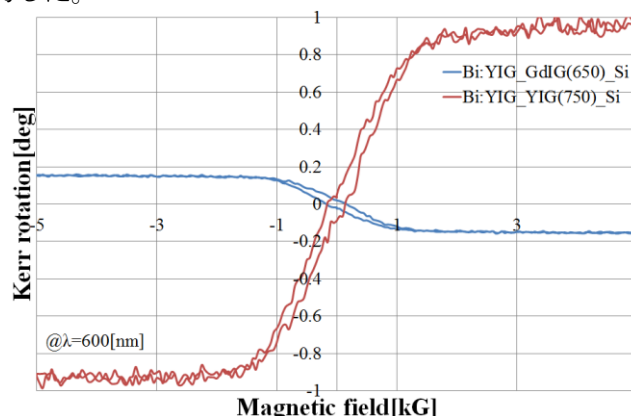


Fig.2 Magnetic field dependence of polar-Kerr rotations of Bi:YIG samples on silicon substrates.

参考文献 [1]Lei Bi et al., Nat Ohotonics, 5, 758-762(2011)

[2] T. Goto et al., Opt. Express, 22(16),19047(2014).