

有機金属分解法による  $\text{Bi}_1\text{Y}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  薄膜の作製Preparation of  $\text{Bi}_1\text{Y}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  thin film by metal organic decomposition method○内藤大樹<sup>1</sup>, 芦澤好人<sup>2</sup>, 中川活二<sup>2</sup>\*Daiki Naito<sup>1</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>2</sup>, Katsuji Nakagawa<sup>2</sup>

Abstract. Bismuth substituted yttrium iron garnet thin films were prepared by using metal organic decomposition (MOD) method. We prepared polycrystalline  $\text{BiY}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  garnet thin film with a  $\text{Bi}_1\text{Y}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  buffer layer and without buffer layer. Crystal structures of both films were measured by X-ray diffraction (XRD). The magnetic properties of the films were characterized by Magneto Optical Kerr Effect method. In conclusion,  $\text{Bi}_1\text{Y}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  with Bi buffer has little higher crystallinity and two times bigger magneto-optical effect than without buffer. Homoepitaxial crystal growth was succeeded by using MOD method.

## 1. はじめに

近年、デバイスの小型化、高密度化をする新たなアプローチとしてスピン波を応用したデバイスが注目を集めている。スピン波材料の一つとして、低いダンピング定数を有する透明な酸化物磁性体である希土類鉄ガーネット (Rare-earth Iron Garnet: RIG) が研究されている。ガーネットは、希土類および遷移金属原子のサイトを他元素で置き換えることで、格子定数や磁気特性を変えることが可能である。ガーネットとは Figure 1 のような単位胞に 160 原子を含む複雑な立方晶構造の酸化物磁性体結晶である。ガーネットの結晶を形成するためには高温での長時間の作製プロセスや、他の金属酸化物を形成しない作製条件の探査が必須である。そこで我々は、作製手法として比較的簡便に良好な結晶相の形成が報告されている<sup>[1]</sup>有機金属分解法 (MOD 法) を用い、構造的に安定な組成であるイットリウム鉄ガーネット (Yttrium Iron Garnet: YIG) を基とするガーネット相に注目している。今回は、イットリウムの一部をビスマスに置換した  $\text{Bi}_x\text{Y}_{3-x}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  ( $X \leq 3$ ) 薄膜 (Bi-YIG) について、結晶成長に及ぼす下地層の効果に注目して、ガーネット相の構造と磁気特性について検討を行った。

## 2. MOD 法 (有機金属分解法)

試料は、MOD 法を用いてガラス基板上に製膜を行った。ガラス基板には、コーニング社製のイーグル XG を使用し、MOD 溶液には高純度化学研究所製の  $\text{Bi}:\text{Y}:\text{Fe} = 1:2:5$  の組成の溶液を使用した。以下に作製手順を示す。MOD 溶液をスピコート法で洗浄したガラス基板上に塗布する。塗布した MOD 溶液内の有機溶剤を除去するために、ホットプレート上で加熱し乾燥する。次に有機物を分解、揮発させるために  $400^\circ\text{C}$  で熱処理を施す仮焼成と呼ばれるプロセスを行う。ここまでのスピコートから仮焼成までのプロセスでは、膜厚が 40 nm 程度

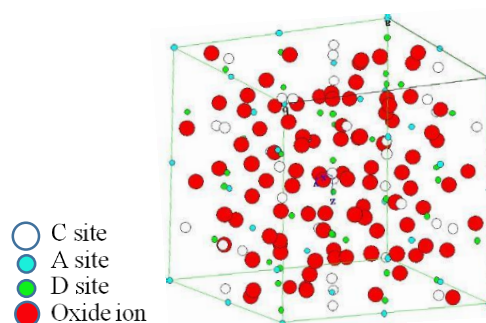


Figure 1 Crystal structure of yttrium iron garnet (YIG)

であり、4 回複層を行った。その後、 $700^\circ\text{C}$  の高温熱処理を施し、金属を酸化、緻密化、結晶化する本焼成を行う。一方、下地層を作る場合は下地にする溶液を基板上にスピコートし、ホットプレートで乾燥した後、仮焼成を省き直接高温で焼成し結晶化することで、その結晶を下地とする。下地層上に 4 回複層を行い、その後本焼成

1: 日大理工・学部・子情, 2: 日大理工・教員・電子

を行った。実験条件を Table 1 に示す。下地層は最終的に結晶化させる Bi:Y:Fe = 1:2:5 の溶液自身を使用した。

### 3. Bi 置換 YIG 薄膜の構造と磁気特性

MOD法で作製したBi置換YIG薄膜のX線回折(XRD)プロファイルをFigure 2に示す。2θ = 32.3°, 35.5°に回折線が観測され、Bi-YIG相の(420)面、(422)面と同定される。2θ = 32°近傍の(420)面からの回折線強度はBi下地がついている#2が#1に比べて10%ほど高い。なお格子定数はXRDの結果から算出すると#1が12.41 Å, #2が12.40Åであり、先行研究<sup>[1]</sup>とほぼ程度であった。

試料の磁気特性を確認するため磁気光学効果を測定した。#1および#2の磁気光学効果の測定結果をFigure.3 に示す。印加磁界は試料に対して垂直方向である。横軸は印加磁界、縦軸はファラデー回転角である。このヒステリシス曲線から、磁化が線形的に変化しており、垂直方向が磁化困難軸、すなわち磁化容易軸は面内になっていることがわかる。下地層有りの#2の方が2倍近い磁気光学効果が得られた。

上述のXRD及び磁気光学効果の結果は、非晶質基板に直接結晶化するよりも、バッファ層を挿入することによって、ガーネット結晶上に結晶化する方法が、結晶度が高くなる可能性を秘めており、今後膜厚による効果との切り分けが必要である。

### 4. まとめ

MOD法を用いて、ガラス基板にBi置換イットリウム鉄ガーネット相を作製した。下地層をつけることで、結晶の回折線の強度が若干上昇したこと、格子定数が小さくなったこと、作製した膜は面内磁化になっており、磁気光学効果が2倍程度増えたことが確認できた。

### 5. 参考文献

[1] S. Ikehara, K.Wada, T. Kobayashi, S.Goto, T.Yoshida, T.Ishibashi, T.Nishi: "Preparation and Characterization of Bi<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> Thin Films Grows on Glass Substrates by MOD Method," J. Magn. Soc. Jpn, vol. 36, pp.169-172, 2012.

Table 1 Experiments conditions

	Spin Coating	Dry	Pre anneal temp	Pre anneal	Anneal temp	Buffer
#1	30 s 3000 rpm	100°C 10 min	450°C	4 times	750°C	none
#2	30 s 3000 rpm	100°C 10 min	450°C	4 times	750°C	Bi-YIG

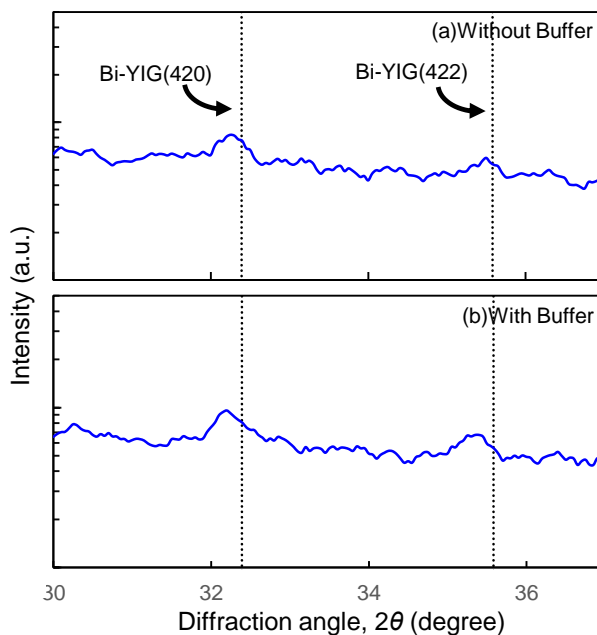


Figure 2 XRD patterns of Bi<sub>1</sub>Y<sub>2</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> (a) without buffer and (b) with buffer

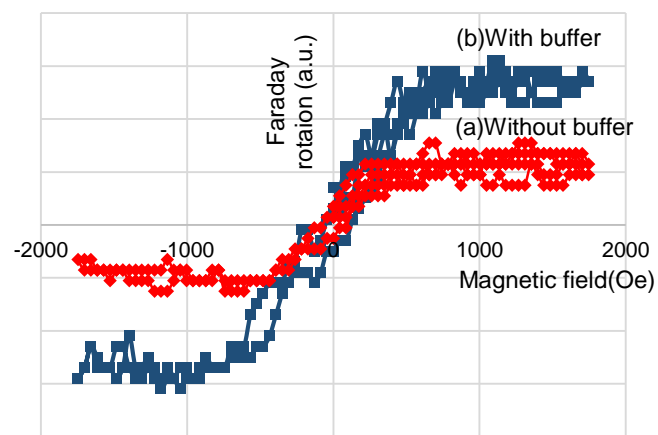


Figure 3 Magneto-optical hysteresis loops of Bi<sub>1</sub>Y<sub>2</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> (a) without buffer and (b) with buffer