# MOD 法により作製した(Nd2BiFe4GaO12)n/ (Nd2BiFe5O12)5-n 積層膜 におけるスピンゼーベック効果

Spin Seebeck effect in (Nd<sub>2</sub>BiFe<sub>4</sub>GaO<sub>12</sub>)<sub>n</sub>/(Nd<sub>2</sub>BiFe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>)<sub>5-n</sub> multilayer films prepared by

## MOD method 山口大院, <sup>©</sup>前田泰斗, 小柳剛, 浅田裕法, 岸本堅剛 Yamaguchi Univ., <sup>©</sup>T. Maeda, T. Koyanagi , H. Asada, K. Kishimoto E-mail: i082vg@yamaguchi-u.ac.jp

**はじめに** 組成の異なる磁性ガーネットを積層した構造にすることでスピンゼーベック効果による起電力を増加できることが報告されている<sup>[1]</sup>. また,ガラス基板上に MOD 法により作製した Y<sub>0.5</sub>Bi<sub>2.5</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>(Bi2.5:YIG) においてはNd<sub>2</sub>BiFe<sub>4</sub>GaO<sub>12</sub>(Bi1:NIGG) をバッファ層とすることで結晶性が 改善することが報告されており<sup>[2]</sup>,積層構造による結晶性改善が期待できる.スピンゼーベック効 果の重要な要因の一つがスピンミキシングコンダクタンスであり,これまで Fe イオン濃度の多い 試料において大きな出力が得られることが報告されている<sup>[3][4]</sup>.そこで,本研究ではGGG 基板上に MOD 法を用いて Bi1:NIGG の上に Nd<sub>2</sub>BiFe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>(Bi1:NIG)を作製した積層膜のスピンゼーベック効果 について検討した.このとき,常磁性金属との界面の磁性ガーネット層の組成の影響を調べるため に、上下の層を入れ換えた Bi1:NIG/Bi1:NIGG も作製し,Bi1:NIG と比較した.

**実験方法** GGG(111)上に Bi1:NIGG の MOD 溶液をスピンコートし、ホットプレート上で乾燥(100℃, 10 min),仮焼成(450℃, 10 min)を行い、この工程を1-5 回それぞれ繰り返した.1回の工程での膜厚は40 nm である.その後、電気炉で本焼成(600℃, 3 hour)を行った.作製したBi1:NIGG 薄膜上に Bi1:NIG 溶液をスピンコートし、乾燥(100℃, 10 min)、仮焼成(450℃, 10 min)を行い、試料全体の溶液の塗布回数が5となるように繰り返し、本焼成(600℃, 3 hour)を行った.したがって、試料全体の膜厚は全て 200 nm となる.Bi1:NIG/Bi1:NIGG 薄膜も同様の方法で作製した.最後に UHV 多元スパッタ装置を用いて白金(1×7 mm<sup>2</sup>,膜厚 10 nm)を成膜し、電極層とした.

実験結果 振動試料型磁力計により作製した試料の磁化 測定を行った結果を Fig.1 に示す. Ga は主として(約90%) Fe の正四面体位置を置換することが知られており、どち らの試料でもBil:NIGGの膜厚が増加するにつれて試料全 体の飽和磁化が小さくなっていることがわかる. Fig.2 に Bi1:NIGG/Bi1:NIG と Bi1:NIG/Bi1:NIGG の各試料における 起電力の測定結果を示す. 温度差 ΔT は 10 K とした. 縦 軸は得られた起電力を測定時の白金の抵抗値で割ったも のである. 最上層を Bil:NIG とした積層膜の出力は最上層 が Bil:NIGG の積層膜よりも大きいことがわかる. 一方, Bi1:NIGG と Bi1:NIG の層数の比率を変えたことによる明 確な関係性はみられなかった.また、今回の積層構造試料 のスピンゼーベック効果による出力は Bil:NIG と比べて 大きく低下したため作製工程を見直したところ,本焼成を 最後にすることや途中での洗浄工程を加えることで Bil:NIG と同等以上の出力を得た.

## 参考文献

石田真彦,応用物理学会誌,87(1),11(2018).
T. Ishibashi et al., J. Appl. Phys., 113, 17A926(2013).
H. Asada *et al.*, J. Appl. Phys., 117, 17C724(2015).
K. Uchida et al., PRB, 87, 104412(2013).

#### (a) Bi1:NIGG/Bi1:NIG



#### -2500 -1500 -500 500 1500 2500 Applied magnetic field [Oe]

### (b) Bi1:NIG/Bi1:NIGG



Fig.2 V<sub>SSE</sub>/R<sub>Pt</sub> of Bi1:NIGG/Bi1:NIG and Bi1:NIG/Bi1:NIGG.