

YIG ナノ結晶から形成された薄膜における 微細構造とスピントロニクス起電力の相関解明

Elucidation of the correlation between microstructure and spin Seebeck voltage in films composed of YIG nanocrystals

°正木信也¹, 山本幹也¹, 近藤慶太¹, 山田啓介¹, 黒川雄一郎²,
塩田陽一³, 森山貴広³, 小野輝男³, 湯浅裕美², 嶋睦宏¹
岐阜大院自¹, 九大シス情², 京大化研³

°S. Masaki¹, M. Yamamoto¹, K. Kondo¹, K. Yamada¹, Y. Kurokawa²,
Y. Shiota³, T. Moriyama³, T. Ono³, H. Yuasa², and M. Shima¹
Gifu Univ.¹, Kyushu Univ.², Kyoto Univ.³

【緒言】 ガーネット構造をもつ磁性絶縁体である $Y_3Fe_5O_{12}$ (YIG) は、ギルバートダンピング定数 (損失定数) が小さくスピン波を長距離伝搬できることから、大きいスピントロニクス起電力^[1]を得ることのできる物質として、近年、スピントロニクス分野において盛んに研究がなされている^[1,2]。本研究では、化学合成法である共沈法とスピコート法およびアニール処理により、多結晶体のナノ粒子から形成された YIG 膜を作製し、アニール温度 (T_a) を変数として YIG 膜の結晶構造、微細構造、磁気特性、SSE 電圧 (V_{SSE}) の変化を調べ、 V_{SSE} と微細構造の相関を明らかにすることを目的とした。

【実験方法】 Fe^{3+} , Y^{3+} の各硝酸水溶液を $Fe^{3+} : Y^{3+} = 5 : 3$ の割合で混合し、アンモニア水溶液を滴下し pH 9.5 を保持しながら共沈法により YIG 前駆体を合成した^[3]。得られた YIG 前駆体をエタノール中に分散させ、スピコート法により Si 基板上に塗布した。次に大気雰囲気下において、 $T_a = 1073 \sim 1223$ K の温度で 30 min アニールを行い、YIG 膜試料を作製した。XRD, SEM, SPM を用いて試料の構造を評価し、VSM、強磁性共鳴 (FMR)、SSE 起電力測定により磁気特性を調べた。

【結果と考察】 スピントロニクス起電力係数 ($S = V_{SSE}^{Sat} / \Delta T$) および熱電性能 ($TP = V_{SSE}^{Sat} \cdot L_z / (L_x \cdot \Delta T)$) のアニール温度 T_a 依存性を図 1 に示す。 T_a の増加に対し S 値の大きさが減少する結果が得られた。 $T_a = 1173$ K における YIG 膜の表面および断面の SEM 像を図 2 に示す。SEM 像から YIG ナノ粒子が凝集しており、画像解析から空隙率は 40% 程あることがわかった。また、ナノ粒子の平均粒子径は T_a の増加とともに増大した。 S 値の減少は、 T_a の増加により YIG 膜を形成する表面の空隙が大きくなり、マグノン励起の不均一性^[4]に起因していると考えられる。本研究では、ナノ粒子の表面微細構造をアニール温度により制御することにより、SSE 起電力を変化させることができることを示した。

【参考文献】 [1] K. Uchida, et al., *Nature* **455**, 778 (2008). [2] K. Uchida, et al., *Appl. Phys. Lett.* **97**, 172505 (2010); [3] B. Huang, et al., *J. Alloys Compd.* **558**, 56-61 (2013). [4] K. Yamada, et al., *J. Magn. Magn. Mater.* **513**, 167253 (2020).

【謝辞】 本研究の一部は、京大化研と名大未来研の R2 年度共同利用・共同研究の助成を受けて行われた。

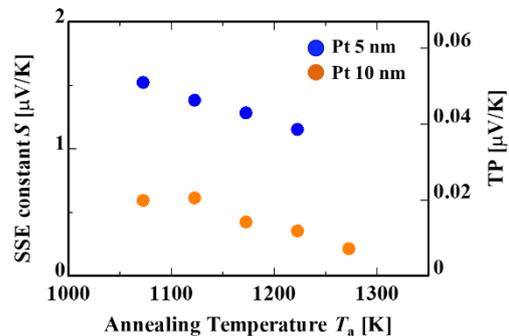


Fig. 1. SSE constant S and TP as a function of T_a .

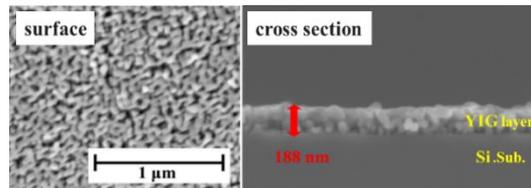


Fig. 2. Surface and cross section images of YIG films measured by SEM.