

置換元素選択による $\text{Y}_3\text{Fe}_{5-x}\text{M}_x\text{O}_{12}$ ($\text{M}=\text{Al}, \text{Ga}, \text{In}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Co-Si}$) 薄膜の スピン凍結温度の制御

The control of Spin Freezing Temperature of Substituted

$\text{Y}_3\text{Fe}_{5-x}\text{M}_x\text{O}_{12}$ ($\text{M}=\text{Al}, \text{Ga}, \text{In}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Co-Si}$) Thin Films by Element Selection

東大院工¹, °(M)寺尾 健裕¹, 山原 弘靖¹, 関 宗俊¹, 田畑 仁¹

Univ. of Tokyo¹, °(M)Kenyu Terao¹, Hiroyasu Yamahara¹, Munetoshi Seki¹, Hitoshi Tabata¹

E-mail: terao@bioxide.t.u-tokyo.ac.jp

希土類鉄ガーネット(RIG)の一種である $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (YIG)は、スピン波の減衰を決めるギルバートダンピング定数が極めて小さく、スピン波デバイス素子として広く研究されている。近年、RIG の一つの LuIG に Co, Si を共添加しスピングラス化することで、RIG 系の低いギルバートダンピング定数を保持しながらも、スピングラス磁性による長期増強作用が報告されている。当グループではこれまでに、スピン凍結温度より低温の 90K においてスピン流によって磁気状態を読み出すシナプス模倣デバイスを報告している[1]。RIG 系スピングラスを工学応用する上で、スピングラスに転移するスピン凍結温度を制御し、高温化することが肝要である。しかし、RIG 系スピングラスについてスピン凍結温度の制御に注目した報告は殆ど存在せず、そのスピングラス素子の物質設計の指針は明らかになっていない。本報告では、YIG に対して Al, Ga, In, Cr, Mn, Co-Si を置換することでスピン凍結温度を変え、RIG 系スピングラスの物質設計指針について議論する。

試料は、 $\text{Y}_3\text{Fe}_4\text{M}_1\text{O}_{12}$ ($\text{M}=\text{Al}, \text{Ga}, \text{In}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Co-Si}$; YIG:M)ペレットを化学量論比に基づく粉末の混合、焼結(大気中 1400°C、6 時間)により作製し、パルスレーザー堆積法($T_s = 750^\circ\text{C}$, $\text{P}_{\text{O}_2} = 0.1 \text{ Pa}$)によって単結晶薄膜を $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (YAG) (001)基板上に(~100 nm)堆積した。結晶構造は X 線回折法によって解析し、その配向性・格子定数を確認した。スピン凍結温度 T_f は超伝導量子干渉計を用いた Zero Field Cooling – Field Cooling (ZFC - FC) 過程によって確認した。Fig. 1 に、置換元素を同 13 族の Al, Ga, In にした YIG: M ($\text{M} = \text{Al}, \text{Ga}, \text{In}$) / YAG(001)薄膜の、外部磁界 $H = 50 \text{ Oe}$ 下における ZFC-FC 過程による磁化の温度依存性曲線(M - T カーブ)を示す。YIG: Al, YIG: Ga 薄膜については、 T_f が~250 K と室温に近く、高温スピングラス相が実現していることが分かる。一方で、YIG: In 薄膜については、 $T_f \sim 40 \text{ K}$ と低温で、高温スピングラス相が実現されなかった。また、YIG: In 薄膜は $T \sim 10 \text{ K}$ で磁化 $M > 5 \mu_B/\text{f.u.}$ となっており、 $M = 2\sim 3 \mu_B/\text{f.u.}$ の YIG:Al, YIG:Ga 薄膜とは大きく異なる。これには、Al, Ga と In の RIG に対する置換サイト選択性が影響しており、置換サイト選択性が交換相互作用 J を大きく変えたことが、 T_f に強く影響していると考えられる。

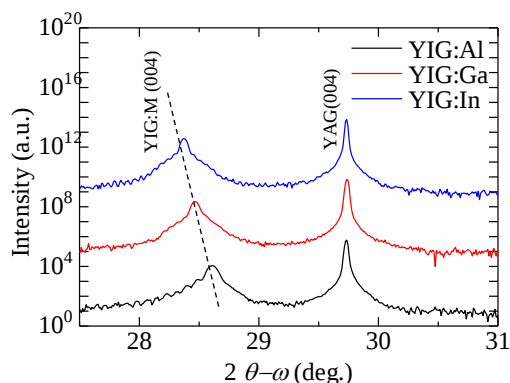


Fig. 1. The XRD pattern of YIG:M ($\text{M} = \text{Al}, \text{Ga}, \text{In}$)

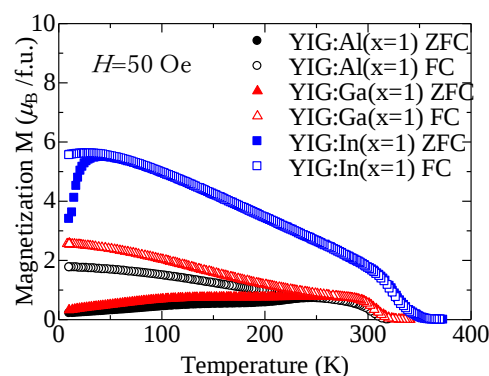


Fig. 2. Temperature dependence of Magnetization of YIG: M ($\text{M} = \text{Al}, \text{Ga}, \text{In}$) :ZFC-FC process

謝辞 本研究の一部は Beyond AI および JST-CREST(JPMJCR2202)助成の助成を得て遂行された。

参考文献 [1] M. Adachi, et al. *Appl. Phys. Express* **8**, 043002 (2015)