

Co,Si 置換 $\text{Lu}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ クラスタースピニングラス薄膜における熱履歴記憶 Memory Effect on Co, Si-substituted $\text{Lu}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ Cluster Spin Glass Thin Films

山原 弘靖¹、三橋 啓多¹、関 宗俊¹、田畑 仁¹ (1.東大院工)

Hiroyasu Yamahara¹, Keita Mitsuhashi¹, Munetoshi Seki¹, Hitoshi Tabata¹ (1.Univ. of Tokyo)

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

スピニングラスは“ランダムネス”と“フラストレーション”の磁気相関により、低温でスピン凍結状態をとる物質である。スピン凍結状態ではメモリ効果やエージング現象と呼ばれるスピニングラスに特徴的な磁気記憶を示し、応用上、興味深い性質として注目されている。本研究ではスピン波/電圧変換材料としての応用が期待されている希土類鉄ガーネット (RIG) を対象とし、元素置換によりスピニングラス (クラスタースピニングラス) 相を実現した $\text{LuFe}_{5-2x}\text{Co}_x\text{Si}_x\text{O}_{12}$ (LFCS) 薄膜における熱履歴記憶現象 (メモリ効果) 及び Pt/LFCS ヘテロ構造の逆スピンホール電圧について報告する。

試料はパルスレーザー堆積法 (PLD 法) によって LFCS ($x = 0 \sim 0.5$) 単結晶薄膜を $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (111) 基板上に堆積し、磁気特性を超伝導量子干渉計 (SQUID) によって調べた。LuIG の Fe-O-Fe 間のスピン強制的秩序相へ異方性の強い Co^{2+} 及び非磁性元素 Si^{4+} を導入することにより、 $\text{LuFe}_4\text{Co}_{0.5}\text{Si}_{0.5}\text{O}_{12}$ ($x = 0.5$) はスピン凍結温度 (T_g) を 190–220 K に有するクラスタースピニングラス磁性を示す。メモリ効果は Sun らに報告されている方法で評価した [1]。磁場中冷却 (FC, $H = 100$ Oe) 過程において $T_{\text{stop}} = 180$ K で温度掃引と磁場を停止し、stretched exponential function ($M(t) = M_0 + M_1 \exp[-(t/\tau)^\beta]$) に従う磁気緩和を行い (図 1(a) 挿入図)、その後、FC 過程で 30 K まで冷却する。磁場印加下で 30 K から 400 K まで 5 K/min で一定に温度掃引し、これをメモリ磁化 (M_{mem}) とする。 M_{mem} は T_{stop} において特異な磁化変化を示し、磁気緩和を伴わないリファレンスとの差分 ($M_{\text{mem}} - M_{\text{ref}}$) や温度微分 (dM_{mem}/dT) において顕著に表れる (図 1(a))。これは磁気緩和を $T_{\text{stop}} = 180, 150, 120$ K で連続的に加えた場合でも同様に見られ、スピニングラス特有の熱履歴を記憶するメモリ効果を示している。逆スピンホール電圧の計測は元素置換量 x の増加に従いダンピング定数が大きく増加するため、LFCS ($x = 0.1$) の試料 ($T_g \sim 180\text{--}200$ K) に対して温度依存性を評価した (図 1(b))。温度の低下に従い Pt 薄膜の低抵抗化と保磁場の増加による電圧減少が見られるが、 T_g 以下でも電圧検出を可能にしている。

[1] Y. Sun, M. B. Salamon, Phys. Rev. Lett. 91 167206 (2003)

謝辞 本研究の一部は科研費基盤研究 S「生体ゆらぎに学ぶゆらぎエレクトロニクス」、若手 B「履歴記憶素子に向けた酸化物クラスタースピニングラスのスピン波研究」および(独)日本学術振興会の「研究拠点形成事業 (A.先端拠点形成型)」の助成を得て遂行された。

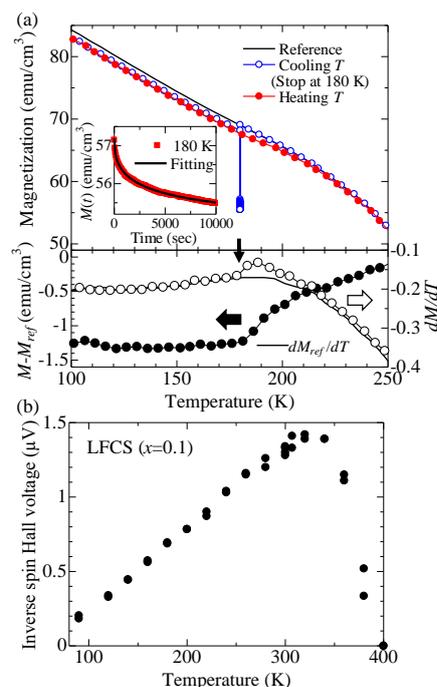


図 1. (a) $T_{\text{stop}} = 180$ K に磁気緩和を伴う、 $\text{LuFe}_4\text{Co}_{0.5}\text{Si}_{0.5}\text{O}_{12}$ 薄膜の磁化とメモリ効果。(b) $\text{LuFe}_{4.8}\text{Co}_{0.1}\text{Si}_{0.1}\text{O}_{12}$ 薄膜の逆スピンホール電圧の温度依存性。