

エピタキシャル歪みによる Co,Ge 置換 $\text{Lu}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 薄膜の スピングラス特性制御

Control of Spin Cluster Glass Behaviors by Epitaxial Strain in Co, Ge-substituted $\text{Lu}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ Thin Films

東大院工¹, °(B)寺尾 健裕¹, 山原 弘靖¹, 田畑 仁¹

Univ. of Tokyo¹, °(B)Kenyu Terao¹, Hiroyasu Yamahara¹, Hitoshi Tabata¹

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

スピングラスはスピンの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特徴的な磁気記憶を示し、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を対象とし、異方性 Co^{2+} と非磁性 Ge^{4+} の元素置換によりスピングラス相を実現した $\text{Lu}_3\text{Fe}_{4.8}\text{Co}_{0.1}\text{Ge}_{0.1}\text{O}_{12}$ (LFCG) 薄膜を作製した[1]。さらに膜厚変化に伴うエピタキシャル歪みがスピングラス挙動に及ぼす影響について報告する。

試料はパルスレーザー堆積法によって LFCG 単結晶薄膜を $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (YAG) (001) 基板上に堆積した。LuIG と YAG の格子ミスマッチは 2.1% で転位が発生する臨界膜厚は 12 nm と見積もられる。X 線回折逆格子空間マッピング(RSM)で結晶成長と格子歪みを確認し、磁気特性は超伝導量子干渉計によって調べた。図 1 に膜厚が 5 nm, 30 nm, 45 nm の LFCG 薄膜の RSM を示す。膜厚 5 nm の試料では面内方向が基板に拘束され、 $c/a=1.04$ の正方晶に歪んでいる一方、膜厚が 30 nm, 45 nm と臨界膜厚を超えて増加するに従い立方晶 ($c/a=1.00$) に格子緩和する。図 2 に膜厚 45 nm の LFCG 薄膜の交流磁化率温度依存性を示し、スピングラスに特徴的なカスプの周波数シフトがみられた。周波数シフトは $k=\Delta T_p/T_p\Delta(\log_{10}f)$ によって評価され、 $k\sim 0.008$ であった。これはスピングラスの先行類似研究で報告されている値と一致する[2]。また、交流磁化率測定のカスプ温度により決定される各試料のスピン凍結温度は、膜厚 5 nm の正方晶均一歪領域試料では 320-350K、膜厚 30nm の膜厚方向傾斜歪領域試料では 350-360K、膜厚 45nm の完全格子緩和領域試料では 370-380K を示した。これより、結晶膜厚を変化させることで結晶構造を制御し、正方晶から格子緩和させることでスピン凍結温度幅は減少する一方、スピン凍結温度を上げられることが明らかとなった。

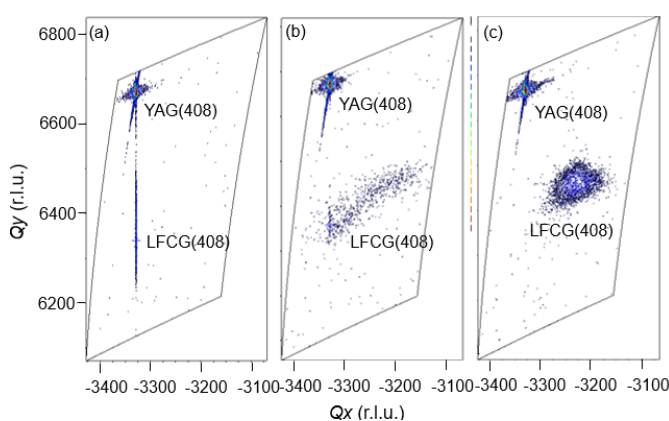


図 1. LFCG 薄膜の逆格子マッピング
膜厚(a) 5nm (b) 30nm (c) 45nm

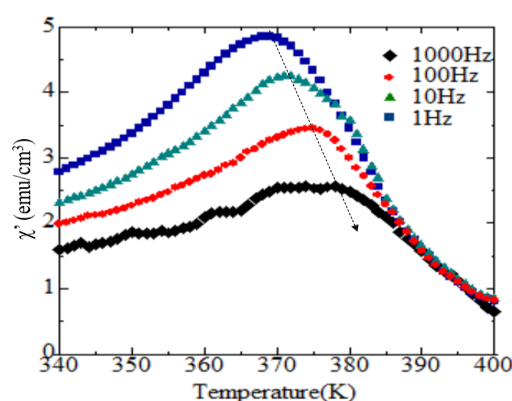


図 2. LFCG 薄膜 (膜厚 45nm) の交流
磁化率温度依存性(実部)

謝辞 本研究の一部は「Beyond AI」の助成を得て遂行された。

参考文献 [1] Yamahara et al., J. Magn. Magn. Mater, 501, (2020), [2] A. Kumar et al., J. Appl. Phys, 110, (2011), 043926