$Lu_3Fe_{5-2x}Co_xSi_xO_{12}$ 薄膜におけるリエントラントクラスターグラス特性

Re-entrant cluster glass properties of $Lu_3Fe_{5-2x}Co_xSi_xO_{12}$ thin films

東大院工[1] ○足立 真輝[1], 那須 英和[1], 山原 弘靖[1], 関 宗俊[1], 松井 裕章[1], 田畑 仁[1]

Univ. of Tokyo[1], ○Masaki Adachi[1], Hidekazu Nasu[1], Hiroyasu Yamahara[1], Munetoshi Seki[1], Hiroaki Matsui[1], Hitoshi Tabata[1]

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

クラスターグラスとは、ランダムな状態でスピンが凍結した材料のことで、脳神経回路における連想記憶モデルと非常に類似したハミルトニアンで表される。そのため、脳型コンピュータを実現する材料となり得ることが古くから指摘されていたものの、スピン情報を抽出することが難しく、研究の中心は計算機科学分野であった。そこで、我々はスピンポンピングというスピン情報を電気信号に変換する技術[1]を用いて、クラスターグラスのスピンから電気信号を抽出することを試みた。ここで、我々はスピンポンピングにおいて中心材料である希土類鉄ガーネットの一種である $Lu_3Fe_5O_{12}$ に磁性不純物 Co・Si を共添加することで、ガーネット構造において室温付近のスピン凍結温度を持つクラスターグラスを作製することに初めて成功した。希土類鉄ガーネットは室温でフェリ磁性のモット絶縁体で、ギルバート減衰係数が極めて低いため、スピン波を積極的に利用するマグノニクス分野における中心材料となっており、クラスターグラスの工学的応用を可能にすると期待される。

本報では、クラスターグラス $Lu_3Fe_{5-2x}Co_xSi_xO_{12}$（LFCSO: x=0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1）を(001)面に配向した $Y_3Al_5O_{12}$ 基板上に、パルスレーザー堆積法で製膜した薄膜を対象とする。Lu_2O_3、Fe_2O_3、CoO、SiO_2 を焼結させたターゲットを、基板温度 750 ℃、酸素分圧 0.6 Pa、ポストアニール 800 ℃の条件で作成し、62-68 nm 厚の薄膜を作製した。これらの薄膜は X 線回折を用いて単相エピタキシャル成長を確認した。SQUID を用いて磁性を評価した結果、ZFC-FC の分岐が見られた。キュリー点以下にグラス転移温度があることから、リエントラントグラスであることが確認できる。静磁場に対するグラス転移温度は、添加量を増やすごとに増加していき、x = 1 のときには、スピン凍結温度 T_f = 283 K を得た（図 1）。これは、Co^{2+}イオンの磁気異方性に起因すると推察される。また、グラス転移温度の磁場依存性は、イジングスピン模型で説明される AT 線によって上手く説明されたが、FC 過程のスケーリング則の結果からは、臨界指数 β = 0.4 とイジング模型で表される値（β = 0.326）よりも大きくなっているため、平均場模型で表されるようなクラスターグラス状態にあることが示唆される。また、グラス転移温度以下の温度における熱残留磁化の長時間緩和は、べき関数モデルで説明された。一般的に、グラス転移温度以下は、べき関数モデル、グラス転移温度以上では拡張指数関数モデルで説明されるので、クラスターグラスの理論に沿う結果となった。

次に、x-band (9.08 GHz)を用いた ESR 測定の結果について説明する。$0 \leq x < 1$ の添加量において、室温強磁性共鳴を観測した。強磁性共鳴の半値幅は、添加量が増えるごとにブロードニングする傾向にあることがわかった。これは、磁性不純物を添加したことによって、ガーネット構造のカゴメ格子が幾何学的フラストレーションを受けた結果、スピンの向きがバラバラになっていることを反映していると考えられる。低温 ESR 測定の結果、結晶場に由来する 5 つの磁気共鳴が観測され、ZFC-FC 過程において、磁気吸収の強度・共鳴磁場が変化することが確認された。詳細な議論については、当日発表する。

謝辞 本研究は、独立行政法人日本学術振興会の「研究拠点形成事業（A.先端拠点形成型）」の助成を得た。

参考文献 1. I. Žutić and H. Dery, Nat. Mater. **10**, 647 (2011)

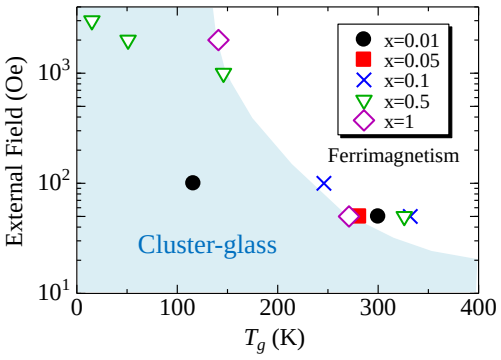

Fig. 1 Stress dependence of the squared resonant frequency of spin-phonon coupling mode in strain-gradient rare-earth garnet thin films.

© 2015年 応用物理学会