

軌道フェリ磁性体を用いた軌道角運動量と異方性エネルギーの測定

Measurement of L and anisotropy energy using orbital ferrimagnetic material

筑波大学

小泉 洸生、井上 順一郎、柳原 英人

Univ. of Tsukuba H. Koizumi, Jun-ichiro Inoue, and H. Yanagihara

E-mail: s1930092@s.tsukuba.ac.jp

Introduction

CoMnO₃ (CMO)は、イルメナイト構造の酸化物で Co²⁺ (d^7 : $S = 3/2$)と Mn⁴⁺ (d^3 : $S = 3/2$)が規則的な層構造をとり、互いに反強磁性的な結合で結ばれているため、それぞれのスピンは打ち消し合う。しかし、六配位の結晶場中の Co²⁺ は軌道角運動量が消失せず、系全体では Co の軌道角運動量のみが残る「軌道フェリ磁性」となる[1]。一般に、軌道角運動量が消失していない磁性体では、スピン軌道相互作用 (SOI)により大きな磁気異方性 (K_u) が発現することが知られており、CMOにおいても巨大な負の K_u が観測されている[2]。

Co²⁺が含まれるフェリ磁性体として知られている CoFe₂O₄ の K_u とその温度変化については、SOI を取り入れた Co²⁺ の single ion model を用いて理論的な説明が Slonczewski によりなされ、 K_u は SOI の 2 次 に比例し、その温度依存性は指数関数的に減少することが示された[3]。そこで、軌道フェリ磁性である CoMnO₃ の磁化と K_u の温度依存性を測定することで磁気異方性エネルギーと軌道角運動量の関係を調査した。

Method

試料は反応性 RF マグネトロンスパッタリング法により作製した。ターゲットには CoMn(1:1) 合金を用い、Ar +O₂ (15:2) 雰囲気中で成膜を行った。作製した試料の磁気特性の評価には VSM による磁化容易軸方向の磁化測定 (± 9 T, @110~390 K)および、磁気トルク測定 (9 T, @110~390 K) を行った。

Results

VSM と磁気トルク測定の結果より、 M_S と K_u の温度依存性をプロットすると M_S と K_u が広い温度範囲で比例していることが確認された(Fig.1)。軌道フェリ磁性では、 $M_S \propto \langle L_z \rangle$ であるため、この結果は K_u が軌道角運動量の 1 次 に比例することを示唆する。この関係を説明するために、クラスターモデルにより計算したところ、確かに CMO では、軌道角運動量と K_u が比例することが示された。講演では、 K_u の温度依存性について、その詳細を報告する。

参考文献

- [1] R. M. Bozoth, et al, J. Phys. Chem. Solids. Pergamon Press. **5**, 299(1958).
- [2] H. Koizumi, et al, Phys. Rev. Materials **3**, 24404 (2019).
- [3] J. C. Slonczewski, Phys. Rev., **110**, 1341 (1958).

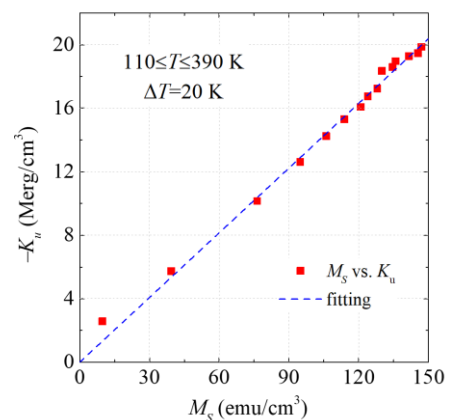


Fig.1 M_S vs. K_u at various temperature.

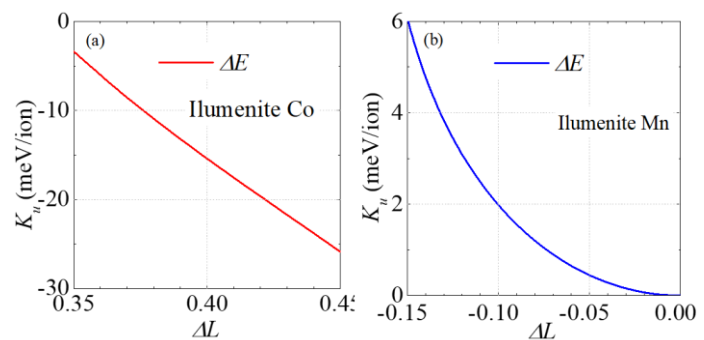


Fig.2 (a) The relationship between $\Delta L = L_x - L_z$ and ΔE , of Co²⁺ and (b) that of Mn⁴⁺