

## スピネルフェライト薄膜の一軸異方性と軌道角運動量

井上順一郎<sup>1,2</sup>、田結庄健<sup>1</sup>、松本光玄<sup>1</sup>、柳原英人<sup>1</sup>、喜多英治<sup>1</sup>

(筑波大学理工学域<sup>1</sup>、東北大学応用物理学専攻<sup>2</sup>)

Uniaxial magnetic anisotropy and orbital angular momentum of spinel-ferrite thin films

J. Inoue<sup>1,2</sup>, T. Tainosho<sup>1</sup>, M. Matsumoto<sup>1</sup>, H. Yanagihara<sup>1</sup>, and E. Kita<sup>1</sup>

(Inst. Appl. Phys., Univ. of Tsukuba<sup>1</sup>, Dept. Appl. Phys. Tohoku University<sup>2</sup>)

### はじめに

CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>およびNiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>などのスピネルフェライトはよく知られた酸化物磁性体である。最近スパッタ法を用いてエピタキシャル成長させたこれらのスピネルフェライト薄膜において、良好な磁気特性が発現する。特に、MgO(001)基板上的コバルトフェライトは10Merg/cm<sup>3</sup>以上の一軸異方性を示す[1]。さらにMgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(001)基板上的CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>およびNiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>薄膜も面内磁気異方性ながら大きな磁気異方性を示す[2,3]。このよう大きな磁気異方性はスピネルフェライトの格子定数が(001)基板により変調されるため生じると理解され、現象論を用いて定式化されている[4]。しかしながら、その現象論では異方性エネルギーと格子定数  $c/a$  との関係が不明瞭のままとなっている。そこで本研究では電子論を用いて、磁気異方性と  $c/a$  との関係を明らかにする。併せて、磁性イオンの軌道角運動量の  $c/a$  依存性を求め、実験と比較する。

### モデル

磁性イオンとその周りの再隣接酸素イオンを含むクラスターに、p-d 混成とスピン軌道相互作用 (SOI) を取り入れた1電子モデルを採用する。電子状態の計算には既存の tight-binding 法を採用する。SOI としては原子内 SOI を採用する。磁化方向を変化させたときの基底状態のエネルギーから磁気異方性エネルギーを求める。

### 計算結果

スピネルフェライト内 Fe<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>イオンの面直・面内磁気異方性エネルギーの  $c/a$  依存性をそれぞれ Fig. 1 (a), (b), (c)に示す。緑色で示した領域が実験値に対応する。SOI の値を 0.01-0.02 eV/atom とすると実験結果をよく説明できる。また現象論の結果も再現している。

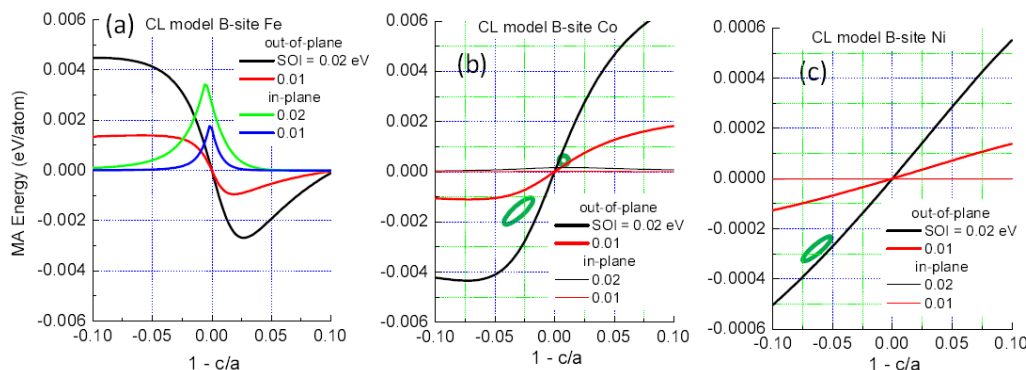


Fig.1 (a) Fe<sup>2+</sup>, (b)Co<sup>2+</sup>, (c) Ni<sup>2+</sup>における面直・面内磁気異方性の  $c/a$  依存性。緑枠領域が実験値。

**参考文献** : [1] T. Niizeki et al., APL103, 162409(2013), [2]田結庄ら、日本磁気学会 8pB14 (2015)、[3]松本ら、日本磁気学会 8pB12 (2015)、[4] J. Inoue et al., Matr. Res. Exp. 1, 046106 (2014).