

MgAl₂O₄ (001) 基板上にエピタキシャル成長した NiFe₂O₄ 薄膜の負の垂直磁気異方性

松本光玄、田結荘健、久松裕季、井上順一郎、Sonia Sharmin、柳原英人、喜多英治
(筑波大学 物理工学域)

Negative perpendicular anisotropy in NiFe₂O₄ (001) epitaxial film grown on MgAl₂O₄(001)
M. Matsumoto, T. Tainosho, Y. Hisamatsu, J. Inoue, S. Sharmin, H. Yanagihara, and E. Kita
(Inst. of Appl. Phy. Univ. of Tsukuba)

はじめに

CoFe₂O₄ の強い磁気異方性は、Co²⁺ の 3d⁷ の電子状態がその起源であると考えられている。我々は *t*_{2g} 軌道のみを考慮した 1 イオンモデルを用いて、CoFe₂O₄ エピタキシャル薄膜の異方性の発現機構を調べたところ、正方歪を導入した後も *t*_{2g} 軌道の縮退が残る事で大きな軌道角運動量が生じるために、スピン軌道相互作用を通じて大きな一軸性の異方性が現れる事が分かった[1]。そこで今回、電子数が一つ多い電子状態を持つ NiFe₂O₄ エピタキシャル薄膜の異方性について調べた。MgAl₂O₄(001) を下地基板として面内圧縮歪を導入した NiFe₂O₄ は、Ni²⁺ の 3d⁸ が *t*_{2g} 軌道を全て占有しているにもかかわらず、大きな負の垂直磁気異方性が発現することが実験的に明らかになったので報告する。

実験方法

ターゲットには NiFe 合金 (1:2 atm 比) を用いた反応性 RF マグネトロンスパッタリングにより成膜を行った。試料膜厚が 9 nm から 79 nm の計 5 試料を成膜した。成膜した試料は X 線回折法による格子定数評価、磁化測定、磁気トルク測定を行った。

実験結果

Fig. 1 に膜厚 41 nm の試料の磁化曲線を示す。2つの磁化曲線を面内磁化膜であることが分かる。磁界印加方向が面直に垂直の場合には大きな異方性磁界が現れ、磁気異方性定数は -6.0 Merg/cm³ と見積もられた。Fig. 2 に同試料の磁気トルク曲線を示す。宮島の方法[2]を用いて飽和磁化、磁気異方性定数をそれぞれ求めると、230 ± 1 emu/cm³、-7.6 ± 0.1 Merg/cm³ となり、磁化曲線から得られた値と良く一致した。また磁気異方性の起源がエピタキシャル歪に伴う磁気弾性効果によるもの、並びに NiFe₂O₄ が等積変形をしていると仮定して、X 線回折法により得られた面直方向格子定数 *a*_⊥ = 0.856 nm を用いて計算を行うと、*K*_{me} = -4.5 Merg/cm³ が得られた。これらの結果は、エピタキシャル歪のように導入された歪みが大きい場合には、逆磁歪効果による磁気異方性の現象論的な取扱いが不十分であることを示唆している。

参考文献

- [1] J. Inoue et al., 2014 Mater. Res. Express 1 046106
[2] H. Miyajima et al., J. Appl. Phys.1974,47, 4669-4671

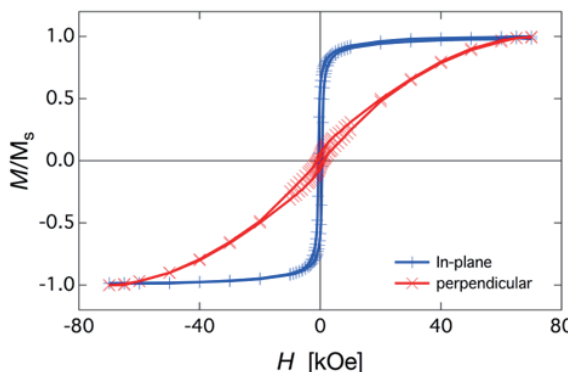


Fig. 1 膜厚 40.8[nm] の試料の磁化曲線

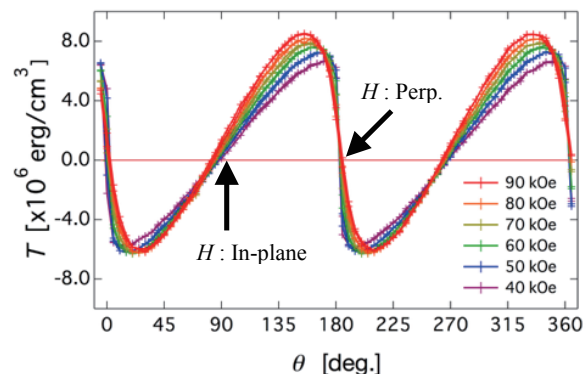


Fig. 2 膜厚 40.8[nm] の試料の磁気トルク曲線