

FePt/FeCo 二層膜の結晶構造並びに表面・界面異方性

王 博羽中, 大宮 裕之, 吉田 真司, 荒川 明, 佐々木 博美, 佐久間 昭正*, 石尾 俊二
(秋田大工資, 東北大学*)

Crystalline structure and surface/bulk magnetic anisotropy in FePt/FeCo bilayer films

B. Wang, H. Oomiya, S. Yoshida, A. Arakawa, H. Sasaki, A. Sakuma, S. Ishio
(Akita Univ., Tohoku Univ.)

はじめに: FePt は 10^7 erg/cm^3 を超える大きな一軸磁気異方性を示す。bcc FeCo は磁性材料の中で、最も大きな飽和磁化を有す金属磁性材料であり、更に正方晶歪 ($c/a \sim 1.2$) を付加することによって、FePt と同レベルの一軸磁気異方性 K_u が誘起されることが第 1 原理計算並びにいくつかの実験によって報告されている。これらより FePt と FeCo に複合材料は、FeNdB のエネルギー積を越える永久磁石材料、あるいは現在盛んに研究されている二次元記録、熱アシスト記録、パターン記録等に対応可能な次世代 FePt 系メディアとなる可能性がある。本研究では、FePt/FeCo 二層膜の磁気相図、FePt および FeCo 各層の磁気異方性の定量的評価を行い、次いで FePt/FeCo 二層膜の結晶構造との対応および第 1 原理計算結果との比較を行なったので報告する。

実験方法: Fe₆₀Pt₄₀/Fe_{1-x}Co_x (t nm) 薄膜 ($0 \leq x \leq 1; 0 \leq t \leq 10$) は、 10^{-6} Pa の超高真空中で MgO (001) 基板上に製膜した。まず、FePt 層 (10 nm) を製膜後 640 °C でアニールを行い、その後 200 °C に冷却して FeCo $t_{\text{FeCo}} = 0 \sim 10$ nm を製膜した。磁気異方性は、磁化曲線の解析ならびにトルクメータを用いた。磁化曲線の解析では、磁気エネルギー F を次式の一次元モデルで与え、印加磁場の増減に伴う FePt、FeCo 各成分の磁化の安定方向の変化から磁化曲線を算出し、膜面および垂直方向の磁化曲線測定結果とのフィッティングにより膜の一軸磁気異方性 $K_u(\text{FePt})$ 、 $K_u(\text{FeCo})$ を求めた。なおここで F は、以下の通りである。

$$F = \sum_i \{ -M_i H \cos(h - \varphi_i) + (K_u - 2\pi M_i^2) \sin^2 \varphi_i \} V_i + \sum_i J_{i,i+1} \cos(\varphi_i - \varphi_{i+1}) / t$$

ここで、 i は磁性層の番号、 h 、 φ_i は磁場及び磁化が c 軸となす角度である。

実験結果: Fig1 は、FePt、FeCo の各層の磁気異方性である。FeCo 膜厚が 1 nm 以下のときは FeCo も FePt 同程度の K_u を保持しており、両者の分離は困難である。次いで FeCo の K_u は次第に減少するが、膜厚が 2 nm でも正の値を有している。更に 2 nm 以上になると、 K_u はゼロもしくは負の値に転ずる。断面 TEM 観察および X 線観察の結果によれば、FePt 上に製膜した FeCo では、初期層として FePt (001) 面に整合した fcc 相が形成され、その後格子緩和を起し bcc 格子へと変化し c/a は 1 に近づく。また第 1 原理計算の結果から、FeCo 中に生じる FePt 層との界面効果は、およそ 1 nm 程度で消失すると考えられる。即ち、膜厚が 2 nm のときの磁気異方性はほぼバルク効果と考えられる。そこで、FeCo 膜厚が 2 nm の時の FeCo 依存性を Fig2 に示した。図のように K_u の組成依存性は、FeCo が正方晶歪を有する場合の第 1 原理計算の傾向とよく一致している。結晶構造と磁気異方性の実験結果を合わせ、膜厚 2 nm 程度の FeCo 膜の磁気異方性は、正方晶歪によるものと考えられる。

以上をまとめると、膜厚 1 nm 以下の fcc 初期層では、FePt との界面効果と正方晶歪の両者により磁気異方性が誘起され、1 nm 以上では正方晶歪が一軸磁気異方性を誘起していると考えられる。更に膜厚を増加すると正方歪が緩和され、磁気異方性も消失する。

本研究は JST 産学共創基礎基盤研究プログラム「次世代磁石」による支援うけて行われたものである。

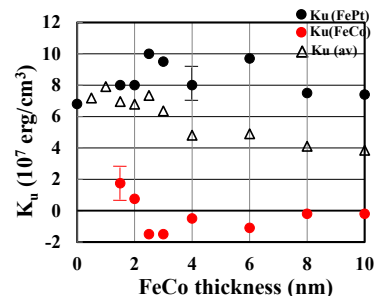


Fig.1 Thickness dependence of uniaxial anisotropy K_u of FePt and FeCo in the FePt/FeCo bilayer.

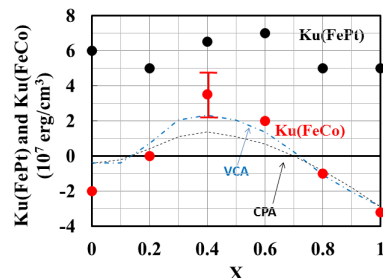


Fig.2 Composition dependence of uniaxial anisotropy K_u of Fe_{1-x}Co_x in the FePt/FeCo bilayer.