

単結晶基板上に形成した FePt 合金膜の構造に及ぼすキャップ層の影響

中村将大¹・落合亮真¹・大竹充^{1,2}・二本正昭¹・桐野文良³・稲葉信幸⁴
 (¹中央大, ²工学院大, ³東京藝大, ⁴山形大)

Influence of Cap-Layer on the Structure of FePt Alloy Thin Films Formed on Single-Crystal Substrates

Masahiro Nakamura¹, Ryoma Ochiai¹, Mitsuru Ohtake^{1,2}, Masaaki Futamoto¹,
 Fumiyoshi Kirino³, and Nobuyuki Inaba⁴

(¹Chuo Univ., ²Kogakuin Univ., ³Tokyo Univ. Arts, ⁴Yamagata Univ.)

はじめに $L1_0$ 構造を持つ FePt 規則合金は 6.6×10^7 erg/cm³ の K_u を持つため、この薄膜は磁気記録媒体や MRAM などの応用に向けて研究されている。薄膜応用では磁化容易軸である c 軸を膜面垂直方向に制御する必要がある。FePt 膜より大きな格子定数を持つ(001)基板との格子不整合により生ずる面内方向の引張応力を利用することが有効であると考えられている¹⁻³。これまで、我々は MgO(001)基板との格子不整合による応力に加え、MgO キャップ層を導入して界面で発生する応力を重畳させて FePt 膜の結晶配向制御を試みてきた³。本研究では、格子定数の異なる複数種の単結晶基板上に FePt 膜を形成し、MgO キャップ層の有無が $L1_0$ -FePt 合金膜の結晶配向と規則度に及ぼす影響を調べた。

実験方法 膜形成には、超高真空 RF マグネトロンスパッタリング装置を用いた。基板として、MgO, MgAl₂O₄, SrTiO₃(001)単結晶を用いた。基板温度 200 °C で 10 nm 厚の FePt 膜を堆積させ、不規則構造 (A1) の FePt(001)単結晶膜を形成した。このとき、各基板格子に対する A1-FePt(001)の不整合は、それぞれ、-9.8%, -5.5%, -2.0%となる。A1-FePt 膜上に基板温度 200 °C で 2 nm 厚の MgO キャップ層をヘテロエピタキシャル成長させ、その後、 $L1_0$ 相への規則化促進のため、600 °C での熱処理を施した。また、同様な方法で、キャップ層無しを試料も作製した。構造評価には RHEED, XRD, AFM, 磁気特性評価には VSM を用いた。

実験結果 MgO, MgAl₂O₄, SrTiO₃基板上に形成したキャップ層が無い FePt 膜の面外および面内 XRD パターンを Fig. 1(a)-(c)に示す。いずれの膜に対しても、面外パターンでは、FePt 膜からの基本反射に加え、FePt(001)超格子反射が観察されており、 $L1_0$ 相へ規則化していることが分かる。また、面内パターンにおいても、低強度ではあるが FePt(001)超格子反射が現れており、膜中に c 軸が面内に向いた $L1_0(100)$ および (010) バリエントが僅かに混在していることが分かる。Fig. 1(d)-(e)にキャップ層有りの試料の XRD パターンを示す。格子不整合が最大の MgO 基板の場合、面内 FePt(001)反射が観察されておらず、 c 軸が面直に向いた $L1_0(001)$ 結晶のみになるような配向制御が実現されている。また、MgAl₂O₄ および SrTiO₃ 基板の場合、面内 FePt(001)反射が現れているが、キャップ層無しを試料に比べ、反射強度が低下しており、面内バリエントの体積比率が減少していることが分かる。Fig. 2に格子定数比 c/a および規則度 S の格子不整合依存性を示す。不整合の絶対値の増加に伴い、正方晶の c/a が減少傾向になり、規則化も促進されていることが分かる。また、キャップ層の導入により、不整合の効果がより顕著になっていることが分かる。

参考文献

- 1) K. F. Dong, H. H. Li, and J. S. Chen: *J. Appl. Phys.*, **113**, 233904 (2013).
- 2) A. Hotta, T. Ono, M. Hatayama, K. Tsumura, N. Kikuchi, S. Okamoto, O. Kitakami, and T. Shimatsu: *J. Appl. Phys.*, **115**, 17B712 (2014).
- 3) M. Ohtake, A. Itabashi, M. Futamoto, F. Kirino, and N. Inaba: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **39**, 167 (2015).

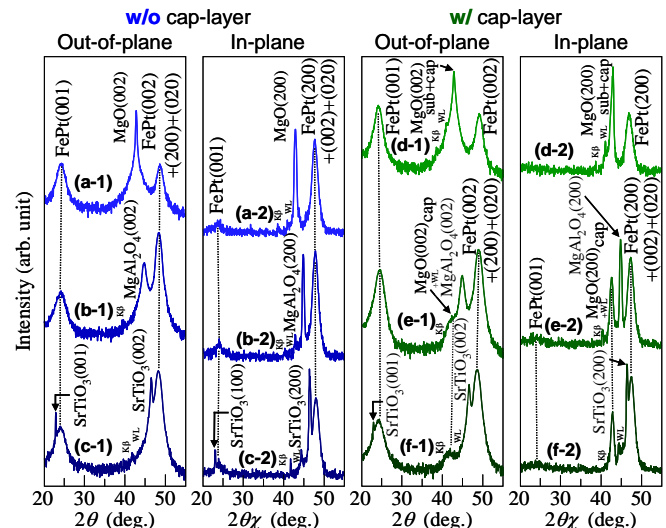


Fig. 1 (a-1)–(f-1) Out-of-plane and (a-2)–(f-2) in-plane XRD patterns of FePt films (a)–(c) without and (d)–(f) with MgO cap-layers deposited on [(a), (d)] MgO, [(b), (e)] MgAl₂O₄, and [(c), (f)] SrTiO₃ substrates.

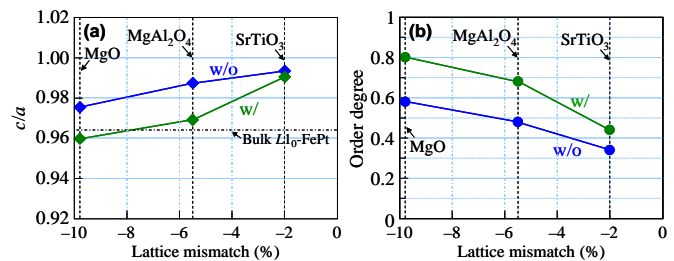


Fig. 2 Effects of lattice mismatch on (a) c/a and (b) order degree of FePt film with and without MgO cap-layer.