

$L1_0$ 型構造を持つ FePt 合金薄膜の c 面配向精密制御

大竹充・板橋明・二本正昭・桐野文良*・稲葉信幸**

(中央大, *東京藝大, **山形大)

Accurate Control of c -Plane Orientation of FePt Alloy Thin Film with $L1_0$ Structure Parallel to the Surface

Mitsuru Ohtake, Akira Itabashi, Masaaki Futamoto, Fumiyoshi Kirino, and Nobuyuki Inaba

(Chuo Univ., *Tokyo Univ. Arts, **Yamagata Univ.)

はじめに $L1_0$ 型構造を持つ FePt 規則合金は $6.6 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ の高い K_u を示す。そのため、この合金薄膜は高密度磁気記録媒体や MRAM などへの応用に向けて盛んに研究されている。デバイス応用のためには、磁化容易軸である $[001]$ 方位 (c 軸) を面直一方向に制御する必要がある。しかしながら、 (001) 配向の多結晶下地層、もしくは、単結晶基板上に膜形成を行うと、 c 軸が面直に向いた $L1_0(001)$ 結晶に加え、 c 軸が面内に存在する $L1_0(100)$ 結晶が膜中に混在する可能性がある^{1,2)}。これまでに、我々は、高基板温度製膜³⁾、もしくは、低温製膜後に熱処理⁴⁾を施すことにより、MgO(001)基板上に $L1_0$ 構造を持つ 40 nm 厚の FePt 膜を形成してきた。いずれの方法で形成した膜においても、 $L1_0(100)$ 結晶が混在した。 c 軸方位制御には、面直方向の格子圧縮、もしくは、面内方向の膨張が有効であると考えられる。本研究では、MgO(001)基板上に低基板温度 (200 °C) でエピタキシャル成長させた 2~40 nm 厚の不規則構造の単結晶 FePt 膜上に、2 nm 厚の MgO キャップ層を形成した。その後、600 °C の熱処理を施すことにより $L1_0$ 構造への規則化を促進させた。FePt 膜に対して約 10% の格子ミスマッチを持つ基板およびキャップ層で挟み込んだ状態で規則化させることにより、面内方向の引っ張り応力を促進させ、 c 軸方向の精密制御を試みた。

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。構造評価には RHEED および XRD ($2\theta/\omega$ スキャン面外および $2\theta/\phi$ スキャン面内測定)を用いた。表面形態観察には AFM、磁化曲線測定には VSM を用いた。なお、 $L1_0$ (規則) と $A1$ (不規則) 構造の基本結晶軸の方位は異なるが、本研究では、 $A1$ 構造の表記法を用いて、 $L1_0$ 構造を示している。

実験結果 $L1_0$ 構造の (001) および (100) 面の構造因子は、それぞれ、 $S(f_{\text{Pt}} - f_{\text{Fe}})$ および 0 で表せる (S : 規則度, f : 原子散乱因子)。そのため、面外 XRD パターンにおいて、 (001) 超格子反射が観察されている場合、 $L1_0(001)$ 結晶が形成されていることを示し、面内パターンにおいても超格子反射が確認される場合、 $L1_0(100)$ 結晶も混在していることを意味する。熱処理後のキャップ層無しおよび有りの 10 nm 厚の FePt 膜の XRD パターンを、それぞれ、Fig. 1(a) および (b) に示す。キャップ層無しの膜に対しては、面外パターンだけでなく、面内パターンにおいても、強度は弱い (001) 超格子反射が観察されており、膜中に $L1_0(100)$ 結晶が混在していることが分かる。一方、キャップ層有りの膜に対しては、面外パターンにおいてのみ、超格子反射が確認でき、 $L1_0(001)$ 結晶のみから構成されていることが分かる。また、キャップ層無しおよび有りの膜の格子定数比および規則度 ($c/a, S$) は、それぞれ、(0.9781, 0.58) および (0.9599, 0.82) であった。キャップ層を設けることにより、格子変形が促進され、規則度も向上した。これらの膜の磁気特性を Fig. 2 に示す。いずれの膜も、垂直磁気異方性を示しているが、キャップ層有りの膜の面内磁化曲線の保磁力は、非常に小さいことが分かる。これは、 $L1_0(001)$ 結晶からのみ構成され、更により高い規則度を持つ FePt 膜の磁気特性を反映した結果であると考えられる。当日は、FePt 膜厚を変化させた場合の格子歪、 c 軸方位、規則度、および、磁気特性の関係について、詳細に議論する。

参考文献

- 1) S. Jeong, T. Ohkubo, A. G. Roy, D. E. Laughlin, and M. E. McHenry: *J. Appl. Phys.*, **91**, 6863 (2002).
- 2) Y. K. Takahashi, K. Hono, T. Shima, and K. Takanashi: *J. Magn. Mater.*, **267**, 248 (2003).
- 3) M. Ohtake, S. Ouchi, F. Kirino, and M. Futamoto: *J. Appl. Phys.*, **111**, 07A708 (2012).
- 4) A. Itabashi, M. Ohtake, S. Ouchi, F. Kirino, and M. Futamoto: *EPJ Web Conf.*, **40**, 07001 (2013).

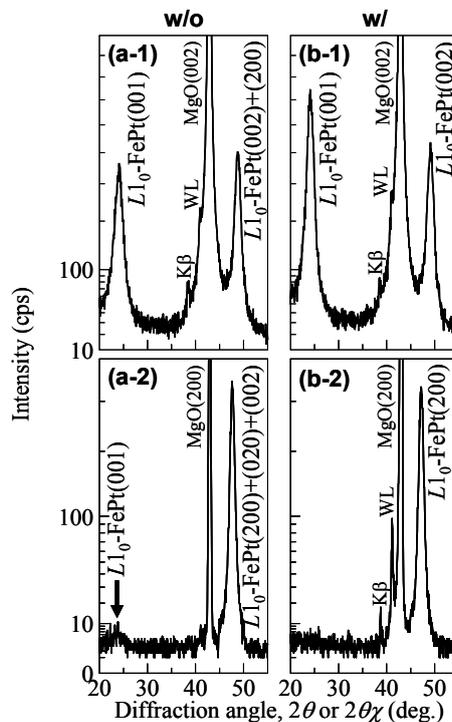


Fig. 1 (a-1, b-1) Out-of-plane and (a-2, b-2) in-plane XRD patterns of 10-nm-thick FePt films (a) without and (b) with cap layers after annealing at 600 °C. The scattering vector of in-plane XRD is parallel to MgO[200].

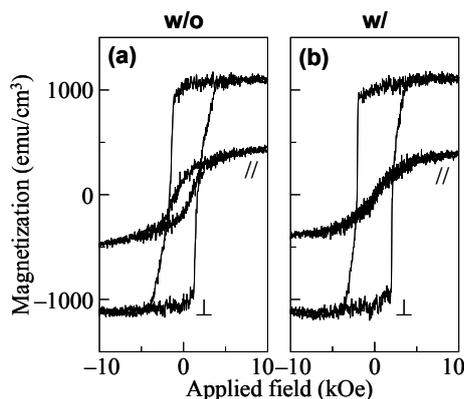


Fig. 2 Magnetization curves measured for 10-nm-thick FePt films (a) without and (b) with cap layers after annealing at 600 °C.