

異なる結晶構造の下地層上に形成した エピタキシャル FePt 合金薄膜の構造解析

沼田裕介・大竹充・二本正昭・桐野文良*・稲葉信幸**
(中央大, *東京藝大, **山形大)

Structural Analysis of Epitaxial FePt Alloy Thin Films
Deposited on Underlayers with Different Crystal Structures

Yusuke Numata, Mitsuru Ohtake, Masaaki Futamoto, Fumiyoshi Kirino*, and Nobuyuki Inaba**
(Chuo Univ., *Tokyo Univ. Arts, **Yamagata Univ.)

はじめに FePt 合金は c 軸方向に $6.6 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ の高い K_u を持ち、その薄膜は磁気記録媒体や MRAM などへの応用に向けて研究されている。デバイス応用では磁化容易軸である c 軸の方位制御が重要となる。 c 軸方位は下地層の結晶構造や結晶方位によって変化する^{1,2)}。本研究では、(001)もしくは(110)単結晶基板上にヘテロエピタキシャル成長させた fcc, hcp, もしくは bcc 構造を持つ金属下地層上に FePt 膜を形成し、詳細な構造解析を行った。

実験方法 膜形成には RHEED 装置付きの超高真空 RF マグネトロンスパッタリング装置を使用した。下地層上に基板温度 600°C で FePt 膜を形成した。下地層材料として、fcc (Pd, Co など), hcp (Ru など), および bcc (Cr など) を用いた。構造評価には RHEED および XRD, 磁化曲線測定には VSM を使用した。

実験結果 Fig. 1(a-1)および(b-1)に、それぞれ、fcc-Pd(001)および fcc-Co(001)下地層上に形成した FePt 膜の RHEED パターンを示す。いずれの膜に対しても、ストリーク状の鮮明な回折パターンが観察されており、エピタキシャル FePt 膜が得られていることが分かる。Fig. 1(c)-(e)に、Al(001), $L1_0$ (001), および $L1_0$ (100)結晶に対して、結晶構造から推定される RHEED パターンの模式図を示す。いずれの膜の RHEED パターンにおいても、Fig. 1(a-2)および(b-2)の強度プロファイル中の矢印で示すように、 $L1_0$ (100)結晶の形成を示す超格子スポットから構成されるストリークが観察されており、膜中に c 軸が面内に向いた $L1_0$ (100)結晶が存在していることが分かる。一方、 c 軸が面直に向いた $L1_0$ (001)結晶からの超格子反射は、ストリーク状の回折パターンが観察されている場合、 $L1_0$ (100)結晶からの基本反射と重畳してしまい、識別することができない。そこで、XRD を用いて、構造解析を行った。Fig. 2(a-1)および(b-1)に面外 XRD パターン、Fig. 2(a-2)および(b-2)に面内パターンを示す。いずれの膜に対しても、 $L1_0$ (100)結晶の形成を示す面内 FePt(001)超格子反射に加え、 $L1_0$ (001)結晶の形成を示す面外超格子反射が観察されており、 $L1_0$ (001)結晶も存在していることが分かる。RHEED および XRD パターンにおいて、fcc-Co 下地層上に形成した FePt 膜に対しては、fcc-Pd 下地層上のものに比べ、 $L1_0$ (100)結晶からの超格子反射強度が強いことから、面内に c 軸に向いた $L1_0$ 結晶が優先的に形成されていることが分かる。この理由として、FePt/Pd 界面の格子ミスマッチはマイナスであるのに対して、FePt/Co ではプラスであるため、fcc-Co 下地層上に形成した FePt 膜では面内方向の格子に圧縮応力がかかり、 $L1_0$ (100)結晶の形成が促進されたものと考えられる。当日は、fcc(110)下地層や、hcp もしくは bcc 構造を持つ下地層上に形成した FePt 膜の構造についても報告する。

参考文献 1) D. H. Wei, F. T. Yuan, H. W. Chang, and Y. D. Yao: *J. Appl. Phys.*, **103**, 07E138 (2008).
2) E. Yang, S. Ratanaphan, D. E. Laughlin, and J. G. Zhu: *IEEE Trans. Magn.*, **47**, 81 (2011).

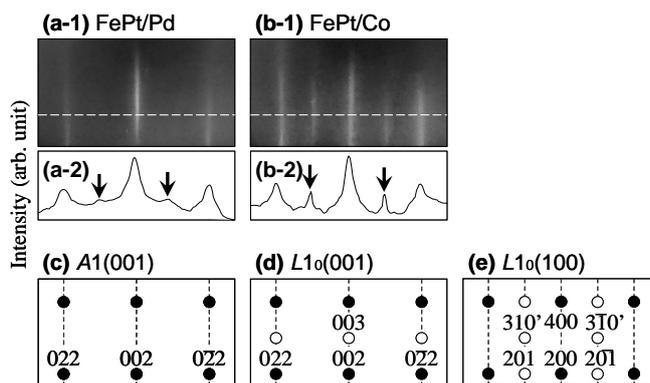


Fig. 1 [(a-1), (b-1)] RHEED patterns and [(a-2), (b-2)] the intensity profiles observed for FePt films deposited on (a) fcc-Pd(001) and (b) fcc-Co(001) underlayers. The intensity profiles of (a-2) and (b-2) are measured along the dotted lines in (a-1) and (b-1), respectively. (c)-(e) Schematic diagrams of RHEED patterns simulated for (c) Al-FePt(001), (d) $L1_0$ -FePt(001), and (e) $L1_0$ -FePt(100) crystals. The open and filled circles correspond to superlattice and fundamental reflections, respectively.

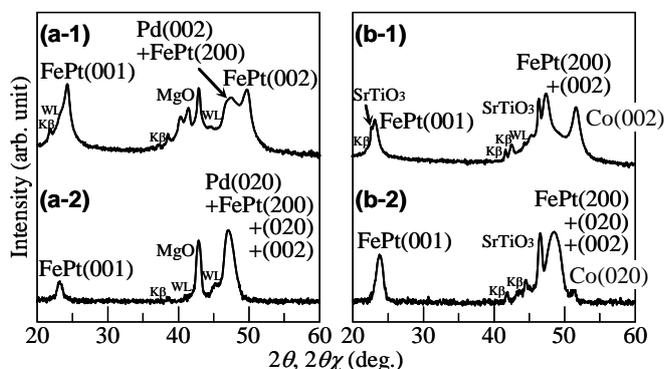


Fig. 2 [(a-1), (b-1)] Out-of-plane and [(a-2), (b-2)] in-plane XRD patterns of FePt films deposited on (a) fcc-Pd(001) and (b) fcc-Co(001) underlayers. The intensity is shown in a logarithmic scale.