

# $L1_0$ 規則合金と $3d$ 遷移金属の磁性エピタキシャル二層膜の形成

落合亮真・中村将大・野口陽平・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)

Preparation of Epitaxial Magnetic Bi-layer Films Consisting of  $L1_0$  Ordered Alloy and  $3d$  Transition Metal

Ryoma Ochiai, Masahiro Nakamura, Youhei Noguchi, Mitsuru Ohtake,

Masaaki Futamoto, Fumiyoishi Kirino\*, and Nobuyuki Inaba\*\*

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

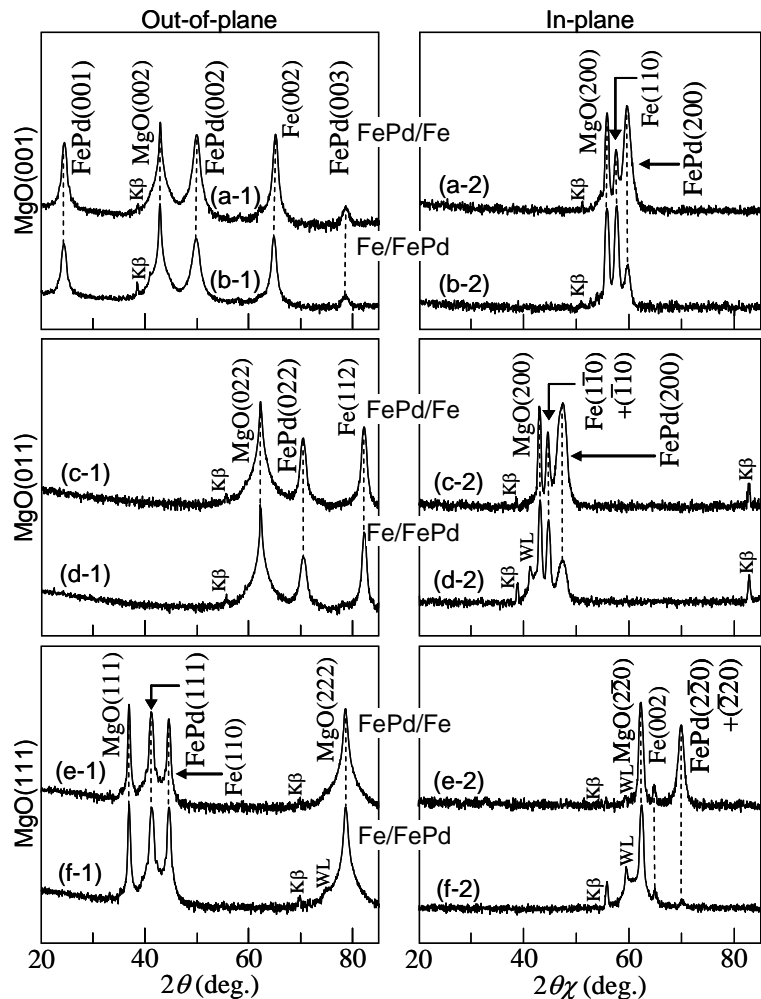
**はじめに** 硬磁性と軟磁性材料からなる積層膜は異方性ナノコンポジット磁石構造の基礎検討や薄膜磁石としてマイクロモータやMEMS 応用に向けて研究されている。硬磁性材料として、専ら  $\text{SmCo}_5$  や  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  などの希土類系合金材料が検討されているが、膜応用の場合、 $L1_0$  型構造を持つ  $\text{FePd}$  や  $\text{FePt}$  合金なども候補となる。しかしながら、 $L1_0$  規則合金を用いた形成報告例は殆ど無い<sup>1,3)</sup>。本研究では、 $L1_0$  規則合金を用いた積層膜の可能性を検討することを目的に、結晶方位の異なる  $\text{MgO}$  単結晶基板上に硬磁性  $L1_0$  の  $\text{FePd}$ ,  $\text{FePt}$  と高  $M_s$  を持つ  $\text{Fe}$ ,  $\text{Co}$  からなる二層膜を形成し、構造と磁気特性を調べた。

**実験方法** 膜形成には UHV-RF マグネトロンスパッタ装置を使用し、基板には(001), (011), (111)方位の  $\text{MgO}$  単結晶を用いた。基板上に  $\text{FePd}$ ,  $\text{FePt}$ (20 nm)/ $\text{Fe}$ ,  $\text{Co}$ (20 nm)の順で積層した二層膜、および、積層順を逆にした二層膜を  $200^\circ\text{C}$  の基板温度で形成した。そして、すべての膜がエピタキシャル成長していることを RHEED 観察により確認した。製膜後、 $A2$  不規則構造の  $\text{FePd}$  および  $\text{FePt}$  層を  $L1_0$  相に規則化させるために  $600^\circ\text{C}$  で熱処理を施した。構造解析には RHEED, XRD, AFM, 磁気特性評価には VSM を用いた。

**実験結果** Fig. 1(a)–(b)に  $\text{FePd/Fe/MgO(001)}$  と  $\text{Fe/FePd/MgO(001)}$  試料で測定した面外および面内 XRD パターンを示す。面外パターンでは  $\text{FePd(001)}$  超格子反射、 $\text{FePd(002)}$  基本反射、 $\text{Fe(002)}$  反射が観察されている。一方、面内 XRD パターンでは  $\text{FePd(200)}$  基本反射と  $\text{Fe(110)}$  反射は観察されているが、 $L1_0$ - $\text{FePd}$  結晶からの超格子反射は認められない。従って、いずれの試料とも、 $\text{FePd}$  層は  $c$  軸が面直に向いた  $L1_0(001)$  結晶から構成されていることが分かる。RHEED および XRD 解析から決定したエピタキシャル方位関係は  $\text{FePd(001)}[100]_{L1_0} \parallel \text{Fe(001)}[110] \parallel \text{MgO(001)}[100]$  である。Fig. 1(c)–(f)に  $\text{MgO(011)}$  および(111)基板上に形成した二層膜の XRD パターンを示す。 $\text{MgO(011)}$  基板上に形成した膜に対しては面外  $\text{FePd(022)}$  と面内  $\text{FePd(200)}$  基本反射、 $\text{MgO(111)}$  基板上に形成した膜に対しては面外  $\text{FePd(111)}$  と面内  $\text{FePd(220)+(220)}$  基本反射が観察されているが、明瞭な超格子反射は認められない。基板結晶方位により規則相形成が異なる可能性も考えられる。当日は磁気特性も含めて、 $\text{FePt}$ ,  $\text{Co}$  を組み合わせた結果についても報告する予定である。

## 参考文献

- 1) T. Teranishi, A. Wachi, M. Kanehara, T. Shoji, N. Sakuma, and M. Nakaya: *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 4210 (2008).
- 2) J. P. Liu, C. P. Luo, Y. Liu, and D. J. Sellmyer: *Appl. Phys. Lett.*, **72**, 483 (1998).
- 3) Y. K. Takahashi, T. O. Seki, K. Hono, T. Shima, and K. Takanashi: *J. Appl. Phys.*, **96**, 475 (2004).



**Fig. 1** (a-1)–(f-1) Out-of-plane and (a-2)–(f-2) in-plane XRD patterns of [(a), (c), (e)]  $\text{FePd/Fe}$  and [(b), (d), (f)]  $\text{Fe/FePd}$  films formed on  $\text{MgO}$  substrates of [(a), (b)] (001), [(c), (d)] (011), and [(e), (f)] (111) orientations.