

結晶方位の異なる MgO 基板上に形成した エピタキシャル Fe₇₀Co₃₀ 合金薄膜の磁歪挙動

芹澤伽那¹・川井哲郎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)

Magnetostriction Behaviors of Epitaxial Fe₇₀Co₃₀ Alloy Thin Films Formed on MgO Substrates with Different Orientations
Kana Serizawa¹, Tetsuroh Kawai¹, Mitsuru Ohtake^{1,2}, Masaaki Futamoto¹, Fumiyoshi Kirino³, and Nobuyuki Inaba⁴
(¹Chuo Univ., ²Kogakuin Univ., ³Tokyo Univ. Arts., ⁴Yamagata Univ.)

はじめに Fe-Co 合金は代表的な軟磁性材料であり、磁気ヘッドやセンサなどの磁気応用デバイスで活用されている。デバイスの可能性検討では基本物性を正確に把握することが重要であり、基板結晶に対して方位制御が可能なエピタキシャル膜を用いて調べることが有効である。磁歪は基本磁気物性のひとつであり、デバイス性能に影響を及ぼす。これまで、多結晶 Fe-Co 膜の磁歪特性は報告されているが、エピタキシャル膜の磁歪は殆ど知られていない。本研究では、結晶方位の異なる MgO 基板上に Fe₇₀Co₃₀ (at. %) 合金膜をエピタキシャル成長させ、回転磁界中における磁歪挙動の解析を行った。

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使用した。MgO(001), (110)単結晶基板、および、50 nm 厚の MgO(111)層をヘテロエピタキシャル成長させた Al₂O₃(0001)単結晶基板を用い、これらの基板上に基板温度 300 °C で 100 nm 厚の Fe₇₀Co₃₀ 膜を形成した。構造評価には RHEED および XRD、磁化曲線測定には VSM、磁歪測定には片持ち梁法を用いた。

実験結果 Fig. 1(a-1)~(c-1)に MgO(001), MgO(110), MgO(111)/Al₂O₃(0001)基板上に形成した Fe₇₀Co₃₀ 膜の RHEED パターンを示す。それぞれ、Fig. 1(a-2)~(c-2)に示すような bcc(100), bcc(211), bcc(110)表面に対応する回折パターンが現れており、エピタキシャル成長していることが分かる。RHEED 解析から決定した結晶方位関係は Fe₇₀Co₃₀(100)[011] || MgO(100)[001], Fe₇₀Co₃₀(211)[1 $\bar{1}\bar{1}$], [111] || MgO(110)[1 $\bar{1}\bar{0}$], Fe₇₀Co₃₀(110)[001]_{NW}, [1 $\bar{1}\bar{1}$]_{KS} || MgO(111)[1 $\bar{1}\bar{0}$]である。MgO(100)基板上では(100)単結晶膜、MgO(110)基板上では面垂方向に互いに 180°回転した方位関係を持つ(211)双結晶膜、MgO(111)基板上では Nishiyama-Wasserman (NW) と Kurjumov-Sachs (KS) と同様な方位関係を持つ 9 つのバリエーションから構成される(110)複合エピタキシャル膜が形成されていることが分かった。磁化曲線測定を行ったところ、(100)単結晶および(211)双結晶膜に対してはそれぞれ 4 および 2 回対称の面内磁気異方性が現れたのに対し、(110)複合エピタキシャル膜に対してはほぼ等方的な磁化曲線が観察された。Fig. 2 に回転磁界中で測定した磁歪の出力波形を示す。bcc(001)および(211)膜の場合、低磁界では、磁気異方性により印加磁界方位と磁化方向に角度差が生じ¹⁾、波形が歪む傾向が認められ、磁界の増加に伴い、磁化が磁界方向に追従し、正弦波が観察されている。一方、bcc(110)膜に対しては、低磁界から高磁界まで正弦波が観察されている。当日は磁歪波形と磁気異方性の関係について詳細に議論する。

1) T. Kawai, T. Aida, M. Ohtake, and M. Futamoto: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **39**, 181 (2015).

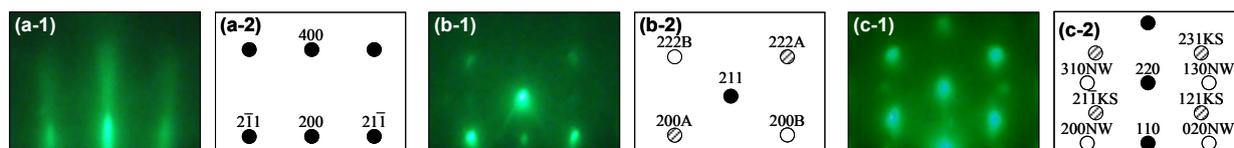


Fig. 1 (a-1)–(c-1) RHEED patterns observed for Fe₇₀Co₃₀ films formed on MgO substrates of (a-1) (100), (b-1) (110), and (111) orientations. (a-2)–(b-2) Schematic diagrams of RHEED patterns simulated for (a-2) bcc(100), (b-2) bcc(211), and (c-2) bcc(111) surfaces.

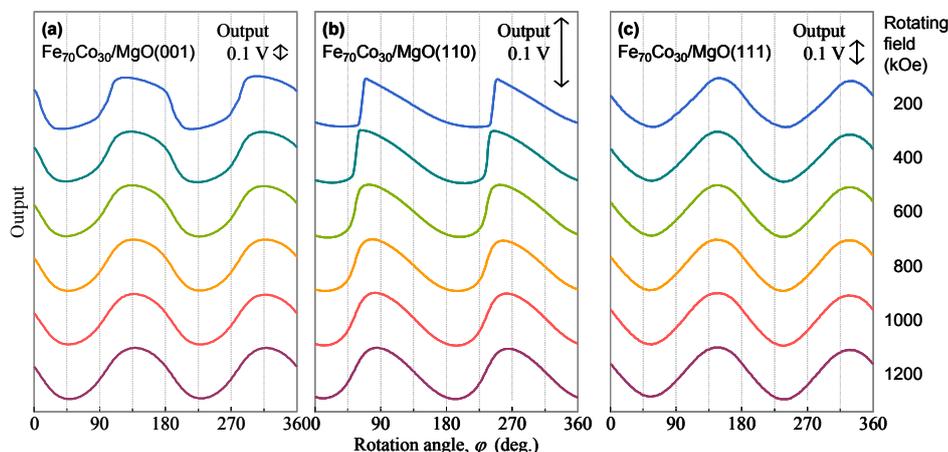


Fig. 2 Output waveforms of magnetostriction measured for Fe₇₀Co₃₀ epitaxial films of (a) (001), (b) (211), and (c) (110) orientations measured under different rotating magnetic fields.