

Si 基板上 Co/Pt 多積層交互薄膜における $L1_0$ 規則化 CoPt の作製 Formation of $L1_0$ -Ordered CoPt from Co/Pt Multilayer Thin Films on Si Substrates

遠山諒¹, 河智史朗^{2,3,4}, 山浦淳一^{2,3}, 村上洋一^{2,3}, 細野秀雄², 真島豊^{1,2,*}

¹ 東京工業大学 科学技術創成研究院 フロンティア材料研究所,
〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259

² 東京工業大学 元素戦略研究センター, 〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259

³ 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所, 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

⁴ 兵庫県立大学 理学研究科, 〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町光都 3-2-1

Ryo TOYAMA¹, Shiro KAWACHI^{2,3,4}, Jun-ichi YAMAURA^{2,3}, Youichi MURAKAMI^{2,3},
Hideo HOSONO², and Yutaka MAJIMA^{1,2,*}

¹ Laboratory for Materials and Structures, Institute of Innovative Research,
Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Kanagawa 226-8503, Japan

² Materials Research Center for Element Strategy, Tokyo Institute of Technology,
Yokohama, Kanagawa 226-8503, Japan

³ Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization,
Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

⁴ Graduate School of Science, University of Hyogo, Ako-gun, Hyogo 678-1297, Japan

1 はじめに

磁気抵抗ランダムアクセスメモリ (MRAM) や超高密度ハードディスクドライブ (HDD) などのナノサイズの磁石を利用するスピントロニクスデバイスでは、高い垂直結晶磁気異方性 (PMA) と大きな保磁力 (H_c) を持つ強磁性材料が用いられている。Pt 基二元磁性合金である CoPt や FePt は、熱処理により $A1$ 不規則相から $L1_0$ 規則相に構造変態すると、 10^7 erg/cm³ 台の高い PMA と 10 kOe 以上の大きな H_c を示す強磁性体となる。

$L1_0$ 規則化強磁性体を Si 基板上に作製することができれば、不揮発性を有するスピントロニクスデバイスとシリコンテクノロジーを用いた集積回路の融合により、スピンと電子回路を組み合わせた新しい機能を有する電子デバイスの創出が期待できる。そこで本研究では、Si 基板上に Co/Pt 多積層交互薄膜を作製し、アニール処理による相互拡散を利用した $L1_0$ 規則化を試み、それらの結晶構造、磁気特性、表面形態について解析を行った。

2 実験

電子線 (EB) 蒸着により、Pt (6.6 nm)/Co (4.8 nm) 二層薄膜と、{Co (1.2 nm)/Pt (1.6 nm)}₄ 八層薄膜を Si 基板上に作製した。急速加熱装置 (RTA; MILA-5000UHV, Advance Riko) を用いてアニール処理を施し、それらの結晶構造、磁気特性、表面形態を評価した。結晶構造は、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) フォトンファクトリー (PF) BL-8B において、

すれすれ入射 X 線回折法 (GI-XRD) により評価した。11.7 keV または 18 keV の X 線を試料に対して水平に入射させ、試料を 1°-2° 揺動させながら測定を行い、湾曲イメージングプレートを用いて二次元 GI-XRD 回折像を撮影した。磁気特性は、東京大学物性研究所における一般共同利用のもと、SQUID 振動試料型磁力計 (VSM; MPMS3, Quantum Design) を用いて評価した。表面形態は、走査電子顕微鏡 (SEM; SU8000, Hitachi High-Tech) により観察した。

3 結果および考察

Pt/Co 二層薄膜において、RTA を用いた真空アニール (800 °C, 30 s) により、 $L1_0$ -CoPt を含む傾斜薄膜が形成され、2.1 kOe の H_c を示すことが明らかとな

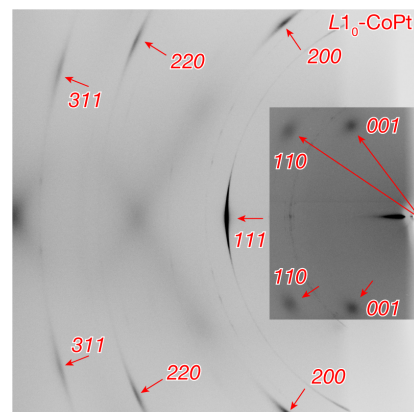
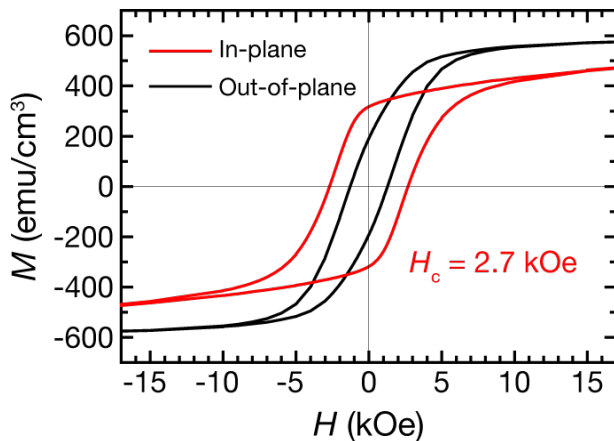


図1 (Co/Pt)₄ 八層薄膜 900°Cアニール後サンプルのGI-XRD 回折パターン。

った [1].

また、(Co/Pt)₄ 八層薄膜における、真空アニール (900 °C, 1 h 30 s) 後の GI-XRD の回折パターンを図 1 に示す。CoPt の L₁₀ 規則化相に対応する 001 ピーク、110 ピークに相当する超格子反射 が明瞭に観察されている [2]。本試料では、薄膜構造が崩れ、CoPt は球状に凝集していた。本試料の磁気(M-H)特性を図 2 に示す。面内保磁力 H_c は 2.7 kOe、面直保磁力は 1.3 kOe である。これらの結果から、交互積層膜をアニールすると、球状になり 2.7 kOe の保磁力を有する L₁₀ 規則化相が得られることを明らかとした [2]。

* majima@msl.titech.ac.jp



4 まとめ

本研究により、Si 基板上に作製した Co/Pt 多積層交互薄膜において、アニール処理による相互拡散により、L₁₀ 規則化 CoPt が作製されたことが確認された。

謝辞

本研究は文部科学省元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型> (Grant No. JPMXP0112101001) の支援のもと行われた。KEK PF BL-8B における GI-XRD 実験は 2016S2004, 2019V003, 2019G534 の課題のもと行われた。東京大学物性研究所の一般共同利用 (Project Nos. 77 and 271) における VSM 測定に関して、東京大学物性研究所の廣井善二教授と平井大悟郎助教に感謝致します。

参考文献 (本研究成果)

- [1] R. Toyama, S. Kawachi, S. Iimura, J. Yamaura, Y. Murakami, H. Hosono, and Y. Majima, “Formation of L₁₀-ordered CoPt during interdiffusion of electron beam-deposited Pt/Co bilayer thin films on Si/SiO₂ by rapid thermal annealing”, *Mater. Res Express* **7**, 066101 (2020).
- [2] R. Toyama, S. Kawachi, J. Yamaura, Y. Murakami, H. Hosono, and Y. Majima, “Ti underlayer effect on the ordering of CoPt in (Co/Pt)₄ multilayer thin films on Si/SiO₂ substrates”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **59**, 075504 (2020).