

追加熱処理による $L1_0$ -FeCuPt 孤立微粒子の磁気特性向上の評価月岡純¹, 塚本新², 伊藤彰義²(1 日本大学大学院理工学研究科,² 日本大学理工学部)Improvement of Magnetic Properties of $L1_0$ -FeCuPt Isolated Grain by Additional AnnealingJun Tsukioka¹, Arata Tsukamoto², Akiyoshi Itoh²(1 Graduate School of Nihon Univ., ² College of Science and Technology, Nihon Univ.)

1.はじめに 超高密度磁気記録媒体作製を研究目的とし、Fe/Cu/Pt 多層薄膜を急速昇温熱処理(Rapid Thermal Annealing: RTA)する事で、孤立微粒子化、 $L1_0$ 規則合金化、(001)優先配向化が可能である事¹⁾、また RTA に加え、粒子同士の結合を抑制する急速冷却処理(Rapid cooling process: RCP. 以下、急速昇降温熱処理)による $L1_0$ -FeCuPt 孤立粒子の作製と追加熱処理による孤立微粒子単結晶化について報告している²⁾。本報告では上記一連のプロセスに対し磁気特性評価を行い、特に追加熱処理過程での粒子内構造単結晶化による磁気特性の向上について検討を行った。

2.実験方法 DC マグネトロンスパッタ法により熱酸化 Si 基板上に Fe/Cu/Pt の順に成膜した(積層膜厚 3.75 nm、組成比 $Fe_{43}Cu_{14}Pt_{43}$)。成膜条件は到達真空度 $< 4.0 \times 10^{-5}$ Pa、成膜中 $ArH(H:3 \text{ vol}\%)$ 圧 1.8×10^{-1} Pa である。成膜後、赤外線ランプ真空炉にて到達真空度 $< 8.0 \times 10^{-4}$ Pa のもと急速昇降温熱処理を行った。昇温速度は赤外線ランプ電力で制御し $150 \text{ }^\circ\text{C}/\text{sec}$ とした。予め定めた最高温度に達した後、 N_2 ガスをチャンバーへ導入し初期冷却速度 $\approx -90 \text{ }^\circ\text{C}/\text{sec}$ の急速冷却を行い、次に単結晶化の為、真空中にて $600 \text{ }^\circ\text{C}$ 、1 hour の追加熱処理を行った。

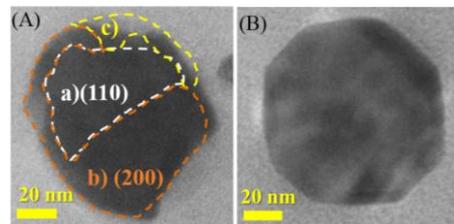


Fig.1 TEM image of single isolated grain. (A): RTA and RCP (pretreatment), (B): After additional annealing at $600 \text{ }^\circ\text{C}$ for 1 hour²⁾.

3.結果 急速昇降温熱処理により作製した孤立微粒子ならびに追加熱処理を施した孤立微粒子における TEM 像を Fig.1 に示す。ここで追加熱処理前後の詳細な結晶構造評価より単結晶化が確認されている²⁾。Fig.1(A)に示す追加熱処理前の孤立微粒子においては、a)領域の(001)優先配向 $L1_0$ 相とともに、A1 相、そして構造が明らかでない周辺金属領域が、追加熱処理により(001)優先配向した $L1_0$ 単結晶と(B)なった。

追加熱処理前後の各試料の磁化特性を Fig.2 に示す。膜面垂直方向に磁場を引加した場合、追加熱処理前においては、0 磁場近傍に観察される軟質磁性成分と $\pm 2 \text{ T}$ 以上で飽和する硬質磁性成分が存在し、保持力 H_c 、残留磁化 M_s 、飽和磁化 M_s 、について、それぞれ $H_c=1.1 \text{ T}$, $M_r=275 \text{ emu/cc}$, $M_s=465 \text{ emu/cc}$ である。一方追加熱処理後では軟質磁性成分が消失し、 $H_c=2.6 \text{ T}$, $M_r=903 \text{ emu/cc}$, $M_s=915 \text{ emu/cc}$ となり、追加熱処理前と比較し H_c 、 M_s ともに増加した。さらに膜面内方向に磁場を印加した場合の磁化特性では、 $\pm 2 \text{ T}$ 以下においてわずかに磁化ヒステリシスが見られるが $\pm 7 \text{ T}$ でも飽和せず高い垂直磁気異方性の存在を示した。以上の結果より追加熱処理を施す事により高い垂直磁気異方性を有する $L1_0$ -FeCuPt 孤立微粒子が形成できた事を確認した。さらに、同様の RTA、RCP プロセスにより作製した $Fe_{56.2}Pt_{43.8}$ 孤立微粒子の磁気特性との比較から、Cu 添加効果による H_c 、 M の減少も見られた。

追加熱処理による磁気特性向上の要因として、結晶構造評価より確認されている微粒子周辺部に存在した A1 構造に相当する領域や異相に相当する結晶構造が、追加熱処理により (001)優先配向 $L1_0$ 結晶部を結晶成長核とし単結晶化した為に磁気特性が向上したと考える。

4.謝辞 本研究の一部は、情報ストレージ研究推進機構及び文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 (S1311020) の助成により行った。

5.参考文献

- 1) Y. Itoh, T. Aoyagi, A. Tsukamoto, K. Nakagawa, A. Itoh and T. Katayama: *Jpn. J. Appl. Phys.*, 43, 12, 8040(2004).
- 2) J. Tsukioka, T. Ubana, A. Tsukamoto, and A. Itoh: *J. Magn. Soc. Jpn.*, 38, 143-146(2014).
- 3) T. Maeda, T. Kai, A. Kikitsu, T. Nagase and J. Akiyama: *Appl. Phys. Lett.*, 80, 12, 2147(2002).
- 4) Dusti A. Gilbert, Liang-Wang, Timothy J. Klemmer, Jan-Ulrich Thiele: *Appl. Phys. Lett.*, 102,132406 (2013).

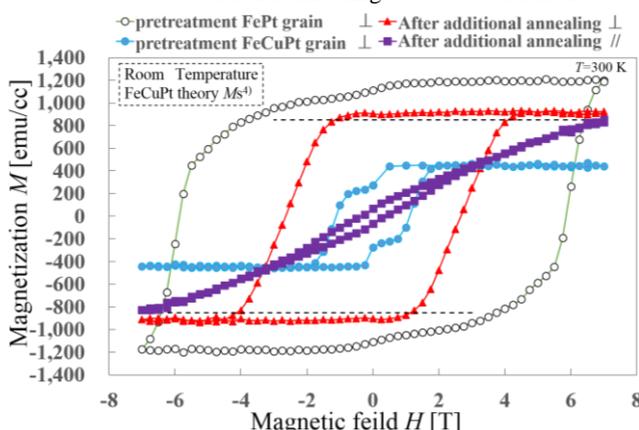


Fig.2 Magnetization curves of FePt / FeCuPt grains, Additional annealing condition is $600 \text{ }^\circ\text{C}$ for 1 hour.