

磁化反転磁界分散低減に向けたコア(FePt)シェル(Fe)型粒子の作成検討

Preparation of core (FePt) shell (Fe) type particles for reduction of magnetic switching field dispersion

○山田泰成¹, 三吉啓介², 苗木俊樹², 塚本新³*Taisei Yamada¹, Keisuke Miyoshi², Toshiki Naeki², Arata Tsukamoto³

Abstract: We aim to reduce the magnetic switching field dispersion of $L1_0$ -FePt nanoparticles for ultra-high density magnetic recording media. We have been reported that $L1_0$ -FePt nanoparticles were fabricated by Rapid Thermal Annealing (RTA). However, it has dispersion of magnetic properties. the fabricated particle by RTA have been confirmed that it covered with the layer which low order parameter of $L1_0$ -FePt. Furthermore, it is reported that the effective coercive force becomes a constant value by coupling shell of low order parameter to the $L1_0$ -FePt core by simulation analysis. In this research, we investigated that the fabrication of core-shell type FePt particles and reduction of hard magnetic properties by the shell.

1. はじめに

我々は磁気記録媒体の記録密度向上のため磁性粒子1つ毎に1bitの情報を記録するビットパターンドメディア(BPM)に着目している。BPM に向けて微細な磁性粒子の作製及び、粒子毎の保磁力の分散低減が重要な課題となる。一方、磁性粒子の微細化が進むと室温においても磁気情報が熱的に不安定になる問題がある。そのため、高い一軸磁気異方性定数 K_u を持つ孤立微粒子の作製が必要である。本報告ではそこで高い熱安定性、高い K_u を持つ $L1_0$ -FePt に着目し、磁気記録特性に重大な影響を与える磁化反転磁界分散低減に向けた検討について述べる。

2. コアシェル型磁性粒子の磁化反転磁界

$L1_0$ -FePt 孤立微粒子は熱酸化 Si 基板上に Fe, Pt を成膜した後、急速昇降温熱処理 (Rapid Thermal Annealing: RTA)^[1](Rapid Cooling Process: RCP)^[2]によって作製できることが報告されている。作製した試料には粒子形状や磁性粒子毎の保磁力分散による反転磁界分布の分散が大きい等の課題がある。また先行研究の粒子内部の観察結果から、粒子内で規則化度の高い領域と低い領域の存在が示唆されている^[3]。更に、規則化度の高い $L1_0$ -FePt コア部を内包した規則化度の低い $L1_0$ -FePt 被覆層(シェル部)からなるコアシェル型 FePt 粒子において、Figure 1 に示すようにシェル部の K_u が低い領域ではコアシェル型 FePt 粒子の実効的保磁力が一定となるようなシミュレーション結果も報告されている^[4]。これより意図的にシェル部を付与することで、コアシェル型 FePt 粒子毎の保磁力分散により引き起こされる磁化反転磁界分布の低減が可能であると考えた。本研究は先行研究のシミュレーションモデルであるコアシェル型 FePt 粒子の作製、及び低規則化度のシェル層を意図的に用いることによる FePt コア部のハード磁性(硬磁気特性)の抑制を目的とする。

3. 実験方法

Figure 2 に本検討にて作成する試料の模式図を示す。まず、熱酸化 Si 基板上に DC マグネトロンスパッタ法により Pt(1.64nm)/Fe(2.11nm) の二層を積層した。その後、真空炉にて赤外線照射により昇温速度 160°C/sec. で昇温し、目標到達温度 600°C まで加熱処理を行った。その後、低規則化層として $L1_0$ -FePt よりも低い K_u を持つ磁性材料であ

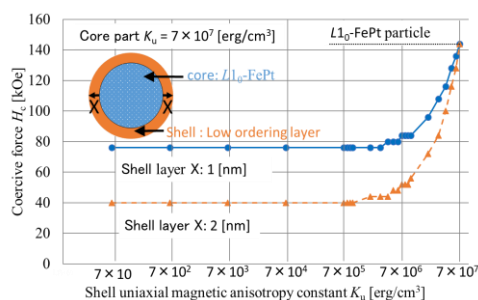
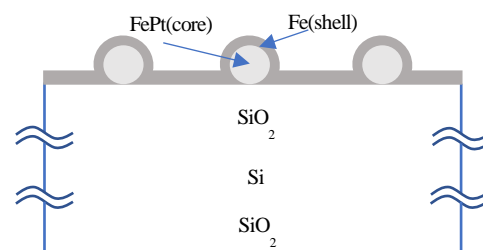
Figure 1 K_u dependence of H_c in sphere model [4]

Figure 2 Image of core-shell FePt realized on substrate.

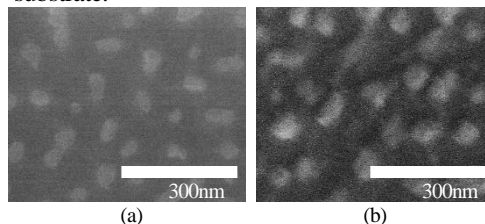


Figure 3 SEM images obtained by applying

RTA, RCP to FePt formed on a SiO_2 substrate.

る Fe を 20nm 成膜した. 粒子形状観察は走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope: SEM), 磁化特性は超伝導量子干渉素子式振動試料型磁力計(SQUID-VSM)を用いて測定した.

3. 粒子形状観察及び磁気特性評価

Figure 3 に(a)熱酸化 Si 基板上に Pt(1.64nm)/Fe(2.11nm)を成膜し, RTA, RCP を施した試料, (b)シェル部として Fe を 20nm 成膜した同試料の SEM 像を, Table 1 に SEM 像より算出した平均粒径 D_a , 最大粒子径 A_{max} , 最小粒子径 A_{min} , 粒子数密度 N_p をそれぞれ示す. Figure 3 において基板上に作成した FePt 微粒子がそれぞれ孤立し形成していることを確認した. Table 1 よりシェル部付与後の D_a , A_{max} , A_{min} , N_p が増加していることから FePt 微粒子にシェル部が付与されていることを確認した.

Figure 4 に(a)熱酸化 Si 基板上の FePt 粒子, (b)シェル部として Fe を 20nm 付与した同試料との比較, (c)シェル部付与後に 0 磁場付近を拡大したもの測定温度 300K, 印加磁界-70kOe~70kOe, におけるそれぞれの基板面垂直方向の磁化特性を示す. Figure 4(a)(b)(c)からシェル部を付与することで形成した FePt 粒子による高い保磁力を低減したことを確認した. 付与したシェル部である Fe が FePt 粒子と磁氣的に独立していればシェル部付与前後で同等の高い保磁力が観測されることが予測されるが, 保磁力が著しく低減したことから, 磁氣的に交換結合したコアシェル構造により FePt コア部のハード磁性が抑制可能であることが示された. 付与するシェル層を適切な膜厚に制御し, 磁化特性の磁化反転磁界の分散低減効果を観測することが今後の課題である.

4. まとめ

先行研究より示唆された高い K_u を持つ $L1_0$ -FePt に意図的に規則化の低いシェル部を付与することで, コアシェル型 FePt 粒子の保磁力分散により引き起こされる磁化反転磁界分布の分散低減を目的とし, シェル部のソフト磁性によるコア部のハード磁性抑制効果について検証した. FePt 粒子の段階では 10kOe 程度の保磁力を有していたが, シェル部を付与すると保磁力は著しく低下した. これより, ソフト磁性との交換結合によってハード磁性を抑制することが可能であることが示された.

5. 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支援事業 (S1311020) の助成により行った.

6. 参考文献

[1] A. Itoh, Y. Itoh, A. Tsukamoto, K. Nakagawa; "IEICE technical report. Magnetic recording.", 105 (167),13 (2005) .
 [2] A. Itoh, A. Tsukamoto, S. Okame and K. Mizusawa: J. Magn. Soc. Jpn., 36, 62-65 (2012).
 [3] R. Ubana, Master thesis, Nihon University Japan (2012).
 [4] T. Hiraga, Master thesis, Nihon University Japan (2017).

Table 1 Average particle diameter D_a , maximum particle size A_{max} , minimum particle size A_{min} , areal density of particle N_p , calculated from the SEM image.

	FePt particles	Covered with Fe shell layer
D_a [nm]	47.8	57.3
A_{max} [nm]	82.9	94.4
A_{min} [nm]	19.2	35.7
N_p [G particles/in ²]	60	66

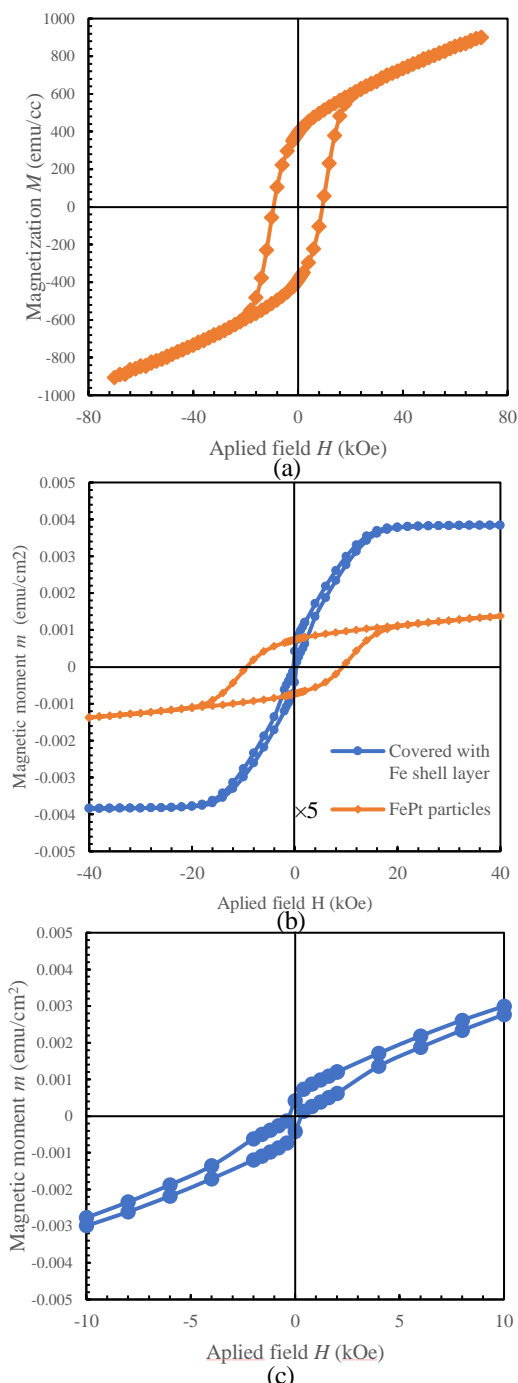


Figure 4 Out-of-plane hysteresis loop at measurement temperature 300K, applied magnetic field -70~70kOe.