

C-3

高アスペクト比磁気記録媒体作製用フラット $L1_0$ -FePt 連続膜の作製Fabrication of flat $L1_0$ -FePt continuous film for patterned magnetic recording media with high aspect ratio○月岡純¹, 鈴木太巳², 卯花竜也², 塚本新³, 伊藤彰義³*Jun Tsukioka¹, Taishi Suzuki², Tatsuya Ubana², Arata Tsukamoto³, Akiyoshi Itoh³

Abstract: Fabricating a nano-structure on to a c-axis orientated $L1_0$ -FePt film is one of the methods achieving an ultra high density magnetic recording medium. It is most important to realize very flat surface of FePt film for getting the fine nano-structure. This report shows the annealing temperature dependence of the surface morphology and crystal structure of FePt films. The film annealed at 400 degrees centigrade is showing a good surface morphology of Ra=0.22 nm..

1. はじめに

超高密度磁気記録媒体として、孤立・規則配列した磁性微粒子毎に 1 ビット記録を行うビットパターンメディアに注目している。高密度化するにあたって磁性媒体の微細化および配列制御の他に高アスペクト比な磁性微粒子作製が重要である。我々はこれまでに急速昇温熱処理による $L1_0$ -FePt 孤立微粒子作製を報告している^[1]が、孤立微粒子を作製する上で依然として規則配列・配向制御・粒径の低減が課題である。同様の構造が得られる別のアプローチとして自己集積ナノシリカを用い、金属薄膜へエッチングを行う事で高アスペクト比なナノ構造転写^[2]に着目した。これを FePt 連続膜に用いる事で、規則配列した孤立微粒子作製が可能であると考え、本報告では FePt 連続膜作製における熱処理条件による膜表面形状観察および結晶構造解析を行った。

2. 実験方法

基板に SiO_2 基板を用い、この上に DC マグネトロンスパッタ法により、 $Fe_{69.5}Pt_{30.5}(1.9\text{ nm})/Fe(0.6\text{ nm})$ ^[3]を 1 層としこれを 6 層積層させ積層厚 15 nm の FePt 多層膜を作製し、赤外線ランプ真空炉において平均昇温速度 $100\text{ }^\circ\text{C/h}$ で熱処理を行い、任意の温度に達した時点より 1 時間その温度を保持しその後自然冷却を行った。成膜時真空度: $4.0 \times 10^{-5}\text{ Pa}$ 以下、熱処理におけるチャンバ内真空度: $3.99 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ 以下である。評価には走査型電子顕微鏡(SEM), 原子間力顕微鏡(AFM), X 線回折装置(XRD)を用いた。

3. 到達温度による膜表面形状変化の観察

本研究では FePt 連続膜に対し均質で平坦な表面構造を有する事が求められる。その為 SEM による膜表面形状の観察を行った。熱処理到達温度 $T_M=300\text{ }^\circ\text{C}$, $400\text{ }^\circ\text{C}$, $500\text{ }^\circ\text{C}$, $600\text{ }^\circ\text{C}$ それぞれにおける表面 SEM 像を Fig.1 に示す。Fig.1 より到達温度の違いにより膜表面形状に変化が見られる。 $300\text{ }^\circ\text{C}$ では膜表面に特徴的な輝度の変化を確認する事は出来ないが、温度の上昇に伴い膜表面に輝度の異なる領域が拡大しており、 $600\text{ }^\circ\text{C}$ において他では見られない特徴的な形状の変化が観察される。この事より到達温度が上昇するにつれて膜表面形状に変化が生じる事が明らかとなった。

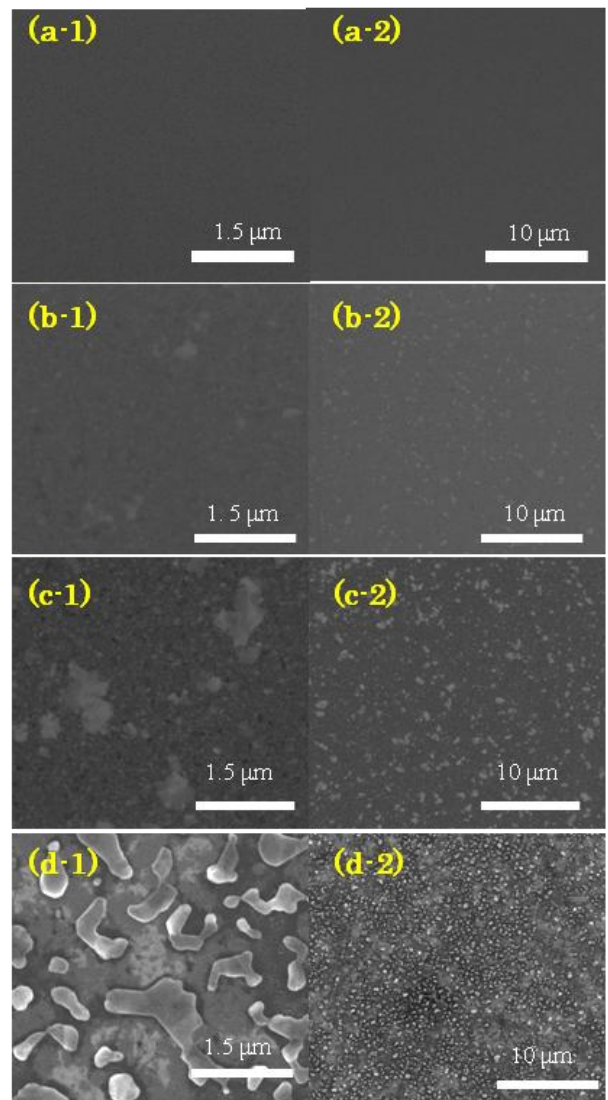


Fig.1 Comparison with each annealing temperature by SEM image
(a)300 °C (b)400 °C (c)500 °C (d) 600 °C

4. 熱処理膜の結晶構造解析

垂直磁化 FePt 連続膜を得る為一様に c-軸配向した $L1_0$ 規則合金である事が求められる。そこで FePt 連続膜に対して XRD による結晶構造解析を行い、結果を Fig.2 に示す。Fig.2 より 400 °C, 500 °C, 600 °C において、それぞれ $L1_0$ 規則構造を示す(001)ピークが観測される。しかし配向の異なる結晶を示す(111)ピーク、および 300 °C, 500 °C において FePt の(110)に見られるピークが存在する。また到達温度の上昇に伴い(001)ピークおよび(002)ピークが増加している。表面 SEM 像及び結晶構造解析の結果より膜表面形状の変化が少なく、 $L1_0$ 規則構造を示した 500 °C, 400 °C に注目し、AFM による膜表面形状の測定を行った。

5. AFM による膜表面高低差測定

飼料加工サイズを数 nm とすると FePt 連続膜表面には少なくとも 1 nm 以下のラフネスである事が求められる。そこで AFM による膜表面形状の評価を 500 °C, 400 °C に対して行い結果を Fig.3, 最大高低差, 平均凹凸周期および平均粗さ Ra を Table.1 に示す。膜面内の高低差について、500 °C において $1 \mu m^2$ 範囲に最大 10 nm の高低差があり、Fig.2(a)より一つの凹凸に注目した場合は平均 4 nm の高低差がある、また凹凸周期は平均 50 nm である。400 °C において、Fig.2(b)より 500 °C に比べ大きく隆起した形状は見られないが小さな凹凸が短い周期で連続したような形状である事がわかる。 $1 \mu m^2$ 範囲に最大 4 nm の高低差があり、一つの凹凸において最大高低差 2 nm, 凹凸周期は平均 17 nm である。本研究においてエッチングマスクとして想定しているのは粒径十数 nm のナノシリカであり、膜表面に高低差が大きく凹凸周期の長い膜ではナノシリカが一様に被膜せず膜厚に違いができる事より、連続膜に対してエッチングマスクの様な構造を転写する事ができない。500 °C, 400 °C におけるそれぞれの平均粗さは 0.46 nm, 0.22 nm と 2.1 倍の差があり、表面形状に大きな凹凸の少ない 400 °C の膜が被エッチング母材として適していると考ええる。

6. まとめ

昇温速度 100 °C/h において熱処理到達温度 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 保持時間 1 時間の熱処理を行い、表面形状および結晶構造の観察を行った。熱処理における温度が高くなるにつれて膜表面形状に変化が生じる傾向がある。結晶構造解析より、400 °C, 500 °C, 600 °C において $L1_0$ 規則構造を示す(001)ピークが観察された。AFM による形状像およびラインプロファイルより $T_M=400$ °C において $1 \mu m^2$ 範囲に平均凹凸周期 2 nm の均一な表面形状を観察した。結果被エッチング母材として FePt 連続膜に $T_M=400$ °C が適切であると考ええる。

7. 謝辞

本研究の一部は日本大学学術研究プロジェクト(N.プロ)及び情報ストレージ研究推進機構の助成により行ったものである。

8. 参考文献

[1] A. Itoh, Y. Itoh, A. Tsukamoto, K. Nakagawa, *IEICE technical report. Magnetic recording*, **105** (167),13 (2005).
 [2] 藤井翔太 「自己集積ナノシリカを利用した金属ナノ凹凸基板の作成」 若手フォーラム 2011
 [3] X J Mo, H Xiang, W Lu, Y P Zheng, G Q Li, H Saito, S Ishio, D M Jiang, X W Tan and Y Q Lin, *Journal of Physics: Conference Series*, **266**, 012040, 201

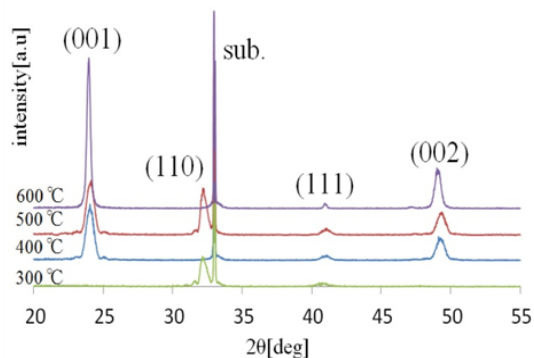


Fig.2 XRD profile of FePt film by in each annealing temperature

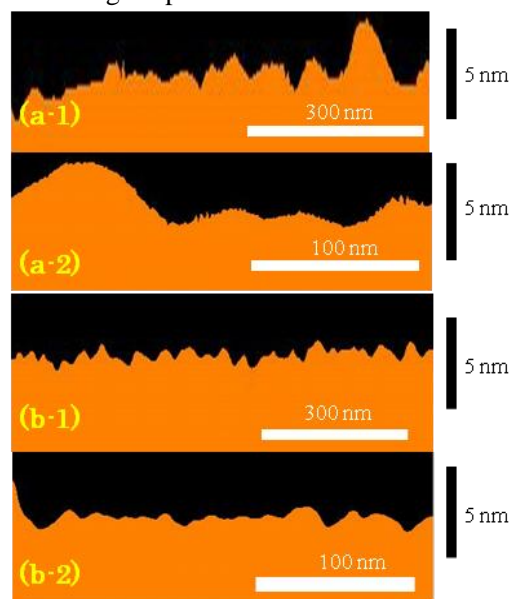


Fig.3 Comparison with each annealing temperature by AFM image

(a)500 °C (b)400 °C Aspect ratio 1:10

Table.1 Max difference of altitude, Average of nano structured cycle and Line average roughness Ra in 500 °C and

	Max difference of altitude [nm]	Average of nano structured cycle [nm]	Line average roughness Ra [nm]
500 °C	10	50	0.46
400 °C	4	17	0.22