

急速加熱処理による $L1_0$ 規則化鉄白金ナノ粒子薄膜の形成

相川健一郎¹, 藤平誉樹¹, 蜂巢琢磨², 杉山敦史², 逢坂哲彌^{1,2}, 茂智雄³, 山根明³, 坂脇彰³
 (¹ 早大院先進理工, ² 早大ナノ理工学研究機構, ³ 昭和電工株式会社)

Formation of $L1_0$ -FePt Nanoparticles Film by Rapid Thermal Annealing

Kenichiro Aikawa¹, Yoshiki Fujihira¹, Takuma Hachisu², Atsushi Sugiyama², Tetsuya Osaka^{1,2}, Tmoo Shige³, Akira Yamane³, and Akira Sakawaki³

(¹ Graduate School of Advanced Science and Engineering, ² Institute for Nanoscience and Nanotechnology, Waseda Univ, ³ Showa Denko K.K.)

はじめに

膨大な情報量を長期保管可能なハードディスクドライブ (HDD) は市販レベルで面記録密度が 744 Gbit/in² に到達している. しかしながら情報化社会の発展は更なる HDD の高容量化を要請し, テラビット級の記録密度を達成するためには記録層材料, 膜構成の改善が必須となっている. 我々は予め化学合成した数ナノメートル径の鉄白金 (FePt) ナノ粒子を用いたビットパターンメディアの開発を目的に, 粒子均一配列の成膜プロセスの改善に取り組んでいる. しかしながら, FePt の $L1_0$ 規則化相転移を目的とした高温アニール過程時の焼結によるナノ粒子配列の不均一化が課題となっている. ここでは, 急速加熱 (rapid thermal anneal: RTA) 条件の選定により焼結低減を図り, 加えて, 非磁性材料を保護膜として成膜し, 基板上で物理的に孤立した $L1_0$ -FePt ナノ粒子薄膜の形成プロセスについて検討した結果を報告する.

実験・評価方法

金属前駆体として鉄ペンタカルボニル ($\text{Fe}(\text{CO})_5$), 白金アセチルアセトナート ($\text{Pt}(\text{acac})_2$), 分散剤としてオレイン酸とオレイルアミンを用いて A1 構造 FePt (A1-FePt) ナノ粒子を合成し, 遠心精製後に平均粒径 4.6 \pm 1.2 nm の良好に分散した粒子をトルエン中に回収した. FePt ナノ粒子分散トルエン溶液を Si 基板上に塗布した A1-FePt ナノ粒子薄膜サンプルを赤外線ランプによる急速加熱が可能な卓上型急速加熱処理装置 (RTA 装置) を用いて熱処理を行った. RTA 条件は, 昇温速度に 156 $^\circ\text{C}/\text{min}$ もしくは 1560 $^\circ\text{C}/\text{min}$ を選定し, 800 $^\circ\text{C}$ に到達後 0h もしくは 1h 保持した. 冷却はランプへの通電を停止することで行った. RTA 処理前後の FePt ナノ粒子薄膜の物性評価には, 電界放出走査型電子顕微鏡 (FE-SEM), X 線回折装置 (XRD), 透過型電子顕微鏡 (TEM), 磁気光学 Kerr 効果測定, 超電導量子干渉計 (SQUID) を用いた.

結果

昇温速度 1560 $^\circ\text{C}/\text{min}$ で 800 $^\circ\text{C}$ に到達後, 0h 保持の条件により RTA 処理した FePt ナノ粒子薄膜サンプルについて, FE-SEM 観察像より求めた粒径は 4~5 nm であり, 粒子同士の焼結は確認されなかった. 同サンプルの RTA 処理前後の XRD パターンを Fig.1 に示す. Fig.1(b)より, RTA 処理後の A1-FePt ナノ粒子は $L1_0$ 規則相へ相転移し, また XRD パターンの半値幅より導出した結晶子サイズは 3.6 nm であった. この値からも RTA 条件を選定することにより, $L1_0$ 規則相転移時の粒子の焼結低減が確認され, 物理的に分断した $L1_0$ -FePt ナノ粒子群からなる薄膜の形成が示唆された. 一方で, 同サンプルを Kerr 効果測定した結果, 熱揺らぎによる超常磁性的振る舞いを示したため, FePt ナノ粒子内における $L1_0$ 規則化相への体積変化率の向上が改善点として挙げられた.

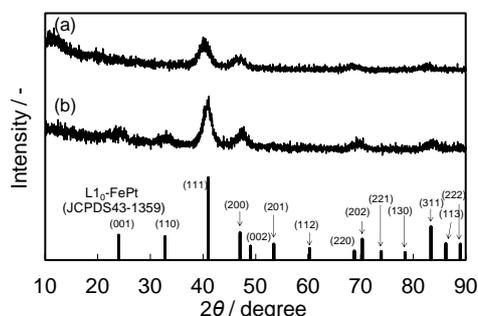


Fig.1 XRD pattern of dispersed FePt nanoparticle films. (a) before RTA, (b) after RTA. RTA condition: the rate of rising temperature was 1560 $^\circ\text{C}/\text{min}$. The heating lamp was turned off immediately after the temperature reached 800 $^\circ\text{C}$.