

C-11

急速昇温熱処理による均一な FePt 孤立微粒子群形成に向けた有限体熱伝播解析 ～金属膜厚及び昇温速度変化依存性～

Analysis of finite-body heat propagation for fabrication of uniform FePt isolated particles
by rapid thermal annealing

～Metal film thickness and temperature increase rate change dependency～

○山本洋司¹, 田中万裕¹, 塚本新²

*Yoji Yamamoto¹, Masahiro Tanaka¹, Arata Tsukamoto²

Abstract: We reported fabrication of the FePt particles by Rapid Thermal Annealing (RTA) using the halogen light [1]. In addition, it is necessary to make a particle size, pitch distance homogeneously, because of reduction of a signal noise produced from other particles for realize a record method called Bit-patterned-media (BPM) [3]. We studied correlation of temperature distribution of Pt/ Fe thin film depending on metal film thickness and temperature increase rate by computational analysis for fabrication FePt uniform particles.

1. 研究背景

熱アシスト記録用高密度記録媒体作製に用いる材料として、高い結晶磁気異方性を有する FePt 系の材料が幅広く研究されてきており、我々は集光したハロゲン光を用いた急速昇温熱処理(RTA)による、 $L1_0$ -FePt 孤立微粒子群の作製を報告してきた^[1]. 手法としては数秒間の加熱処理のみで粒子が形成されていることから、連続膜が粒子化するプロセスの発現には短時間で金属膜に形成される高い熱的状态が重要な役割になるものと考えられる. RTA による加熱は Si 基板の光吸収が主であると報告されている^[2]. 実際、熱処理後基板面内の中心-端部において粒子形成に不均一が生じていることが報告されており^[2], 基板内で粒子形成に差があるということは中心部と端部で加熱に分布が異なる様相をしていることが考えられる. また、ビットパターンメディア(BPM)という記録方式において高密度記録を実現するためには、粒子サイズ、ピッチサイズを均等にする必要があり、記録再生時に他の粒子と干渉することで信号ノイズが生じてしまう^[3]. 本報告では均一な形状分布からなる FePt 孤立微粒子群形成を行う指針を得るために、計算機実験手法を用いることで、実計測の困難な Pt/ Fe 多層薄膜の厚さ及び昇温速度変化した場合の薄膜内で生じる温度分布の相関関係につき解析を行った.

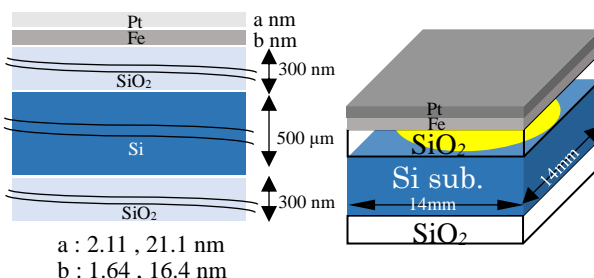


Fig.1 Pt/ Fe Multi-layer simulation model

2. RTA による加熱過程シミュレーション

熱酸化 Si 基板上 Pt/ Fe 多層膜シミュレーションモデルを Fig.1 に示す. 幅 14mm 四方の熱酸化 Si 基板上には Pt 厚さ a:2.11, 21.1 nm と Fe 厚さ b:1.64, 16.4 nm の二層を乗せている. これは実際の基板に成膜している Pt/Fe 多層薄膜に似たモデルとして用意した. ハロゲン光の入射は-z 方向に入射, 熱量 20, 32 W による熱源を Si 上部に Fig.2 のように設定した. その際, Si 基板のみのときに昇温速度が約 100 °C/sec, 150 °C/sec となるよう設定した. 熱物性値は Table.1 のものを用いる. Si, SiO₂, Fe は使用アプリケーション上のものを用いた

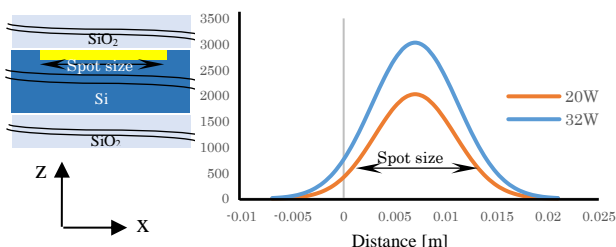


Fig.2 Heat resource parameter

Table.1 thermophysical properties [4]

	specific heat [J/kg · K]	density [kg/m ³]	Thermal conductivity [W/m · K]
Si	700	2329	130
SiO ₂	745	2200	1.38
Fe	440	7870	76.2
Pt ^[4]	136	21370	72

1: 日大理工・院(前)・電子 2: 日大理工・教員・電子

3. Pt/Fe 多層薄膜における熱伝播の金属層膜厚変化及び昇温速度変化依存性

Fig.3 に昇温終了時の基板中心-端部間における温度分布の昇温時間及び膜厚依存性を示す。基板面内方向には端部と中心間で 12~16°C 程度の温度差が生じ、昇温速度変化による温度差変化がみられた。だが、流入熱量 32W, 20W 共に金属層厚さによる温度差の違いは見られなかったことから、金属層厚さは温度差に関係しておらず熱処理時間が短いほど温度差は大きくなる傾向にあることがわかる。だが先行研究より到達温度約 30°C の温度差によって粒子形状の違いがみられていることもあり^[4]、粒子形状の変化する温度によってはこの温度分布の不均一が粒子形状へ影響を与えることがあると予想される。そのため温度差が大きければ大きいほど形状変化温度に影響を与える可能性が大きくなるといえる。

Fig.4 の結果より基板中心部での到達温度はどの界面及び基板上下部において大きな変化はなく、熱伝導率が極めて低い SiO₂ 層 300nm の影響はほとんどないと考えられる。

4. まとめ

本報告では FePt 孤立微粒子群作製に向けた昇温速度及び金属膜厚変化による、RTA の熱伝播シミュレーション解析を行った。本条件においては基板端部と中心部における温度差は金属膜厚変化に変化は大きくみられなかったが、昇温速度は流入熱量を 32W から 20W と変化させた場合で 16°C から 12°C への変化を示した。これより、熱伝播による温度分布には加熱時間との相関関係があると考えられる。また、本 RTA 手法を熱酸化 Si 基板を利用し実施した場合、昇温時間が同様であれば上部金属層の材料および厚さに関係なく同様な熱処理が可能な範囲が存在することが考えられる。今後本 RTA 手法の金属材料選択性について議論するためには影響度のあるであろう熱物性値の極端な材料を検討していく必要がある。

謝辞

本研究の一部は情報ストレージ研究推進機構の助成およ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ものである。

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] 田中万裕, 塚本新, ランプ加熱高速 FeCuPt 微粒子形成における Si 基板の加熱寄与, 第 40 回日本磁気学会学術講演会(2016), 7aB-8
- [3] 東芝レビュー Vol.67 No.7 (2012) 55 記録密度 5 T ビット/in² のビットパターンドメディア作製技術
- [4] 石田広幸, 曾根秀昭, 越後宏, 高木相, Pd, Pt 接点のアーク継続時間に及ぼす熱的要因の検討, 電気学会論文誌. A Vol. 106 (1986) No. 5 P 203-209
- [5] 卯花竜也, 大亀宗壽, 塚本新, 伊藤彰義(日大, TDK), 急速昇温熱処理 FeCuPt の状態変化過程観察, 第 35 回日本磁気学会学術講演会(2011), 28aA-11s

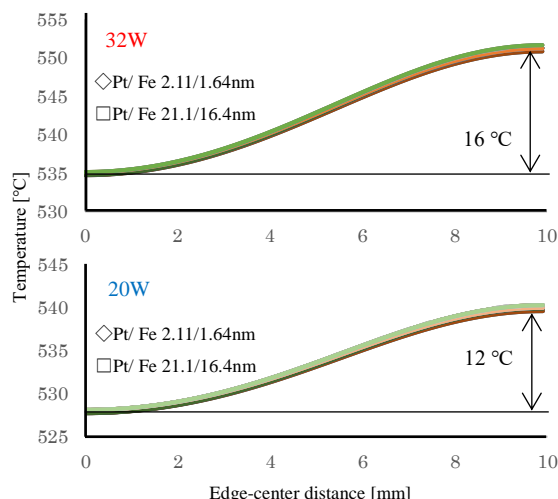


Fig.3 Temperature distribution of heating rise rate and film thickness dependence

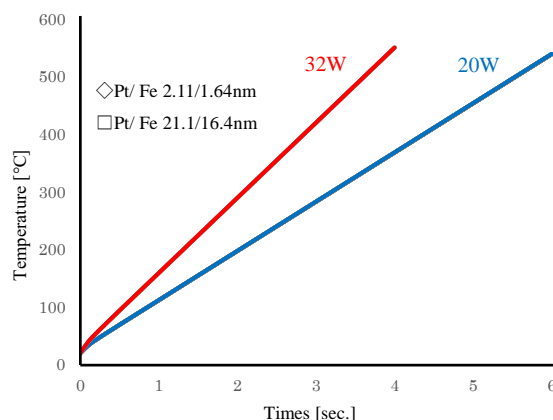


Fig.4 Temperature of film thickness dependence