

電気化学ナノテクノロジーの工学応用

研究代表者 逢坂 哲彌
(先進理工学部 応用化学科 教授)

1. 研究課題

世界に先駆けて提唱し実践してきた「電気化学ナノテクノロジー」(電極/電解質界面設計と電気化学反応制御による材料創製)を機軸として、界面反応場を原子・分子界面単一層から設計し、その複合的な機能を発現させるデバイスの構築を図るだけでなく、実用化につながる実践的なデバイス開発研究を包括的に展開している。具体的には、開発研究対象とする代表的デバイスとして、エネルギーデバイス、センサ・医用デバイス、および磁性・電子デバイスを設定し、それぞれの次世代型技術の提案と理論的裏付けに基づく実用レベルをターゲットとした応用展開を目指すものであり、産業界からのニーズが高い分野を対象とした学術研究である。ここではその一端として、記録媒体として信頼性の高いハードディスクドライブ(HDD)の高容量化に向けて、磁性ナノ粒子合成の改良とその塗布成膜による磁性ナノ粒子高密度配列膜の形成に関する研究成果を報告する。

2. 主な研究成果

塗布成膜による磁性ナノ粒子の高密度配列膜形成

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向けの記録層作製プロセスの確立を目指してきた。塗布成膜の改善により粒子配列層の作製を達成してきたが、 L_{10} 規則化相転移のための高温熱処理によって引き起こされるFePtナノ粒子の焼結の改善が課題であった。そこで、急速加熱(rapid thermal annealing: RTA)による単一 L_{10} 相バリエーション制御に着目し、孤立粒子規則化のためのRTA条件の選定・影響評価を行い、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 L_{10} -FePtナノ粒子薄膜の形成プロセスについて検討した。その結果、孤立粒子の L_{10} 規則化において、RTA処理時の昇温速度が速く、到達温度での保持が0 hであることが粒子内の規則度向上に有効であることが示唆された。次に、塗布成膜した粒子サンプル基板を断面加工してTEM観察した結果、Fig.1に示すように、熱処理で顕著

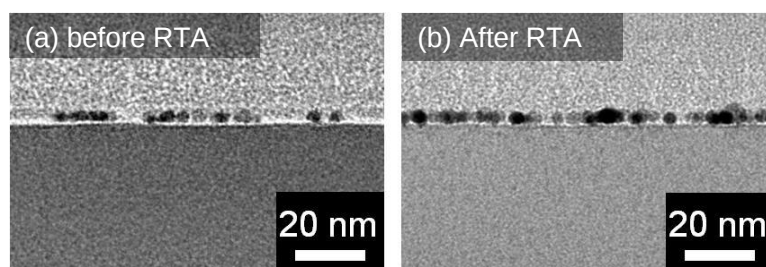


Fig.1 Cross-sectional STEM images of dispersed L_{10} -FePt nanoparticles film on modified MPTMS/SiO₂/Si(100) substrate over coated TEOS layer (a) before RTA and (b) after RTA. The RTA conditions were at 800 °C (1560 °C/min) for 0 h in the forming gas (Ar:H₂ = 90:10).

な焼結が生じることなく、基板上で物理的に孤立した $L1_0$ -FePt ナノ粒子薄膜の形成を確認した。また、規則度向上が確認されたアニール処理(昇温・冷却)を複数回繰り返すことで、現行磁気ヘッドで読み書き可能な保磁力を有する FePt ナノ粒子磁性層を塗布成膜(ウェットプロセス)により作製できることを確認した。モバイル向け HDD の主流なサイズとして地位を確立している 2.5 インチディスクに対して成膜した粒子ディスクサンプルの外観とその磁気特性評価結果を Fig.2 に示す。記録データの読み込みに必要な磁化量は少ないため改善が必要であるが、現行モデルの磁気ヘッドで読み書き可能な保磁力を有する磁性層を FePt ナノ粒子の塗布成膜で作製できることを確認した。さらに、引き上げ法により磁性層上に潤滑層を積層させたのち、現行磁気ヘッドを用いて信頼性試験を実施した結果、ヘッドスペーシング 2 nm で磁気ヘッド浮上飛行に成功した。以上より、合成 FePt ナノ粒子の塗布成膜というウェットプロセスを基幹技術とした次世代型テラビット級磁気記録媒体の確立が期待される。

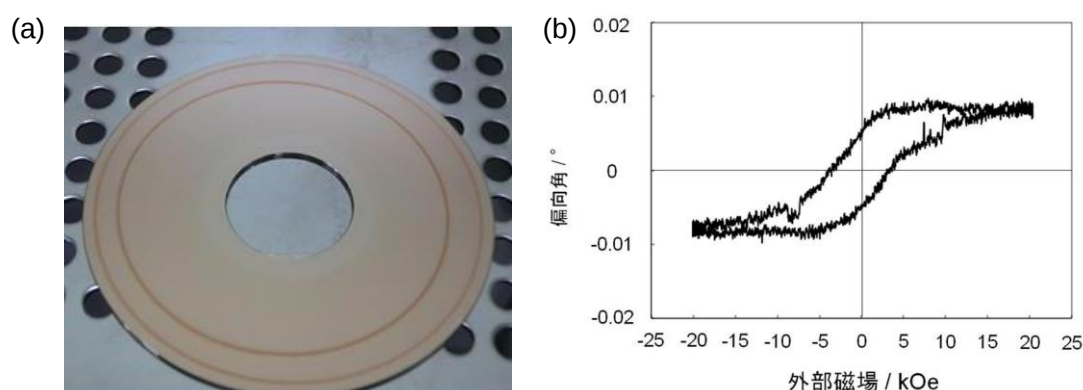


Fig.2 (a) Photographic image and (b) magnetic property of 2.5 inch disk immobilized FePt nanoparticles by spin-coating.

3. 共同研究者

門間 聡之 (先進理工学部・応用化学科 教授)
 本間 敬之 (先進理工学部・応用化学科・教授)
 黒田 一幸 (先進理工学部・応用化学科・教授)
 菅原 義之 (先進理工学部・応用化学科・教授)
 沖中 裕 (理工学研究所・客員研究員)
 内海 和明 (ナノ理工学研究機構・客員研究員)
 津田 信悟 (ナノ理工学研究機構・客員研究員)

4. 研究業績

4.1. 学術論文

- 相川健一郎, 藤平誉樹, 蜂巢琢磨, 杉山敦史, 逢坂哲彌, 山根明, 坂脇彰, 茂智雄, “急速加熱処理による合成鉄白金ナノ粒子配列膜の規則化過程”, 信学技報, **114**(327), 23-28 (2014).
- X. Qian, T. Hang, H. Nara, T. Yokoshima, M. Li, T. Osaka, “Electrodeposited three-dimensional porous Si-O-C/Ni thick film as high performance anode for lithium-ion batteries”, *J. Power Sources*, **272**, 794-799 (2014).
- S. Cheng, S. Hideshima, S. Kuroiwa, T. Nakanishi, T. Osaka, “Label-Free Detection of Tumor Markers

Using Field Effect Transistor (FET)-Based Biosensors for Lung Cancer Diagnosis”, *Sens. Actuators B*, **212**, 329-334 (2014).

他, 14 件

4.2. 総説・著書

- Y. S.-Diamand, T. Osaka, Y. Okinaka, A. Sugiyama, V. Dubin, “30 years of electroless plating for semiconductor and polymer micro-systems”, *Microelectron. Eng.*, **132**, 35-45 (2014).

4.3. 招待講演

- 逢坂哲彌, 実用化へ向けたリチウム電池作製技術の紹介, 日本化学会第 95 回春季年会, 招待講演, 東京, 2015.3.27.
- T. Osaka, “New diagnosis method for LIB health conditions using EIS”, BASF Science Symposium 2015 "Science Symposium Ludwigshafen, Ludwigshafen, Germany, 2015.3.10
- T. Osaka, “Introduction of our battery research”, Argonne National Laboratory, Invited lecture, Argonne, Illinois, USA, 2015.1.16.
- T. Osaka, A. Sugiyama, T. Yokoshima, T. Hachisu, Y. Fujihira, K. Aikawa, “A new approach on nano-dot media by chemical processes for future magnetic recording”, 10th International Symposium on Electrochemical Micro & Nanosystem Technology (EMNT2014), Okinawa, Japan, 2014.11.7.
- T. Osaka, “Innovation Process from Academic Activities to Industrial Products”, 2014 ECS & SMEQ Joint International Meeting, Invited lecture, Cancun, Mexico, 2014.10.7.
- T. Momma, “Non Destructive Inspection for Diagnosis of LIB by Electrochemical Impedance Analysis”, 7th International Conference on Advanced Lithium Battery for Automobile Applications (ABAA-7), Invited lecture, Kyoto, Japan, 2014.7.31.
- T. Osaka, T. Yokoshima, D. Mukoyama, H. Nara, and T. Momma, “Impedance Analysis of Lithium-Ion Battery for Future”, 17th International Meeting on Lithium Batteries (IMLB), Como, Italy, 2014. 6.14.

他, 依頼講演および基調講演含め, 8 件

4.4. 学会および社会的活動

- 相川健一郎, 藤平誉樹, 蜂巢琢磨, 杉山敦史, 逢坂哲彌, 山根明, 坂脇彰, 茂智雄, “急速加熱処理による L1₀ 規則化鉄白金ナノ粒子薄膜の形成”, 第 38 回日本磁気学会学術講演会, 神奈川, 2014.9.3.
- T. Osaka, “Beyond the construction on International Battery R&D Center for smart life support”, The 7th German-Italian-Japanese Meeting of Electrochemists, Padova, Italy, 2014.6.15.

他, 多数

5. 研究活動の課題および今後の展望

本研究の進展に伴い, 材料開発とそのデバイス設計および評価を通して, 更なる高機能性の付与といったプロセス提案に向けて有用な知見が見出された. 引き続き, 設計する高機能デバイスの実用化を見据えて研究を展開していく.