

FePt/ Fe ナノコンポジット試料のポストアニールによる 磁気特性と磁区構造観察

佐藤 匠、大和田 奏、土井正晶、嶋敏之
(東北学院大学)

Effect of post-annealing on the magnetic properties and magnetic domain structure of
FePt/ Fe nano-composite films
T. Sato, K. Ohwada, M. Doi and T. Shima
(Tohoku Gakuin University)

概要

希土類磁石、特に高い最大エネルギー積 (BH)_{max} を有している Nd-Fe-B 焼結磁石は、ハイブリッドカー (HV) ・電気自動車 (EV) 等のモータ、センサー、ハードディスクドライブ (HDD) 等の磁気記録媒体等の様々な分野で応用されている。しかしながら、それらの磁石のキュリー温度は低いことから熱減磁が生じ易く、また希土類元素を含んでいることから環境ならびに地理偏在性等の問題を有している。そのため、Nd-Fe-B 焼結磁石を超える新たな高性能磁石の開発が近年切望されている。ナノコンポジット磁石は高い保磁力を有する硬質磁性相と高い飽和磁化を有する軟質磁性相の二相間で交換結合を生じる磁石であり、今日まで数多くの研究が行われてきた。しかしながら磁気特性の向上のためにさらなるブレークスルーが必要とされている。本研究では、微細加工によりリング形状の FePt 及び FePt/ Fe のナノコンポジット試料を作製し、熱処理温度を変化させ試料の磁気特性を詳細に調べた。

実験方法

試料は超高真空多元スパッタリング装置を用いて作製した。はじめに MgO (100) 単結晶基板の上にシード層として Fe を 1 nm、バッファ層として Au を 40 nm を室温において成膜し、その後 300 °C で 1 時間熱処理を行った。次に FePt 薄膜を 500 °C において 10 nm 成膜を行った後、500 °C で熱処理を行った。FePt リングパターン及び FePt/ Fe ナノコンポジット試料は電子線リソグラフィ装置 (EBL) と Ar イオンエッチング装置を用いて FePt 薄膜表面上に作製した。リング形状試料の外径は 2.0 μm に固定し、内径を 0.8~1.8 μm まで変化させたパターンを作製した。その際のエッチング時のイオンビーム入射角度は 0°, 20°, 85° と変化させた。このように FePt 10nm 単層膜を用いて FePt リング形状試料及び FePt リング/ Fe コアナノコンポジット試料を作製した。試料の結晶構造は X 線回折装置 (XRD) 、パターンの形状は原子間力顕微鏡 (AFM) 、磁区構造は磁気力顕微鏡 (MFM) 、磁気特性は超伝導量子干渉磁束計 (SQUID) および磁気光学カー効果測定装置 (μ -MOKE) を用いて評価・観察を行った。

実験結果

試料は $L1_0$ 型 FePt の基本反射ピークである (002) 及び超格子反射ピークである (001) および (003) が明瞭に確認され、加工前の試料において保磁力は 2.4 kOe、飽和磁化は 1000 emu/ cm³ が得られた。AFM による試料形状評価より FePt/ Fe ナノコンポジット試料は全てのパターンにおいて目立ったバリは確認されないことから、良好にエッチングされたことが確認された。また MOKE での磁気特性の測定結果より、全てのパターンにおいて加工前の 2.5 kOe から加工後の 4.5 ~ 6 kOe と保磁力の増加が確認された。FePt リング形状試料と同様に内径の増大に伴いカー回転角の減少が確認された。また、内径が 1.2, 1.4 μm のナノコンポジット試料において残留磁化状態において "Bull's eye" 的な磁区構造が明瞭に確認され、磁場印加方向を変化させて磁区構造を評価した際に、明瞭な磁化反転が確認された。

参考文献

- 1) Skomski, R, Coey, J.M.D. (1993), Phys. Rev. B, vol. 48, pp. 15812-15816, (1993)
- 2) R. Kurosu, A. Sugawara, H. Iwama, M. Doi, and T. Shima, IEEE Magn. Lett, vol 8 no. pp.1701-7471, (2017)