FePt ナノドットスタック構造における磁場印加後の電気伝導特性評価
Current-Voltage Characteristics of FePt Alloy-NDs Stacked Structures After Magnetic Field Application

名大院工 ○河瀬 平雅，牧原 克典，大田 晃生，池田 弥央，宮崎 誠一
Nagoya Univ. ○Taiga Kawase, Katsunori Makihara, Akio Ohta, Mitsuhisa Ikeda and Seiichi Miyazaki
E-mail: miyazakilab@googlegroups.com

序>熱酸化 SiO_2 薄膜上の極薄 Pt/Fe 積層構造にリモート H_2 プラズマ(H_2-RP)を外部非加熱で照射することで、$L1_0$ 規則化合金 FePt ナノドットが高密度(面密度: ~10^{11}cm^{-2}) 一括形成でき、サイズの異なる FePt ナノドットを Si 酸化膜を介して積層した構造の電気抵抗は、ドットの磁化状態が平行・反平行で大きく変化することを報告した[1, 2]。本研究では、FePt ナノドットスタック構造上部に Al 電極を形成し、FePt ナノドットの帯磁状態が電気伝導に及ぼす影響を評価した。

実験>p-Si(100)基板上に熱酸化膜(膜厚~2.0nm)を形成後、EB蒸着によりFe薄膜(膜厚~1.4nm)とPt薄膜(膜厚~1.7nm)を連続堆積した。その後、60MHz高周波電力の誘導結合により励起・生成した高密度水素プラズマを用いてPt/Fe積層膜表面に外部非加熱でリモートプラズマ処理を施して、規則化合金FePtナノドット(4.5×10^{11}cm^{-2})を形成した。引き続き、EB蒸着により極薄Si酸化膜(膜厚~2.0nm)を堆積した後、Pt(~2.8nm)/Fe(~2.3nm)積層膜を堆積し、H_2-RP照射することで、上層FePtナノドット(2.5×10^{11}cm^{-2})を形成した。最後に、試料上部にAl電極(直径400μm)を真空蒸着により形成した(Inset in Fig. 1)。電気伝導特性は、室温において、磁場強度0.35~4.5kOeの磁石を用い着磁した後、非磁場で評価した。

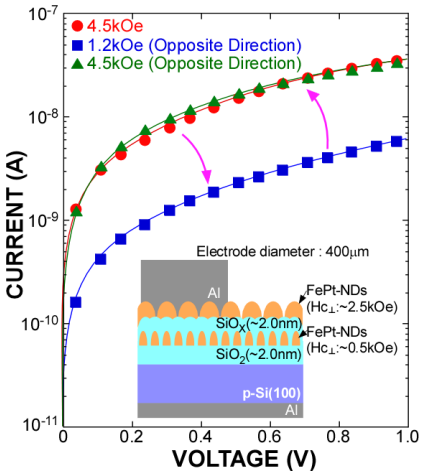

Fig. 1 I-V characteristics of doubly-stacked FePt-NDs structure taken just after applying magnetic fields of 4.5 kOe firstly, and then 1.2 and 4.5kOe in opposite to the first magnetization direction.

結果及び考察>H_2-RP 処理後の AFM 表面形状像から見積もった下層および上層ドットの平均サイズは、各々~5.1nm、~7.9nm であった。また、別途評価した FePt ナノドットの基板法線方向における保磁力のサイズ依存性から、上層および下層ドットの保磁力は~2.5kOe および~0.5kOe と見積もられた。形成した 2 層ドット積層構造の電流ー電圧特性において、4.5kOe の磁場印加により着磁後、逆向きに 1.2kOe の磁場印加を施すと、電流レベルの顕著な低減が認められた。さらに同方向(初期とは逆向き)に 4.5kOe 印加後は、再び初期着磁時の電流レベルに戻ることが分かった(Fig. 1)。電流ー電圧特性から、0.5 V 時の電流レベルを着磁磁場に対してまとめた結果(Fig. 2)、初期着磁(4.5kOe)後、逆方向磁場を 1.0kOe まで増加した場合、電流レベルは徐々に減少し初期電流レベルの~15%まで抑制される。その後、1.4kOe までは着磁磁場を増大しても電流レベルの変化は認められないが、1.4kOe 以上で電流レベルは徐々に増大し、4.5kOe で初期電流レベルまで回復する。これらの結果は、下層および上層ドットの磁化方向が平行から反平行に変化する際には、保磁力の小さな下層ドットのサイズばらつきが反映されるものの、1.0kOe で着磁したとき、完全に反平行になることで磁気抵抗が最大値を示し、反平行状態から下層ドットと同方向に磁場印加する際には、上層ドットのサイズばらつきを反映して平行状態が実現されたとして解釈できる。

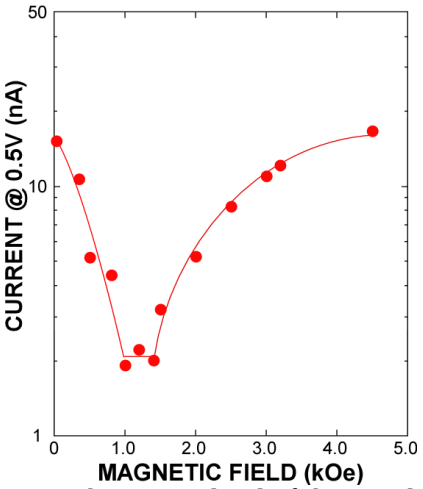

Fig. 2 The current level of the sample shown in Fig. 1 which was measured at 0.5V as a function of applied magnetic field after the first magnetization. The magnetic field was applied in opposite direction to the first magnetization.

結論>保磁力の異なる規則化合金 FePt ナノドット 2 層スタック構造において、4.5kOe で平行磁化状態を実現でき、1.0~2.0kOe を印加することで保磁力の小さな下層ドットの磁化方向のみを制御できることが分かった。

文献>[1] R. Fukuoka et al., Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., 40 (2015) 347. [2] K. Makihara et al., Ext. Abst. SSDM2015, G-3-6.

謝辞>本研究の一部は、科研費若手(A)の支援を受けて行われた。

© 2016年 応用物理学会