

高密度 FePt ナノドットスタック構造の電子輸送特性

満行優介、牧原克典、加藤剛志、大田晃生、岩田聡、宮崎誠一
(名大院工)

Electron Transport Properties of High Density FePt-NDs Stacked Structures

Yusuke Mitsuyuk, Katsunori Makihara, Takeshi Kato, Akio Ohta, Satoshi Iwata, and Seiichi Miyazaki
(Nagoya Univ.)

序論

熱酸化 SiO₂ 薄膜上に形成した極薄 Pt/Fe 積層膜をリモート H₂ プラズマ(H₂-RP)処理(外部非加熱)することで、L1₀規則合金 FePt ナノドットを高密度(面密度: ~10¹¹cm⁻²)一括形成でき、外部磁場印加時における FePt 合金ドットの局所電気伝導特性を磁性 AFM 探針を用いて評価した結果、FePt ナノドットの磁化方向を反映した電子輸送変化が室温で観測できることを明らかにしている。本研究では、初期膜厚を精密制御することで異なるサイズの FePt ナノドットを形成し、その磁化特性を評価するとともに、サイズの異なる FePt ナノドットを極薄 Si 酸化膜を介して二層スタックした構造において、非磁性 AFM 探針を用いて局所電気伝導特性を評価した。

実験方法

p-Si(100)基板を 1000°C、2%O₂dry 酸化により形成した Si 熱酸化膜(膜厚: ~2.0 nm)上に、EB 蒸着により Fe (0.9~3.6 nm) / Pt (1.1~4.4 nm)を膜厚比一定にして積層した。その後、60 MHz 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 H₂-RP 処理を施し FePt 合金ナノドットを形成した。サイズの異なる FePt ナノドットの二層スタック構造は、平均高さ 5.1nm の FePt ナノドット形成後、EB 蒸着により SiO_x 薄膜(~2.0nm)堆積を行い、引き続き、Fe (2.3 nm) / Pt (2.8 nm)積層膜成膜後、H₂-RP 処理により平均高さ 7.9 nm の FePt ナノドットを形成した。Si 基板裏面には、Al コンタクト層を蒸着形成した。局所電気伝導特性は、非磁性 Rh コート Si カンチレバーを用いて評価した。外部磁場印加では、試料直下に永久磁石を配置し、0.5~4.5 kOe の範囲で磁界を変化させた。

結果および考察

いずれの Fe/Pt 二層膜厚においても、FePt ナノドットの形成が認められ、室温で保磁力が認められた。また、室温での保磁力を表面形状像から算出した平均ドット高さでまとめた結果(Fig. 1)から、サイズの増加に伴う保磁力の増大が確認できる。この結果をもとに、保磁力の異なる FePt ナノドットを極薄 SiO_x層を介した積層構造(上部ドット: H_{c⊥} ~ 2.5 kOe、下部ドット: H_{c⊥} ~ 0.5 kOe)を形成し、非磁性探針を用いて外部印加磁場中での局所電流-電圧(I-V)特性を評価した(Fig. 2)。初期状態では、Tip バイアス -7.0V 近傍で電流レベルの増大が認められる。これに対し、外部磁場 0.5 および 1.5 kOe 印加した場合は、無磁場に比べ僅かに電流値が減少し(I in Fig. 2)、2.5kOe 以上の磁場を印加した際、大幅な電流レベルの増大・しきい値電圧の低下が認められた(II)。尚、FePt ナノドット単層では、非磁性 AFM 探針を用いた場合、外部磁場有無による I-V 特性の変化は認められない。これらの結果は、I-V 特性が上下のドットの磁化の平行、反平行により大きく変化し、保磁力の小さなドットの磁化状態を制御することで電子輸送の制御が可能であることを示している。

結論

異なるサイズの規則化合金 FePt ナノドットの積層構造の局所電気伝導特性を非磁性 AFM 探針を用いて評価した結果、ナノドットの保磁力差を反映した電子輸送変化を室温で観測できた。

参考文献

1) R. Fukuoka et al., Abst. of MORIS2013, Omiya, We-P-07.

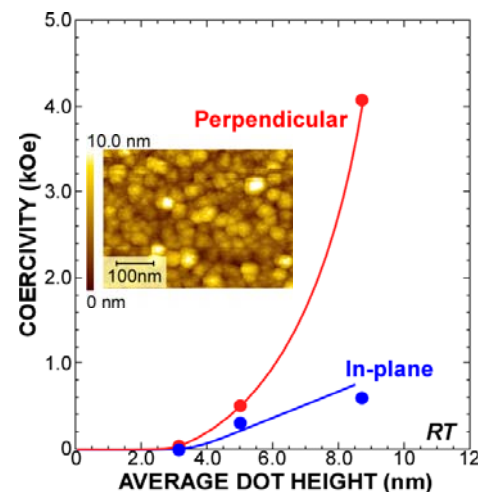


Fig. 1 In-plane and out-of-plane coercivities of FePt-NDs as functions of average dot height. A typical AFM image of FePt-NDs is shown in the inset.

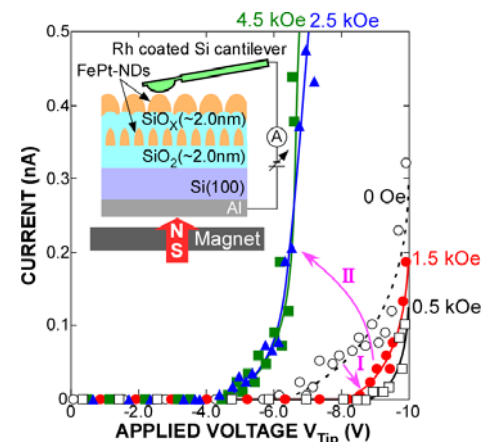


Fig. 2 I-V characteristics of a double stack FePt-NDs sample taken with and without magnetic field (0.5~4.5kOe) at room temperature. Schematic view of an experimental set up for the local I-V measurements is shown in the inset.