

高密度 FePt ナノドットの形成と電子輸送特性の外部磁場依存性

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)

High-Density Formation of FePt Alloy Nanodots on SiO₂ and Their Electron Transport Properties
Yusuke Mitsuyuk, Katsunori Makihara, Takeshi Kato, Akio Ohta, Satoshi Iwata, and Seiichi Miyazaki
(Nagoya Univ.)

序論

熱酸化 SiO₂ 薄膜上に形成した耐酸化性の高い極薄金属積層膜をリモート H₂ プラズマ処理 (H₂-RP) することにより、合金ナノドットを高密度(面密度: ~10¹¹ cm⁻²)一括形成できることを報告している¹⁾。本研究では、ナノドット化しても室温で強磁性を示す L1₀ 規則合金 FePt に着目し、Pt/Fe 極薄積層膜に外部非加熱で H₂-RP 処理を施し、金属原子の表面マイグレーションと凝集を促進することで、FePt 合金ナノドットの高密度・一括形成を試みるとともに、形成したナノドットの外部磁場印加時における電子輸送特性を定量評価した。

実験方法

p-Si(100)基板を 1000°C ドライ酸化により形成した SiO₂ 膜(膜厚~3nm)上に、電子線蒸着に Fe (1.4 nm) / Pt (1.7 nm) 二層膜を形成した。その後、外部非加熱で、H₂-RP 処理を行った。磁界中の電子輸送特性は、磁性 CoPtCr コート Si カンチレバー(H_c ~ 220 Oe)を用いて評価した。外部磁場は、試料直下に永久磁石を配置することで、0.5 ~ 4.5 kOe の範囲で変化した。

結果および考察

SiO₂ 膜上の Pt/Fe 積層膜に H₂-RP 処理を施した後の AFM 表面形状像において、ナノドットの形成が認められ、表面形状像から算出した平均ドット高さおよびドット面密度は、それぞれ ~5.0 nm および ~5 × 10¹¹ cm⁻² であった(Inset in Fig. 1)。また、形成したナノドットの XRD パターンでは、FePt(001) および (002) ピークが明瞭に認められ、L1₀ 相の形成を確認した。Pt 箔で覆った熱電対を用いて、H₂-RP 処理時の温度変化を測定した結果、Pt 表面が ~600 °C まで加熱されることから、H₂-RP 処理における加熱によって規則合金化したと解釈できる。形成した FePt 合金ナノドットの面内および面法線方向に外部磁場を印加し、磁化曲線を評価した結果(Fig. 1)、L1₀-FePt 相の磁気異方性に起因すると考えられる保磁力が観測され、その値は面内および面法線方向で各々 ~0.31, ~0.52 kOe であった。任意ドットの I-V 特性(Fig. 2)では、無磁場において、Tip バイアス -3V 近傍で電流レベルの増大が僅かながら認められた。磁性コート AFM 探針の磁化方向と同一方向の外部磁場 0.5 kOe を印加した場合、無磁場の場合と比べ、顕著な変化は認められないものの、0.6 kOe 印加では、-1.5V で大幅に電流レベルが増大し、0.6 kOe 以上の磁場印加では、顕著な変化は認められなかった。一方、同様の手法で形成した CoPt 合金ナノドットでは、印加磁場の増大に伴い、しきい値電圧が徐々に低減することもわかっている。さらに、FePt 合金ナノドットでは、外部磁場 4.5 kOe 印加後、外部ゼロ磁場下 50 分後においても、4.5 kOe の場合と同じ I-V 特性を示した。さらに、探針磁化方向と逆方向に 0.5 kOe 印加した場合でも、4.5 kOe 印加と同様の I-V 特性を示したが、印加磁場 0.6 kOe では、初期の I-V 特性と同程度の電流レベル・しきい値となった。これらの結果から、探針とドットの磁化方向が平行、反平行の場合で I-V 特性のしきい値電圧が大きく変調されると解釈できる。

結論

Fe (1.4 nm) / Pt (1.7 nm) 積層膜への H₂-RP 照射によって、L1₀-FePt 合金ドットを面密度 ~4.8 × 10¹¹ cm⁻² で高密度形成でき、面法線方向の保磁力は ~0.52 kOe であった。また、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、探針と L1₀-FePt ナノドットの磁化方向に依存した電子輸送変化を室温で観測できた。

参考文献

1) K. Makihara et al., Abst. of IC-PLANTS 2012, P-65.

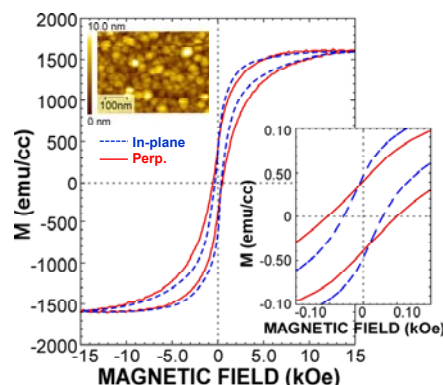


Fig. 1 Hysteresis Loops of FePt-NDs at room temperature. An AFM image of FePt-NDs is also shown in the inset.

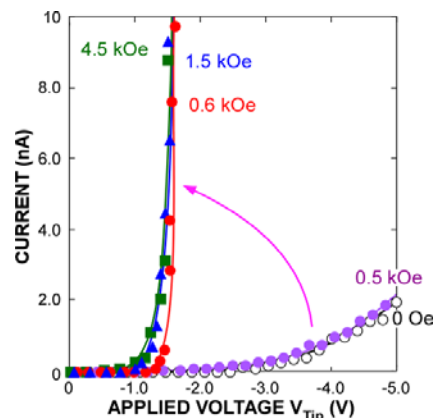


Fig. 2 I-V characteristics of the FePt alloy-NDs with and without magnetic field (0.5~4.5kOe) at room temperature.