

CoPt 合金ナノドット/極薄 SiO₂ 層における電子輸送特性の 外部磁場依存性

Magnetic-Field Dependence of Electron Transport Through CoPt Alloy Nanodots on Ultrathin SiO₂

名大院工, °壁谷 悠希, 張 海, 福岡 諒, 大田 晃生, 牧原 克典, 宮崎 誠一

Nagoya Univ., °Yuuki Kabeya, Hai Zhang, Ryo Fukuoka, Akio Ohta, Katsunori Makihara
and Seiichi Miyazaki

E-mail: kabeya.yuuki@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

研究背景> 熱酸化 SiO₂ 薄膜上の Pt/Co 極薄積層膜をリモート H₂ プラズマ処理 (外部非加熱) することにより、CoPt 合金ナノドットを高密度 (面密度: $\sim 10^{11} \text{cm}^{-2}$) 一括形成できることを報告した[1]。また、磁性薄膜 (CoPtCr) コート Si 探針を用いて CoPt 合金ナノドットの局所電気伝導特性を評価した結果、磁気抵抗効果を示唆する特性変化を室温観測できたことを報告した[2]。本研究では、この抵抗変化特性に着目し、外部印加磁場をパラメータとして、極薄 SiO₂ 上に高密度形成した CoPt 合金ナノドットを介した電子輸送を磁性 AFM 探針を用いて定量評価した。

実験方法> p-Si(100)基板を1000°C、2%O₂中で酸化して形成したSi熱酸化膜 (膜厚: $\sim 5.0 \text{nm}$) 上に厚さ $\sim 1.5 \text{nm}$ のCo薄膜を電子線蒸着により均一形成 (RMS: $\sim 0.22 \text{nm}$) した後、引き続き同一チャンバー内で厚さ $\sim 1.5 \text{nm}$ のPt薄膜を電子線蒸着した。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/Co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CoPt合金ナノドット (平均ドット高さ: $\sim 4 \text{nm}$, 面密度: $2.8 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$) を形成した。Si基板裏面には、Alコンタクトを蒸着形成した。CoPt合金ナノドットの電気伝導特性の評価 (Fig. 1) には、磁性CoPtCrコートSiカンチレバー ($H_c = 220 \text{Oe}$) を用いた。

特色と独創的な点> 磁性 AFM 探針を用いた CoPt 合金ナノドットの局所電気伝導評価において、外部磁場印加によりナノドットの磁化状態を制御することで、磁気抵抗効果に起因したしきい値電圧の制御が実現できることを明らかにした。

研究成果> CoPt 合金ナノドットの表面形状像および測定系の模式図を Fig.1 に示す。外部磁場は、試料直下に磁石 (表面の磁界の強さ 500~4500Oe) を配置することで、探針の磁化方向と同一方向に印加した。AFM 探針を用いて測定した外部磁場印加有無における局所電流-電圧特性を Fig.2 に示す。ドット高さ $\sim 4 \text{nm}$ の任意ドットの電流-電圧 (I-V) 特性では、外部磁場非印加時において、いずれの場合も Tip バイアス -5V 近傍で電流レベルの増大が僅かながら認められるのに対し、外部磁場 500Oe 印加した場合、-4.5V で大幅な電流レベルの増大が確認され、印加磁場の増大に伴い、しきい値電圧の顕著な低減が認められた。尚、4500Oe 印加時では、電流値 100pA における抵抗比は 60%と見積もられた。同様の測定を非磁性金属コート AFM 探針を用いて行った場合、外部磁場印加有無による電流-電圧特性に変化は認められない。これらの結果より、500Oe 以上の外部磁場を印加した場合、磁性コート AFM 探針と CoPt 合金ナノドットの磁化方向が揃うことで、抵抗が減少し、I-V 特性のしきい値電圧が低減すると考えられる。

参考文献> [1] 福岡 他、第 60 回春季応用物理学会 (27p-B8-7)2013 年 [2] 壁谷 他、第 74 回秋季応用物理学会 (19p-C11-4)2013 年

キーワード> 磁性ナノドット, 磁気抵抗効果

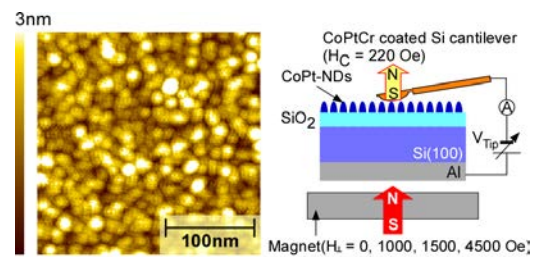


Fig. 1 Topographic image of CoPt alloy-NDs and a schematic view of an experimental set up for local I-V measurements.

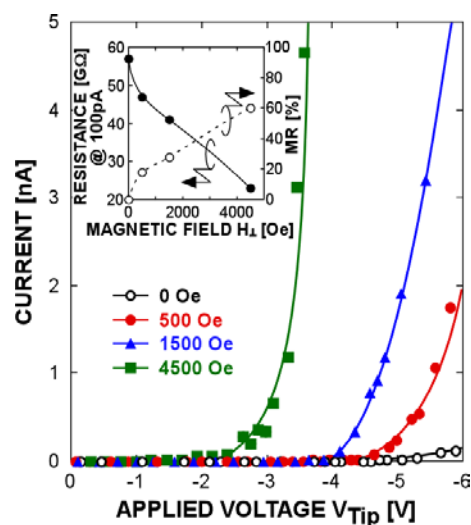


Fig. 2 I-V characteristics of the CoPt alloy-NDs with and without magnetic field (1000 ~ 4500 Oe) at room temperature. Resistance at 100pA and MR as a function of magnetic field are shown in the inset.