

磁性 AFM 探針を用いた Fe₃Si ナノドットの電子輸送特性評価

Magnetic-Field Dependent Electron Transport of Fe₃Si Nanodots

by Using a Magnetic AFM Probe

名大院工 ○張 海, 満行 優介, 牧原 克典, 池田 弥央, 大田 晃生, 宮崎 誠一

Nagoya Univ., ○Hai Zhang, Yuusuke Mitsuyuki, Katsunori Makihara, Mitsuhsa Ikeda, Akio Ohta

and Seiichi Miyazaki

E-mail: miyazakilab@googlegroups.com

序＞これまでに、熱酸化 SiO₂ 薄膜上の Fe/Si/Fe 極薄積層膜をリモート H₂ プラズマ処理(外部非加熱)することで、Fe₃Si ナノドットを高密度(面密度: ~10¹¹cm⁻²)・一括形成でき、室温磁化特性から、形成したナノドットの保磁力が室温で~100Oeであることを報告した[1]。本研究では、極薄 SiO₂ 上に高密度形成した Fe₃Si ナノドットにおいて、外部磁場印加に伴う電子輸送変化を磁性 AFM 探針を用いて評価した。

実験＞p-Si(100)基板上に膜厚~3.0nmのSiO₂を形成後、Fe(~2.0nm)/Si(~2.0nm)/Fe(~1.5nm)積層構造を電子線蒸着により連続堆積した。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、Fe/Si/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、Fe₃Siナノドット(平均ドット高さ: ~8nm, 面密度: 5.0×10¹¹cm⁻²)を形成した。Si基板裏面には、Al電極を蒸着形成した。

Fe₃Siナノドットの局所電子輸送特性の評価は、磁性 CoPtCrコートSi探針(H_c=220Oe)を用い、外部磁場は、試料直下に磁石を配置することで印加した。

結果及び考察＞磁性 AFM 探針を用いて測定した外部磁場非印加時における局所電流-電圧特性(Fig. 1)は、Tip バイアス-3.5V 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、初期探針磁化方向と同方向に外部磁場 0.5kOe を印加した場合、-0.3V で大幅な電流レベルの増大が確認された。また、0.5kOe 以上の外部磁場強度では、しきい値電圧の顕著な変化は認められなかった。表面形状像では外部磁場の印加による顕著な変化は認められないことから、Fig. 1 の結果は探針の物理的接触の変化では説明できない。さらに、探針磁化方向と同方向に印加した後、逆方向磁場 0.5kOe 印加した場合(Fig.2)では電流レベルが低減し、再度同一方向に外部磁場を印加した場合、大幅な電流レベルの増大が認められた。これらの結果は、ドットの保磁力より大きな外部磁場を印加した場合、磁性コート AFM 探針と Fe₃Si 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。外部磁場 1.5kOe 未満では探針の磁化方向は反転しないことがわかっており[2]、逆方向に外部磁場 0.5kOe を印加した場合に観測された抵抗減少は Fe₃Si ナノドットの磁化が反転し、探針と反平行方向になったためと解釈できる。

結論＞外部磁場印加時における Fe₃Si ナノ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、磁気抵抗効果が関与した電子輸送変化を室温で観測できた。

文献＞[1] 張 他、第 62 回春季応用物理学会 (13a-A25-10)2014 年 [2] 壁谷 他、第 75 回秋季応用物理学会(19p-A6-15)2014 年

謝辞＞試料作成は、名古屋大学 VBL の設備を利用して行った。本研究の一部は、東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究の支援により行われた。

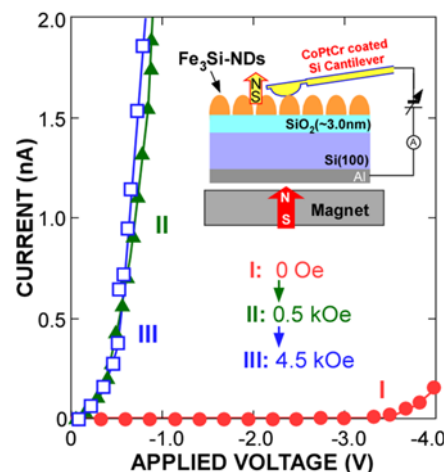


Fig. 1 I-V characteristics of the Fe₃Si-NDs with and without magnetic field (0.5 or 4.5kOe) at room temperature. A schematic view of an experimental set up for local I-V measurements is shown in the inset.

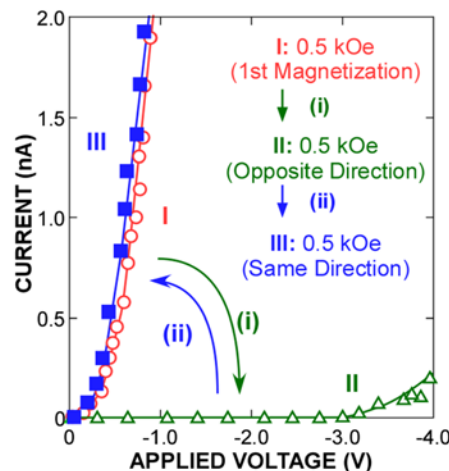


Fig. 2 Room temperature I-V characteristics of the Fe₃Si-NDs with a magnetic field of 0.5 kOe at different magnetic polarities in surface normal.