

磁性 AFM 探針を用いた Fe_3Si ナノドットの電子輸送特性評価

Characterization of Magnetic-Field Dependent Electron Transport of Fe_3Si Nanodots by Using a Magnetic AFM Probe

名大院工¹, Inner Mongolia University of Technology² °武 嘉麟¹, 張 海², 古幡 裕志¹,

牧原 克典¹, 池田 弥央¹, 大田 晃生¹, 宮崎 誠一¹

Nagoya Univ., °Wu Jialin¹, Hai Zhang², Hiroshi Furuhashi¹, Katsunori Makihara¹, Mitsuhiro Ikeda¹,
Akio Ohta¹ and Seiichi Miyazaki¹

E-mail: makihara@nuee.nagoya-u.ac.jp

序＞これまでに、 SiH_4 の減圧化学気相成長法(LPCVD)を用いて自己組織化形成した Si 量子ドット上に極薄 Fe 膜を蒸着形成した積層構造にリモート H_2 プラズマ(H_2 -RP)照射することで、 Fe_3Si 合金ナノドット (面密度: $\sim 10^{11}\text{cm}^{-2}$) が一括形成できることを報告した[1]。本研究では、極薄 SiO_2 上に高密度形成した Fe_3Si ナノドットにおいて、外部磁場印加に伴う電子輸送特性の変化を磁性 AFM 探針を用いて評価した。

実験＞n-Si(100)基板をRCA洗浄後、 1000°C で $\sim 3\text{nm}$ の熱酸化膜を形成し、希釈HF処理後、pure SiH_4 ガスのLPCVDによりSi量子ドット (面密度: $\sim 3 \times 10^{11}\text{cm}^{-2}$ 、平均ドット高さ: $\sim 6.9\text{nm}$) を自己組織化形成した。次に、電子線蒸着法によりFe膜 ($\sim 3.7\text{nm}$) をSi量子ドット上に形成した。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量子ドット積層構造に外部非加熱でリモートプラズマ処理を施すことで、 Fe_3Si ナノドット(平均ドット高さ: $\sim 5.9\text{nm}$, 面密度: $\sim 2.7 \times 10^{11}\text{cm}^{-2}$)を形成した。また、室温磁化特性評価により、形成したナノドットの面直方向における保磁力は220 Oeであることを確認している。Si基板裏面には、Al電極を蒸着形成した。 Fe_3Si ナノドットの局所電子輸送特性は、磁性CoPtCrコートSi探針を用い、探針バイアス-2Vを印加して評価した。また、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＞磁性金属コート探針を用いて二次元電流像を測定した結果、探針磁化方向と同一方向に試料を1.5 kOeの磁場を印加した状態で、ドットに対応する領域に明瞭な高伝導度を示す明るいコントラストが観測され、逆方向磁場印加においても明瞭な変化は認められなかった(Fig. 1)。しかしながら、探針磁化方向と同方向に磁場印加した後、逆方向磁場 0.35 kOe 印加した状態(Fig.2)では面平均電流レベルが半減し、再度同一方向に外部磁場を印加した場合に、電流レベルの回復が認められた。これらの結果は、探針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 Fe_3Si ナノドットの磁化方向が揃うことで、抵抗が減少すると考えられる。また、外部磁場 1.5 kOe 未満では探針の磁化方向は反転しないことが分かっていることから、逆方向に外部磁場 0.35 kOeを印加した場合に観測された電流減少は Fe_3Si 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 Fe_3Si 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、磁気抵抗効果に関与した電子輸送変化を室温で観測した。

文献＞[1] J. Wu et al., 8th Int. Symp. on Control of Semiconductor Interfaces, WP2-18 (Sendai, 2019).

謝辞＞本研究の一部は、公益財団法人立松財団 特別研究助成(A1)の支援により行われた。

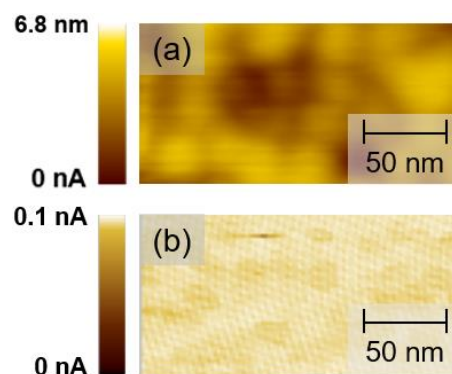


Fig. 1 Topographic (a) and corresponding current image (b) of Fe_3Si -NDs with magnetic field of 1.5 kOe at room temperature.

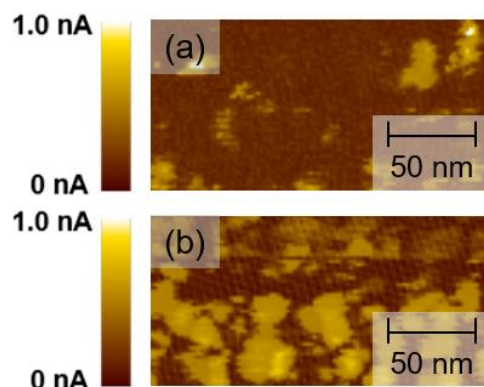


Fig. 2 Current images of the Fe_3Si -NDs with magnetic field of 0.35 kOe at the opposite (a) and same (b) magnetic directions to the magnetization direction of the AFM tip.