

Fe₃Si ナノドットの磁気伝導特性評価

Magnetic-Field Dependent Electron Transport of Fe₃Si Nanodots

名大院工¹, Inner Mongolia University of Technology² ○武 嘉麟¹, 牧原 克典¹, 張 海²,

古幡 裕志¹, 田岡 紀之¹, 大田 晃生¹, 宮崎 誠一¹

Nagoya Univ., [○]Jialin Wu¹, Katsunori Makihara¹, Hai Zhang², Hiroshi Furuhashi¹, Noriyuki Taoka¹,
Akio Ohta¹ and Seiichi Miyazaki¹

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

序＞これまでに、SiH₄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 膜を蒸着形成した構造にリモート H₂ プラズマ(H₂-RP)照射することで、Fe₃Si 合金ナノドット(面密度:~10¹¹cm⁻²)が一括形成でき[1]、さらには、磁性 AFM 探針を用いて形成した Fe₃Si 合金ナノドットの局所電気伝導を評価した結果、磁気抵抗効果が関与した電子輸送変化が室温で観測できることを報告した[2]。本研究では、高密度形成した Fe₃Si 合金ナノドット上に、Fe 電極を形成し、外部磁場が電子輸送特性に及ぼす影響を評価した。

実験＞n-Si(100)基板をRCA洗浄後、1000°Cで~3 nmの熱酸化膜を形成し、希釈HF処理後、pure SiH₄ガスのLPCVDによりSi量子ドット(面密度:~3×10¹¹cm⁻²、平均ドット高さ:~6.9 nm)を自己組織化形成した。次に、電子線蒸着法によりFe膜(~3.7 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量子ドット構造を外部非加熱でリモートプラズマ処理を施すことで、Fe₃Siナノドットを形成した。尚、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~80 Oeであることを確認している。ナノドット形成後、電子線蒸着によりFe電極(600 μmφ)を形成した後、Si基板裏面にAl電極を蒸着形成した。尚、比較として、ドット形成をしていない試料(Fe/SiO₂/c-Si/Al)も作成した。

結果及び考察＞4.5kOe 着磁後、Fe 電極に正バイアス+100 mV を印加して測定した電流レベルの外部磁場依存性では、外部無磁場では~47.5 μA/cm² の電流が安定して観測できるものの、試料直下に初期印加磁場と同じ向きの磁場 1.0 kOe の磁石を配置して磁場印加した場合、僅かに電流レベルが増大しただけであったが、2.3 kOe 以上では大幅な電流レベルの増大が認められた(Fig. 1(a))。尚、磁場印加後、再度無磁場にした場合には、元の電流レベルに戻ることも確認できた。また、ドット形成をしていない試料においては、外部磁場による電流レベルの変化は認められなかった。さらに、Fe 電極に負バイアス-100 mV 印加した場合においても外部磁場印加による電流レベルの明瞭な変化が認められた(Fig. 1(b))。これらの結果は、ナノドットの帯磁特性により電流レベルが大きく変化し、ドットの磁化状態を制御することで抵抗値の制御が可能であることを示している。また、正電圧印加での結果は、Fe の仕事関数と n-Si(100)のフェルミレベルを考慮すると、Fe 電極と Fe₃Si ナノドットの磁化が平行となった場合に Fe 電極からドットへの電子注入・保持によるチャージングエネルギーが電流レベルの変化に寄与していることが示唆される(Inset in Fig. 1)。

結論＞外部磁場印加時における Fe 電極/Fe₃Si ナノドットの電気伝導特性を評価した結果、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] H. Zhang et al., Jpn. J. Appl. Phys. 55, 01AE20 (2016). [2] J. Wu et al., ECS Trans. 98, 493 (2020).

謝辞＞本研究の一部は、科研費 基盤研究(A)の支援により行われた。

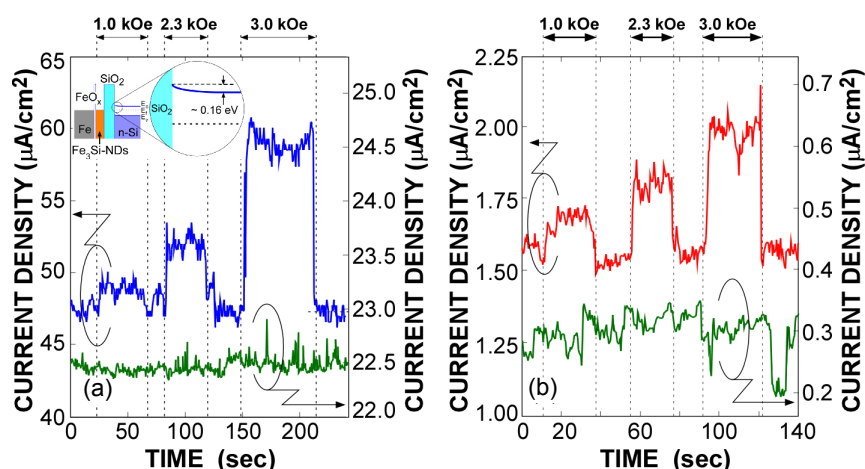


Fig. 1 Changes in current level at +100 mV (a) and -100 mV (b) with and without magnetic field application for Fe₃Si-NDs/SiO₂/n-Si(100) and SiO₂/n-Si(100) with a Fe top-electrode. Energy band diagram at 0 V is shown in the inset.