

リモート水素プラズマ支援による磁性合金 FeSi ナノドットの 高密度・一括形成

Formation of High Density FeSi Nanodots Induced by Remote H₂-Plasma Exposure

名大院工¹, 福岡大² °橋本 靖司¹, 牧原 克典¹, 大田 晃生¹, 池田 弥央¹, 香野 淳²,
宮崎 誠一¹

Nagoya Univ.¹, Fukuoka Univ.², °Yasushi Hashimoto¹, Katsunori Makihara¹, Akio Ohta¹,

Mitsuhsa Ikeda¹, Atsushi Kohno² and Seiichi Miyazaki¹

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

序 > これまでに、Si 熱酸化膜上に形成した Fe/a-Si/Fe 極薄膜積層構造にリモート H₂ プラズマ照射することで、FeSi 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 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おいて、リモート H₂ プラズマ照射による FeSi ナノドットの一括形成を試みた。

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 SiH₄ 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、100mmφの石英管に 1 ターンコイル状アンテナを配置したリモート型 ICP プラズマにより形成した原子状水素を、外部非加熱で試料に照射した。アンテナ-基板間距離、圧力、RF 電力、照射時間はそれぞれ、23 cm、6.0 Pa、500 W、10 min とした。リモート H₂ プラズマ照射前後の表面形状像および磁化特性をそれぞれ原子間力顕微鏡 (AFM) および交番磁界勾配型磁力計 (AGM) により室温で評価した。

結果及び考察 > Fe 薄膜蒸着前後の表面形状像において、ドット面密度に変化は認められないことから、Fe 薄膜は均一形成できていると考えられる (Fig.1)。また、Fe 薄膜/Si 量子ドット構造をリモート H₂ プラズマ照射した後においても、ドット面密度および平均ドット高さに顕著な変化は認められなかった (Fig. 1)。Si 熱酸化膜上に形成した Fe 膜を同条件でプラズマ照射した場合、表面の局所加熱により生じる Fe 原子の表面マイグレーション・凝集に起因して、Fe ナノドットが面密度 $\sim 3.7 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ で形成されたことから、Fe 薄膜/Si 量子ドットでは、Fe 原子の表面マイグレーションに加えて、下地 Si 量子ドットとのシリサイド化反応が同時進行していることが示唆される。Fig.2 に、プラズマ照射前後における Fe 薄膜/Si 量子ドットの磁化特性を評価した結果を示す。プラズマ照射前では Fe 薄膜に起因した磁化特性を示す。一方、プラズマ照射後では、面内および面直方向の飽和磁化が顕著に増大し、ヒステリシス (面内保磁力: 180 Oe、面直: 220 Oe) が認められた。これらの結果は、磁性合金 Fe₃Si ナノドットが形成できていることを示している。また、プラズマ処理前後いずれの場合も磁化容易軸は面内方向であることが分かった。

結論 > SiH₄ の減圧化学気相成長法を用いて自己組織化形成した Si 量子ドット上に極薄 Fe 膜を蒸着形成した後、外部非加熱でリモート H₂ プラズマを照射することで、磁性合金 FeSi ナノドットを高密度・一括形成することができた。

文献 > [1] H. Zhang, K. Makihara, A. Ohta, M. Ikeda, and S. Miyazaki, Jpn. J. Appl. Phys. 55, 01AE20 (2016).

謝辞 > 本研究の一部は、科研費若手研究(A)および名古屋大学微細加工プラットフォームの支援を受けて行われた。

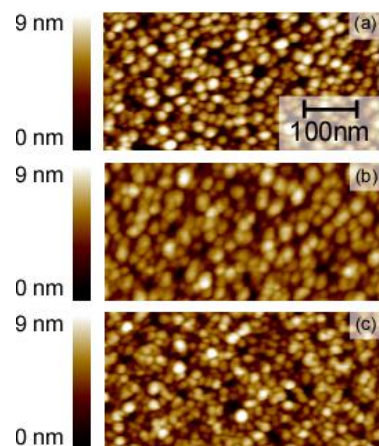


Fig. 1 AFM images of (a) Si-QDs, (b) after Fe layer formation on Si-QDs and (c) followed by H₂-RP exposure.

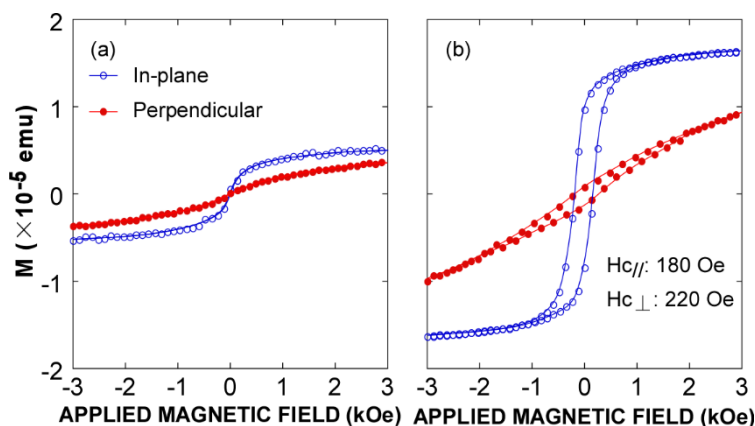


Fig. 2 Magnetization curves taken (a) before and (b) after H₂-RP exposure to Fe ($\sim 3.7 \text{ nm}$)/Si-QDs under in-plane and perpendicular magnetic fields at room temperature.