

## リモート水素プラズマ支援による Fe シリサイドナノドットの 高密度一括形成と磁化特性評価

### High Density Formation of Fe-silicide Nanodots Induced by Remote H<sub>2</sub> Plasma and Characterization of Their Magnetic Properties

<sup>1</sup>名大院工, <sup>2</sup>名大 VBL, <sup>○1</sup>張 海, <sup>1</sup>牧原 克典, <sup>2</sup>大田 晃生, <sup>1</sup>壁谷 悠希, <sup>1</sup>宮崎 誠一

<sup>1</sup>Nagoya Univ., <sup>2</sup>Nagoya Univ. VBL, <sup>○1</sup>Hai Zhang, <sup>1</sup>Katsunori Makihara, <sup>2</sup>Akio Ohta,

<sup>1</sup>Yuuki Kabeya, and <sup>1</sup>Seiichi Miyazaki

E-mail: z\_hai@nuee.nagoya-u.ac.jp

**序** > これまでに、シリコン熱酸化(SiO<sub>2</sub>)膜上の極薄 Fe/Si/Fe 積層構造を外部非加熱でリモート H<sub>2</sub> プラズマ(H<sub>2</sub>-RP)処理することで、Fe 原子の表面マイグレーション・凝集とともに、Si との合金化反応が進行することで、Fe シリサイドナノドットが高密度(面密度~10<sup>11</sup>cm<sup>-2</sup>)・一括形成できることを報告した[1]。本研究では、シリサイド相制御を目的とし、異なる膜厚比の Fe/Si/Fe 積層構造に H<sub>2</sub>-RP 処理施すことで、ホイスラー合金 Fe<sub>3</sub>Si 相のナノドットの形成を試みた。

**実験** > p-Si(100)基板を 1000°C、2%O<sub>2</sub> 中で酸化して形成した厚さ 3.6nm の SiO<sub>2</sub> 膜上に、化学量論組成比が Fe:Si=3:1 になるように、Fe/Si(~2.0nm)/Fe 積層構造を電子線蒸着により連続堆積した。その後、外部非加熱で、H<sub>2</sub> ガスのリモートプラズマ処理(60MHz-ICP: 500W, 13.3Pa)を行った。H<sub>2</sub>-RP 処理前後の表面形状像を AFM、磁化・帯磁特性を AGM および MFM により室温で評価した。

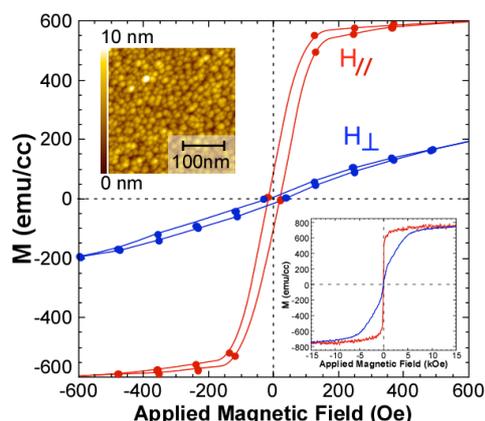
**結果及び考察** > H<sub>2</sub>-RP 処理前後の表面形状像測定において、Fe(~2.0nm)/Si(~2.0nm)/Fe(~1.5nm)積層構造から面密度~4.9×10<sup>11</sup>cm<sup>-2</sup>、平均ドット高さ~8.3nm のナノドット一括形成を確認した。さら

に、AFM 探針を使った電子注入・放出後の表面電位計測により個々のナノドットが電気的に分離していることを明らかにした。形成した Fe シリサイドナノドットの室温磁化特性を調べた結果、僅かながらヒステリシスが認められ(H<sub>c||</sub> 110e, H<sub>c⊥</sub> ~17 Oe)、飽和磁化値は~750emu/ccであった(Fig.1)。この結果は、DO<sub>3</sub> 型 Fe<sub>3</sub>Si 結晶薄膜(厚さ~50nm)の報告値[2]と同程度であることから、規則合金 DO<sub>3</sub> 型 Fe<sub>3</sub>Si ナノドットの形成が示唆される。また、磁性金属コート探針(保磁力: 220 Oe)を用いてナノドットの帯磁特性を評価した結果(Fig. 2)、探針磁化方向と同一方向に試料を着磁した場合、ドットに対応する領域に探針-試料間の磁氣的引力に起因する明るいコントラストが観測された。一方、試料と探針を逆方向に着磁し、同一条件で MFM 測定した場合には、斥力を反映したコントラストの反転が確認できた。これらの結果は、形成したナノドットが磁性合金であることを示しており、磁化特性の結果と矛盾しない。

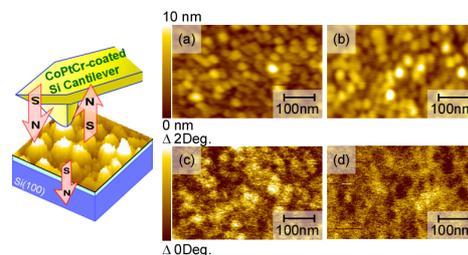
**結論** > H<sub>2</sub>-RP 支援による Fe/Si/Fe 極薄積層膜からの Fe シリサイドドット形成において、磁気異方性をもった軟磁性 Fe シリサイドナノドットを高密度・一括形成できることが分かった。

**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、ナノテクノロジープラットフォーム試行的利用事業の支援を受けて行われた。

**文献** > [1] 張 他, 第 61 回春季応用物理学会, 19 p -D3-12 (2014). [2] K. Hamaya, et al., Appl. Phys. Lett. **93**, 132117 (2008).



**Fig. 1** Hysteresis Loops of Fe-silicide NDs at room temperature. An AFM image of Fe-silicide NDs is also shown in the inset.



**Fig. 2** Topographic images (a, b) and corresponding MFM images (c, d) of Fe-silicide NDs, which were measured by using a CoPtCr coating cantilever in the same magnetization direction (a, c) and the opposite direction (b, d) between the sample and the cantilever, respectively.