

Si 基板上高密度エピタキシャル鉄酸化物ナノドットの形成とスイッチング特性

Epitaxial growth of high density epitaxial iron oxide nanodots and their switching properties for ubiquitous element ReRAM

○渡辺 健太郎¹、前田 佳輝¹、中本 悠太¹、松井 秀紀¹、竹内 正太郎¹、酒井 朗¹、中村 芳明¹

(1. 阪大院基礎工)

○Kentaro Watanabe¹, Yoshiki Maeda¹, Yuta Nakamoto¹, Hideki Matsui¹, Shotaro Takeuchi¹,

Akira Sakai¹, Yoshiaki Nakamura¹, (1.Osaka Univ.)

E-mail: watanabe@ee.es.osaka-u.ac.jp

【研究背景】Si基板上の鉄酸化物薄膜は、ユビキタス元素からなる安価・環境低負荷の抵抗変化型メモリ(ReRAM)材料として期待されている。しかし、結晶欠陥の多い既存の多結晶薄膜では電流リーク等の理由により、高いOff/ On抵抗比が実現できない。そこで、我々は高品質のエピタキシャル Fe_3O_4 ナノドット/Si基板に注目し [1,2]、前回、ユビキタス元素だけからなるReRAM材料として、高密度鉄シリサイドナノドット[3]を成長核とした鉄酸化物ナノドットのSi基板へのエピタキシャル成長技術を開発したことを報告した[4]。今回、本ナノ材料の結晶構造や抵抗スイッチングの鍵となる価数状態を明らかにし、さらに抵抗スイッチング現象を観測したので報告する。

【実験方法】Si(111) 清浄表面に対して熱酸化(酸素分圧: 2×10^{-4} Pa、基板温度: 600°C)を施すことで、一原子層の厚みを有する極薄Si熱酸化膜を形成した。その上に、SiとFeを逐次蒸着し (Si: 500°C , Fe: $400 \sim 450^\circ\text{C}$)、 $\alpha\text{-FeSi}_2$ ナノドット核を高密度に ($1.5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$) エピタキシャル成長した[3]。この $\alpha\text{-FeSi}_2$ ナノドット核上に酸素雰囲気(分圧 2×10^{-4} Pa) 下でFe蒸着(基板温度 $\sim 300^\circ\text{C}$)を行い、鉄酸化物をエピタキシャル成長した。反射高速電子回折法(RHEED)により結晶構造を、X線光電子分光法(XPS)により価数状態を、原子間力顕微鏡法(C-AFM)により、表面形状と電気特性を評価した。

【結果と考察】AFM像から高密度($\sim 2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$)の鉄酸化物ナノドット(直径 $\sim 25 \text{ nm}$) の形成を確認し、XPSの測定結果により、 $[\text{Fe}^{3+}]:[\text{Fe}^{2+}]=2:1$ の価数状態をもつ鉄酸化物であることがわかった(図)。価数状態とRHEED図形から、形成したナノドットは、 Fe_3O_4 (012)/ $\alpha\text{-FeSi}_2$ (112)/Si(111)の関係をもってSi基板上にエピタキシャル成長したストイキオメトリな Fe_3O_4 であることがわかった。次に、個々の Fe_3O_4 ナノドットのI-V

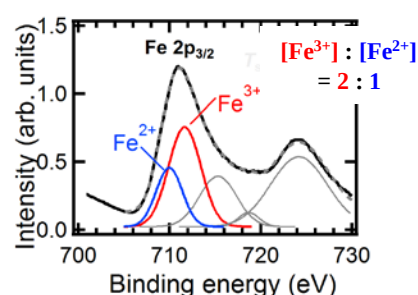


図: XPS Fe 2p スペクトル

特性をC-AFMを用いて測定した結果、バイポーラ型の抵抗スイッチング特性が認められた。読み取り電圧0.5Vのとき 20程度のOff/On抵抗比を示し、これは薄膜のその二倍程度に相当する。本講演では、本ナノ構造の特徴と電気特性についての詳細を述べる。

【謝辞】本研究は、科研費補助金(25286026, 25600016, 15K13276)の支援により行われた。

[1] 石部, 他 2013年春季応物学会27p-F1-2. [2] 松井, 他 2014年秋季応物学会20a-A10-2.

[3] Y. Nakamura, *et al.*, *Phys. Rev. B* **72**, 075404 (2005). [4] 松井, 他 2014 年秋季応物学会 20a-A10-2.