

Ni/HfO₂/Pt 抵抗変化メモリにおける強磁性導通フィラメントの形成

Formation of ferromagnetic conductive filament in Ni/HfO₂/Pt resistive switching memory

関西大学理工学研究科 °大塚慎太郎, 浜田佳典, 伊藤大介, 清水智弘, 新宮原正三

Kansai Univ. graduate school of science and engineering

°Shintaro Otsuka, Yoshifumi Hamada, Daisuke Ito, Tomohiro Shimizu, and Shoso Shingubara

E-mail: k788955@kansai-u.ac.jp

酸化物薄膜を金属電極で挟んだ構造を持つ抵抗変化メモリは、高速応答、低消費電力、高集積化が可能のため、次世代不揮発性メモリの一つとして期待されている。抵抗変化現象の動作原理はいくつかのモデルが提唱されており、詳細な解明に向けた研究が盛んに行われている。我々はこれまでに、抵抗の温度依存性と透過型電子顕微鏡による断面観察を用いて、ニッケルを上部電極として用いた抵抗変化メモリにおいて、そのニッケルが酸化物薄膜中に拡散し、フィラメントを形成することを示唆する結果を得ている[1]。そこで本研究では、ニッケルフィラメントの磁性に着目し、磁気特性からフィラメントを評価したので報告する。

上部電極に強磁性体ニッケルを用いた Ni/HfO₂ (4 nm)/Pt 素子を SiO₂/Si 基板上に作製した。フィラメントの抵抗成分のみを取り出すために、素子電極構造をケルビン接続が可能な 4 端子クロスバー型にした。電極クロス部分の面積は $1 \times 1 \text{ } \mu\text{m}^2$ である。

図 1 に典型的な抵抗変化スイッチング特性を示す。ニッケル上部電極にポジティブ電圧を印加したとき SET 動作(OFF→ON), 逆電圧の印加で RESET 動作(ON→OFF)が観測された。このように、本素子はバイポーラ抵抗変化スイッチングを示した。フィラメントモデルによれば、ON 状態はフィラメントの形成によって素子抵抗が低くなったと考えられる。そこで、ON 状態での磁気特性を評価するための磁気抵抗効果を測定した。その結果を図 2 に示す。磁気抵抗比を $\text{MR ratio} = \{R(H) - R(H_0)\} / R(H_0) \times 100 (\%)$ で定義する。ここで、 $R(H_0)$ はゼロ磁場のときの抵抗値、 $R(H)$ は個々の磁場での抵抗値である。外部磁場が基板に対して面内のとき上凸、面直のとき下凸の磁気抵抗が観測された。このことから、観測された磁気抵抗は強磁性体の異方性磁気抵抗効果であることが考えられる。その異方性磁気抵抗効果では、上凸のとき電流と磁場が垂直、下凸のとき並行となる。つまり、観測された異方性磁気抵抗効果は基板に対して垂直に形成された強磁性体ニッケルフィラメントに起因することが考えられる。本素子では、SET 動作で上部電極からイオン拡散したニッケルがフィラメントを形成していると思われる。

[1] S. Otsuka, *et. al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 53, pp.05GD01 (2014).

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 23310083 及び、文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」の助成の一部を受けたものです。また、本研究は日本学術振興会特別研究員の助成を受けたものです。

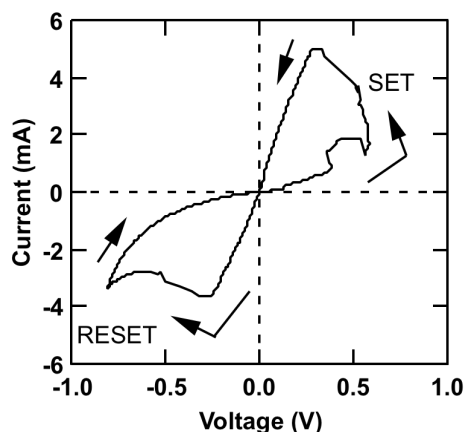


図 1 バイポーラ抵抗変化スイッチ特性

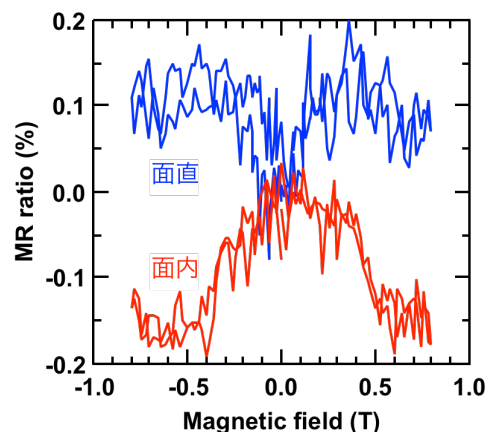


図 2 ON 状態の異方性磁気抵抗効果