

Ti ナノドットを埋め込んだ SiO_x 膜の電気抵抗変化特性 — 一定電圧および定電流印加による特性制御 —

Control of Resistive Switching Properties of SiO_x Embedded with Ti Nanodots by Constant Voltage and Constant Current Application

名大院工, °加藤 祐介, 大田 晃生, 池田 弥央, 牧原 克典, 宮崎 誠一

Nagoya Univ., °Y. Kato, A. Ohta, M. Ikeda, K. Makihara, and S. Miyazaki

E-mail: katou.yuusuke@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

序> これまでに、抵抗変化層に Si リッチ酸化膜(SiO_x)を用いた Ni 電極 MIM 構造において、SiO_x 膜中にリモート H₂ プラズマ(H₂-RP)照射を利用して高密度一括形成した Ti ナノドット(Ti-NDs: 面密度: $3.3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$)を埋め込むことで、スイッチング時の動作電圧および電流レベルのばらつきが抑制されることを報告した。さらに、Ti-NDs を埋め込んだ試料に N₂ 雰囲気下にて 400°C の熱処理を施すことで、処理前後と比較して、高抵抗状態における電流レベルの低減に有効であることを明らかにした[1]。本研究では、Ti-NDs を埋め込んだ SiO_x 膜において、定電圧印加による RESET および定電流印加による SET 動作時の電流・電圧変化と抵抗スイッチングの安定性を調べた。

実験方法> SiO₂/Si(100)を下地基板として、EB 蒸着により Ni 下部電極(~15 nm)、SiO_x膜(~1 nm)、Ge(~20 nm)/Ti(~3 nm)積層膜を順に堆積した後、外部非加熱で H₂-RP 処理(60MHz-ICP: 500W, 24Pa, 15min)を施して Ti-NDs を形成した。引き続き、抵抗変化誘起層である SiO_x膜(~8 nm)と Ni 上部電極(膜厚:~50 nm, 電極面積:~ $2.6 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$)を形成することで MIM ダイオードを作製した。その後、作製した試料は N₂ 雰囲気下で熱処理(400°C, 5 min)を施した。

結果及び考察> Fig.1 に、低抵抗状態を示す MIM ダイオードの Ni 上部電極に定電圧印加($V_{\text{RESET}} = -0.6$ および -0.8V 、印加時間: $t=10\text{ms}$)して測定した電流の時間変化(I-t 特性)を示す。 -0.6V および -0.8V のどちらの印加電圧値においても、試料を流れる電流は一度増大した後に急激に減少し、低抵抗状態から高抵抗状態へ切り替わる RESET 動作が認められる。印加電圧が -0.8V の場合では、急峻な抵抗スイッチング($100\mu\text{s}$ 以下)とスイッチング時間の短縮が観測される。これは抵抗変化に寄与する SiO_x 膜中の導電性パスを流れる電流が増大したことに起因する。また、どちらの印加電圧においても、実測した電流値の時間積分より見積もられる消費エネルギーは、 $1.5 \times 10^{-6} \text{ J}$ でほぼ一定であった。さらに、高抵抗状態の試料に、 -1mA の定電流($t=1\text{ms}$)を印加することで、低抵抗状態にスイッチする SET 動作が安定して認められた。これらの結果を考慮して、定電圧($V_{\text{RESET}}=-0.8\text{V}$)と定電流($I_{\text{SET}}=-1\text{mA}$)を交互に印加し、スイッチング動作後に抵抗変化が生じない程度の低電圧(-0.1V)で電流値を読み取り、各抵抗値をスイッチング回数に対してまとめた結果を Fig.2 に示す。3桁程度の抵抗比を持つ安定したスイッチング特性が得られることが分かった。

まとめ> Ti ナノドットを埋め込んだ SiO_x 膜を用いた Ni 電極 MIM 構造において、 -0.8V の定電圧印加により $100\mu\text{s}$ 以下の急峻な高抵抗化と、定電流印加による低抵抗化を組み合わせることで、3桁程度の抵抗比を有する安定したスイッチング動作が認められた。

文献> [1] Y. Kato, et al, Ext. Abstr. of 2016 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices, B3-4, pp.157-162 (2016).

謝辞> 本研究は、科学研究費補助金若手研究(A)(課題番号 15H05520)の支援を受けた。

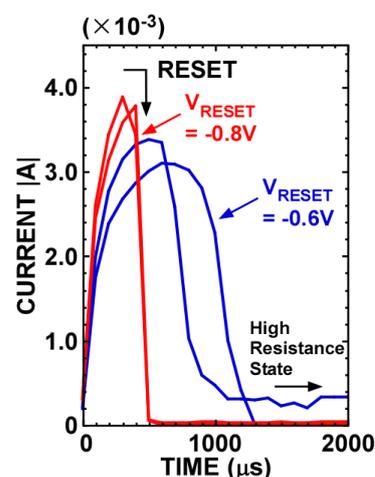


Fig.1 I-t characteristics for Ni/SiO_x/Ti Nanodots/SiO_x/Ni diode measured at constant biases of -0.6V and -0.8V .

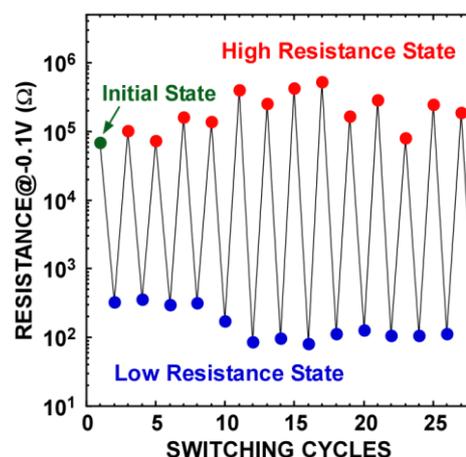


Fig.2 Switching cycle dependence of resistance in high and low resistance states taken for the MIM diode in which a constant bias of -0.8V was applied for RESET process and a constant current of -1mA for SET process.