

NiO を用いた ReRAM のセミフォーミング後における コンダクタンスの温度依存性 Temperature dependence of conductance in NiO-based ReRAM after semi-forming process

○篠倉 弘樹, 西 佑介, 木本 恒暢 (京大院工)

○Hiroki Sasakura, Yusuke Nishi, Tsunenobu Kimoto (Kyoto Univ.)

E-mail: sasakura@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに 我々はこれまで、NiO を用いた抵抗変化型メモリ(ReRAM)において、NiO 堆積時の酸素流量を適切に調節することで、導電性フィラメントパス形成過程であるフォーミングに、図 1 のように 2 つのモードが存在することを確認した[1]。本研究では、2 つ目のモード(2nd Mode)における電流値の離散的な変動に注目し、セミフォーミング直後、2 つ目のモードおよびセカンドフォーミング後の高抵抗状態(HRS)におけるコンダクタンス G の温度依存性を調べた。

実験 反応性高周波スパッタリングにより、Pt (80 nm)/Ti (5 nm)/SiO₂ (200 nm)/Si 基板上に NiO を約 77 nm 堆積した。この際、酸素流量を調節することで、フォーミングに 2 つのモードを有する素子を作製した。その後、EB 蒸着により Pt を 50 nm 蒸着し、100 μm および 180 μm 径の円形上部電極を作製した。各素子に正電圧掃引を行い、初期状態(G_{ini})、セミフォーミング直後、2 つ目のモード、セカンドフォーミング後の HRS の状態を用意し、それぞれの G の温度依存性を調べた。

結果 セミフォーミング直後の G は素子面積によらず量子化コンダクタンス $G_0 (=2e^2/h = 77.5 \mu\text{S})$ の値を示し、 $G - G_{\text{ini}}$ は温度に対し G_0 でほぼ一定となった。この結果は、セミフォーミングによって $G = G_0$ 一定の量子ポイントコンタクト(QPC)をなすフィラメントが、バルク領域と並列に形成されたことを示唆している。また、77~350 K ではほとんどの素子で G が一致したが、370 K に昇温すると、素子の約半数の G が減少した。昇温前後で室温時の値が一致した素子のコンダクタンスを $G'(T)$ とすると、370 K において減少した素子のコンダクタンスは $G'(T) - G_0$ となった。このような素子では QPC をなすフィラメントが断裂したことを意味し、その駆動力は 100 $^{\circ}\text{C}$ 程度の熱であるという知見を得た。

一方、2 つ目のモードにおいて、図 2 のように G が G_0 の整数倍($G = nG_0$)を満たしていることと、各 $G - G_{\text{ini}}$ が温度によらずほぼ一定であることから、QPC をなすフィラメントの伝導モード数 n が変動していることがわかった。また、セカンドフォーミング後の HRS においても、 $G - G_{\text{ini}}$ が温度によらずほぼ一定であった。これらの結果は、セカンドフォーミング前後において、QPC をなすフィラメントがその状態を維持していることを示唆する。さらに、セカンドフォーミング後の HRS における抵抗値とセカンドフォーミング直前における抵抗値がほぼ等しいことから、セカンドフォーミングによって QPC をなすフィラメントとは別に新たなフィラメントが形成される可能性が高いと考えられる。

[1] 篠倉 他, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 20a-A10-8.

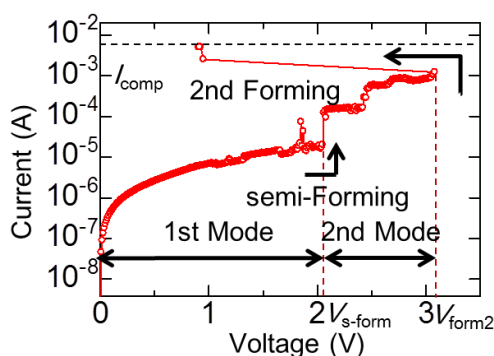


図 1: 2 つのモードを有するフォーミングの典型的な I - V 特性

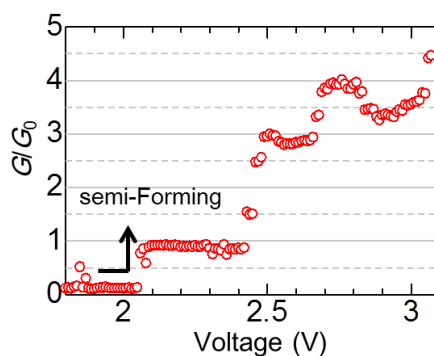


図 2: 2 つ目のモードにおける $G/G_0 - V$ 特性