

Pt/NiO/Pt 抵抗変化素子におけるリセットの駆動力

Driving force of reset operation in Pt/NiO/Pt stack cells

○西 佑介, 木本 恒暢 (京大院工)

○Yusuke Nishi, Tsunenobu Kimoto (Kyoto Univ.)

E-mail: nishi@kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに Pt/NiO/Pt の積層構造を有する抵抗変化素子のフォーミング過程において、図 1 のような量子化コンダクタンス $G_0 (= 2e^2/h = 77.5 \mu S)$ に基づく離散変動が見られることを報告してきた[1]。また、この量子ポイントコンタクト(QPC)が発現するセミフォーミング直後の状態において、100°Cに加熱すると高抵抗化 (リセット) しその後抵抗変化を繰り返す素子が存在することを確認した[1]。本研究では、NiO 薄膜内の酸素組成の分布および素子サイズの違いが抵抗変化特性に与える影響を調べ、特にリセットの駆動力について考察した。

実験 抵抗変化層としての NiO 薄膜は反応性高周波スパッタを用いて堆積した。下部電極および上部電極の Pt は、フォトリソグラフィを用いて Pt/NiO/Pt 素子がクロスバーの交差領域に形成されるよう、直流スパッタにより堆積した。QPCが発現する範囲で NiO 薄膜堆積時の酸素流量を精緻に制御して[2]、様々なサイズを有する抵抗変化素子を作製し、各素子のフォーミングおよび抵抗変化特性を測定した。

結果 セカンドフォーミング後に図 2 のような 2 通りのリセット特性が得られた。リセット A (実線) がリセット直後の抵抗値がセカンドフォーミング直前の抵抗値と同等にとどまる一方、リセット B (破線) のそれはフォーミング前の初期状態に近い抵抗値まで高抵抗化している。NiO 薄膜堆積時の酸素流量が多いほど、あるいは、素子サイズが小さくなるほど、リセット B を示す素子の割合が増大することがわかった。

考察 NiO 薄膜は数十 nm 径の柱状結晶構造を有しており、セミフォーミングによって形成される QPC を含むフィラメントの形成箇所は、粒界の 3 重点における一定量の酸素空孔列であると考えられる[3]。また、特定条件で作製した 100 μm 径サイズの素子がリセット A を示したことから、セミフォーミングによる QPC を含むフィラメントの形成箇所と、セカンドフォーミング後の抵抗変化に関わる(より)太いフィラメントのそれは、NiO 薄膜内の別の粒界に存在する可能性が導かれた[2,3]。

これらの前提を踏まえると、リセット B を示す素子では次の仮説が考えられる。セカンドフォーミング後のリセットにおいて太いフィラメントが断裂するが、その際に太いフィラメント付近で発生するジュール熱からの熱伝導により、QPC を含むフィラメントが十分な熱を得て断裂に至る、というものである。この仮説は、酸素空孔量が少ない (酸素流量が多い) ほど熱による QPC の消失が起こりにくい傾向と、素子サイズが小さくなるほど両フィラメントの形成箇所間の距離が小さくなる確率が増大する性質に合致しており、リセット特性の違いが説明されているといえる。

[1] H. Sasakura *et al*, Appl. Phys. Lett. **107**, 233510 (2015). [2] Y. Nishi *et al*, Int. MNC, 11C-8-1 (2016).

[3] Y. Nishi, MRS Fall Meet., EM10.2.01 (2016).

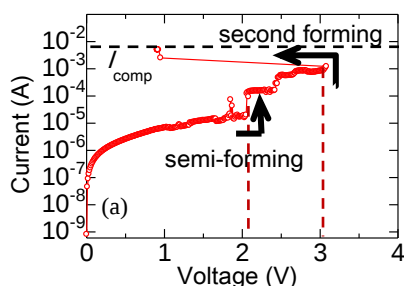


図 1: Pt/NiO/Pt 抵抗変化素子におけるフォーミング特性。(a) セミフォーミング(およびセカンドフォーミングと、(b) セミフォーミング直後のコンダクタンスの離散変動。

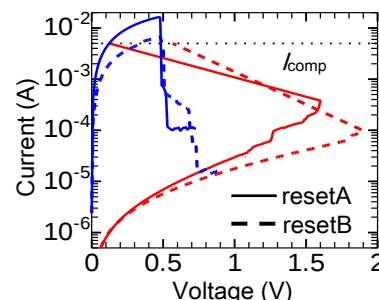


図 2: Pt/NiO/Pt 抵抗変化素子のリセット特性の典型例。実線がリセット A、破線がリセット B を示す。