

NiO を用いた抵抗変化型メモリが示す量子化コンダクタンスと

その発現メカニズム

Quantized conductance in a NiO-based ReRAM and its mechanism

早大先進理工 〇(B)高木 陸, 長谷川 剛

Waseda Univ., 〇Riku Takagi, Tsuyoshi Hasegawa

E-mail: naruto@fuji.waseda.jp

はじめに：抵抗変化型メモリは、簡単な素子構造で有りながら高速・低消費電力で動作する不揮発性メモリとして期待されている。金属酸化物を構成する酸素イオンが拡散することで、取り残された金属イオンが還元されて伝導経路を形成するタイプが広く研究されている。NiO を用いた場合も同様の原理で動作すると考えられている。一方、磁性材料である Ni の細線は磁場強度に依存した量子化コンダクタンスを示すことが報告されており[1]、類似の現象は抵抗変化型メモリ中に形成される伝導経路でも確認されている[2,3]。本研究では、NiO を用いた抵抗変化型メモリにおける量子化コンダクタンスの発現とそのメカニズムを明らかにすることを目指した。

実験：Pt/NiO/Pt 素子構造を作製した。NiO の成膜は RF スパッタを用いて行い、その膜厚と成膜時の基板温度、成膜後のアニーリング環境と温度を変数とした。特性評価では、上部 Pt 電極まで含めて作製したクロスバー構造の素子と、上部電極は作製せず Pt ワイヤ（φ0.1mm）を NiO 表面に接触させることで素子構造とした 2 通りを用いた。電流電圧特性測定には半導体パラメータアナライザ 4155C を用い、量子化コンダクタンスの測定にはデジタルオシロスコープを用いた。磁束密度 330 mT の磁石上に素子を配置することで磁場印加した。

結果と考察：先行研究[3]では、SET 電圧の掃引を行うと始め徐々に抵抗が下がるメモリストア動作が観測され、その後、急峻な抵抗変化が起こっていた。本研究で様々な膜厚の NiO 膜を試した結果、この 2 段階のスイッチング動作は、膜厚が 100 nm 前後の時のみ見られることが分かった。膜厚が薄い場合は最初から急峻な抵抗変化が起こり、膜厚が厚い場合は最後まで緩やかな抵抗変化しか起こらなかった。図 1 に、NiO 膜厚 105 nm の素子で観測された量子化コンダクタンスのヒストグラムを示す。この様な離散的なヒストグラムは急峻な抵抗変化が起こった場合のみに得られた。磁場印加すると、量子化の単位が $2e^2/h$ (図 1 a)から e^2/h (図 1 b)に変わったような現象も見られた。このことから、緩やかな抵抗変化時の伝導経路は半導体的な、急峻な抵抗変化後の伝導経路は金属的な状態であると予測できる。

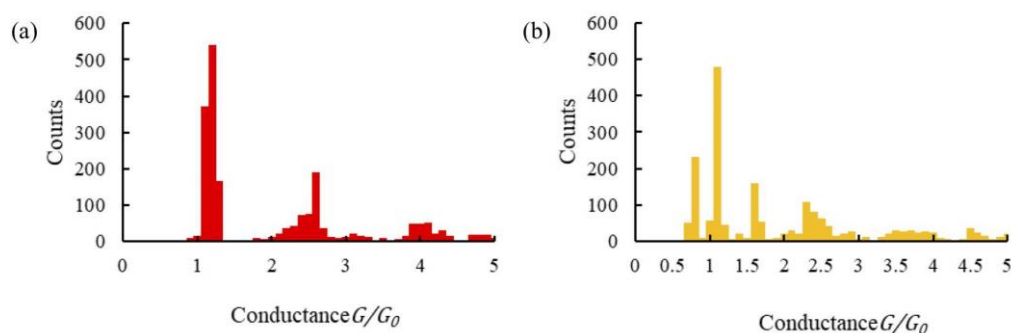


Fig.1 Histogram of conductance in a NiO-based ReRAM, measured (a) without and (b) with a magnetic field.

参考文献：[1] 小野輝男ほか、まてりあ第 39 巻第 6 号, 531-536 (2000). [2] S. Otsuka et al., Jpn. J. Appl. Phys. 53, 05GD01 (2014). [3] Y. Koga and T. Hasegawa, Jpn. J. Appl. Phys. 60, SCCF03 (2021).