

Split-electrode による原子スイッチの Set 電圧ばらつきの改善

Improvement of Set-voltage Variability of Cu Atom Switch with Split-electrode

NEC [○]伴野 直樹, 岡本 浩一郎, 沼田 秀昭, 井口 憲幸, 阪本 利司, 多田 宗弘

NEC Corp., [○]Naoki Banno, Koichiro Okamoto, Hideaki Numata, Noriyuki Iguchi,

Toshitsugu Sakamoto and Munehiro Tada

E-mail:banno-naoki@nec.com

【緒言】不揮発のメモリや FPGA を内蔵した不揮発 SoC は高性能、高電力効率という特長から IoT における Edge デバイスへの応用が期待されている。一方、イオン伝導体内における Cu 架橋の生成・消滅を利用した原子スイッチは、不揮発メモリ、不揮発 FPGA のルーティングスイッチ、および LUT メモリへの応用が可能で、不揮発 SoC の省面積化および低消費電力化を実現できる[1]。SoC への応用には、原子スイッチはメモリで 1 つ、FPGA のスイッチで 2 つ、LUT メモリで 4 つ必要となり、今後スケールアップが進み SoC が高密度化されるとより多くの原子スイッチが使用されるため、Set 電圧(V_{set})ばらつきの低減が必要となる。本研究では、 V_{set} ばらつきの低減のため Split-electrode(SE)を有する原子スイッチを提案した。SE は 1 つの素子内に 2 つのスイッチを並列に配置した構成となり、複数のスイッチのうち V_{set} の小さいスイッチが選択的に Set することで V_{set} ばらつきの低減が期待できる。実際に SE を有する原子スイッチを配線層中に集積化し、従来の構造と比較を行った[2]。

【実験方法】従来型原子スイッチと SE 原子スイッチを 300nm ラインで、40nm 世代 CMOS 基板上的 Cu 配線層中に作製した Cu 配線端に開口部を設けた後、金属酸化物の buffer 層とイオン伝導層の PSE (Polymer-Solid Electrolyte)、Ru 合金電極を堆積した[3,4]。従来型原子スイッチは開口部より 1 つの Cu 電極が露出するが、SE 原子スイッチは 2 つに分離した Cu 電極が露出する (図 1(a))。素子面積は上部電極の面積に依存するため、SE を有する構造としても従来素子に比べて素子面積は増加しない。

【結果と考察】最初にスイッチの並列配置の効果を検証するために、シミュレーションを行った。1 素子当たり 1~8 つのスイッチが並列配置されているとし、1 つのスイッチの電圧ばらつきは正規分布を仮定した。計算した結果、1 素子当たりのスイッチ数が増加するにつれて、 V_{set} の 6σ 周辺の分布は正規分布からはずれ、低 V_{set} 側にシフトし、 V_{set} ばらつきの低減効果が確認された。

次に、SE 素子を試作して電気特性を測定した。基本スイッチング特性は、素子構造によらず同等であった。64kb のアレーを測定し、 V_{set} の分布を比較した(図 1(b))。従来素子に比べて SE 素子ではばらつきは改善しており、 6σ に外挿した V_{set} は従来素子に比べて 0.3V 低減し、シミュレーションの結果と一致した。ここで、SE 素子による 6σ の V_{set} を正規分布で実現したと仮定すると、 σV_{set} は従来素子が 80mV であるのに対して、SE 素子は 28mV となり、正規分布におけるばらつきを 3 倍改善したことと同等の効果であることがわかった。以上より、SE 素子はギガビットスケールの高密度不揮発 SoC への応用が期待される。

【謝辞】本研究は独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の支援によって行われた。

【参考文献】 [1] T. Sakamoto, et al., Proc. IMW, p.165 (2018). [2] N. Banno, et al., Ext. Abs. SSDM, p.351 (2019). [3] M. Tada, et al., IEEE TED, vol.58, p.4398 (2011). [4] N. Banno, et al., VLSI Tech. Dig., p.250 (2014).

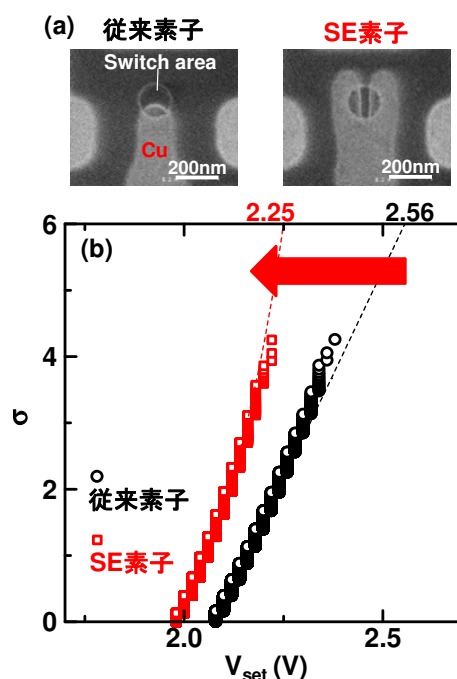


図 1. (a) 従来素子と SE 素子の平面 SEM 像。(b) 従来素子と SE 素子の 64kb アレーの Set 電圧(V_{set})分布