

原子スイッチ混載集積化により、耐放射線性を高めた宇宙用 FPGA

(招待講演)

慶大理工¹, ナノブリッジ・セミコンダクター株式会社², 〇多田 宗弘^{1, 2}

Radiation-Hardened Space FPGA Achieved Through Integration of Atom Switch Technology

Keio Univ¹, NanoBridge Semiconductor², Munehiro Tada^{1, 2}

E-mail: tada@sd.keio.ac.jp

原子スイッチ(製品名: NanoBridge[®])は、銅イオンが電圧の印加によって電極間の固体電解質中に架橋を形成・消失する現象を利用した素子であり、抵抗変化素子として大きな OFF/ON 抵抗比が得られるという特徴を有する[1-3]。原子スイッチを搭載した FPGA (NanoBridge FPGA: NBFPGA) は、FPGA で使われる半導体スイッチ及びメモリを、省面積である原子スイッチで置き換えることにより、電力効率を改善する。さらに、放射線や高温に対する耐性にも優れているため、宇宙用の FPGA においても低電力化と高性能化を両立させる技術として期待されている。本稿では、原子スイッチの動作原理、NBFPGA の内部構造、及びその極限環境特性として、対放射線性について述べる。

我々は、半導体スイッチと半導体メモリの両者を同時に置き換えることができる不揮発スイッチである原子スイッチを開発している。原子スイッチは、ポリマー固体電解質(PSE)を不活性電極であるルテニウム(Ru)と活性電極である銅(Cu)で挟んだ構造からなる(図 1)。半導体集積回路に用いられている銅配線をそのまま銅電極として用いることが特徴である。銅電極側に正の電圧を印加すると電極の銅がイオン化し、ポリマー固体電解質内を移動して両電極間に架橋を形成する。その結果、原子スイッチは高抵抗(オフ)状態から低抵抗(オン)状態へ遷移する。逆に、銅電極側に負の電圧を印加することで架橋を形成する銅原子が銅電極側に回収され、高抵抗状態へと遷移する。原子スイッチは繰り返し書き換えが可能で、かつ、各オン・オフ状態を維持するための電力を必要としない(不揮発性)。また、半導体スイッチに比べて寄生容量が小さく(半導体スイッチの 10 分の 1 程度)、オン・オフ抵抗差が高い(500Ω と 1GΩ)などの電気的特性を備えるため、論理信号を切り替えるための半導体スイッチと回路情報を保持するための半導体メモリを置き換えることができる。

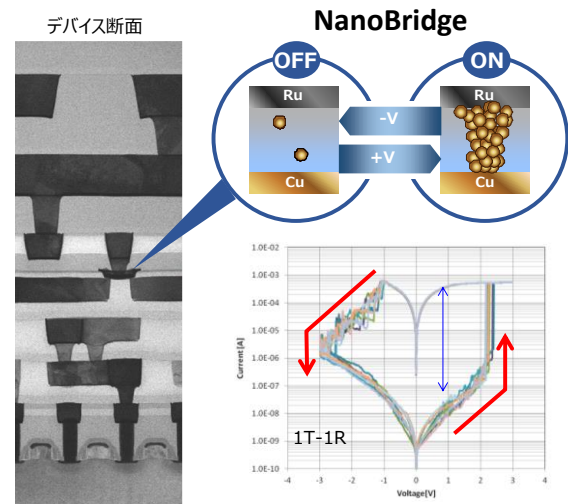


図 1 原子スイッチを混載集積化した半導体集積回路の断面写真と動作原理を示す模式図、および電圧-電流特性

References

- [1] K. Terabe, T. Nakayama, T. Hasegawa, and M. Aono, "Formation and disappearance of a nanoscale silver cluster realized by solid electrochemical reaction", *Journal of Applied physics*, vol. 91, 10110, 2002.
- [2] T. Sakamoto, K. Lister, N. Banno, T. Hasegawa, T. Kazuya, and M. Aono, "Electronic transport in Ta₂O₅ resistive switch". *Appl. Phys. Lett.* 91 (2007) 092110.
- [3] M. Tada and T. Sakamoto, "Set/Reset Switching Model of Cu Atom Switch based on electrolysis", *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 64, no. 4, pp.1812-1817 (2017).