

メモリ層にイオン液体を用いた導電性ブリッジメモリの高速動作 High Speed Resistive Switching of Conducting-Bridge RAM with Ionic Liquid Memory Layer

東理大理¹, 産総研², 鳥取大³

○佐藤洋士^{1,2}, 木下健太郎¹, 本間祐展², 島久², 内藤泰久², 秋永広幸², 伊藤敏幸³

Tokyo Univ. of Science¹, AIST², Tottori Univ.³

○H. Sato^{1,2}, K. Kinoshita¹, Y. Honma², H. Shima², Y. Naito², H. Akinaga², T. Itoh³

E-mail: 1519518@ed.tus.ac.jp

【序論】これまで、導電性ブリッジメモリ(CBRAM)のメモリ層にイオン液体(IL)を供給することで、スイッチング電圧やそのばらつきが低減される等の性能向上について報告してきた[1, 2]。しかし、これまでの研究は金属酸化物/下部電極の積層構造において、金属酸化物表面にILを滴下し、そこに上部電極の役割を果たす銅製のプローブを接触させることで、CBRAM構造を再現したものであり、実デバイスとは異なるものであった。本研究では、メモリ層に人工的に導入した細孔にILを保持させ、スパッタ電極で挟み込んだCBRAM(IL-CBRAM)デバイスのメモリ特性を評価する。

【実験方法】IL-CBRAMの素子構造はCu (50 nm) /Cu イオン混合 IL (30 nm)/Pt (20 nm)、有効素子面積は $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ である。本研究ではILにCuイオンを混合した[bmim][Tf₂N]を用いた。Cuイオン濃度(n_{Cu}) 0, 0.1, 0.2, 0.4 M に対して電圧掃引測定(DC測定)を行った。また、Cu 0.4 M に対して pulse 測定を行った。pulse 測定の際、set 時にフィラメントの成長を抑制するため IL-CBRAM と直列に接合型トランジスタを接続した。【結果および考察】Fig. 1 に DC 測定における IL-CBRAM の set 電圧(V_{set})と reset 電圧(V_{reset})の Weibull 分布、内挿図に V_{set} と V_{reset} の平均値を示す。エラーバーは標準偏差を意味する。今回の素子構造では、 V_{set} と V_{reset} の Weibull 分布の形状や平均値、ばらつきはこれまでの素子構造と比較して n_{Cu} 依存性の傾向が異なっていた[1]。Cu 上部電極をスパッタ成膜した際に Cu イオンが IL 中に溶け込むことで n_{Cu} の差異がなくなっている可能性があるが、その結果として、幅広い n_{Cu} に対して安定した動作特性が得られている。そこで、 n_{Cu} が最も大きい 0.4 M を選択し、動作速度の評価を行った。Fig. 2 に Cu 0.4 M をドーピングした IL-CBRAM の pulse 測定の結果を示す。プロットは平均値、エラーバーは標準偏差を示している。また、内挿図に set に要する時間(t_{set})を測定する際に入力したパルス波形を示す。 t_{set} の測定方法は、準備段階として pulse width (t_w とする) 10^{-5} s, pulse height -2 V を IL-CBRAM に入力し reset させる。続いて 0 V から 0.1 V ずつ pulse height を上昇させて pulse を入射し、抵抗変化が起こった時の pulse height と pulse width (t_w とする)をそれぞれ V_{set} , t_{set} と定義した。reset に要する時間(t_{reset})の測定も t_w 10^{-3} s, pulse height 2 V の set pulse を入力した後、 t_{set} と同様のプロセスで測定を行った。 $t_w = 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}$ s に対する V_{set} と t_{set} 及び V_{reset} と t_{reset} の関係を Fig. 2 に示す。 t_{set} は 10^{-6} s の時 2.4 V, t_{reset} は 10^{-7} s の時 1.4 V となった。また、 V_{set} と V_{reset} が同じ値の時を比較すると、 t_{reset} の方が二桁以上早いことがわかる。例えば、スイッチング電圧 1.4 V では、 t_{reset} は t_{set} より 3 桁早い。この要因として、IL に溶媒和した金属イオンは IL の陰イオンと強く引き合っており、これが set の際、陰極に還元析出することを妨げているためであると考えられる[2]。IL の高いデザイン性を利用し、金属イオンと IL を構成する陰イオンの相互作用を弱くすることで、 t_{set} の向上が可能だと考えている。【謝辞】この成果は長瀬産業株式会社カラー&プロセッシング事業部との共同研究によって得られたものである。 [1] K. Kinoshita et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 04CE13 (2017). [2] H. Yamaoka et al., Chem. Lett, 46, 1832–1835 (2017).

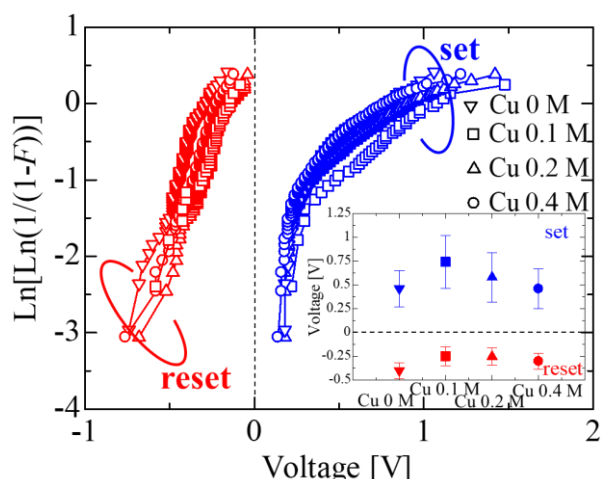


Fig. 1 Weibull plots of V_{set} and V_{reset} of IL-CBRAM.
Inset: Average V_{set} and V_{reset} with error bars (standard deviations).

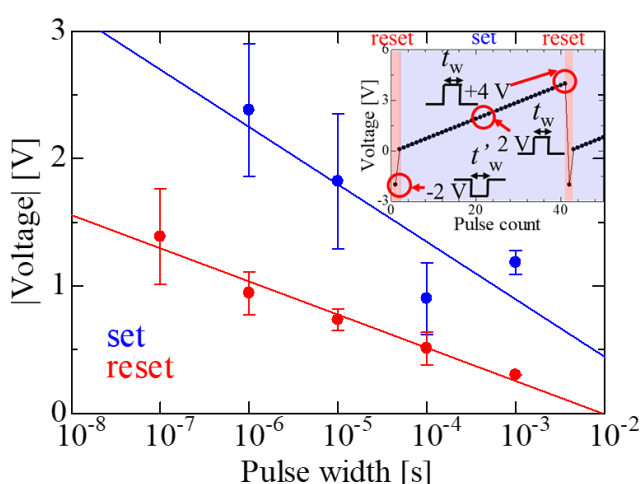


Fig. 2 Pulse heights vs. pulse width required to set and reset 0.4 M Cu doped IL-CBRAM.
Inset: Height of applied voltage pulse.