

窒素添加したアモルファスカーボンを用いた抵抗変化メモリの検討

Investigation on a resistive random-access memory using nitrogen-doped amorphous carbon

芝浦工業大学¹, SIT グリーンイノベーション研究センター², °吉原 樹¹, 亀田 夏美¹,古市 隼大¹, Nur Iyani Izzati Binti Ramli¹, 上野 和良^{1,2}Shibaura Institute of Technology¹, SIT Res. Cen. Green Innovation (RCGI)², °Itsuki Yoshihara¹,Natsumi Kameda¹, Syudai Furuichi¹, Nur Iyani Izzati Binti Ramli¹, and Kazuyoshi Ueno^{1,2}

E-mail: ueno@shibaura-it.ac.jp

【はじめに】

近年、次世代の不揮発性メモリや機械学習への応用を目指した抵抗変化メモリ(ReRAM)の研究が盛んであり、酸化タンタル等を用いた ReRAM が実用化されている[1]。多くの ReRAM は絶縁体を用いており、初期の高抵抗状態から、電流を流して低抵抗の電流フィラメントを形成し、酸化状態の変化等により抵抗変化動作を行う。今回、我々は資源が豊富な炭素(C)を用いた ReRAM の可能性を検討する中で、窒素を添加したアモルファスカーボン(a-C:N)を用いた W/a-C:N/Pt 構造において、従来の ReRAM と異なり、初期は低抵抗であり、電流を流して高抵抗に RESET した後に SET/RESET の抵抗変化をする動作を観測したので報告する。

【実験方法】

Fig.1 に示した構造のサンプルを以下の手順で作製した。まず 15 mm 平方の Pt/Ti/SiO₂/Si 基板に、測定の際の下部電極となる部分を除き全面に、Ar 逆スパッタを行った後、a-C をスパッタ法で堆積した。a-C を堆積する際に、Ar : N₂ 流量比を 7:3 に設定した。その後、円形のステンシルマスクを用いて直径 2 mm の W 上部電極をスパッタ法で膜厚 25 nm 堆積した。このデバイスに対し、W 電極を正極、Pt 電極を負極として 2 端子法で電流-電圧(I-V) 特性を測定した。10 mV 間隔で 0V→5V→0V→-5V→0V と電圧を変化させ電極内の一点について 5 回連続して測定した。また XPS を用いて a-C:N の化学結合状態を分析した。

【実験結果と考察】

Fig.2 に示すように 1 回目の正電圧印加時の初期状態が低抵抗であり、負電圧印加時に高抵抗化した。2 回目の印加以降は正電圧印加時に高抵抗から低抵抗状態になる SET 動作、負電圧印加時に低抵抗から高抵抗状態になる RESET 動作が繰り返し見られた。XPS 分析の結果から a-C:N 膜の組成は、N/C 比が 0.14 で、C1s ピークのピーク分離から、C-C や C-N のそれぞれの sp² および sp³ 結合が見られた。抵抗変化が起きるメカニズムについては今後の検討が必要であるが、a-C:N 内部での sp² 結合、sp³ 結合状態の変化の可能性が考えられる[2]。初期状態では低抵抗なことから a-C:N 内に sp² 結合を主とするフィラメントが存在し、負電圧印加時に sp² から sp³ への結合変化が生じて高抵抗化し、再び正電圧の印加によりフィラメントが形成され低抵抗状態になる可能性が考えられる。

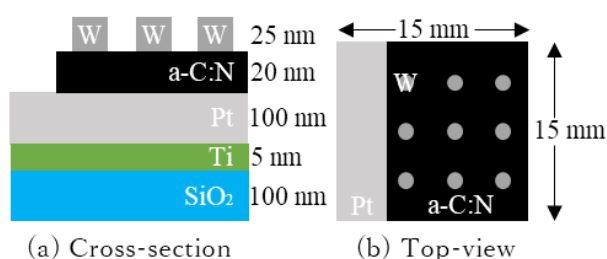


Fig.1. Schematic structure of fabricated device.

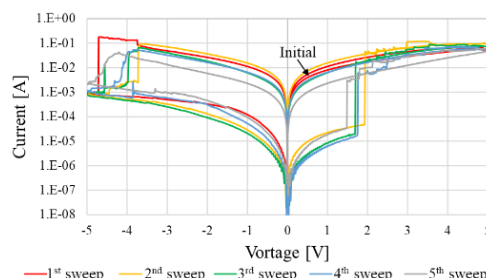


Fig.2. Current-voltage characteristics.

【まとめ】

W/a-C:N/Pt 構造のデバイスで初期の低抵抗状態から RESET した後、繰り返し SET/RESET 動作が見られた。

【謝辞】 Pt/Ti 基板を提供いただいた産総研・内藤泰久氏に感謝します。本発表は RCGI の補助を受けた。

【参考文献】 [1] Y. Chen, "ReRAM: History, Status, and Future," IEEE Trans. Electron Devices **67** (2020) 1420.

[2] T. Raeber et al., "Resistive switching and transport characteristics of all carbon memristor," Carbon **136** (2018) 280.