電極電位制御による抵抗保持特性の改善

Improvement of Data Retention Characteristics by Controlling Electrode Potential

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], 本間祐晟 [2], 島久 [2], 内藤泰久 [2], 秋永広幸 [2], 伊藤敏幸 [3]
Tokyo Univ. of Science [1], AIST[2], Tottori Univ.[3]
°H. Sato[1,2], K. Kinoshita[1], Y. Honma[2], H. Shima[2], Y. Naitoh[2], H. Akinaga[2], T. Itoh[3]
E-mail: 1519518@ed.tus.ac.jp

【序論】これまで, IL-CBRAM の電気特性の評価について報告してきた[1]. IL-CBRAM とは, 導電性ブリッジメモリ(CBRAM)のメモリ層に人工的に制御された細孔を導入し, そこにイオン液体(IL)を閉じ込めた素子である. IL-CBRAM は動作電圧のばらつきの低減などの利点がある一方, 低抵抗状態(LRS)の抵抗保持特性に課題があることがわかった. 我々はこの問題がフィラメントのガルバニック腐食により引き起こされると考えた. ガルバニック腐食とは溶媒の存在下において電極電位(EP)の異なる 2 種類の金属を接触させることで, EP の低い金属の酸化溶出(腐食)が進行する現象である. 今回, このガルバニック腐食の影響を考慮して, 密着層の Ta の膜厚をこれまでの 1 nm から 5 nm に変更することで抵抗保持特性の改善が見られたので, その成果について報告する.

【実験方法】Fig.1(a)に IL-CBRAM の概略図を示す. CBRAM 添加用の IL として Cu^{2+}を 0.4 M 混合した[bmim][Tf_2N] (Cu-IL と記載)を調整し, IL-CBRAM の素子構造は Cu(50 nm)/Cu-IL(30 nm)/Pt(20 nm)を作製した. また, SiO_2 層と Pt 層の密着層として, 膜厚 d = 1 nm または 5 nm の Ta 層を成膜した. Fig.1(b), (c)にそれぞれ LRS における d = 1 nm と 5 nm の IL-CBRAM の概略図を示す. フィラメントは SiO_2 層に導入した細孔の壁面に形成することが確認されている[1]. フィラメント形成時の制限電流は 200 μA とした. 抵抗保持特性の評価は, 20 mV の電圧にて, 一定間隔で電流値を読み取ることで行った.

【結果および考察】Fig.2 に d = 1 nm と 5 nm の IL-CBRAM の抵抗保持特性を示す. d = 1 nm の抵抗保持時間は 10^3 s 以下であるのに対し, d = 5 nm では 10^4 s 以上と, 膜厚を 1 nm から 5 nm に変更することで抵抗保持時間が 10 倍以上長くなった. この結果は標準 EP (SEP)を考慮に入れることで定性的に理解できる. フィラメントが形成され, Cu(SEP: 0.34 V)と Pt(1.2 V)が接触すると大きな EP 差故に, Cu から Pt に電子が移動し, Cu がイオン化して析出することでフィラメントの腐食が起こると考えられる. d = 5 nm の場合, SEP が最も低い Ta(-0.81 V)から Pt に電子が供給されることで Cu から Pt への電子の供給が抑えられ, Cu フィラメントの腐食が抑制される. 一方, d = 1 nm の Ta 層は, SiO_2 成膜中に完全に酸化されていると考えられる. 完全に酸化された Ta 層は電子を供給することができず, Cu フィラメントの腐食防止層としての役割を果たすことができない. また, d =5 nm の Ta 層については, Pt との界面を除く Ta 層の表面が酸化され, 不動態を形成しているため, Ta 層自体の腐食は抑制され, 素子の信頼性が保証されている.

【謝辞】この成果は長瀬産業株式会社カラー&プロセ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]佐藤他, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 19p-E311-1 (2019).

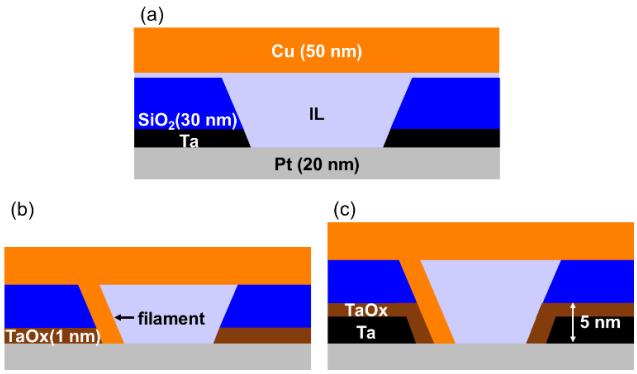

Figure 1: (a) The cross-sectional image of IL-CBRAM device. Cross-sectional images of IL-CBRAM with a Ta adhesion layer with the thickness of (b) 1 nm and (c) 5 nm, after formation of Cu filament.

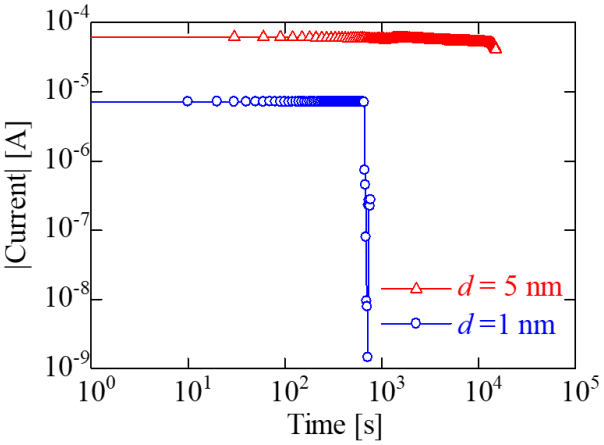

Figure 2: Data retention characteristics in LRS of IL-CBRAM with a Ta adhesion layer with the thickness of 1 nm and 5 nm.