

導電性ブリッジメモリにおけるナノポイントコンタクト形成機構の解明

Elucidation of Formation Mechanism of Nano-Point-Contact in Conductive-Bridge

Random Access Memory

東理大理¹, [○](M1)福本 紳智¹, 木下 健太郎¹Tokyo Univ. of Science¹, [○]Shinji Fukumoto¹ and Kentaro Kinoshita¹

E-mail: 1519536@ed.tus.ac.jp

【序論】従来の縦型導電性ブリッジメモリ(CBRAM)は、動作領域の観察が困難であることからフィラメント形成の詳細は未だに解明されていない。近年、CBRAMにおける金属電極のイオン化と拡散が酸化物粒界に毛管凝縮した水を介して生じる、或いは促進されるとする見方が有力であり^[1]、実際、CBRAMに直接水を供給することで低消費電力動作を確認した例もある^[2]。一方、CBRAMの電気特性には量子化コンダクタンス G_0 ($1/G_0 = 13 \text{ k}\Omega$)の倍数に近い値が観測されたとの報告もある^[3]。そこで我々は、フィラメント観察が容易な横型構造の素子を作製し、フィラメント形成の様子を観察した。量子化コンダクタンス観測時の抵抗値やフィラメントの形状を評価することで、陽極界面に金属のナノポイントコンタクトが形成されやすいことを明らかにした。【実験方法】Fig. 1(a)に示すように、フォトリソグラフィを使用して、単結晶 SiO_2 上に間隔を $10 \mu\text{m}$ とした厚さ 200 nm の Cu 電極対を形成した後、電極間に超純水を供給し、電流-電圧(I - V)特性を測定した。その後、SEMによるフィラメントの観察を行った。【結果及び考察】Fig. 1(a)に横型 CBRAM 構造の I - V 特性を示す。縦型構造の素子と類似のスイッチング動作が確認できる。 I - V 曲線上の丸印(1-6番)における抵抗値を Fig. 1(b)にプロットした。黒線は複数の量子化コンダクタンスの組み合わせにより実現し得る抵抗値を示す。この結果から、スイッチング動作中にフィラメントは高確率でナノポイントコンタクトを含み、これらが直列や並列に接続されることで素子抵抗が決定されることを示唆している。次に、フォーミング及びセット、リセットを繰り返した後、ギャップ間に形成されたフィラメントの SEM 像を Fig. 2(a)に示す。この素子の抵抗値は $30 \text{ k}\Omega$ 程であり、陽極と陰極を結ぶフィラメントはこの一本のみであった。SEM 像より、フィラメントには大きく二つの空間スケールのネックが存在する。フィラメントの幹部に存在するネック(Fig. 2(a)中の(i))と陽極-フィラメントの接続部に存在するネック(Fig. 2(a)中の(ii))である。 20°C における銅の電気抵抗率を用い、ネック(i)の抵抗値を概算すると 1Ω 未満となった。よって、フィラメントの抵抗値を決めているのはネック(ii)だと考えられる。この部分の抵抗値が $30 \text{ k}\Omega$ となるためには、円筒の半径が銅の原子半径と同程度でなければならず、この領域にナノポイントコンタクトが存在することが示唆される。典型的なフィラメント及び陽極近傍の SEM 像を Fig. 2(c)及び(d)にそれぞれ示す。成長したフィラメント先端付近の陽極から銅が溶け出し、窪みが出来ていることが分かる。フィラメントが成長すると、先端に電場が集中し、集中した電場の影響を受けてフィラメント先端周囲の陽極銅が溶出する様子が見てとれる。つまり、銅イオンを溶出して逃げる陽極を、それを受け取って成長するフィラメントが追いかける構図となっており、自ずと陽極端にナノポイントコンタクトが形成されやすい仕組みが存在している。【参考文献】[1] T.Tsuruoka et al., Adv. Funct. Mater. 22, pp70-77, (2012). [2] S. Hasegawa et al., ECS Trans. 50, 61(2013). [3] J. Jameson et al., IEEE EDL, Vol. 33, No.2, pp257-259, (2012).

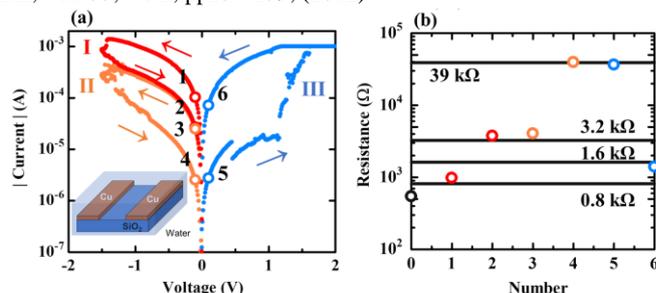


Fig.1 (a) I - V characteristics, (b) Resistance in switching cycle.

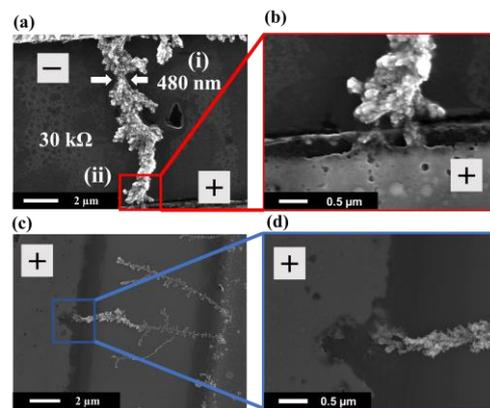


Fig.2 Top view of SEM images (a) Only a connected filament, (b) Thin Filaments, (c) Filaments and Cu electrode, (d) Diffusion of Cu electrode in anode.