

シリコンナノ結晶塗布薄膜における酸素空孔フィラメントの形成過程

Formation process of oxygen vacancy filament in silicon nanocrystal thin film

神戸大院工 °河内 剛史, 加納 伸也, 藤井 稔

Kobe Univ. °Takeshi Kawauchi, Shinya Kano, Minoru Fujii

E-mail: kano@eedept.kobe-u.ac.jp

次世代メモリの候補のひとつとして知られる抵抗変化メモリは、多種多様な材料を用いて精力的に研究が行われている。その中で環境親和性、半導体プロセス親和性、及び豊富な材料という観点から、シリコンベースの抵抗変化メモリが報告されている[1]。我々のグループでは、結晶性を有する直径数ナノメートルのシリコン微粒子が溶液中に分散したシリコンナノ結晶コロイドを開発している[2]。これまでにこの溶液を塗布して作製した薄膜において、抵抗変化現象が現れることを見出している[3]。この抵抗変化はシリコンナノ結晶表面の自然酸化膜における酸素空孔フィラメントの形成に起因している、と考えられる。今回は、この薄膜に定電圧を印加し抵抗値が変化するまでの時間を測定することで、酸素イオンの移動距離と活性化エネルギーを求め、酸素空孔フィラメントの形成過程を考察した。この考察を元に、電圧パルスにより酸素空孔フィラメントを段階的に形成し、薄膜の抵抗を徐々に変化した結果を報告する。

シリコンナノ結晶コロイドをスピコートすることで、ITO 付きガラス基板上にシリコンナノ結晶塗布薄膜を作製した。塗布薄膜の膜厚は 40 nm である。その後、マスク蒸着により直径 1 mm のアルミニウム電極を作製した。アルミ電極側に正電圧を印加して薄膜の抵抗を変化させた。Figure 1(a)に示すように、薄膜に定電圧印加したとき、一定時間経過後に電流値が急激に増加し抵抗変化する様子が観察できた。複数の素子に対して印加電圧の大きさを変えて測定を行ったところ、抵抗変化に必要な時間は印加電圧増加(2 V→4 V)に伴い指数関数的に短くなっている(Figure 1(b))。この結果は、電界によりイオンが移動するときの速度式をよく表しており、酸素イオンが薄膜内部をホッピングしながら導電性フィラメントを形成していることを示唆している。Figure 1(c)に set 電圧として 2.5 V、10 ms で構成される電圧パルスを、周期 100 ms で 60 回入力したときの結果を示す。set 電圧入力後の電流値を確認するために、set 電圧を印加しないときは read 電圧を 1 V 印加している。このような電圧パルスを入力することで、段階的に電流値を変化させることができた。これは酸素空孔フィラメントが徐々にアルミ-ITO の電極間を架橋していく様子に対応していると考えられる。

[1] A. Mehonic, et al., Adv. Mater., 30, 1801187 (2018).

[2] H. Sugimoto et al., J. Phys. Chem. C, 117, 11850 (2013).

[3] T. Kawauchi et al., J. Appl. Phys., 124, 085113 (2018).

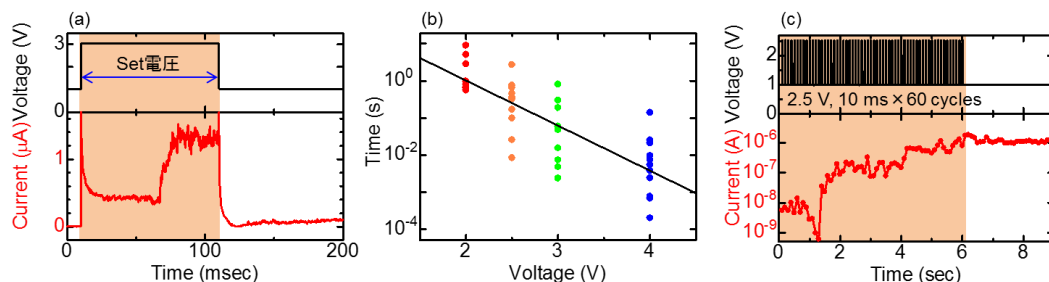


Figure 1 (a) Current in set operation. (b) Voltage dependence of transient time. (c) Gradual change of current by using set pulses (amplitude: 2.5 V and duration: 10 ms).