

温度特性評価による ReRAM フィラメントの形状評価

The Shape Analysis of ReRAM Filament by Temperature Characteristics Measurement

鳥取大工¹, TiFREC²○森山 拓洋^{1,2}, 岸田 悟^{1,2}, 木下 健太郎^{1,2}Tottori Univ.¹, Tottori Univ. Integrated Frontier Research Center²○Takumi Moriyama^{1,2}, Satoru Kishida^{1,2} and Kentaro Kinoshita^{1,2}

E-mail: kinoshita@ele.tottori-u.ac.jp

【序論】低消費電力化のニーズが高まる中、遷移金属酸化物(TMO)を用いた抵抗変化メモリ(ReRAM)のフィラメント(CF)抵抗の高抵抗化が進んでいる。本研究は、ReRAM の高抵抗化に伴う CF 形状の変化を明らかにするため、様々な抵抗値に制御した ReRAM に対して極低温領域までの抵抗-温度 $R(T)$ 特性を測定した。その結果、CF は次元の変化を伴いながら高抵抗化することが示唆された。【実験】DC 掃引を繰り返し行うことにより Pt/NiO(60 nm)/Pt-ReRAM を徐々にリセットさせ、室温において 66 ~ 453 k Ω の抵抗を持つ複数の素子を用意した。温度 $T = 5 \sim 293$ K の範囲で $R(T)$ 特性を評価した。このとき、素子の全抵抗が CF 抵抗と、これに並列に挿入された CF 周囲の TMO 抵抗で表わされる「並列抵抗モデル」に従うと仮定し[1], CF 周囲の TMO 抵抗による全抵抗への影響が無視できる(即ち、全抵抗 = CF 抵抗とみなせる)低温領域の $R(T)$ を採用した。【結果及び考察】Fig. 1(a)に $R(100$ K) = 52.4, 99.4 Ω の $R_{\text{norm}}-T$ 特性を、1(b)に $R(100$ K) = 5.3 k ~ 14.8 k Ω における $R_{\text{norm}}-T$ 特性を、1(c)に $R(100$ K) = 5.1

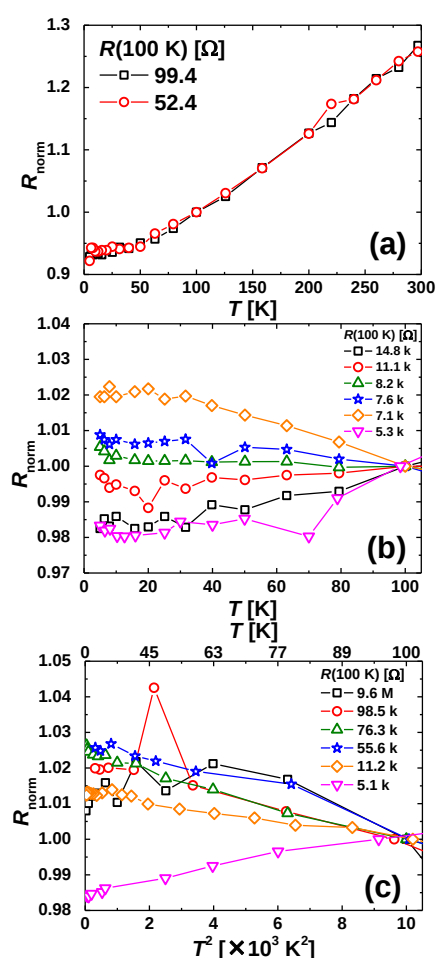


Figure 1 (a)(b) T -dependences of R_{norm} and (c) T^2 -dependences of R_{norm} .

k ~ 9.6 M Ω における $R_{\text{norm}}-T^2$ 特性を示す。ここで、 $R_{\text{norm}} = R(T)/R(100$ K)である。Fig. 1(a)より、 $R(100$ K)に依らず $R_{\text{norm}}-T$ 特性が一致することが分かる(傾向 A)。これは、CF 抵抗が CF 断面積のみに反比例する抵抗領域であることを意味する[2]。一方、CF 抵抗を増加させると、 $T = 10$ K 以下の温度領域で $R_{\text{norm}}-T$ 特性が飽和(傾向 B)する素子(Fig. 1(b): 四角, 菱形), T の減少に伴い R_{norm} が増加(傾向 C)する素子(Fig. 1(b): 丸, 三角, 星, 逆三角), および $R_{\text{norm}} \propto T^2$ を満たす(傾向 D)素子(Fig. 1 (c): 逆三角)が確認された。さらに、CF 抵抗が増加すると、 $R_{\text{norm}} \propto 1/T^2$ を満たす(傾向 E)素子(Fig. 1(c): 丸, 三角, 菱形)が確認された。ここで、傾向 C, D, E が低次元における不純物散乱モデル[3, 4]により与えられると仮定すると、始めに金属的 CF の断面積が減少することで CF 抵抗が増加する傾向 A を経た後、やがて低次元 CF が形成されることで CF 抵抗が増加する傾向 C, D, E が観測され、更なる高抵抗化で高抵抗状態に入る描像が描かれる。高抵抗状態では半導体的な $R_{\text{norm}}-T$ 特性の他に傾向 E を示す素子も観測された。これは高抵抗状態においても CF が断裂していない場合が存在することを示唆する。

【謝辞】本研究の一部は文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業 (NIMS 微細加工プラットフォーム) の支援を受けて実施された。

[1] K. Kinoshita *et al.*, J. Mater. Res. **23**, 812 (2008). [2] T. Moriyama *et al.*, ECS Trans. **50**, 55 (2013). [3] M. Ogata *et al.*, Phys. Rev. Lett. **73**, 468 (1994). [4] A. MacKinnon *et al.*, Z. Phys. B – Condensed Matter **53**, 1 (1983).