

Nanogap-IL-FET 構造を用いた酸素欠陥及びキャリア密度の変調による 金属酸化物薄膜の導電性制御

Control of conductivity of metal oxide films by modulation of oxygen defects and carrier density using Nanogap-IL-FET structure

東京理科大¹, °酒井貴弘¹, 木下健太郎¹

Tokyo Univ. of Science¹, °T. Sakai¹, K. Kinoshita¹

E-mail: 1519516@ed.tus.ac.jp

【序論】イオン液体(IL)を用いた電界効果トランジスタ(IL-FET)は同一物質においてキャリア濃度の大幅な制御を行えることから、Mott 転移などの研究に用いられ、物性探索の手段として有効である[1]。一方、金属酸化物における物性制御の重要なパラメータの一つが酸素欠陥(Vo)濃度である。抵抗変化型メモリ(ReRAM)の抵抗スイッチング現象はその一例であり、金属酸化物中における局所的な酸素欠陥濃度の増減によって電気伝導度の劇的な変化が誘起される。本研究では、ギャップ間距離が nm スケールの水平電極対である Nanogap[2]間の強電場によって Vo 濃度を、IL-FET 構造によってキャリア注入量を、それぞれ制御することが可能な Nanogap-IL-FET 構造を提案する。同構造により高 Vo 濃度の NiO にてトランジスタ動作が確認されたので、報告する。【実験方法】まず、NiO(70 nm)を SiO₂/Si 基板上にスパッタした後、フォトリソグラフィ及び電子ビーム蒸着法を用いて Nanogap を作製した (Fig. 1(a))。以降、Nanogap 電極対を S-D 端子と呼び、Nanogap 領域は channel に相当する。次に、ReRAM における S-D 端子間で Forming 処理を実施し、Vo フィラメントを形成した。その後、IL をギャップ間に滴下し、IL にプローブを接触させることで IL-FET 構造を作製した(Fig. 1(b))。IL にゲート電圧 V_G を印加し、V_G と S-D 間の R-t 特性の関係を評価した。イオン液体は[Emim][TFSA](含水率 164 ppm)を用いた。【結果と考察】イオン液体滴下前に S-D 端子で観測された、Forming, Reset (高抵抗化), Set (低抵抗化)の I-V 特性を Fig. 2 に示す。この操作は NiO_{1-δ} の酸化度 δ を S-D 間の電圧によって制御していることに相当する。同素子を低抵抗状態に Set させた後、ギャップ領域に IL を供給し、100 秒毎に V_G を 0 V と -3 V に変化させた時に観測される S-D 間の R-t 特性を Fig. 3 に示す。V_G = 0 V のとき抵抗が上昇し、V_G = -3 V のとき抵抗が減少しており、V_G の変化に応じて抵抗比約 2 桁の抵抗スイッチングが繰り返されるトランジスタ動作が確認された。スイッチング前後の抵抗値は初期状態と低抵抗状態の値に相当する。この現象は S-D 電圧による Vo 濃度の制御なしには観測されないことから、金属酸化物の物性における欠陥の役割を調査する上で Nanogap-IL-FET 構造の有効性が示された。 [1] Asanuma *et al.*, APL 97, 142110 (2010). [2] Naitoh *et al.*, e-J. Surf. Sci. Nanotechnol. 1, 41-4 (2003).

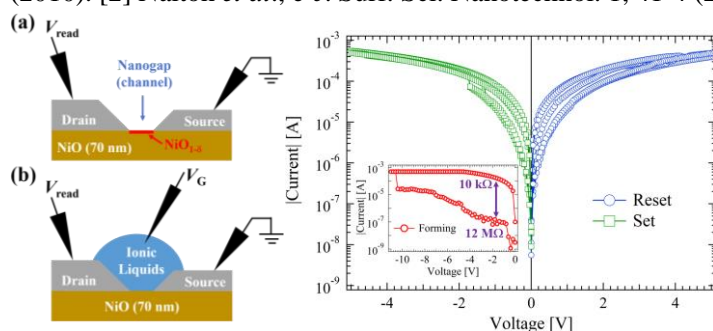


Fig. 1 Schematics of structure (a) Nanogap (b) IL-FET

Fig. 2 I-V characteristics of Nanogap ReRAM for reset and set switching. Inset: I-V characteristics for forming.

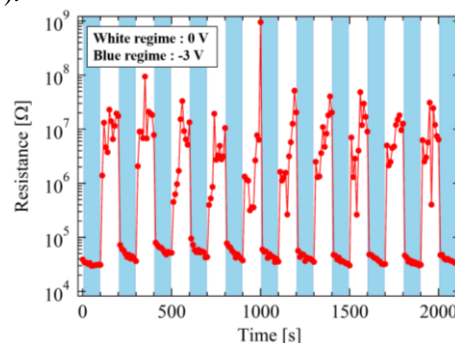


Fig. 3 Gate voltage dependence of channel (S-D) resistance for V_G = 0 and -3 V.