

プロトン伝導性電解質を用いた遷移金属酸化物の電気化学的物性制御

Electrochemical control of a transition metal oxide by using proton conducting electrolyte

京大化研¹ ○(M2) 磯田 洋介¹, 菅 大介¹, 島川 祐一¹

ICR, Kyoto Univ.¹, ○Yosuke Isoda¹, Daisuke Kan¹, Yuichi Shimakawa¹

遷移金属酸化物の物性は遷移金属の価数に応じて変化する。そのため酸化物への静電的なキャリア濃度制御だけでなく、電気化学的な酸化還元反応による価数変調も酸化物の物性制御の有力な手法となる。本研究では、酸素量に応じた電気伝導特性を有するペロブスカイト酸化物 SrFeO_x (SFO) に着目した。SFO エピタキシャル薄膜をチャンネル層とし、プロトン伝導性電解質である Nafion をゲート絶縁体としたトランジスタ構造を作製し、Nafion/SFO 界面における酸化還元反応を利用して、SFO の電界制御を試みた。

チャンネル層となる SFO エピタキシャル薄膜 (膜厚 25 nm) はパルスレーザー堆積法 (PLD) で (100) LSAT[(LaAlO₃)_{0.3}-(SrAl_{0.5}Ta_{0.5}O₃)_{0.7}]基板上に作製した。ソースおよびドレイン電極には室温でスパッタ蒸着した Pt (厚さ 10 nm) を用いた。Pt/Nafion 膜 (Nafion115, Sigma-Aldrich) を SFO チャンネルに対して熱圧着しトランジスタ構造を作製した。Figure 1 のシーケンスに従い、ゲート電極電圧 (V_G) を印加することで SFO チャンネル層に酸化還元反応を誘起し、次いで $V_G = 0\text{V}$ の状態でチャンネル抵抗 (R_{DS}) を測定した。このチャンネル抵抗の変化から酸化還元反応が SFO チャンネルに与える影響を評価した。

Figure 2 には、一定のゲート電圧 V_G 印加時のチャンネル抵抗 R_{DS} の時間依存性を示す。 V_G が正の場合には V_G の大きさに応じてチャンネル抵抗が増加することがわかる。一方で、 V_G が負の場合には、チャンネル抵抗が減少した。この V_G に依存したチャンネル抵抗の変化は、正のゲート電圧の印加によって Nafion 中のプロトンがチャンネル側へと注入され SFO が還元され、一方負のゲート電圧を印加した場合にはプロトンの脱離に伴って SFO 層が酸化されたと解釈できる。当日は、X 線回折測定からみた、 V_G で誘起された電気化学反応に伴う SFO チャンネル層の結晶構造変化についても報告する。

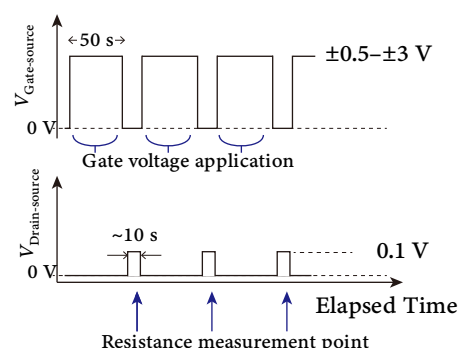


Figure 1: Sequence of V_G for inducing redox reactions and V_D for measuring channel resistance.

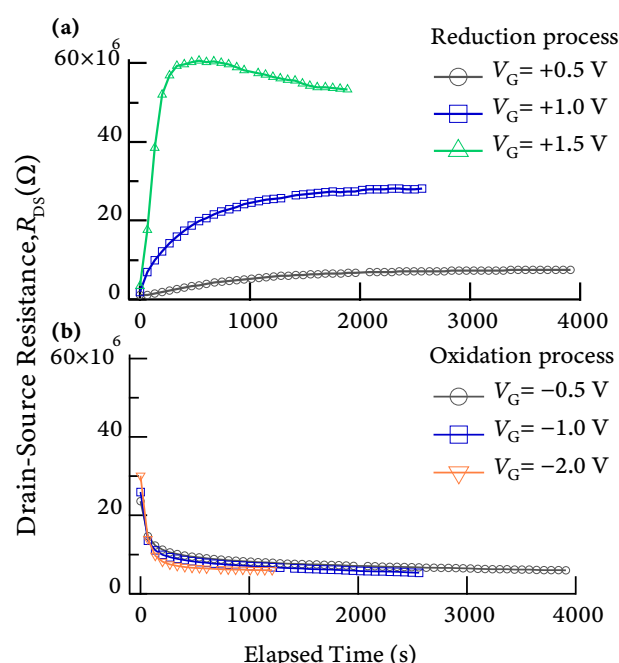


Figure 2: V_G -induced changes in the channel resistance. (a) $V_G > 0$, (b) $V_G < 0$