

急峻な温度誘起金属絶縁体転移を持たない Ca₂RuO₄ 薄膜で観測された高速・不連続的な抵抗スイッチング現象

北大院情報¹, 東工大フロ研²

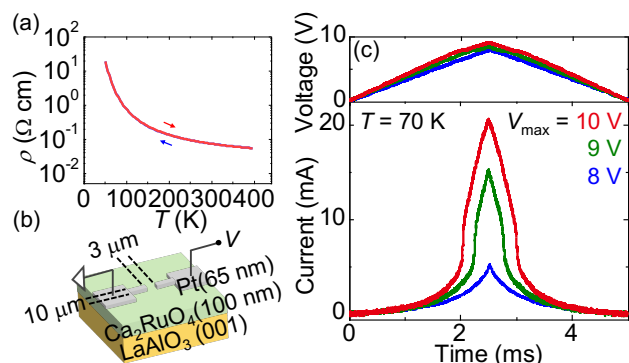
椿 啓司¹, 福地 厚¹, 片瀬 貴義², 神谷 利夫², 有田 正志¹, 高橋 庸夫¹

E-mail: tsubaki_guitar48@eis.hokudai.ac.jp

強相関電子系物質のエレクトロニクス材料としての応用の実現に向けて、転移による電気抵抗変化を材料への単純な電気入力により直接的に得る事ができる、電流誘起型の絶縁体-金属転移(非線形伝導現象)を示す物質に対して近年注目が集まっている。層状ペロブスカイト酸化物 Ca₂RuO₄ はその代表的な物質であり、さらにはそのエピタキシャル薄膜でも電流誘起による絶縁体-金属転移現象の発現が観測されている事から[1]、Ca₂RuO₄ においては他の物質では困難な、電流誘起転移を利用した抵抗変化デバイスの作製とその詳細な特性評価が可能である。これらの背景から本研究では、Ca₂RuO₄ 薄膜への微小ギャップ電極の作製と時間分解条件での電流-電圧測定を行い、Ca₂RuO₄ 薄膜の電流誘起転移が持つ抵抗スイッチング素子としての特性を評価した。

本研究で固相エピタキシャル成長法により作製した Ca₂RuO₄(100 nm)/LaAlO₃ (001)の抵抗率-温度曲線を図 1(a)に示す。測定を行った 50-400 K の全範囲で半導体的な温度依存性を示しており、この Ca₂RuO₄ 薄膜は急峻な温度誘起金属絶縁体転移を持たない事が分かる。またその抵抗率-温度曲線に不連続性が存在しない事から、金属絶縁体転移物質に関する従来の理解に基づけば、この Ca₂RuO₄ 薄膜に電場印加・電流注入を行った場合には、明確な抵抗スイッチング動作は発生しない事が予測される。一方でこの Ca₂RuO₄ 薄膜上に Pt(65 nm)膜による面内 2 端子電極を作製し(図 1 (b))、三角波パルス電圧の印加によって電流-電圧測定を行った結果が図 1(c)である。電圧ピーク値(V_{max})が 8 V 以下の時には膜の抵抗が連続的に減少する非線形伝導特性のみが観測されるのに対し、この Ca₂RuO₄ 膜では興味深い事に、 V_{max} が 9 V に達するとともに抵抗が急峻かつ不連続に変化する明瞭な抵抗スイッチング現象の発現が観測された。また矩形波パルス電圧を用いた電流-時間測定の結果から、この急峻抵抗変化におけるスイッチング時間は、およそ 140 ns であることが示された。この急峻抵抗スイッチング現象の発生は、温度誘起金属絶縁体転移物質における従来の観測結果とは全く一致しない振る舞いであり、電流誘起金属絶縁体転移現象はその電流輸送の非平衡性に起因して、抵抗スイッチング素子の原理としても非従来型の時間応答特性を持つことが示唆された。

図 1(a) 4 端子法により測定した固相エピタキシャル成長 Ca₂RuO₄(100nm)/LaAlO₃ (001)薄膜の抵抗率の温度依存性と、(b) 同薄膜上に作製した Pt(65 nm)面内 2 端子電極の模式図。(c) Pt 面内 2 端子電極を用いて測定した Ca₂RuO₄(100nm)/LaAlO₃ (001)薄膜の電流-時間特性。上段は測定時における電極間電圧の実測値である。



[1] A. Tsurumaki-Fukuchi, *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **12**, 28368 (2020).