

VO₂の電圧誘起-金属絶縁体転移における熱暴走の役割Critical role of thermal runaway in VO₂ voltage-induced metal-insulator transition東大マテ [○]矢嶋 起彬, 西村 知紀, 田中 貴久, 内田 建, 鳥海 明The Univ. of Tokyo, [○]Takeaki Yajima, Tomonori Nishimura, Takahisa Tanaka, Ken Uchida, and Akira ToriumiE-mail: yajima@adam.t.u-tokyo.ac.jp

酸化バナジウム VO₂ に電圧を印加すると、ある閾値電圧 V_{th} で絶縁体から金属へと相転移する (図 1 : 電圧誘起-金属絶縁体転移)。この現象を利用して、高周波スイッチ、電圧リミッタ、ニューロン素子など様々な機能デバイスが作製されてきた[1-3]。しかし VO₂ の転移温度 340K が室温に近い、室温近傍で V_{th} の温度依存性が大きいという致命的な問題がある。一方で、 V_{th} と異なり、転移の際の閾値電流 I_{th} は温度依存性が小さいことが知られている (図 1)。従って、 I_{th} を利用する VO₂ デバイスであれば、温度不安定性の問題を生じないと考えられる。しかし、電圧誘起-金属絶縁体転移において I_{th} が温度に大きく依存しない起源は、極めて古典的な現象であるにもかかわらず、これまで明らかにされていない。そこで本研究では、ジュール熱拡散のモデルから、 I_{th} が温度に依存しない起源を明らかにすることを目的とした。まず明らかになったのは、図 1 中の閾値 (V_{th} , I_{th}) で特徴付けられる点、従来考えられてきたジュール熱による金属絶縁体転移ではなく、ジュール熱と抵抗減少が加速的に起きる熱暴走点に対応するということである。熱暴走の結果、VO₂ が急熱されて金属絶縁体転移に至るのであり、(V_{th} , I_{th}) 自体は金属絶縁体転移とは無関係である。そして熱暴走条件を解くことで、 I_{th} が温度に依存しないことを示すことに成功した[図 2]。図 2 は、VO₂ の熱平衡条件 (赤カーブ) と抵抗の温度依存性 (灰線) を表しており、交点 (白丸) が平衡状態で実現される状態を表す。印加電圧 V の増加とともに交点は高温側へ移動し、“Thermal runaway point”において交点が消失し、熱暴走が起こる。そしてこの熱暴走点での電流は、環境温度に依存しない一定値となる。このように、電圧誘起-金属絶縁体転移の熱暴走点と転移点とを明確に区別することで、今後さらに有益な VO₂ デバイスの設計につながると考えられる。本研究は科研費 17H04812 の助成を受けて行われた。[1]H. Madan, IEDM (2015). [2]T. Yajima, IEDM (2016). [3]T. Yajima, VLSI (2018),

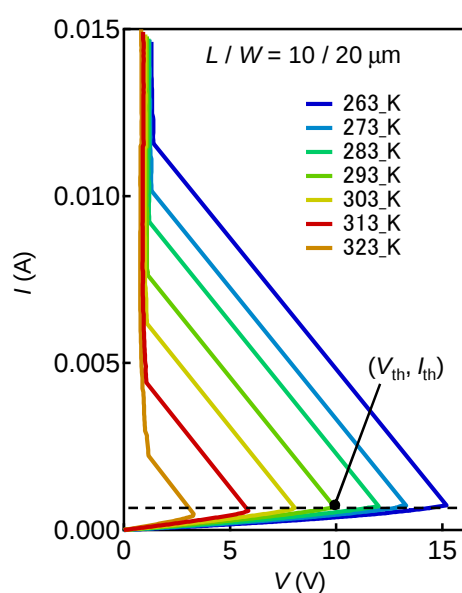


Fig. 1: The current-voltage (I - V) characteristics of the two-terminal 80 nm-thick epitaxial VO₂ device at various temperatures.

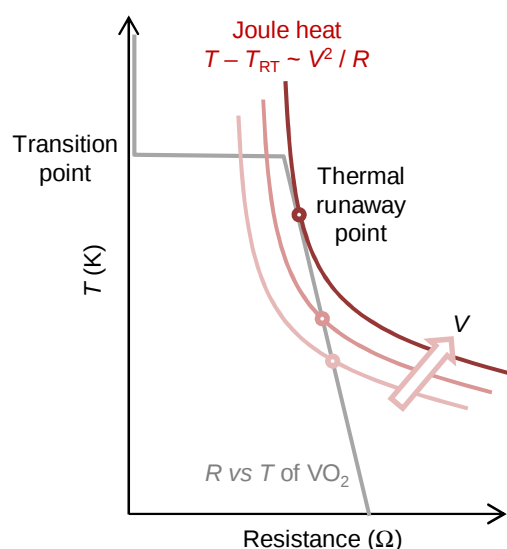


Fig. 2: The model of the VO₂ thermal runaway in the voltage-induced metal-insulator transition.