

非平衡状態を活用した VO₂ 相転移トランジスタの急峻スイッチング動作

Ultra-sharp Switching by Using Non-equilibrium State in VO₂ Phase Transition Transistors

東大マテ ○矢嶋 超彬, 西村 知紀, 鳥海 明

The Univ. of Tokyo, ○Takeaki Yajima, Tomonori Nishimura, and Akira Toriumi

E-mail: yajima@adam.t.u-tokyo.ac.jp

材料はしばしば金属絶縁体転移や分極反転に代表されるように温度や外場に対して 1 次相転移を示し、物性値を不連続に変化させる。従って 1 次相転移を利用すれば、電気・磁気・熱特性に対して急峻なスイッチング素子の実現できると考えられる。実際に 1 次相転移に基づくスイッチング素子として、磁気トンネル接合、負性容量素子、モットトランジスタ等の様々なデバイスが作製されてきた。しかし現実の 1 次相転移では、しばしば 2 つの相がドメインを形成して共存するため、マクロな物性値は連続的にしか変化しない。従って急峻なスイッチング動作を実現するためには、試料を微細化して単一ドメインで相転移を引き起こすしかなく、デバイス作製上の大きな制約となってきた。

これに対して本研究では、微細化していないマクロな系でも、平衡状態から十分に離れた非平衡状態におくことで、所望の物性値を不連続に変化させられることを提案する。これを実証するため、大きな電気特性の変化が得られる VO₂ 薄膜 (厚み 7.3nm) の金属絶縁体転移に着目し、さらに図 1a のように絶縁層を挟んでゲート電圧を印加することで高分解能で相転移を制御できる「ゲート誘起相転移」を用いて実験を行った[1]。ゲート電圧を印加していくと、図 1c 青色 ($V_d=0.03V$) で示す通り VO₂ 薄膜のマクロな電気伝導度は連続的に増加していく。一方で図 1b のようにソース-ドレイン間に比較的大きな 1V の電圧を印加した状態では、図 1c 赤色 ($V_d=1V$) で示す通りゲート電圧に対して VO₂ 薄膜の電気伝導度が 2 桁以上不連続に変化した。この不連続性の原因を調べたところ、ドレイン電圧によって VO₂ チャンネルが大きく非平衡状態へシフトすることで、2 相共存状態が不安定化するためであることが分かった。本結果は、一般的な一次相転移でも敢えて非平衡状態にずらすことで、例えマクロな系であっても 2 相共存状態を不安定化し、所望の物性を急峻にスイッチングできることを示唆している。本研究は JST-CREST JPMJCR14F2 及び一部は科研費 17H04812 の助成を受けて行われた。[1] T. Yajima *et al.*, Nature Commun. 6, 10104 (2015).

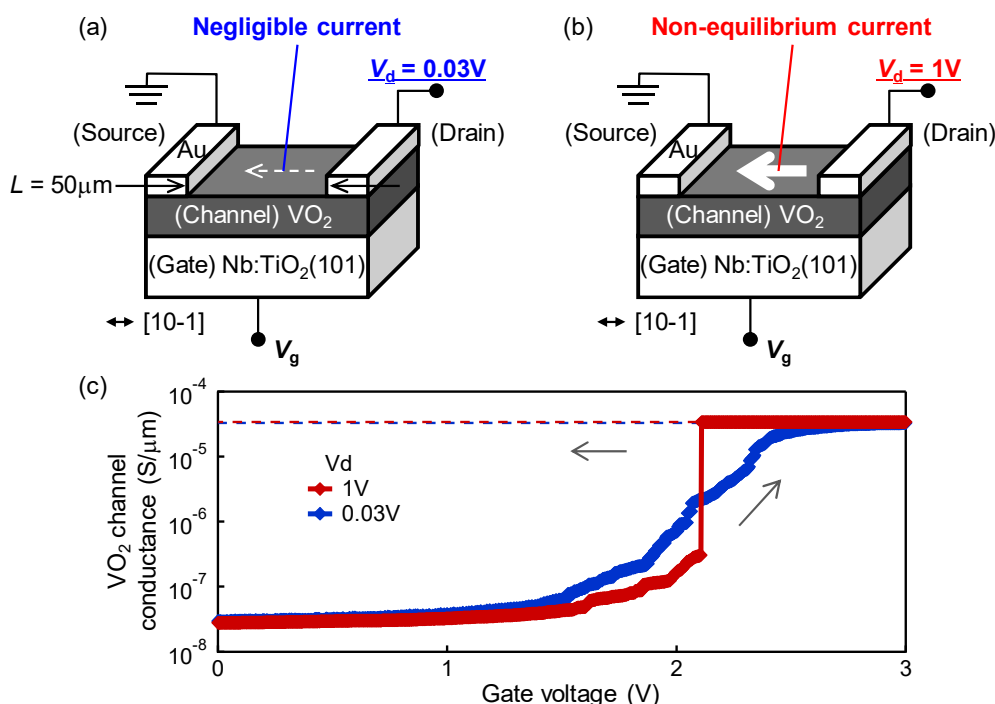


Fig. 1: (a,b) The schematics of the measurement setups for the gate-induced transition measurement under negligible current ($V_d = 0.03$ V) and relatively large non-equilibrium current ($V_d = 1$ V), respectively. (c) VO₂ channel conductance as a function of the gate voltage under two different drain voltages $V_d = 0.03$ and 1 V.