

金属絶縁体転移型 VO₂ FET におけるパルスゲート電圧応答

Time response to the Pulse Gate Voltage in VO₂-Channel Metal-Insulator Transition FET

東大マテ,[○]若藤 祐斉, 矢嶋 越彬, 西村 知紀, 鳥海 明

The Univ. of Tokyo,[○]Yusai Wakahuji, Takeaki Yajima, Tomonori Nishimura, and Akira Toriumi

Email : wakafuji@adam.t.u-tokyo.ac.jp

金属絶縁体転移(MIT)FET は、チャネル界面にキャリアを蓄積させることで MIT を誘起し、それによって急峻なゲート変調を実現しようというトランジスタである。これによって僅かなゲート電圧でも大きな電流変調を引き起こすことを可能にし、次世代の超低消費電力トランジスタとして期待される。光誘起相転移の実験によれば、VO₂ の MIT はサブピコ秒で起こることが報告されており[1]、VO₂ をチャネルとする MIT トランジスタも超高速で動作することが期待されてきた。しかし近年我々が初めて動作実証に成功した固体ゲート VO₂ チャネル FET では、ゲート電圧を印加して 0.1 秒未満の変化に続いて 10 秒程度の緩やかな変化が観察され、高速な光誘起相転移とは大きく異なる結果が得られた[2]。そこで本研究では、VO₂ MIT のパルスゲート応答を詳細に観察することで VO₂ のゲート変調特性を評価した。

0.05 wt%Nb ドープ TiO₂(101)基板の上にパルスレーザー堆積法によって製膜した 6 nm 膜厚 VO₂ 単結晶薄膜をチャネルとし、ドープ TiO₂ 基板をトランジスタのゲート電極として用いた[Fig.1a]。この時、TiO₂ 基板中に空乏層が形成され、この空乏層をトランジスタのゲート絶縁層として用いることができる。ここで TiO₂ の比誘電率が 111 程度と非常に高いことが特徴である。この VO₂ FET は、ゲート電圧がドレイン電圧より低い場合、VO₂/TiO₂ ショットキー接合のオン電流が見られるが、ドレイン電圧より高いゲート電圧を印加すればゲートリーク電流は十分に抑制された[Fig.1b]。VO₂ は転移点(316K)近傍においてゲート電圧に対して敏感に応答し、チャネル電流の大きな変化が見られた[Fig.1b]。次に 300 ms 幅のゲート電圧パルス印加し、測定時間分解能 10 μ s でチャネル電流の時間変化を測定した。Fig.1c に示すように、電圧印加直後においてゲートキャパシタの充電電流に対応する急峻なピークが見られ、そのピーク幅はゲートキャパシタンスと VO₂ チャネルの抵抗値から概算される RC 時定数 (~100 μ s) とほぼ一致した。その RC 時定数経過後は、チャネル内に十分電子が蓄積されるが、その時点で MIT に対応する大きなチャネル伝導度の変化は見られなかった。むしろ MIT は、Fig.1d に示されるように 100ms 前後の時間スケールで緩やかに誘起され、その時のチャネル伝導度はゲート電圧で決まる時定数 (τ) で指数関数的に減少していくことがわかった。以上のように、ゲート電圧によって誘起される MIT では RC 時定数 (~100 μ s) 未満の素早い変化が観察されず、ピコ秒程度の時間スケールで起こる光誘起 MIT とは大きく異なることがわかった。本研究は JST-CREST JPMJCR14F2 の助成を受けて行われ、その一部は JSPS 科研費 17HO4812 の助成を受けて行われた。[1] A.Cavalleri, Phys. Rev B **70** 161102 (2004). [2] T.Yajima, Nature comm. **10**, 1038 (2015).

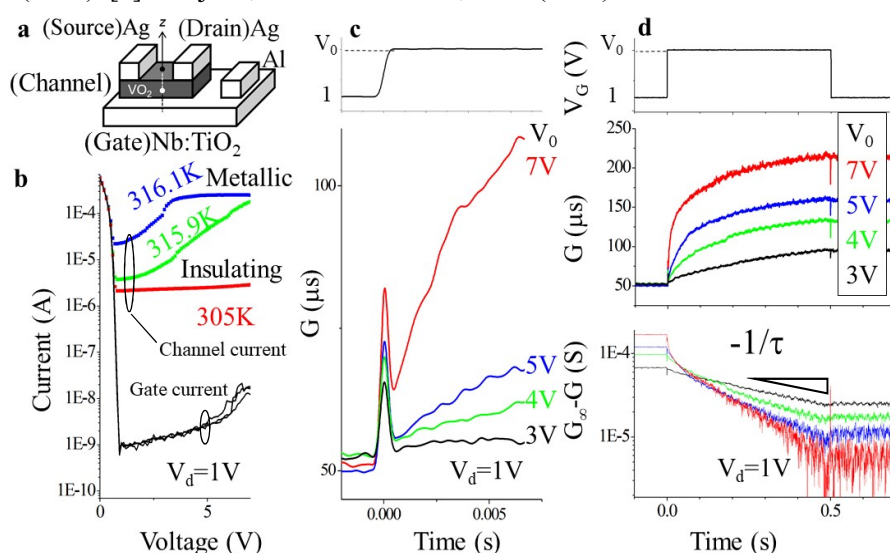


Fig. 1. (a) The schematic illustration of the VO₂-channel transistor. (Channel length = 100 μ m) (c,d) The time response of the VO₂-channel conductivity (G) for different V_g. G_∞ and τ indicate the saturation conductivity and the time constant, respectively.