## 強誘電性 HfO2 ゲート3端子素子による VO2 電気伝導度の変調

## Modulation of VO<sub>2</sub>-channel conductivity in ferroelectric HfO<sub>2</sub> gate three-terminal device

## 東大マテ 〇矢嶋 赳彬, 西村 知紀, 鳥海 明

## The Univ. of Tokyo, <sup>O</sup>Takeaki Yajima, Tomonori Nishimura, and Akira Toriumi

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

遷移金属酸化物の多様な相転移現象を3端子素子で制御できれば、様々な物性研究や新機能探索への展開が期待できる。しかし実際には、通常のゲート絶縁膜では相転移を誘起するのに充分な電荷量を蓄積できず、新材料を用いた3端子素子に本質的な問題となっている。強誘電材料をゲート絶縁膜に用いればこの問題を回避できる可能性があるが、Ti酸化物を初めとする強誘電材料はしばしば絶縁性が悪く、大きなリーク電流が素子動作を阻害してきた。一方で、近年新たに発見された強誘電性 HfO<sub>2</sub>が高い絶縁性を有することを利用すれば、このリーク電流の問題を解決できる可能性がある。実際に本研究では、典型的な金属絶縁体転移材料の VO<sub>2</sub>をチャネルとする3端子素子を作製し、HfO<sub>2</sub>の分極反転によって、VO<sub>2</sub>チャネル伝導度を不揮発に変調することに成功した。この結果は強誘電性 HfO<sub>2</sub>が、シリコントランジスタ応用だけでなく、遷移金属酸化物の物性研究にも有効であることを示唆している。

実験では、GeOI (Ge on Insulator) 基板上に強誘電性の Ge ドープ HfO<sub>2</sub> 薄膜 (30nm) を室温で スパッタ堆積し、その上にパルスレーザー堆積法 (400 度、酸素 1Pa) で多結晶 VO<sub>2</sub> 薄膜 (8nm) を作製した (Fig. 1)。ソース・ドレイン電極は金蒸着によって作製し、GeOI 基板の p+Ge 層をバ ックゲート電極とした。当初は、Ge:HfO<sub>2</sub>を 600°Cの窒素アニールで結晶化し、強誘電相を形成し てから、VO<sub>2</sub>を作製していた。しかし VO<sub>2</sub>製膜の前工程で銀ペーストを焼成する際に (大気 250°C)、 大部分の強誘電相が常誘電相へ相転移してしまうという問題が発生した。この問題を回避するた め、Ge:HfO<sub>2</sub> 薄膜を結晶化せずにアモルファスのまま利用すると、VO<sub>2</sub>の製膜温度 (400°C) で結 晶化し、さらに 250°Cの大気アニールの影響を受けることなく VO<sub>2</sub> 製膜後も強誘電相が維持され ることが分かった (Fig. 2)。作製した 3 端子素子において、 $V_{G-pls}$ のゲート電圧を 10ms 印加し、 ゲート電圧を 0V に戻した状態で測定したドレイン電流 ( $I_D$ ) の値 (パルス伝達特性) を Fig. 3 に 示す。 $V_{G-pls}$ は、0.4V 刻みで 0V⇒10V⇒-10V⇒0V の順に変化させ、これを 2 回繰り返した。パル ス状のゲート電圧に対して  $I_D$  は不揮発に変化し、特に強誘電性 Ge:HfO<sub>2</sub>の分極反転によって  $I_D$  が 大きく変化する様子が見られた。本研究は JST-CREST (JPMJCR14F2) の助成を受けて行われた。



Fig. 1: The schematic illustration of the fabricated three-terminal device.





Fig. 3:  $I_{\rm D}$  vs.  $V_{\rm G-pls}$  of the fabricated three-terminal device.