

UV-O<sub>3</sub> 表面酸化による HfS<sub>2</sub> MOSFET の性能改善Performance Improvement in a HfS<sub>2</sub> MOSFET by UV-O<sub>3</sub> Surface Oxidation東工大<sup>1</sup> ○(M2) 張 文倫<sup>1</sup>, 金澤 徹<sup>1</sup>, 北村 稔<sup>1</sup>, 宮本 恭幸<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology<sup>1</sup>○(M2) Wenlun Zhang<sup>1</sup>, Toru Kanazawa<sup>1</sup>, Minoru Kitamura<sup>1</sup>, Yasuyuki Miyamoto<sup>1</sup>

E-mail: zhang.w.ai@m.titech.ac.jp

## 1. 背景・目的

遷移金属ダイカルコゲナイドはバンドギャップを有する層状物質群であり、原子層の厚さを用いた極短チャネル領域における電界効果トランジスタ(FET)の応用が期待されている。FET の性能を考えた場合、低リーク電流のためには適切なバンドギャップが必要となり、高速動作のためには高いキャリア移動度が望ましい。HfS<sub>2</sub> は単原子層において高い電子移動度( $\sim 1,800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ )<sup>[1]</sup>が予測されると同時に低オフ電流が見込めるバンドギャップ( $\sim 1.2 \text{ eV}$ )<sup>[2]</sup>を有しており、チャネル材料として優れた性質が期待される。

これまでに HfS<sub>2</sub> MOSFET の動作を報告している<sup>[3]</sup>一方で、界面トラップの影響でサブスレッショルドスイング(SS)が大きいという問題がある<sup>[4]</sup>。本報告では UV-O<sub>3</sub> 表面処理を用いて HfS<sub>2</sub> の表面層を天然酸化膜 HfO<sub>x</sub> に交換し<sup>[5]</sup>、界面特性を改善した効果について報告する。

## 2. 作製デバイス構造

Figure 1 に HfO<sub>2</sub>/HfO<sub>x</sub>/HfS<sub>2</sub> 構造の製作プロセスを示す。まず HfS<sub>2</sub> をテープで剥離し、PDMS に転写する。UV-O<sub>3</sub> で 30 min 表面処理してから、用意した 10 nm HfO<sub>2</sub> 絶縁膜基板にフレークを転写する。その後、S/D 電極(Au 100 nm)を蒸着し、ALD で 20 nm HfO<sub>2</sub> 保護層を堆積し、バックゲート電極(Cr/Au 20 nm/100 nm)を蒸着する。最後に特性改善のため 250°C で真空アニールを行いデバイスの完成となる。完成したデバイスは Figure 2 に示す。

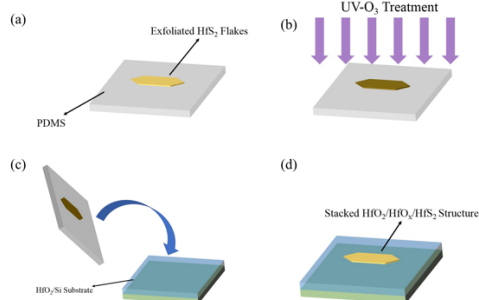


Figure 1 Process flow of fabricating a stacked HfO<sub>2</sub>/HfO<sub>x</sub>/HfS<sub>2</sub> structure.

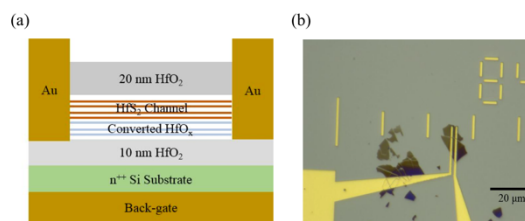


Figure 2 Device structure of fabricated HfS<sub>2</sub> MOSFET. (a) Schematic view. (b) Optical image.

## 3. 実験結果

Figure 3 に UV-O<sub>3</sub> 表面処理したデバイスの伝達特性を示す。表面処理によって、SS<sub>min</sub> が 600 mV/dec から 103 mV/dec に低減し、チャネル電流の 3 桁以上が約 120 mV/dec の SS を維持する。 $V_{ds} = 0.5 \text{ V}$  のバイアス状態で、 $V_{gs} = 3 \text{ V}$  の時に 220 nA/μm のオン電流が得られ、ピークの電界効果移動度が  $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  を超える。HfO<sub>x</sub> の直列容量を無視して簡単に界面トラップ  $D_{it}$  を試算すると、 $D_{it}$  が  $7.96 \times 10^{13} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$  から  $6.33 \times 10^{12} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$  に約 10 倍低減できる。

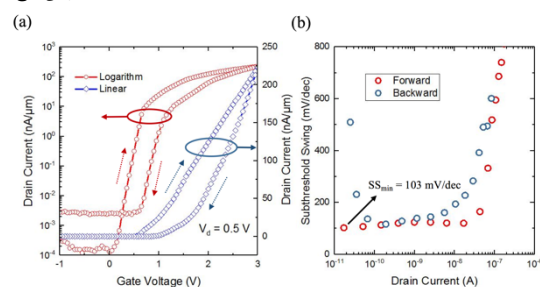


Figure 3 Electrical characteristics of HfS<sub>2</sub> MOSFET with UV-O<sub>3</sub> treatment. (a) Transfer curves. (b) Extracted subthreshold swing.

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K04279 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] W. Zhang, Z. Huang, W. Zhang, and Y. Li, Nano Res. 7, 1731(2014).
- [2] C. Gong, H. Zhang, W. Wang, L. Colombo, R. M. Wallace, and K. Cho, Appl. Phys. Lett. 103, 053513(2013).
- [3] T. Kanazawa, T. Amemiya, A. Ishikawa, V. Upadhyaya, K. Tsuruta, T. Tanaka, and Y. Miyamoto, Sci. Rep. 6, 22277(2016).
- [4] W. Zhang, S. Netsu, T. Kanazawa, T. Amemiya, and Y. Miyamoto, to be published in Jpn. J. Appl. Phys.
- [5] S. Lai, S. Byeon, S. K. Jang, J. Lee, J.-H. Park, Y.-H. Kim, and S. Lee, Nanoscale, 10, 18758(2018).