

# ゲルマナン薄膜をチャネルとした電気二重層トランジスタ

## Electric double layer transistor with a channel of germanane

東大院総合, ○山内遼斗, 佐藤洋平, 片山裕美子, 安武裕輔, 深津晋, 上野和紀

Dept. Basic Science, Univ. Tokyo, Ryoto Yamauchi, Yohei Sato, Yumiko Katayama,

Yuhsuke Yasutake, Susumu Fukatsu, and Kazunori Ueno

E-mail: yamauchi-ryoto76@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

ゲルマナンは Ge 単原子層を水素終端した物質である。バルク Ge が間接遷移型のバンドギャップ 0.66 eV, 電子移動度 3,900 cm<sup>2</sup>/Vs 程度であるのに対し、直接遷移型の 1.53eV のバンドギャップを持ち、理論計算からは電子移動度が 18,000 cm<sup>2</sup>/Vs に達すると報告されている[1]。また Ge 単原子層や、水素終端された Si 単原子層と異なりゲルマナンは酸化されにくく大気中で安定である。そのためゲルマナンは光デバイスや電子デバイスとしての応用が期待されており、最近、単結晶のフレークを用いた電界効果トランジスタが報告された[2]。我々は Si(111) 基板に MBE 法により水素終端ゲルマナンを作成し、直接遷移型のバンドギャップが得られたことを報告してきた[3]。本研究では、ゲルマナンを用いて電解液をゲート絶縁体として用いる電気二重層トランジスタを作製し、トランジスタ動作が得られたので、その特性を報告する。

Si 基板上に製膜した CaGe<sub>2</sub> 膜から Ca をデインターカレートすることにより、ゲルマナンを作製した。金属マスクを用いて Ti/Au を蒸着し、試料 1,2 の2つの電気二重層トランジスタを作製した。電解液として DEME-TFSI、ゲート電極として Pt コイルを用いた。

試料 1 について、230 K でゲート電圧  $V_G$  を印加すると、図 1 に示すように +1 V 付近にスレショルドをもつ p 型動作が得られた。また、試料 2 について室温で +2 V から -2 V の  $V_G$  を印加すると、正負どちらの電圧でもドレイン電流が増加する両側動作が得られた。図 2 に試料 1,2 それぞれに各デバイスのシート抵抗の温度依存性を示す。試料 1,2 共に負の  $V_G$  で抵抗が小さくなり、p 型動作が確認できた。また試料 1 で 150K でのホール測定を行ったところ、 $V_G = 0$  V から -2.5 V でキャリア密度は  $1.20 \times 10^{12}$  cm<sup>-2</sup> から  $2.5 \times 10^{12}$  cm<sup>-2</sup> に増加し、たしかに p 型のキャリアドーピングがされたことが確認された。講演では移動度や試料のサイズ効果などについても議論する。

[1] E. Bianco, et al., ACS Nano, 7, 4414 (2013).

[2] B. N. Madhushankar, et al., 2D Materials 4, 021009(2017).

[3] 安武裕輔ら、第 62 回応用物理学会春季学術講演会 12p-A16-8 (2015).

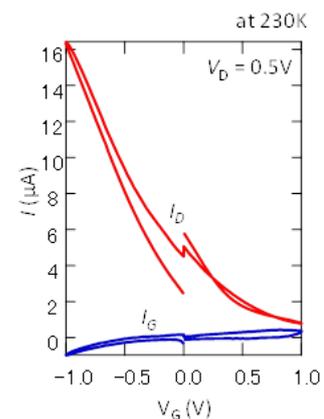


Fig. 1 Gate bias  $V_G$  dependence of drain current  $I_D$  and gate current  $I_G$  at 230 K for sample 1

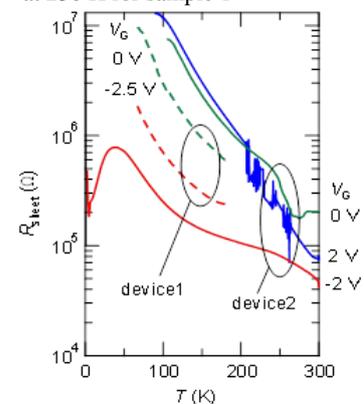


Fig. 2 Temperature  $T$  dependence of sheet resistance for sample 1 (gated at 230 K) and sample 2 (gated at 300 K)