テープ剥離した GeH の電気特性評価

Exfoliation and electrical properties of germanane (GeH)

豐田中研 [1]，東工大 [2]　○三浦 篤志 [1]，中野 秀之 [1]，石川 剛 [1]，東 康男 [2]，真島 豊 [2]

TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC. [1], Tokyo Institute of Technology [2],

°Atsushi Miura [1], Hideyuki Nakano [1], Tsuyoshi Ishikawa [1], Yasuo Azuma [2], Yutaka Majima [2]

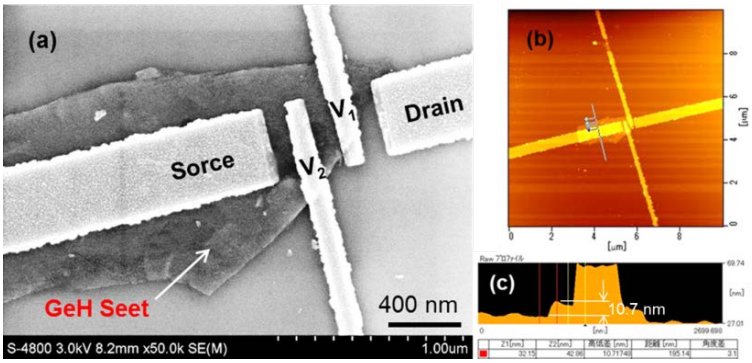
E-mail: a-miura@mosk.tytlabs.co.jp

【はじめに】グラフェンの発見以来、二次元材料は、電子デバイス、センサー、および触媒として多くの注目を集めている。この中で、半導体製造プロセスとのマッチングを考慮すると、シリコン、あるいはゲルマニウムが有力候補となる。シリコンの単原子層はシリセンと呼ばれ、プロトタイプの FET 素子が報告されたが[1]、大気中での安定性が最大の課題である。そこで、我々は、大気中で安定なゲルマニウムの二次元材料（水素終端ゲルマネン：GeH）に着目し、その電気特性を評価した。

【実験】バルクの GeH は、既報に従って $CaGe_2$ から合成した[2]。スコッチテープ法により GeH を剥離し、SiO_2（50nmt）/Si 基板上へ転写した。電極は、電子ビーム描画とリフトオフプロセスを用いて、Ni(10nmt)/Cr(2nmt)を形成した。なお電極間と電極幅はそれぞれ 130nm、100nm とした。

【結果】作製した素子表面の SEM 像と AFM 像を Fig.1(a)、(b)に示す。これらより電極が設計通りに形成されている事を確認した。また、Fig.1(c)より、シートの厚さは約 10.7nmt（GeH が 20～30 層）であった。Fig.2 に Source-V_2 電極 2 端子間のダイオード特性を示す。電極と GeH はショットキー接触になっており、順方向電流は強い電界下で流れるドリフト電流が支配的である。薄膜 GeH の電子移動度としてバルクゲルマニウムの３００Ｋにおける文献値（3900cm^2/V/s）を仮定すると、ドリフト電流が支配的なときの電流-電圧の関係式[3]から、電子キャリア密度は約 1.9×10^9cm^{-3} となる。バルク Ge（Eg=0.66eV）のイントリンシックキャリア密度 2×10^{13}cm^{-3} よりも低く、薄膜化によりバンドギャップが拡大したことを示唆している。

[1] L. Tao, et al., Nat. Nanotechnol., 10, 227 (2015).　[2] E. Bianco, et al., ACS Nano, **7**, 414 (2013).
[3] S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, 3rd ed. (Wiley, New York, 2007), pp. 167.



(a) SEM image (b) AFM image (c) Cross-section analysis by AFM

Fig.1　Shape of elements

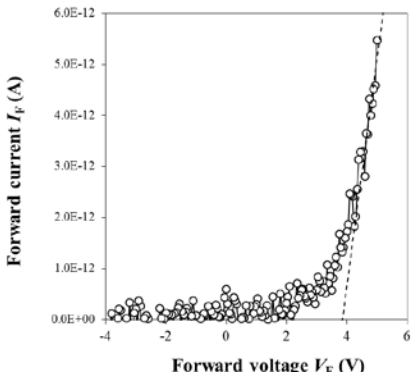


Fig.2　*I-V* characteristics