

TMDC-SWCNT ヘテロ構造の作製とデバイス特性

Fabrication and device properties of TMDC-SWCNT stacked heterostructures

九大院総理工,¹ 九大 GIC,² 産総研,³ ○小柳 知穂,¹ 末永 健志朗,¹ 河原 憲治,²

齋藤 毅,³ 田中 文士,³ 片浦 弘道,³ 吾郷 浩樹^{1,2}

Kyushu Univ.^a, AIST^b

C. Koyanagi,^a K. Suenaga,^a K. Kawahara,^a T. Saito,^b T. Tanaka,^b H. Kataura,^b H. Ago^a

E-mail: h-ago@gic.kyushu-u.ac.jp

【背景】 近年、グラフェンや h-BN、遷移金属カルコゲナイドなど様々な二次元材料の組み合わせによって、新たな機能や応用が見出されつつある。二次元材料の p-n ヘテロ構造は、スイッチングデバイスや光センサー、太陽電池、そしてトンネル FET など多様な応用が期待される。特に、トンネル FET は超低消費電力のデバイスとして興味深い [1,2]。

最近、我々は p 型の SnS と n 型の WS₂ (および MoS₂) のヘテロ構造を二段階 CVD 法によって合成し、明瞭な整流性と光応答性を観測している [3]。しかし、合成した SnS は厚く、キャリア濃度が高いことから、WS₂ (MoS₂) に比べてゲート依存性が低いという課題があった。今回、我々は、p 型半導体として知られている単層カーボンナノチューブ (SWCNT) に着目し、半導体を分離した SWCNT と二次元材料を組み合わせることを検討した。ここで、一次元材料である SWCNT と、層状の二次元材料という次元性を超えた組み合わせも興味深いと考えている。

【結果と考察】 MoS₂ は、MoO₃ と S を原料にした大気圧 CVD 法によってサファイア上に合成した [4]。Fig. 1(a)の挿図が SiO₂/Si 基板上に転写した MoS₂ の顕像であるが、約 10 μm 程度のグレインサイズの単結晶 MoS₂ が得られている。ラマンや PL 測定等から、MoS₂ は単層であることを確認した。この MoS₂ トランジスタは n 型の半導体特性を示し、10⁵ の高い on/off 比が得られた。一方、SWCNT は eDIPS 法で合成され、ゲルクロマトグラフ法で半導体分離されたものを用いた [5]。分離液をろ過した後、SiO₂/Si 基板上に転写し、フォトリソグラフィと酸素プラズマによりパターニングを行った (Fig.1(b))。SWCNT ネットワークのトランジスタは p 型を示し、その電流値や on/off 比は密度に大きく依存していた。

次に、パターニングした SWCNT の上に MoS₂ グレインを転写し、積層ヘテロ構造とした (Fig. 1(c))。Fig. 1(d)に示すように、MoS₂ の PL は SWCNT 上で弱くなっており、光励起した MoS₂ と SWCNT が相互作用していることを示している。当日はこのヘテロ構造体のデバイス特性、ならびに WS₂-SWCNT などの異なる組み合わせのヘテロ構造の特性について報告する。

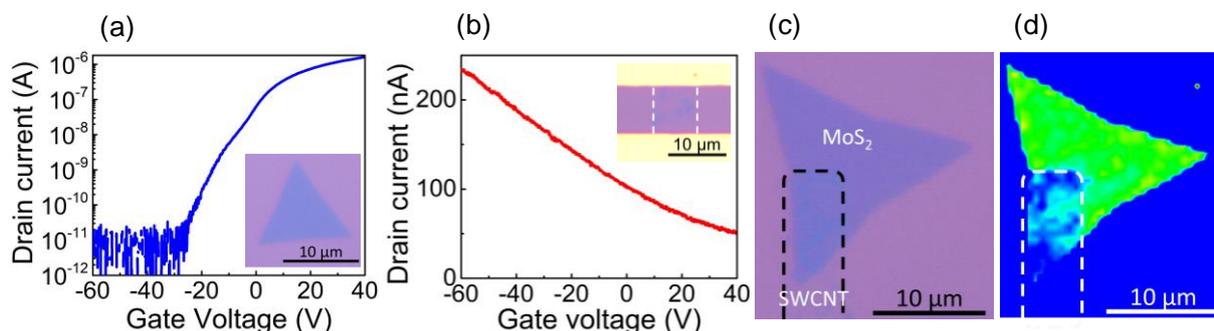


Fig. 1 Carrier transport characteristics and optical micrographs of MoS₂ (a) and SWCNT network (b). (c) Optical image of the MoS₂-SWCNT heterostructure. (d) shows the PL intensity map of MoS₂ with the emission energy of ~1.8 eV.

文献

[1] T. Roy et al., *Appl. Phys. Lett.*, **108**, 083111 (2016). [2] D. Sarkar et al., *Nature*, **526**, 91 (2015). [3] A. S. Aji et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **20**, 889 (2018). [4] H. Ago et al., *ACS Nano*, **10**, 3233 (2016). [5] T. Tanaka et al., *Appl. Phys. Express*, **2**, 125002 (2009).