

PtS₂/WSe₂ による *p* 型 2D-TFET における BTBT 電流の観測

Observation of BTBT current in PtS₂/WSe₂ *p*-type 2D-TFET

東大工¹, 埼玉大理² ○佐藤雄一郎¹, 中村圭吾¹, 上野啓司², 長汐晃輔¹

○Y. Sato¹, K. Nakamura¹, K. Ueno² & K. Nagashio¹

E-mail: sato@ncd.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】 低消費電力化だけでなくトンネル距離を van der Waals 距離にまで低減し高い駆動電流の実現が可能な 2 次元(2D)-TFET が研究されている. 我々はこれまでにオゾン酸化 WO₃/p⁺-WSe₂ を *h*-BN に転写することで大気安定なソースとして用いた *n* 型 MoS₂-TFET を報告した^[1]. 相補型動作のためには *p* 型 2D-TFET が必要となるが, *n* 型と比較してほとんど報告がない. これは *p* 型 TFET のソースに必要な *n*⁺-2D 結晶の多くが大気中で不安定なことに起因している. 我々は大気安定性に優れた benzyl viologen による化学ドーピング^[2]により得た *n*⁺-MoS₂ を *h*-BN で安定化させソースとして利用した *p* 型 WSe₂ TFET 動作を試みたが, プロセス安定性を欠き *n*⁺を保つことが困難であった. そこで本研究では, バンドギャップ(*E*_G)は~0.25 eV と小さいものの *n*⁺を示し大気安定性を有する PtS₂ をソースに用い^[3], チャネルにはより大きな *E*_G(~1 eV)に起因してトンネル障壁厚さの低減が期待できる *p*-WSe₂ を用いたヘテロ積層構造を作製し, *p* 型 2D-TFET としてバンド間トンネル(BTBT) 電流が得られるかを確認した.

【実験方法】 PDMS を用いた機械的剥離法で得た WSe₂(~3 nm)を, SiO₂(90 nm)/*n*⁺-Si 基板上に転写し, 同様に得た PtS₂(~6 nm)を位置合わせ装置で積層することでヘテロ構造を形成した(Fig. 1). 膜厚は AFM により決定した. 電子線リソグラフィにより電極パターンを形成し, Pd/Au 電極を蒸着し, バックゲートデバイスとして電気測定を行った.

【結果及び考察】 室温でバックゲート電圧(*V*_G)を変え, ダイオード特性を測定した(Fig. 2(a)). 室温では熱拡散キャリアによる電流も流れるため, グラフからバンド間トンネル BTBT 電流が流れているか判断することはできない. そこで 25 K の低温でダイオード特性を測定すると, Fig. 2(b) に示すように熱拡散電流を抑えた電流特性が得られる. ここで *V*_G=30 V において, ドレインバイアスを逆方向に強印加したときのみ電流が流れている. ここから PtS₂ と WSe₂ の *I*_D-*V*_G 特性は Fig. 3 のように重なり合っていることが分かり, この条件では type III バンドアライメントによる BTBT 電流が流れているといえる. 理想的な *p* 型 TFET においては *V*_G の低下に伴い BTBT 電流は増加するが, ここでは Fig. 2(b)のように電流の減少が見られる. この理由としては, 低温では電子が PtS₂/Pd コンタクトでの Schottky 障壁を越えられず, Fig. 3 に図示したように PtS₂ のオフ領域に入ってしまうと考えられる. 以上より, 本研究において PtS₂/WSe₂ TFET で BTBT 電流を観測したが, コンタクトの改善により *V*_G 負印加時における本来の BTBT 電流が得られると推測できる.

【参考文献】 [1] J. He, *et al.*, *Adv. Elec. Mater.* **2018**, 7, 1800207. [2] D. Kiriya, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, 22, 7853-7856. [3] Y. Zhao *et al.*, *Adv. Mater.* **2016**, 12, 2399-2407.

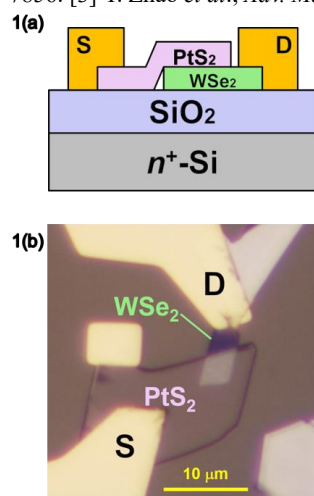


Fig. 1 (a) Schematic and (b) optical image of PtS₂/WSe₂ TFET.

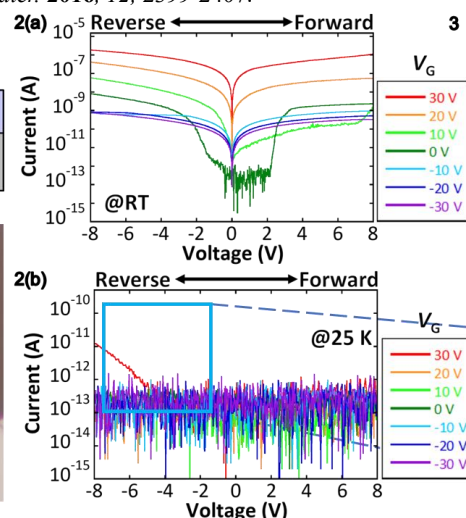


Fig. 2 Diode properties measured at (a) RT and (b) 25 K.

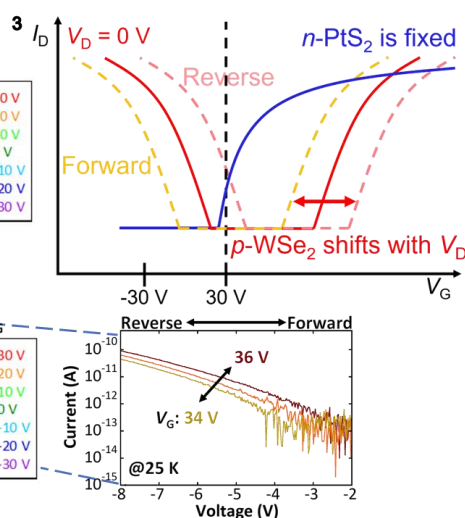


Fig. 3 Schematic illustration of *I*_D-*V*_G of PtS₂ and WSe₂ at different *V*_D at 25 K.