

p 型 WSe₂ における量子ポイントコンタクトの実現

Realization of quantum point contact in p-type WSe₂

千葉大物質¹, バッファロー大², 物材機構³, SKKU⁴ °坂梨 昂平¹, クリュウガー ピーター¹,
バード ジョナサン², 渡邊 賢司³, 谷口 尚³, キム ギルホ⁴, 青木 伸之¹

Chiba Univ.¹, Univ. at Buffalo², NIMS³, SKKU⁴ °Kohei Sakanashi¹, Peter Krueger¹,

Jonathan P. Bird², Kenji Watanabe³, Takashi Taniguchi³, Gil-Ho Kim⁴, Nobuyuki Aoki¹

E-mail: k.sakanashi@chiba-u.jp

[イントロダクション] 遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)は単層において、その強いスピン軌道相互作用やバレー自由度の存在などから量子ドットや量子ポイントコンタクト(QPC)といった量子閉じ込め構造と組み合わせることによってスピン-バレー量子ビットやスピン-バレーフィルターといった量子素子の実現が期待されている。しかし、これまでに TMD 自体の結晶クオリティの低さやオーミック接触の難しさ等から実現された閉じ込め構造の報告は数件であり、そのすべてが n 型素子のみであった[1,2,3]。そこで本研究では、単層における量子閉じ込め試料の実現に向けて、近年報告されている、高濃度にドーパされた二次元物質を使用した 2D/2D コンタクト法を用い、高移動度の数層 p 型 WSe₂-QPC 試料を作製した[4]。

[研究手法] 機械剥離によって得られた p⁺⁺-MoS₂, WSe₂, hBN 結晶をそれぞれ PC/PDMS ポリマーを用いたドライトランスファー法によって積層し[5]、SiO₂/Si 基板上に事前に形成されたスプリットゲート(SG)電極上にファンデルワールスヘテロ構造を作製した。その後、ソース-ドレイン電極およびトップゲート(TG)電極をそれぞれ作製した。作製されたデバイスの光学顕微鏡像を Fig.1(a)に示す。

[実験結果および考察] WSe₂ 試料は低温において TG 電圧を負に印可することによってホール伝導を示し、電界効果およびシュブニコフ-ドハース振動より移動度 2500 cm²/Vs 程度であることが判明した。TG 電圧を-12 V 程度で固定し SG 電圧を正に印可していくことで、Fig.1(b)のように二次元ホールガス(2DHG)の排斥、細線の形成、量子化コンダクタンスの観測、チャネルの完全なピンチオフが起こることを観測した。2DHG の直列抵抗分を補正することにより、Fig.1(c)のようにその量子化単位は e^2/h の単位であることがわかった。数層の WSe₂ ではバレー自由度が 1, スピン自由度が 2 であるため $2e^2/h$ の単位で量子化が起こることが予測されるが、この結果は実際には数層であっても価電子帯の強いスピン軌道相互作用によってゼロ磁場においてもスピン縮退が解けている可能性を示唆している。講演では磁場中での特性や DFT によるバンド構造との比較についても議論する。

本研究は科研費(18H01812,20J20052), 千葉大 VBL, 池谷科学技術財団の支援を受けて行われた。

[参考文献] [1] R. Pisnoli, *et al.*, *Nano Lett.* **17**, 5008 (2017). [2] K. Marinov, *et al.*, *Nat. Comm.* **8**, 1938 (2018). [3] K. Wang, *et al.*, *Nat. Nanotech.* **13**, 128 (2018). [4] K. Takeyama, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **117**, 153101 (2020). [5] L. Wang, *et al.*, *Science* **342**, 614 (2013).

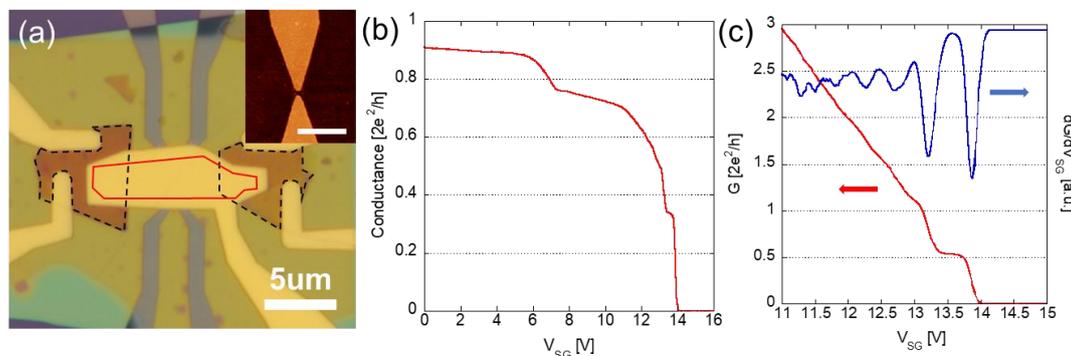


Fig.1(a) The optical microscope image of WSe₂-QPC device. The black-dotted lines indicate contact the p⁺⁺-MoS₂ crystals, and red solid line is WSe₂ crystal. Inset: The AFM image of pre-fabricated split gate electrodes. The scale bar is 500 nm. (b) The typical conductance curve at $V_{TG} = -12$ V. (c) The corrected conductance curve and its differential conductance at $V_{TG} = -12$ V and $T = 2$ K.