

有機酸により処理した単層 WS₂ におけるバレー偏極の 励起エネルギー依存性

Excitation energy dependence of valley polarization in monolayer WS₂ treated by organic acid

東北大工¹, ○ (B4) 木村 俊¹, 朝倉 永人¹, Jack Alexander-Webber², Arelo O. A Tanoh³, Hope Bretscher³, Akshay Rao^{3,4}, 新田 淳作¹, 好田 誠¹

○T. Kimura¹, E. Asakura¹, J. Alexander-Webber², A. O. A Tanoh³, H. Bretscher³, A. Rao^{3,4}, J. Nitta¹ and M. Kohda¹

Department of Materials Science, Tohoku Univ.¹, Department of Engineering, University of Cambridge²,

Cavendish Laboratory, Cambridge³, Department of Chemistry, University of Cambridge⁴,

E-mail: takashi.kimura.t6@dc.tohoku.ac.jp

【はじめに】単層二硫化タングステン(WS₂)は、運動量空間の K および K' バレーにおいてエネルギー極値を持ち、円偏光によりバレーの選択励起が可能な直接遷移半導体である。スピン軌道相互作用によりスピン分裂が生じるため、バレー偏極状態ではスピン偏極キャリアが生成し、バレー・スピン双方の自由度を活用できる新たな舞台となる。これまで単層 WS₂ において、円偏光励起フォトルミネッセンス(PL)測定において高いバレー偏極が観測されているが、励起子のバレー偏極について主に議論されてきた[1]。一方、単層 WS₂ を有機酸(トリフルオロメタンスルホン酸; TFSI, オレイン酸; OA)で表面処理した場合、PL 強度が促進し荷電励起子による発光が室温でも安定に観測されることが見出され、これまで TFSI を用いた研究が盛んに研究されている[2]。近年オレイン酸を用いて同様の効果が表れることが明らかとなったが[3]、励起子と荷電励起子のバレー偏極の詳細については未解明である。そこで本研究では単層 WS₂ に対し TFSI・OA による表面処理を行い、円偏光 PL の励起エネルギー依存性から低温におけるバレー偏極の安定性を調べた。

【実験方法・結果】バルクの WS₂ をスコッチテープ法により単層にまで剥離した後、有機酸(TFSI, OA)による表面処理を行った。用いた単層 WS₂ の顕微鏡写真を図 1 に示す。ヘリウムフロー式クライオスタットを用いて単層 WS₂ を 3.6K まで冷却し、ピコ秒パルスレーザーを用いて試料垂直方向から円偏光励起を行い、CCD 分光器を用いて発光における偏光を解析した。円偏光励起エネルギーは 525nm から 590nm まで変化させた。図 2 に、TFSI で表面処理した単層 WS₂ における波長 525nm で円偏光励起した場合の右回り偏光と左回り偏光の PL 強度、およびバレー偏極率のエネルギー依存性を示す。右回り/左回り偏光 PL 強度に大きな差が表れ、最大 40% 程度のバレー偏極率が実現できることを明らかにした。PL スペクトルには複数のピークが観測でき、バレー偏極率にも依存性があらわれた。これは励起子および荷電励起子の起因する発光が含まれていることを示唆している。当日は励起子および荷電励起子それぞれのバレー偏極を明らかにし、円偏光励起エネルギー依存性から有機酸処理した単層 WS₂ のバレー偏極の安定性を議論する。

[1] B. Zhu *et al.*, PNAS **111**, 11606 (2014). [2] M. Amani *et al.*, Science **350**, 1065 (2015). [3] A. O. A Tanoh, *et al.*, Nano Lett. **19**, 6299 (2019).

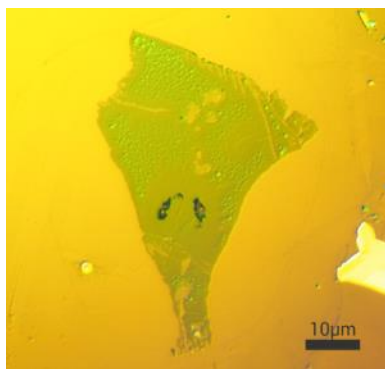


図 1. TFSI 処理を行った単層 WS₂ の顕微鏡写真

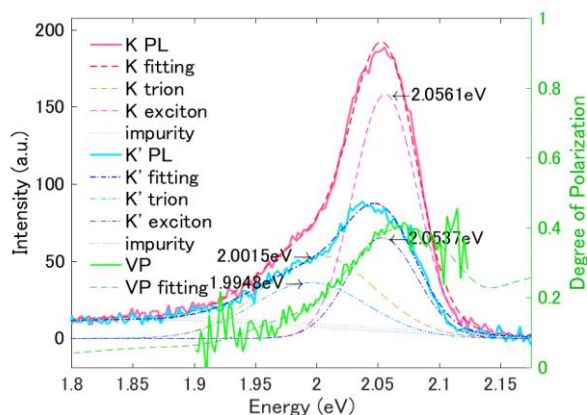


図 2. TFSI-単層 WS₂ の円偏光 PL 測定における右回り/左回り偏光スペクトルとバレー偏極率