

共鳴トンネル効果を用いたツイスト2層 WSe₂の価電子帯Γ点バンドの検出Detection of Γ -valley states in the valence band of twisted bilayer WSe₂ via resonant tunneling effects東大生研¹, 東工大フロンティア研², 物材機構³, CREST-JST⁴○木下 圭¹, 守谷 頼¹, 岡崎 尚太², 張 奕勁¹, 増淵 覚¹, 渡邊 賢司³,谷口 尚³, 笹川 崇男², 町田 友樹^{1,4}IIS Univ. Tokyo¹, MSL Tokyo Tech.², NIMS³, CREST-JST⁴○Kei Kinoshita¹, Rai Moriya¹, Shota Okazaki², Yijin Zhang¹, Satoru Masubuchi¹,Kenji Watanabe³, Takashi Taniguchi³, Takao Sasagawa², and Tomoki Machida^{1,4}

E-mail: kkino@iis.u-tokyo.ac.jp

単層 WSe₂同士をツイストさせて積層したツイスト2層 WSe₂ (twisted bilayer WSe₂, tBL WSe₂) [Fig.1a] では、通常の BL WSe₂とは異なるエネルギーバンドが形成されることが報告されている^{[1][2]}。しかし、ツイストの影響がどのようなメカニズムでバンド構造の変化を生じさせるか、さらにバンドの主たる変化が Γ 点・K 点のどちらで生じるかについて、決定付ける実験が少ない。そこで本研究では、tBL WSe₂への共鳴トンネル効果の観測を切り口として、tBL WSe₂内のツイストが価電子帯 Γ 点バンドにどのように影響するかを調べた。

作製したデバイスの構造・測定回路を Fig. 1d に示す。tBL WSe₂/数層 h-BN/ 3層 WSe₂ (3L WSe₂) のトンネル接合デバイスで、tBL WSe₂のツイスト角度は Tear-and-stack 法を用いて 0°, 2°, 4°に制御した。ソース側に 3L WSe₂を用い、ドレイン側の tBL WSe₂へと Γ 点キャリアをトンネルさせた [Fig.1e]。各デバイスにおいて、ゲート電圧を負に印加して WSe₂ 内にホールを蓄積させ、ソース-ドレイン間にバイアス V_{int} を印加して生じるトンネル電流 I を測定した。

温度 30 K で測定した I - V_{int} 特性を Fig. 1f に示す。ツイスト 0°の結果においてピーク X、Z を観測したが、これは BL WSe₂の2本の価電子帯 Γ 点バンドへの共鳴トンネルに相当する [Fig. 1g]。これらのピークはツイスト 2°, 4°のデバイスでもほぼ同じ V_{int} の位置で観測できた。一方、ツイスト 2°, 4°のデバイスではピーク X と Z の間にピーク Y を観測し、Y の生じる V_{int} の値は両者で変わらなかった。ここで、Fig.1a-c に示すように tBL WSe₂内には W (Se) の原子の直下に同じ W (Se) が配置される AA 積層領域と、W (Se) の直下に Se (W) が配置される B 積層領域が含まれ、AA 積層領域は WSe₂間にツイスト角度がある場合にのみ生じる。ここからピーク Y は、BL WSe₂の2本のバンドの間に AA 積層領域由来のバンドが形成され、そのバンドへの共鳴トンネルによって生じていることが示唆される。

参考文献 [1] L. Wang *et al.*, Nat. Mater. **19**, 861 (2020). [2] Z. Zhang *et al.*, Nat. Phys. **16**, 1093 (2020).

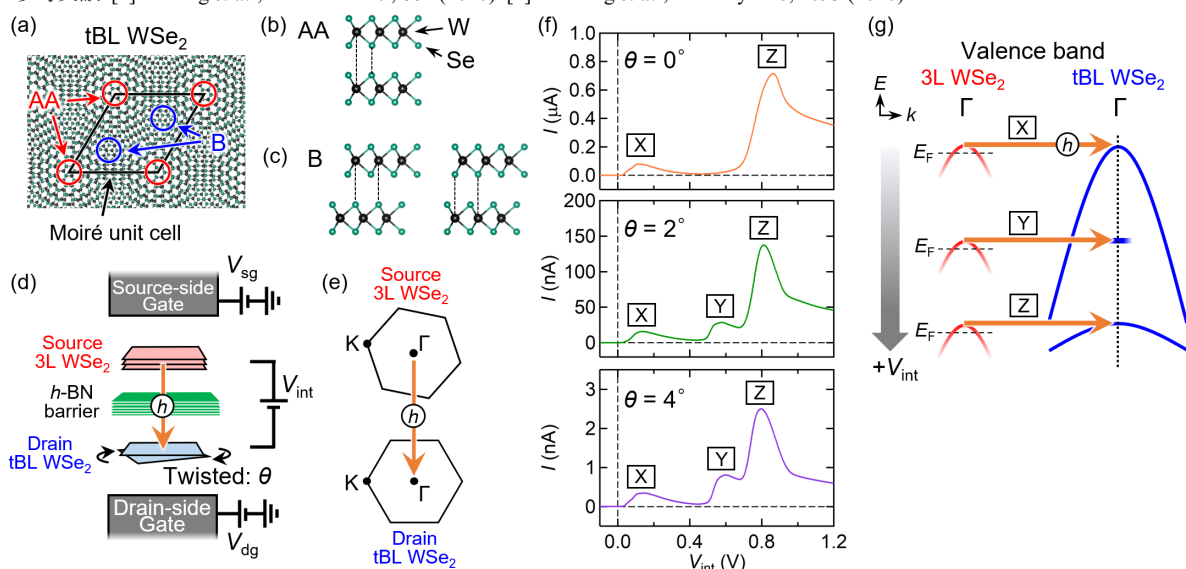


Figure.1 (a-c) Moiré unit cell of tBL WSe₂. Stackings referred to as AA and B are highlighted by red and blue circles. (d,e) Schematics of the device structure and resonant tunneling. (f) I - V_{int} characteristics measured at 30 K. Gate voltage conditions of (V_{sg} , V_{dg}): (−100 V, −11 V) for 0°; (−100 V, −10.5 V) for 2°; (−100 V, −8.5 V) for 4°. (g) Schematics of energy band alignment of 3L WSe₂ and tBL WSe₂ at peak X, Y and Z.