

原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

町田 友樹

東京大学 生産技術研究所
教授

原子層のファンデルワールス自在配列とツイスト角度制御による物性の創発

主たる共同研究者:

石坂 香子 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

研究成果の概要

本 CREST チームでは、ファンデルワールス複合原子層の作製・バンド構造決定・物性観測を高効率に行うシステムを構築し、原子層の配列や配向を自在に制御した複合原子層の特異な物性を発現させることを目的としている。具体的には、①ツイスト角度を精密に制御して様々な *twisted 2D materials multilayer* を自在に配列する技術を構築し、②レーザー角度分解光電子分光 (ARPES) 技術とファンデルワールス (vdW) *assembly* 技術を組み合わせてバンド構造を直接的に決定、③量子輸送や光応答などの測定技術を駆使して量子物性を明らかにすることを目指している。

今年度 (2022.4-2023.3) は主に、以下の研究を推進した。(1) 「対称性」を鍵として物質とツイスト角度を選択して研究を推進し、「 $A + A = ?$ 」「 $A + A' = ?$ 」の答えを系統的に探求している。(2) 二次元結晶分野でほとんど利用されてこなかった複数層遷移金属ダイカルコゲナドにあえて着目し、量子閉じ込めによるサブバンドの形成とその準位を活用した二重量子井戸構造を作製し、共鳴トンネルにおけるトンネルツイスト角度の役割を解明するとともにバンド分散を実験的に探求した。(3) 原子層の劈開メカニズムに切り込むべく、独自に開発したテープと劈開手法により、より高品質・大面積の二次元結晶フレークを作製するとともに、原子層転写において PVC を活用した独自の手法を確立した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Resonant Tunneling between Quantized Subbands in van der Waals Double Quantum Well Structure Based on Few-Layer WSe₂” Kei Kinoshita, Rai Moriya, Shota Okazaki, Yijin Zhang, Satoru Masubuchi, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Takao Sasagawa, Tomoki Machida, *Nano Letters*, **22**, 4640–4645 (2022), <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.2c00396>
- 2) “Odd-even layer-number effect of valence-band spin splitting in WTe₂” Masato Sakano, Yuma Tanaka, Satoru Masubuchi, Shota Okazaki, Takuya Nomoto, Atsushi Oshima, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Ryotaro Arita, Takao Sasagawa, Tomoki Machida, and Kyoko Ishizaka, *Phys. Rev. Research* **4**, 023247 (2022), DOI:<https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.4.023247>
- 3) “Defect-assisted tunneling spectroscopy of electronic band structure in twisted bilayer graphene/hexagonal boron nitride moiré superlattices” Yuta Seo, Satoru Masubuchi, Momoko Onodera, Rai Moriya, Yijin Zhang, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Tomoki Machida, *Appl. Phys. Lett.* **120**, 203103 (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0084996>