

時間分解多探針 STM を用いた単層 WS₂/WSe₂ 面内ヘテロ接合の局所励起子ダイナミクス評価
Probing Local Exciton Dynamics on a Monolayer WS₂/WSe₂ In-plane Heterostructure
by Time-resolved Multiprobe STM

筑波大数理¹, 都立大理² ◯茂木 裕幸¹, 水野 良祐¹, 和田 尚樹², 宮田 耕充², 嵐田 雄介¹,
谷中 淳¹, 吉田 昭二¹, 武内 修¹, 重川 秀実¹

Univ. of Tsukuba¹, Tokyo Metropolitan Univ.², ◯Hiroyuki Mogi¹, Ryosuke Mizuno¹, Naoki Wada²,
Yasumitsu Miyata², Yusuke Arashida¹, Atsushi Taninaka¹, Shoji Yoshida¹, Osamu Takeuchi¹ and
Hidemi Shigekawa¹

<https://dora.bk.tsukuba.ac.jp>

遷移金属ダイカルコゲナイド系(TMDCs)原子層半導体の、高性能・極薄膜の電子/光電子デバイス応用へ向けた研究が盛んである。その特長の一つは、束縛エネルギーが高く、室温で安定な励起子の存在である。そのため、光学特性は励起子構造に強く影響され、吸収・透過スペクトルに大きな励起子共鳴ピークとして現れる等、励起子研究の理想的なプラットフォームとなっている。また、応力やゲート電圧による励起子流制御や、励起子ホール効果の報告等¹、二次元励起子を用いた新たな情報伝達デバイスへの拡がりも期待され、励起子の時間・空間的なダイナミクスの詳細な計測が必要不可欠である。

これまで、励起子ダイナミクスは主にフォトルミネッセンス法等により研究されてきた。しかし、一般的に空間分解能はサブ μm 程度に限られ、nm スケールで空間分解計測することは不可能だった。本研究では、励起子ダイナミクスをナノスケールで評価することを目指し、フェムト秒レーザー光学系と光励起マルチプローブ STM(MP-STM)装置を組み合わせ独自に開発した時間分解 MP-STM を用いて実験を行った。試料は、SiO₂/Si 基板上に化学気相成長により作製した WS₂/WSe₂ 面内ヘテロ構造を用いた。光照射下での STM 観察の結果、探針下に導入される電界で励起子の分離が生じ、励起子同士のスクリーニングにより密度に依存して分離レートが変化するため、過渡的な励起子密度変化がポンプ・プローブ法で取得したトンネル電流信号より検出可能であることを発見した。Fig.1 に示すように WS₂ 領域において、ドメイン境界近傍に発生したリップル構造に注目し、時間分解スペクトルの探針位置依存性を評価した。その結果、Fig.2 に示すようにリップル構造の頂上と底において、異なる緩和時定数成分を得た。Fig.3 に示した緩和時定数の位置依存性から、リップル頂上では励起子寿命が長く、底では短いことを明らかにした。これにより、新たな nm スケールでの励起子ダイナミクス評価法が確立され、ナノ構造における励起子研究進歩への貢献が期待できる。

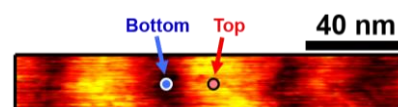


Fig. 1 STM topographic image of WS₂ ripple structure.

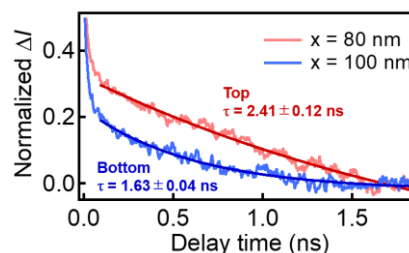


Fig. 2 Time resolved signal measured on the top/ bottom of the WS₂ ripple.

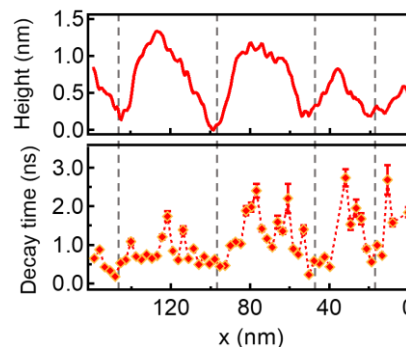


Fig. 3 Line profile of topographic image (up) and extracted decay times (down).