

時間分解多探針 STM を用いた単層 WS<sub>2</sub> の局所励起子ダイナミクス評価

○水野 良祐<sup>1</sup>, 茂木 裕幸<sup>1</sup>, 和田 尚樹<sup>2</sup>, 宮田 耕充<sup>2</sup>,  
嵐田 雄介<sup>1</sup>, 吉田 昭二<sup>1</sup>, 武内 修<sup>1</sup>, 重川 秀実<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>筑波大学理工学群, <sup>2</sup>東京都立大学理学部

Evaluation of local exciton dynamics of single-layer WS<sub>2</sub> using time-resolved multi-probe STM

○Ryosuke Mizuno<sup>1</sup>, Hiroyuki Mogi<sup>1</sup>, Naoki Wada<sup>2</sup>, Yasumitsu Miyata<sup>2</sup>,  
Yusuke Arashida<sup>1</sup>, Shoji Yoshida<sup>1</sup>, Osamu Takeuchi<sup>1</sup>, Hidemi Shigekawa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Univ. of Tsukuba, <sup>2</sup> Tokyo Metropolitan Univ.

遷移金属ダイカルコゲナイド系(TMDCs)二次元半導体は、Siに匹敵する高い移動度や可視光領域に対応するバンドギャップを持つこと、組成選択の自由度が高いことなどから高パフォーマンスかつ極薄膜の電子・光電子デバイス応用へ向けて盛んに研究されている。また、2次元構造に由来する閉じ込め効果の存在や、弱いスクリーニング効果のために励起子が高い束縛エネルギーを持ち、室温でも安定に存在することが知られている。そのため、2次元励起子を用いた新たな情報伝達デバイスへの応用も期待されており、実用化に向けて励起子の時間・空間的なダイナミクスをより詳細に計測することが重要である。励起子ダイナミクスに関する研究はこれまで、フォトルミネッセンス法等による光学的な計測によって進められてきたため、空間分解能はサブマイクロメートル程度に限られてしまい、グレインバウンダリ等の微細構造における特性の解明は困難だった。

本研究では、当研究グループが開発した多探針走査トンネル顕微鏡にポンプ-プローブ光学系を組み合わせることで探針直下の局所的な励起子ダイナミクスが測定できることを明らかにした。Fig 1に試料の光学顕微鏡像を示す。試料はSiO<sub>2</sub>/Si基板上に化学気相成長(CVD)法により作成したWS<sub>2</sub>/WSe<sub>2</sub>面内ヘテロ構造を使用した。図中矢印で示したヘテロ界面付近では、WSe<sub>2</sub>領域は比較的平坦であったのに対し、WS<sub>2</sub>領域ではグレインバウンダリにより誘起される波状の構造が確認できた\*。この波状構造をSTMにより形状観察すると同時に、2 nm毎に遅延時間スキャンを行い各探針位置毎の時間分解スペクトルを取得した。それぞれ単一成分の指数関数によりフィッティングして得られた時定数をFig 2に示す。得られた時定数は波状構造の頂上部と底部で異なり、頂上部の方が底部よりも大きな値となった。この理由のひとつとして、WS<sub>2</sub>と基板間の界面の粗さによるポテンシャルの揺らぎによって、底部では局所的に光生成励起子のEEA(exciton-exciton annihilation)過程が活発化していることが考えられる。本研究結果は単分子層の光電子デバイスの理解と将来の応用に必要不可欠な知見をもたらすものである。

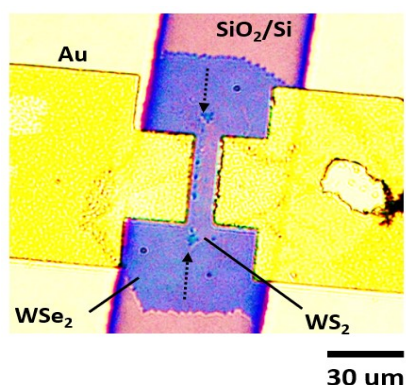


Fig 1 試料光学顕微鏡像

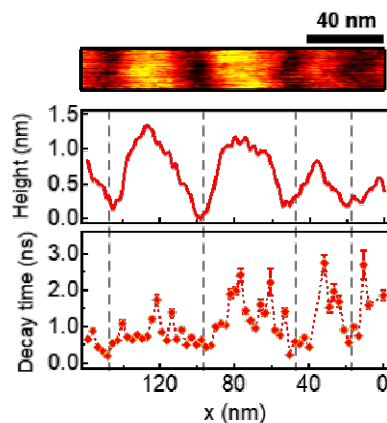


Fig 2 上から STM 形状像,  
高さラインプロファイル, 時定数

\* H. Liu, D. Chi, Scientific Reports 5, 11756 (2015)

\*E-mail: [hidemi@ims.tsukuba.ac.jp](mailto:hidemi@ims.tsukuba.ac.jp), <https://dora.bk.tsukuba.ac.jp>