

原子・分子の自在配列と特性・機能
2022 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

茂木 裕幸

筑波大学 数理物質系
助教

ナノ励起子自在回路による革新情報処理基盤の開拓

研究成果の概要

現在の情報処理技術は電荷・静電ポテンシャルを制御するエレクトロニクスにより成り立っている。一方で、デバイス内に存在する容量成分において、処理速度を高速化するほどエネルギー損失が増大することが課題である。そこで本研究では、電荷中性な励起子を配列させ、光との相互作用により励起子伝搬を制御することで、新たな情報処理技術基盤を開拓することを目指す。遷移金属ダイカルコゲナイド系 2 次元半導体(TMDCs)を積層させ、光照射により生じる層間励起子(IX)は面直方向の電界によりポテンシャルエネルギーを制御可能である。このため、強誘電薄膜基板上に TMDCs を積層させ、プローブ顕微鏡探針により強誘電パターンをナノスケールで書き込むことにより、任意の領域に IX を閉じ込めることが可能となる。

本研究では、ナノスケール領域での励起子位置・伝搬の時空間検出を行う。一般的に、励起子の空間位置は光学的な蛍光計測により行われるが、一般的な手法では、検出空間分解能は波長程度の数百 nm が限界となるため、十分ではない。本研究者は、光電流により TMDCs 中における励起子の時空間ダイナミクスを、空間分解能 ~ 2.5 nm で検出可能であることを明らかにし、成果として論文を公表した¹⁾。

2022 年度には、試料準備と測定系構築に重点を置き、研究を進め主には以下を達成した。① TMDCs 積層構造作製と IX 状態の確認、②第二次高調波発生による層間の結晶方位角度の計測環境構築、③多探針装置の原子間力顕微鏡機能付加、④強誘電基板の選定、である。特に、③については、単なる装置への機能付加に加え、研究者らが開発してきた時間分解光学系と組み合わせることで力検出によりナノ秒スケールの時間分解信号計測に成功した。本手法もナノスケールの光励起状態検出の新たな手法として発展が期待できる。今後は、新たな計測機能の開発を進めながら、ナノスケール励起子閉じ込め系や励起子駆動を実現してゆく。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Ultrafast nanoscale exciton dynamics via laser-combined scanning tunneling microscopy in atomically thin materials”, [Hiroyuki Mogi](#), Yusuke Arashida, Ryusei Kikuchi, Ryosuke Mizuno, Jun Wakabayashi, Naoki Wada, Yasumitsu Miyata, Atsushi Taninaka, Shoji Yoshida, Osamu Takeuchi, and Hidemi Shigekawa, *npj 2D Materials and Applications* 6, 72 (2022); doi:10.1038/s41699-022-00345-1.