

ヤヌス TMD の空間選択パターンニング手法の開発

Development of a Spatially Selective Patterning Method for Janus TMDs

東北大院工¹, 東北大材料科学高等研究所²,

○畢 定坤^{1,2}, 盧 衛子^{1,2}, 青木 颯馬^{1,2}, 孫 田依姍^{1,2}, 小倉 宏斗^{1,2}, 加藤 俊顕^{1,2}

Grad. Sch. of Eng., Tohoku Univ.¹, Adv. Inst. Mater. Res. (AIMR), Tohoku Univ.²

Dingkun Bi^{1,2}, Weizi Lu, Soma Aoki^{1,2}, Tianyishan Sun^{1,2}, Hiroto Ogura^{1,2}, Toshiaki Kato^{1,2}

E-mail: bi.dingkun.q1@dc.tohoku.ac.jp

上下面が異種のカルコゲン原子で構成されるヤヌス遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)は、面直方向に自発的に分極が生じることから、従来 TMD には無い新物性発現が理論的に予測されており大きな注目を集めている。しかしながら、ヤヌス TMD 合成には原子オーダーの置換反応技術が必須であり、実験研究が世界的にほとんど進展していないのが現状である。

これまで我々は、TMD の蛍光発光(PL)スペクトルをヤヌス化反応中に直接観測可能とする“その場観測ヤヌス化装置”を開発し、ヤヌス化中 TMD の PL スペクトル時間発展を取得することに成功している。この高精度ヤヌス化技術を活用することで、ヤヌス TMD ナノチューブの創成[1]、ヤヌス TMD ナノスクロールの創成[2]、およびヤヌス TMD と通常の TMD におけるヘテロ二層モアレ超格子の創成[3]を報告している。この新材料のヤヌス TMD は、空間的にパターンニングすることで様々な光電子デバイスへの応用が期待できる。しかしながら、高精度にヤヌス TMD をパターンニングする手法に関しては、多くの課題が残されているのが現状である。そこで、本研究ではヤヌス TMD の高精度パターンニング手法の開発を目的に研究を行った。

機械剥離で採取した単層二セレン化タングステン (WSe_2) に対して、フォトリソグラフィにより、レジストパターンニングを行った後、ヤヌス化プロセスを行った。その結果、フォトリソグラフィを行ったサンプルにおいては、ヤヌス化反応がほとんど進行しないことが判明した。これは、フォトレジストが TMD 表面から完全には除去できていない可能性、あるいはフォトレジストと TMD 表面が反応した可能性等が考えられる。そこで、フォトリソグラフィを用いないパターンニング手法を検討した。空間選択転写法により六方晶窒化ホウ素(h-BN)を WSe_2 に部分的に積層してヤヌス化を行った結果、露出していた WSe_2 のみが選択的に WSeS に変化することが明らかになった。この結果は、h-BN がヤヌス化反応に対する有効なマスクとなり得ることを示しており、今後 h-BN にあらかじめ微細構造をパターンニングすることで、高精度のヤヌス TMD パターンニングが期待できる。

[1] Y. Nakanishi, *et al.*, Adv. Mater. 35, 2306631-1-11 (2023).

[2] M. Kaneda, *et al.*, ACS Nano 18, 2772–2781 (2024).

[3] W. Zhang, *et al.*, Small Structures, 5 (2024), 2300514-1-8.