

強誘電リモートドーピングによる単層 MoS₂ のキャリア変調 および h-BN 中間層による遮蔽効果

Carrier Modulation of Monolayer MoS₂ by Remote Ferroelectric Doping and
the Screening Effect Induced by h-BN Spacer Layers

立命館大理工¹, 阪大工², 京大エネ研³ °榮 凱蓬¹, 野呂 諒介², 西垣 颯人², 丁 明達²,
姚 瑤², 井ノ上 泰輝², 片山 竜二², 小林 慶裕², 松田 一成³, 毛利 真一郎¹
Ritsumeikan Univ.¹, Osaka Univ.², Kyoto Univ.³,

°Kaipeng Rong¹, Ryosuke Noro², Hayato Nishigaki², Mingda Ding², Yao Yao², Taiki Inoue², Ryuji
Katayama², Yoshihiro Kobayashi², Kazunari Matsuda³, Shinichiro Mouri¹

E-mail: gr0466er@ed.ritsumei.ac.jp

MoS₂ は代表的な遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDs)材料として、次世代光・電子デバイスへの応用が期待されている。TMDs デバイス開発におけるキャリア変調手法について、Nb 原子ドーパント[1]、化学ドーピング[2]、および強誘電ゲーティング[3]など、様々な方法が提案された。本研究では、異なる厚さの h-BN 中間層を使用し、強誘電基板によるリモートドーピング法を提案する。我々の研究は、強誘電ドーピング手法を発展させ、基板の分極方向を制御することと h-BN 中間層を導入することによって単層 MoS₂ キャリア密度をリモートで空間変調させる可能性を示し、h-BN 厚みの変化による効果を調べた。

本研究では、我々は機械的剥離した 1L-MoS₂/h-BN を周期的に分極反転された MgO:LiNbO₃ 基板上に転写した。サンプルの概略図は Figure 1 のように示される。次に、1L-MoS₂ のキャリア密度を調べるために、フォトルミネッセンス (PL) 測定を行なった。Figure 2 は、上向き分極ドメイン (R_{Up}) と下向き分極ドメイン (R_{Down}) 上の MoS₂ のトリオン発光 (I_T, ~1.84 eV) と励起子発光 (I_X, ~1.88 eV) の PL 強度比と、h-BN 中間層の厚みとの依存性を示した。Mass action law によると、I_T と I_X の比率はキャリア密度に比例することが知られている。従って、この結果は h-BN 厚みが 20 nm 未満のときに基板分極による顕著なリモートドーピング効果がみられ、h-BN の厚みが増すにつれてその効果が弱くなることを示唆している。また、距離に対する減衰特性は、h-BN の誘電遮蔽特性を考慮した 3D Thomas-Fermi モデル[4]を用いた計算で再現できる。本手法でのリモートドーピング効果は、h-BN 中間層が 10 nm 以上の厚みでも保持されており、以前に報告された薄い h-BN 中間層を介したトンネル電荷移動によるリモートドーピング[5]とは異なるメカニズムで起こされる新たなリモートドーピング手法と考えられる。

【参考文献】

- [1] B. Radisavljevic et al., Nat. Mater. 12, 815–820 (2013). [3] L. Lv et al., Nat. Commun. 10, 3331 (2019).
[2] S. Mouri et al., Nano Lett. 13 (12), 5944-5948 (2013). [4] L. Li et al., Nano Lett. 12(1), 218-223 (2015).
[5] J. Jang et al., Sci. Adv. 8, eabn3181(2022).

【謝辞】

This work was supported by JSPS KAKENHI grant number 22H05471, 21H01017, 21K18913, and NEDO Intensive Support Program for Young Promising Researchers”.

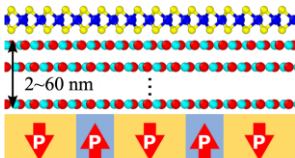


Figure 1 Schematic image of samples

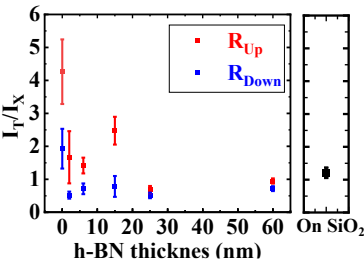


Figure 2 I_T/I_X plots corresponding to different h-BN thickness