

hBN 封止単層遷移金属ダイカルコゲナイドにおける 励起子準位構造の物質依存性

Material dependence of exciton level structure

in hBN-encapsulated monolayer transition metal dichalcogenides

京大院理¹, 物材機構², 都立大院理³, 東北大院理⁴, 京大 iCeMS⁵

○高橋 伸弥¹, 草場 哲¹, 渡邊 賢司², 谷口 尚², 柳 和宏³, 齋藤 理一郎⁴, 田中耕一郎^{1,5}

Dept. Phys., Kyoto Univ.¹, NIMS², Dept. Phys., Tokyo Metro. Univ.³, iCeMS, Kyoto Univ.⁴

○Shinya Takahashi¹, Satoshi Kusaba¹, Kenji Watanabe², Takashi Taniguchi², Kazuhiro Yanagi³,

Riichiro Saito⁴, Koichiro Tanaka^{1,5}

E-mail: takahashi.shinya.87v@st.kyoto-u.ac.jp

単層遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDs) は原子薄膜でありながら光との結合が強く、次世代の光電デバイスへの応用が期待されている。単層 TMDs の光学特性は常温でも安定な励起子 (電子正孔対) に支配される。これは、擬 2 次元系であることにより電子正孔間クーロン相互作用の誘電遮蔽効果が緩和され、束縛エネルギーが数百 meV と非常に大きくなることに起因する。低次元性は単層 TMDs 励起子の準位構造にも現れ、3 次元バルク半導体と異なる非水素様の準位構造を持つことが報告されている[1]。これまでに、線形分光で観測された s 系列励起子に対して、現象論的な Rytova-Keldysh ポテンシャルモデル[2,3]を用いて解析がなされている[4,5]。一方、非線形光学測定で観測された p 系列励起子に対しては、Berry 曲率の効果による分裂が示唆されている[6]。しかし、いまだに単層 TMDs 励起子の準位構造の適切なモデル描像は得られていない。

本研究では、高品質な hBN 封止単層 TMDs (MoS₂, MoSe₂, WS₂, WSe₂ [7]) 試料に対して 2 次非線形光学過程である和周波発生過程を用いた分光測定を行い、1s、2p、2s、3p 励起子の観測に成功した。図 1 に示すように、励起子エネルギー準位には物質毎の傾向があることが見出された。講演ではこのような物質依存性の観点で、数値計算結果を援用しながら単層 TMDs 励起子のエネルギー準位構造モデルを議論する。

References

- [1] A. Chernikov *et al.*, Phys. Rev. Lett. **113**, 076802 (2014).
- [2] N. S. Rytova, Mosc. Univ. Phys. Bull. **3**, 30 (1967).
- [3] L. V. Keldysh, JETP Lett. **29**, 658 (1979).
- [4] A. V. Stier *et al.*, Phys. Rev. Lett. **120**, 057405 (2018).
- [5] M. Goryca *et al.*, Nat. Commun. **10**, 4172 (2019).
- [6] C. K. Yong *et al.*, Nat. Mater. **18**, 1065 (2019).
- [7] S. Kusaba *et al.*, Opt. Express **29**, 24629 (2021).

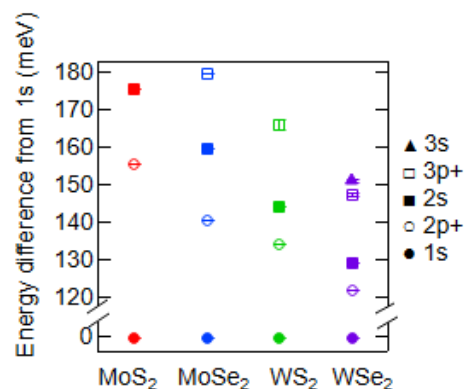


Fig.1 Exciton energy level structure of monolayer MoS₂, MoSe₂, WS₂, and WSe₂. The data of WSe₂ were retrieved from Ref. [7].