

誘電体基板を用いた WS_2 単層膜のクーロンエンジニアリング

Coulomb engineering of monolayer WS_2 by dielectric substrates

千葉大院理 梶野 祐人, 音 賢一, 山田 泰裕

Chiba Univ. °Yuto Kajino, Kenichi Oto, Yasuhiro Yamada

E-mail: kajino@chiba-u.jp

遷移金属ダイカルコゲナイド MX_2 ($\text{M} = \text{Mo}, \text{W}; \text{X} = \text{S}, \text{Se}$) 単層膜は、可視光域に直接バンドギャップを持つ理想的な二次元半導体であり[1]、次世代の光電気デバイスへの応用として注目を集めている。単層膜の強い二次元性に由来して、その物性は周囲の環境に強く影響を受ける。特に周囲の物質による誘電遮蔽効果は、単層膜内の電子や正孔に働くクーロン相互作用を大きく変化させる。このことを利用した新たな物性制御はクーロンエンジニアリングとして提唱されており、盛んに研究が行われている。

MX_2 単層膜は巨大な励起子束縛エネルギー(~ 300 meV)を持つため、励起子がバンド端の光学特性を強く支配する。これまでに、周囲の物質を有機溶媒やグラフェンにすることで、励起子共鳴エネルギーの変化が報告されている[2,3]。しかし、周囲の誘電率に依存した光学特性変化の詳細なメカニズムは未解明であり、その物理を明らかにするためには、幅広い誘電率制御に対する系統的な変化を調べることが必要不可欠である。そこで本研究では、様々な誘電率を持つ基板上に WS_2 単層膜を作製し、10 K での反射及び発光分光測定から基板誘電率に依存した励起子共鳴エネルギー変化について評価した。

WS_2 単層膜試料は、バルク結晶から機械的剥離法によって様々な誘電率(静的比誘電率: 4 ~ 300)を持つ基板上に作製した。単層膜は光学顕微鏡などによる観察及び室温での顕微分光測定により同定した。10 K 下での反射及び発光分光測定から、一般的な基板である SiO_2/Si 上 WS_2 単層膜の励起子とトリオンピークをそれぞれ 2.09 eV と 2.05 eV に観測し、その励起子束縛エネルギーを 270 meV と見積もった[4]。また、基板誘電率の増加に伴う励起子共鳴エネルギーのブルーシフト(最大 40 meV)を観測し、誘電遮蔽効果による励起子束縛エネルギーの減少に起因するものと結論付けた。加えて、理論計算との比較からバンドギャップエネルギーが大きく変化すること(~ 100 meV)を見出した。このことは、周囲の誘電率が励起子共鳴エネルギーよりもバンドギャップエネルギーに強く影響することを意味する。講演では、実効的な誘電率が WS_2 単層膜の光学特性へ与える影響とそのメカニズムについて詳細に議論する。

参考文献

- [1] K. F. Mak *et al.*, Nat. Nanotechnol. **7**, 494-498 (2012).
- [2] Y. Lin *et al.*, Nano Lett. **14**, 5569 (2014).
- [3] A. Raja *et al.*, Nat. Commun. **8**, 15251 (2017).
- [4] Y. Kajino *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. (accepted).