

二次元材料・ヘテロ構造の光科学とその応用

Optical Science and Application of Two-dimensional Materials and Hetero-Structure

京都大学 エネルギー理工学研究所

○松田 一成

Institute of Advanced Energy, Kyoto University

○Kazunari Matsuda

E-mail: matsuda@iae.kyoto-u.ac.jp

近年、原子層数層からなる極めて薄い単層遷移金属ダイカルコゲナイド (MX_2 ; $\text{M}=\text{Mo}, \text{W}$, $\text{X}=\text{S}, \text{Se}, \text{Te}$) に代表される、バンドギャップを有する半導体二次元材料の研究が盛んに進められている。二次元材料において光励起で生成された電子やホールは、いわば極限的な二次元量子閉じ込めと誘電遮蔽の低減効果を受ける。そのため、電子とホールからなるクーロン力で束縛した状態である励起子が室温でも安定に存在するなど、これまでの半導体とはその様相が大きく異なり特異な光学特性（光物性）が発現する[1-9]。これら二次元材料における励起子が関与した発光や吸収などの研究から、原子三層と極めて薄いにもかかわらず 10% に及ぶ非常に強い吸収を示す[2]など、二次元材料自身が持つ優れた光学特性とともに、光検出器や発光デバイス応用として有用であることなどが示されている。

さらに、異種の単層二次元材料の縦方向積層や面内方向接合、二次元層材料とナノ・マイクロ構造体の組み合わせなど、二次元材料ヘテロ構造においても、そこで特異的に発現する光物性やデバイス応用を研究する事が可能となっている。縦に積層した単層 $\text{MoS}_2/\text{MoSe}_2$ ヘテロ構造においては、Type II バンドアライメントに起因し電子とホールが異なる層に存在する層間励起子を形成し、その束縛エネルギーが大きく安定である事が明らかとなっている[3]。また二次元材料によるレーザーデバイス応用などを見据え、二次元材料と微小共振器を組み合わせた集積化ヘテロ構造において、微小共振器での共鳴光増強が観測されるなど、多彩な光物性や光学応用を示されている。講演では、それらに加え二次元材料の多様性を含め、二次元材料の集積化科学に向けた研究の一端について紹介する。

[1] S. Mouri, Y. Miyauchi, and K. Matsuda, *Nano Lett.* **13**, 594 (2013).

[2] D. Kozawa, K. Matsuda, G. Eda, *et al.*, *Nat. Commun.* **5**, 4543 (2014).

[3] S. Mouri, Y. Miyauchi, K. Matsuda, *et al.*, *Nanoscale* **9**, 6647 (2017).

[4] M-Y. Li, J. Pu, K. Matsuda, T. Takenobu, L-J Li, *et al.*, *Adv. Func. Mater.* **28**, 1706860 (2018).

[5] T. Yamaoka, H-E. Lim, K. Matsuda, *et al.*, *Adv. Func. Mater.* **28**, 1801021 (2018).

[6] Y. Miyauchi, S. Konabe, K. Matsuda, *et al.*, *Nat. Commun.* **9**, 2598 (2018).

[7] K. Shinokita, Y. Miyauchi, K. Matsuda, *et al.*, *Adv. Func. Mater.* **29**, 1900260 (2019).

[8] K. Tanaka, K. Matsuda, Y. Miyauchi, *et al.*, *ACS Nano* **13**, 12687 (2019).

[9] X. Wang, K. Shinokita, Y. Miyauchi, K. Matsuda, *et al.*, *Adv. Func. Mater.* **29**, 1905961 (2019).