

原子層面内ヘテロ接合を用いた発光デバイス

Atomically thin lateral heterojunction light-emitting devices

名大工¹, Academia Sinica², TSMC³, KAUST⁴, 東京都立大理⁵, 京大エネ研⁶

°蒲江¹, Ming-Yang Li^{2,3}, Jing-Kai Huang⁴, 和田 尚樹⁵, 高口 裕平⁵, Wenjin Zhang⁶,

宮内 雄平⁶, 松田 一成⁶, 宮田 耕充⁵, Lain-Jong Li^{3,4}, 竹延 大志¹

Nagoya Univ.¹, Academia Sinica², TSMC³, KAUST⁴, Tokyo Metropolitan Univ.⁵, Kyoto Univ.⁶

°Kou Ho¹, Ming-Yang Li^{2,3}, Jing-Kai Huang⁴, Naoki Wada⁵, Yuhei Takaguchi⁵, Wenjin Zhang⁶,

Yuhei Miyauchi⁶, Kazunari Matsuda⁶, Yasumitsu Miyata⁵, Lain-Jong Li^{3,4}, Taishi Takenobu¹

E-mail: jiang.pu@nagoya-u.jp

遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) によるヘテロ構造は異なる電子構造を有する原子層を精密制御でき、新たな光物性・光機能の創出が期待できる。例えば、面直に積層したヘテロ構造では、層間励起子発光や閉じ込め効果による高効率な受光・発光デバイスが実現されている[1]。これに対し、面内ヘテロ接合に関する光物性やデバイス作製は未だ僅かである[2]。一般に、面内ヘテロ接合の作製には化学気相成長 (CVD) 等の人工合成が必要となるため、高品質な接合界面作製が物性探索とデバイス応用に不可欠である。そこで本研究では、CVD による大面積かつ位置制御可能な TMDC 面内ヘテロ接合の作製技術を開発し[3]、電解質を用いた構造と組み合わせることでヘテロ接合発光デバイスの実現を試みた[4,5]。また、様々な高品質ヘテロ接合単層膜も作製し、電流励起発光 (EL) の空間分解を行うことで接合界面における発光特性の解明も目指した。

図 1 に $\text{WSe}_2\text{-MoS}_2$ ヘテロ接合を用いた発光デバイスを示す。まず、基板上に蒸着した W 電極に沿って WSe_2 を CVD 成長する。次に、 MoS_2 を成長することで、面内ヘテロ接合が形成される。最後、イオンゲルを成膜して電圧を印可すると、イオンの再配列により電気二重層が試料表面に形成され、接合界面を跨いで p-n 接合が誘起される。図 1 に示す EL 写真から、接合界面に沿った発光が観測された。本手法では、予め電極をパターンニングすることで、同時に複数のデバイスを基板上に位置制御して集積可能である。これに加え、 $\text{WS}_2\text{-MoS}_2$, $\text{WSe}_2\text{-MoSe}_2$, $\text{WS}_2\text{-WSe}_2$ の組み合わせにおいても、原子平坦な接合界面を有する単層膜を合成し発光デバイス作製を行った(図 2)。全てのデバイスで界面からの EL を直接観測できた。特に、接合界面における EL の空間分解を行った結果、界面に特徴的な発光スペクトルが得られた。講演では、バンド接合や歪み効果等を含めてヘテロ界面発光の起源を議論する。

[1] K. S. Novoselov *et al.*, *Science* **353**, 461 (2016).

[2] A. Pant *et al.*, *Nanoscale* **8**, 3870 (2016).

[3] M.-H. Chiu, T. Takenobu *et al.*, *Adv. Mater.* **31**, 1900861 (2019).

[4] M.-Y. Li, J. Pu *et al.*, *Adv. Funct. Mater.* **28**, 1706860 (2018).

[5] J. Pu and T. Takenobu, *Adv. Mater.* **30**, 1707627 (2018).

