

# 低レーザー閾値を有する近赤外有機レーザー材料の開発

## Development of near-infrared laser dyes with low laser threshold

九大工<sup>1</sup>, KOALA Tech Inc.<sup>2</sup>, ◯(M2) 青木 怜子<sup>1</sup>, 小松 龍太郎<sup>2</sup>, Anthony D'Aléo<sup>2</sup>,

儘田 正史<sup>1</sup>, 安達 千波矢<sup>1</sup>

Kyushu Univ.<sup>1</sup>, KOALA Tech Inc.<sup>2</sup>, ◯Reiko Aoki<sup>1</sup>, Ryutaro Komatsu<sup>2</sup>, Anthony D'Aléo<sup>2</sup>,

Masashi Mamada<sup>1</sup>, and Chihaya Adachi<sup>1</sup>

E-mail: aoki@adachilab.com

有機半導体レーザーダイオード(OSLD)は、従来の無機半導体レーザーに比べ、波長可変性や機能的柔軟性などの利点を持ち、近年、大きな注目を集めている[1]。特に近赤外(NIR)領域での OSLD は、生体窓を活用することでヘルスケアウェアラブルデバイスへの応用が期待される。しかしながら、NIR 発光材料は発光効率が非常に低いため、自然放射増幅光(ASE)閾値およびレーザー閾値が高いという課題がある。本研究では、750 nm において低い ASE 閾値( $7 \mu\text{J cm}^{-2}$ )を示す TPABC [2]に着目し、さらなる長波長化を目指した TPATBC を新規に設計し、レーザー特性評価を行った(Fig. 1)。

Poly(9,9-dioctylfluorene-co-benzothiaziazole (F8BT)をホストとして、ゲスト分子を 2 wt% ドープした薄膜をスピコートで作製し光学特性を評価した。TPATBC の極大発光波長(724 nm)は、TPABC (685 nm)に比べ約 40 nm 長波長シフトした。これは  $\pi$  共役の伸長およびチオフェンの導入によるドナー・アクセプター相互作用の増加に起因する。TPABC と TPATBC の発光絶対量子効率( $\phi_f$ )は 82%と 45%であったが、蛍光寿命( $\tau_f$ )はそれぞれ 2.2 ns と 1.3 ns であり、放射速度定数( $k_r$ )は  $3.7 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$  および  $3.5 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$  と同等の値を示した。この結果から TPATBC は優れたレーザー特性を示すと期待される。そこで、窒素ガスレーザーの励起下で ASE および分布帰還形(DBF)共振器を用いたレーザー特性を測定した。その結果、807 nm において明瞭な ASE およびレーザー発振を観測した(Fig. 2)。これは TPABC よりも大幅に長波長シフトしており、また誘導放出断面積から予想されるよりも長波長に現れている。そこで、一重項励起状態吸収を測定したところ、発光スペクトルの高エネルギー側と大きく重なっており、2つの化合物はそれぞれ異なる振動準位への遷移で発振したと考えられる。一方、ASE 閾値およびレーザー閾値はそれぞれ  $14.6 \mu\text{Jcm}^{-2}$ 、 $5.7 \mu\text{Jcm}^{-2}$  と非常に低い値を示し、優れた NIR レーザー材料の創出に成功した。

[1] A. S. D. Sandanayaka, C. Adachi, et al., *Appl. Phys. Express* **12**, 061010 (2019).

[2] D.-H. Kim, C. Adachi, et al., *Nat. Photon.* **12**, 98 (2018).

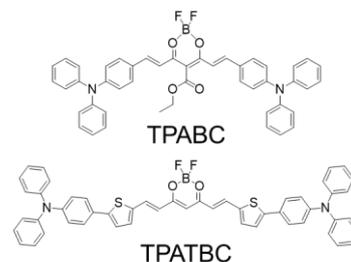


Fig. 1. Chemical structures of organic laser materials

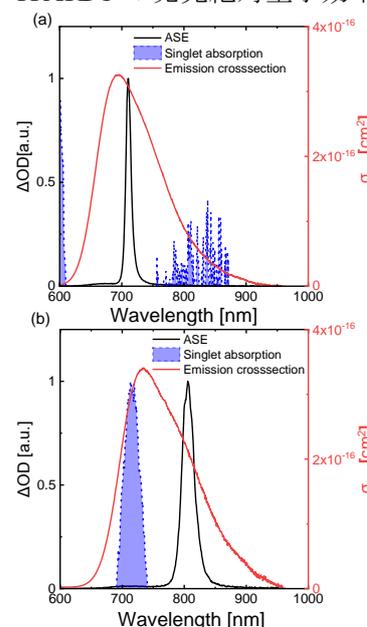


Fig. 2. The stimulated emission cross-section ( $\sigma_{em}$ ), ASE and S-S absorption spectra of (a) TPABC and (b) TPATBC