

## 有機半導体レーザーへ向けた高分子 LEC の大電流密度駆動

## High current density operation of polymer LECs towards organic injection laser

早稲田大理工<sup>1</sup>, 電力中央研究所<sup>2</sup>, 早稲田大学材研<sup>3</sup>○坂上知<sup>1</sup>, 李金鵬<sup>1</sup>, 関志朗<sup>2</sup>, 小野新平<sup>2</sup>, 竹延大志<sup>1,3</sup>Fac. Sci. Eng., Waseda Univ.<sup>1</sup>, CRIEPI<sup>2</sup>, ZAIKEN, Waseda Univ.<sup>3</sup>○Tomo Sakanoue<sup>1</sup>, Jinpeng Li<sup>1</sup>, Shiro Seki<sup>2</sup>, Shimpei Ono<sup>2</sup>, Taishi Takenobu<sup>1,3</sup>

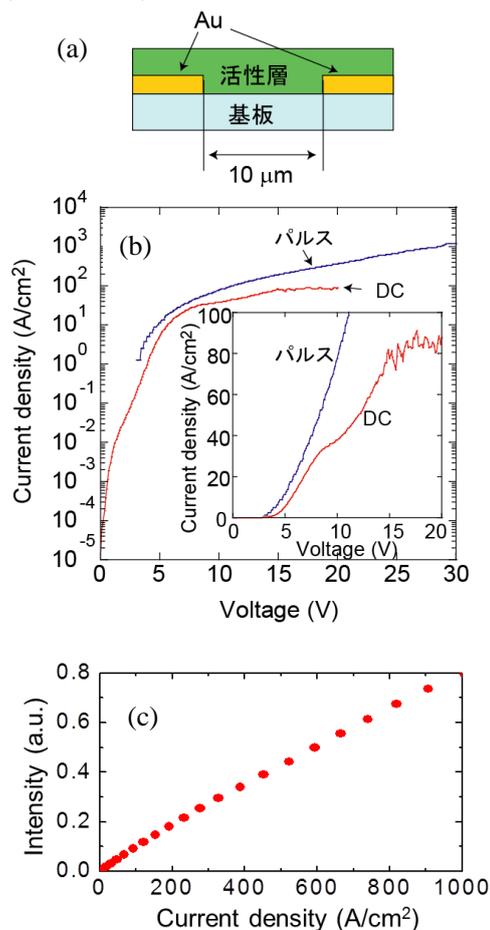
E-mail: sakanoue@aoni.waseda.jp

【緒言】有機半導体レーザーは 20 年近い研究にも関わらず、未だ実現することができていない。現在でも、各国のグループが世界初の電流励起レーザー発振の実現を競っており、デバイス構造および有機半導体材料の両面で様々な検討がされている。最近、我々はイオン伝導と電子伝導の双方を用いるユニークなデバイスである高分子 LEC (Light-emitting electrochemical cell) が、(i) 光損失要因を最小限に出来る素子構造を作製できること、(ii) 電気化学ドーピングによって高導電性を持ち、大電流密度駆動に有利であることから、レーザー発振に有用なデバイスであると考えて研究を開始した。これまでにデバイス活性層からの光励起による自然放射光増幅 (ASE)、および電極から十分に離れた位置での直線状の電流励起発光を確認し、レーザー実現に向けて LEC が有用であることを示した [1]。そこで本研究では、レーザー発振には不可欠である大電流密度 ( $> 1 \text{ kA/cm}^2$ ) での駆動方法を確立し、電流励起レーザーの可能性を検討した。

【結果と考察】作製した LEC は、図 a に示すような横型デバイスである。活性層は発光性ポリマー poly(9,9-dioctylfluorene-co-bithiophene) (F8T2) とホスホニウム系イオン液体の混合膜 (混合比 F8T2:イオン液体=10:1) である。このデバイスは、イオンの電位窓内 ( $\sim 6 \text{ V}$  程度) では安定した DC 電圧駆動が可能であったが、それ以上の高電圧を印加すると、イオンの電気化学反応と考えられる劣化が観察され、大電流密度を実現できなかった (図 b)。そこで、高電圧印加による劣化を最小限にするために、パルス電圧 (1 ms) によって駆動を行ったところ、良好な電流-電圧特性が得られ、 $1 \text{ kA/cm}^2$  を超える大電流密度を実現することが出来た (図 b)。

さらに、デバイスを冷却してイオン液体を凍結し、イオン伝導を抑制する手法 (Frozen-junction 法) を併用することで、発光強度と電流密度の直線的な関係を得た (図 c)。これは、有機 EL では問題となっている大電流密度域での発光効率の低下 (roll-off 現象) が見られていないことを示しており、LEC がレーザー発振に極めて有用なデバイスであることを示している。

一方で、本デバイスからの発光スペクトルには尖鋭化は観察されておらず、ASE 発振には至っていない。光励起実験より ASE 発振のためには、およそ  $2 \text{ kA/cm}^2$  と現在の倍の電流密度が必要と見積もられており、今後、デバイス構造の工夫による一層の大電流密度の実現や、より低 ASE しきい値の材料を用いることで、電流励起による光増幅が実現できると考えている。

[1] T. Sakanoue *et al.* *Appl. Phys. Lett.* **100**, 263301 (2012)

Figures (a) Device structure, (b)  $J$ - $V$  characteristics of DC and pulse driving at room temperature (inset shows liner plot of the same data), (c)  $L$ - $J$  characteristics of the frozen device.