

# 電流励起型ペロブスカイト半導体レーザーの実現に向けた基礎検討

Basic studies for realizing electrically pumped perovskite laser diodes

九大 OPERA<sup>1</sup>, 九大 WPI-I<sup>2</sup>CNER<sup>2</sup>

○(M)奈須 龍太郎<sup>1,2</sup>, 松島 敏則<sup>2</sup>, 安達千波矢<sup>1,2</sup>

OPERA, Kyushu Univ.<sup>1</sup>, WPI-I<sup>2</sup>CNER, Kyushu Univ.<sup>2</sup>

°Ryotaro Nasu<sup>1,2</sup>, Toshinori Matsushima<sup>2</sup>, Chihaya Adachi<sup>1,2</sup>

E-mail: r-nasu@opera.kyushu-u.ac.jp, adachi@cstf.kyushu-u.ac.jp

金属ハライドペロブスカイトはLEDの発光材料として大きな注目を集めており、既に有機EL素子に匹敵する20%を超える外部量子効率が報告されている[1]。さらに、ペロブスカイト膜からは光励起下において低閾値のレーザー発振を示すことが知られている[2]。このような特徴を利用すれば、電流励起型ペロブスカイト半導体レーザーの実現が期待される。そこで本研究では、将来的なペロブスカイト半導体レーザーの実現に向けた励起状態の失活や低温における発光特性を検討した。本研究では、低いレーザー閾値を示すナフチルメチルアミン臭化水素酸塩、ホルムアミジニウム臭化水素酸塩、臭化鉛から構成される擬2次元型ペロブスカイト膜を用いた[3]。

有機材料と同様な三重項励起子による一重項励起子の失活[4]の有無を検討するために、擬2次元型ペロブスカイト膜(ナフチルメチルアミン)に10 μs幅の矩形波型励起光を照射し、その際のPL強度の変化を測定した。一重項励起子の失活が生じると光励起中にPL強度の減少が生じるが、PL強度の減少は全く観測されなかった(Fig. 1)。また、ペロブスカイトLEDへ矩形波型の電圧を印加し、ELについても同様の検討を行ったところ、デバイスの注入可能である電流密度範囲ではEL強度の減少は観測されなかった。ペロブスカイトLEDでは高電流密度において外部量子効率の減少が見られる場合が多い。この原因の一つがオージェ再結合である[5]。ホールオンリーデバイスと電子オンリーデバイスに励起光照射+電流通電の検討を行ったところ、オージェ再結合は生じていないことが分かった。これらの結果は、本研究で用いた擬2次元型ペロブスカイト膜では他の励起状態やキャリアによる励起状態の失活は全く生じていないことを示している。

しかし、ペロブスカイト半導体レーザーを実現するためには、光励起レーザー発振閾値が高いことが問題である。そこで、低温で駆動させることにより自然放射増幅光(ASE)閾値の減少の可能性について検討した。室温(T=298 K)と比較し、T=98 Kでは、ASE閾値が約1/16に減少することを見出した(Fig. 2)。これは、低温では欠陥準位がキャリアで充填されるためと考えられる。今後、低温での電流励起レーザー発振を目指し、その後、室温駆動のペロブスカイト半導体レーザーの実現を目指す。

[1] X. Weidong, *et al. Nat. Photon.* **13**, 418, (2019). [2] D. Felix, *et al. J. Phys. Chem. Lett.* **5**, 1421, (2014). [3] C. Qin, *et al. Nat. Photon.* **14**, 70, (2020). [4] M. A. Baldo, *et al. Phys. Rev. B*, **60**, 14422 (1999). [5] Li, Y., *et al. Angew. Chem., Int. Ed.* **59**, 14292, (2020)

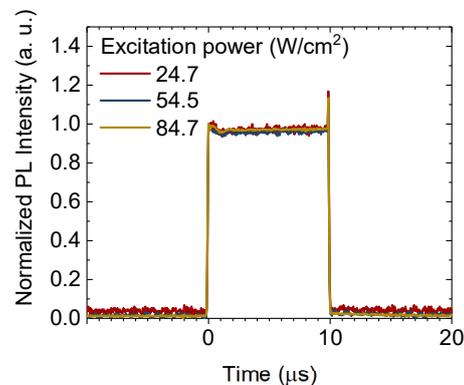


Fig. 1. Transient PL response

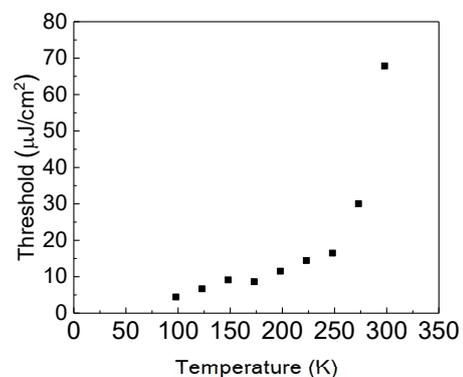


Fig. 2. Temperature-dependent ASE

threshold