

マイクロキャピラリ内に成長したペロブスカイト/PEO 複合体の光励起レーザー特性

Optically Pumped Lasing of Perovskite/PEO Composites Grown in Microcapillary

奈良先端大物質¹, 産総研電子光技術²°椋橋 奈穂¹, 佐々木 史雄², 柳 久雄¹NAIST¹, ESPRIT AIST²°N. Kurahashi¹, F. Sasaki², H. Yanagi¹

E-mail: kurahashi.naho.kf5@ms.naist.jp

【緒言】

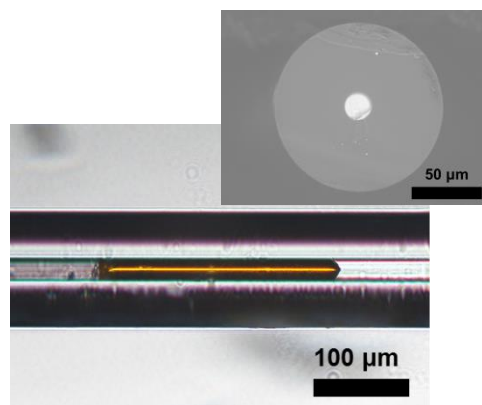
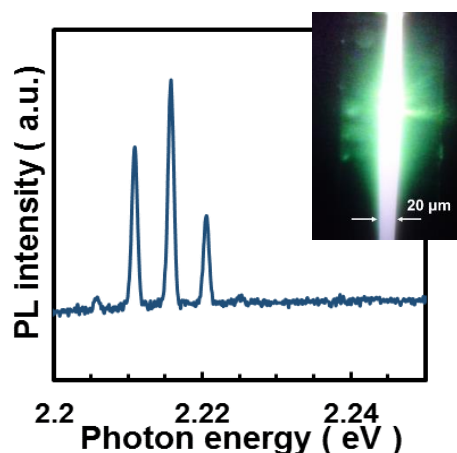
ハロゲン化鉛ペロブスカイトは、溶液プロセスが可能で発光波長が可変であることから、太陽電池への応用と並んで、発光ダイオードやレーザーへの応用が期待されている。これまで我々は、マイクロキャピラリ内に methyl ammonium lead bromide ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$)の円柱状結晶を成長させ、リング型共振器構造を構築することにより、光励起下で Whispering Gallery Mode 由来のレーザー発振が得られることを見出した[1]。一方、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ とイオン伝導性ポリマーである Poly(ethylene oxide) (PEO)を混合した発光電気化学セル(LEC: Light-Emitting Electrochemical Cell)を用いた発光ダイオード(LED)が報告されている[2]。そこで本研究では、電流励起でのレーザー発振に向けて、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ /PEO 複合体をマイクロキャピラリ内に成長させ、WGMによる光励起レーザー発振を観測したので報告する。

【実験および結果】

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Br}$ と PbBr_2 を1:1で混合した40 wt.%のDMF溶液と、16 mg mL⁻¹のPEOのDMF溶液を調整し、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ とPEOの重量比が1:0.75になるように溶液を混合した。この溶液を内径が2-40 μmの石英製マイクロキャピラリ内に毛細管現象によって導入した後、常圧下60℃で1日乾燥させることにより $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ /PEO円柱状の複合体を内部に成長させた。Fig. 1に、直径が20 μmの試料の顕微鏡像を示す。マイクロキャピラリ内に $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ /PEOの円柱状複合体が形成されていることがわかる。この試料をNd:YAGナノ秒パルスレーザー($\lambda_{30} = 355$ nm)を用いて光励起すると、24.6 μJ cm⁻²の励起密度閾値以上で、励起子発光帯が狭線化増幅し、Fig. 2に示すような多モードレーザー発振ピークが観測された。内径の異なるマイクロキャピラリを用いて同様の測定を行ったところ、内径が小さくなるとその内周長に反比例してモード間隔が大きくなったことから、WGMモードによるレーザー発振であると結論づけた。また、内径が小さくなるにつれてモード数の減少とともに発振閾値が低下し、直径2 μm試料では閾値12.9 μJ cm⁻²以上で単一モード発振が得られた。

[1] N. Kurahashi et al., Appl. Phys. Lett. in press.

[2] J. Li et al., Adv. Mater. 27, 5196 (2015).

Fig.1. Micrograph of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ /PEO composite grown in microcapillary.Fig.2. Optically pumped PL spectrum and emission image of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ /PEO composite grown in microcapillary ($\phi=20\mu\text{m}$).