

## マイクロキャピラリー内に成長したペロブスカイト結晶の光励起レーザー特性

## Optically Pumped Lasing of Perovskite Crystals Grown in Microcapillary

奈良先端大物質<sup>1</sup>, 産総研電子光技術<sup>2</sup>° 椋橋 奈穂<sup>1</sup>, Van-Cao Nguyen<sup>1</sup>, 佐々木 史雄<sup>2</sup>, 柳 久雄<sup>1</sup>NAIST<sup>1</sup>, ESPRIT AIST<sup>2</sup>° N. Kurahashi<sup>1</sup>, V.-C. Nguyen<sup>1</sup>, F. Sasaki<sup>2</sup>, H. Yanagi<sup>1</sup>

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[1]。これまで我々は、cast-capping 法により上下基板間に methyl ammonium lead bromide ( $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ ) 単結晶を成長させ、Fabry-Pérot 共振器や vertical-cavity surface-emitting laser (VCSEL) を構築することにより、光励起下でレーザー発振が得られることを報告してきた[2,3]。今回、この手法を発展させ、マイクロキャピラリー中に  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  結晶を成長させ、whispering gallery mode (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  $\text{PbBr}_2$  を 1:1 で混合した 40 wt. % の DMF 溶液を、内径が 2-75  $\mu\text{m}$  の石英製マイクロキャピラリー内に毛細管現象によって導入した後、常圧下 60  $^{\circ}\text{C}$  で 1 日乾燥させることにより  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  結晶を成長させた。Fig. 1 に、直径が 40  $\mu\text{m}$  の試料の顕微鏡像と断面 SEM 像の例を示す。マイクロキャピラリー内に  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  の円柱状結晶が形成されていることがわかる。この試料を Ti:S フェムト秒パルスレーザー ( $\lambda = 397 \text{ nm}$ ) を用いて光励起すると、 $104 \mu\text{J cm}^{-2}$  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ー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  $\mu\text{m}$  の試料では閾値  $4.7 \mu\text{J cm}^{-2}$  で単一モード発振が得られた。

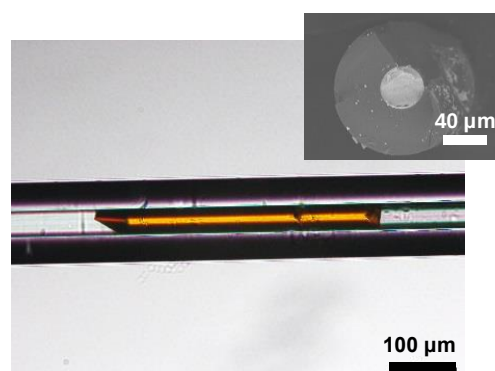
[1] S. A. Veldhuis et al., *Adv. Mater.* **28**, 6804 (2016).[2] V.-C. Nguyen et al., *J. Cryst. Growth.* **468**, 796 (2017).[3] V.-C. Nguyen et al., *Appl. Phys. Lett.* **108**, 261105 (2016).

Fig.1. Micrograph of  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  crystal grown in microcapillary. The inset shows cross-sectional SEM image.

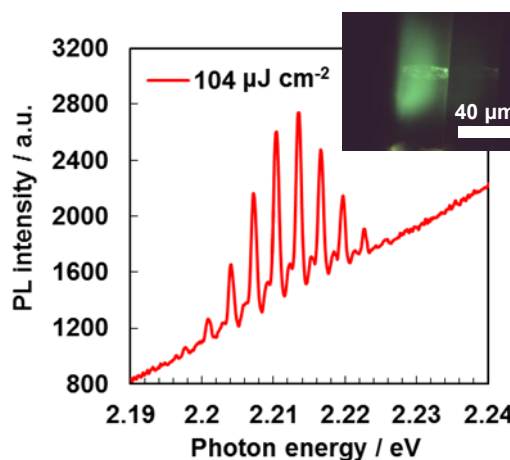


Fig.2. Optically pumped PL spectrum and emission image of  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$  crystal grown in microcapillary.