

## 電子線による CsPbBr<sub>3</sub> のサブナノ秒発光

### Deep Sub-Nanosecond Cathodoluminescence from CsPbBr<sub>3</sub>

九大総理工<sup>1</sup>, 東工大物質理工<sup>2</sup>, 量研<sup>3</sup>, NTT 物性研<sup>4</sup>, 九大先導研<sup>5</sup>

○根北 翔<sup>1</sup>, 柳本 宗達<sup>2</sup>, 三宮 工<sup>2</sup>, 秋葉 圭一郎<sup>2,3</sup>, 滝口 雅人<sup>4</sup>, 角倉 久史<sup>4</sup>, 斉藤 光<sup>5</sup>

Kyushu Univ.<sup>1</sup>, Tokyo Tech.<sup>2</sup>, QST<sup>3</sup>, NTT BRL<sup>4</sup>, IMCE Kyushu Univ.<sup>5</sup>

°S. Nekita<sup>1</sup>, S. Yanagimoto<sup>2</sup>, T. Sannomiya<sup>2</sup>, K. Akiba<sup>2,3</sup>, M. Takiguchi<sup>4</sup>, H. Sumikura<sup>4</sup>, H. Saito<sup>5</sup>

E-mail: nekita.sho.694@s.kyushu-u.ac.jp

走査透過電子顕微鏡 (STEM) は様々な分析手法との組み合わせが可能であることから、材料解析応用が急速に拡大している。また、100 ns/pixel に迫る画素滞在時間(dwell time)が市販装置で達成されており<sup>[1]</sup>、従来 STEM の課題であった時間分解能の低さは改善されつつある。現在 STEM 検出器用のシンチレータに採用されている高量子効率の希土類元素ドープ蛍光体 (YAG: Ce など) の蛍光寿命は数 10 ns であるが<sup>[2]</sup>、これをナノ秒以下の発光体で代替できれば、後段に配置される光電子増倍管との組み合わせ次第でナノ秒処理速度の STEM 検出器、ひいてはビデオレート STEM イメージングの実現が期待できる。ドーパントを介さない直接遷移型の半導体における電子正孔対の再結合レートは、励起キャリア密度の二乗に比例することが知られており<sup>[3]</sup>、励起キャリア密度次第でサブナノ秒の応答が期待できる。そこで本研究では CsPbBr<sub>3</sub> のカソードルミネセンス(CL)及びフォトルミネセンス(PL)の計測によりシンチレータ利用の可能性を検討した。

単結晶 CsPbBr<sub>3</sub> マイクロワイヤに対して Hanbury-Brown Twiss 干渉法と組み合わせた CL<sup>[4]</sup>により、サブナノ秒で減衰する高速発光を誘起することがわかった (Fig. 1)。同様の原理の高速発光は高エネルギー密度のパルスレーザーによる励起でも観測され、その励起光のエネルギー密度の上昇と共に蛍光が短寿命化した (Fig. 1)。したがって、パルス化していない CW の電子線であつても、入射するそれぞれの電子が高密度キャリアを誘起し、サブナノ秒の発光に至ったと解釈できる。また、この PL 強度の励起強度依存性を調べたところ、1.8 乗に比例して上昇することがわかった (Fig. 2)。キャリアの高密度化により電子正孔対の再結合レートが上昇し、表面での非発光緩和<sup>[5]</sup>の寄与が低下するためであると解釈できる。この性質は強励起である電子線の検出の高効率化にも寄与すると言える。既報では CsPbBr<sub>3</sub> のキャリア捕獲中心は表面に多く存在し、パッシベーションにより量子効率 80 %が達成されている<sup>[5]</sup>。そのような改善を組み合わせることで CsPbBr<sub>3</sub> は高速かつ高効率なシンチレータになり得ると期待できる。

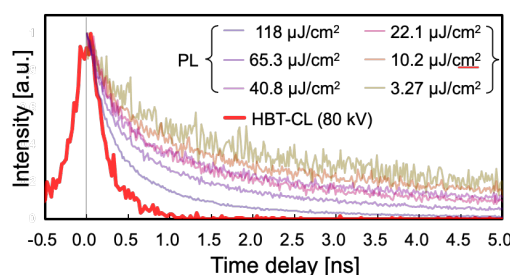


Fig. 1 Decay of CL and PL from CsPbBr<sub>3</sub>.

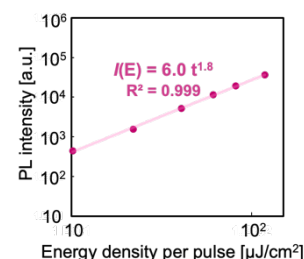


Fig. 2 Excitation intensity dependence of PL intensity.

[1] Y. Zhao, S. Koike, R. Nakama, S. Ihara, M. Mitsuhashi, M. Murayama, S. Hata, H. Saito, *Sci. Rep.*, **11**, (2021), 20720.

[2] Y. Tang, S. Zhou, et al., *J. Am. Ceram. Soc.*, **100**, (2017), p.2592.

[3] Y. Yamada, T. Nakamura, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **136**, (2014), p.11612.

[4] S. Yanagimoto, N. Yamamoto, T. Sannomiya, K. Akiba, *Phys. Rev. B*, **103**, (2021), p.205418.

[5] K. Lin, J. Xing et al., *Nature*, **562**, (2018), pp.245-248.