

Fe 添加 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{PbBr}_4$ 単結晶のシンチレーション特性

Scintillation properties of Fe-doped $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{PbBr}_4$ single crystals

奈良先端大¹, 秋田大理工², ○小野田 大地¹, 赤塚 雅紀¹, 河野 直樹², 中内 大介¹,

加藤 匠¹, 河口 範明¹, 柳田 健之¹

NAIST¹, Akita Univ.² ○Daichi Onoda¹, Masaki Akatsuka¹, Naoki Kawano², Daisuke Nakauchi¹,

Takumi Kato¹, Noriaki Kawaguchi¹, Takayuki Yanagida¹

E-mail: onoda.daichi.ob3@ms.naist.jp

量子閉じ込め効果を受けた励起子は高い束縛エネルギーを有し、高速かつ高効率な発光を示すことから、これらの特性を利用したシンチレータの開発が期待されている。これまでの研究により、有機無機層状ペロブスカイト型化合物 $(\text{RNH}_3)_2\text{PbBr}_4$ {R:炭化水素} は、有機層が障壁層、無機層が井戸層である量子井戸構造を有しており、無機層内の励起子が量子閉じ込め効果を受けることが報告されている [1]。また、有機層構造の最適化の結果、 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{PbBr}_4$ が当該化合物群の中で特に高いシンチレーション発光量 ($\sim 14,000$ ph/MeV) を示すことが報告されている [1, 2] が、シンチレータとしての実用化にはさらに高い発光量が望まれる。この化合物のシンチレーション特性は無機層の励起子特性に依存することが報告されており、また当研究グループではこれまでに、 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{PbBr}_4$ の無機層に異種カチオンを添加することで発光量が向上したことを確認している [3,4]。そこで本研究では、 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{Pb}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Br}_4$ 単結晶 ($x = 0.05, 0.1, 0.25$) を貧溶媒拡散法で育成し、光学およびシンチレーション特性の評価を行った。

Fig. 1 に、 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{Pb}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Br}_4$ サンプルのX線誘起シンチレーションスペクトルを示す。全サンプルにおいて、440 nm付近に励起子発光ピークが観測された[2]。また、500–700 nmに Fe^{3+} のd-d遷移に由来すると考えられるブロードな発光も観測された[5]。Fig. 2 に、 $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{Pb}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Br}_4$ サンプルのX線誘起シンチレーション減衰曲線を示す。全ての減衰曲線は3成分の指数関数で近似され、第1成分は無機層内での自由励起子の再結合、第2, 3成分は浅いトラップ準位での励起子再結合に由来すると考えられる。本講演では、光学およびシンチレーション特性のより詳細な評価結果について報告する。

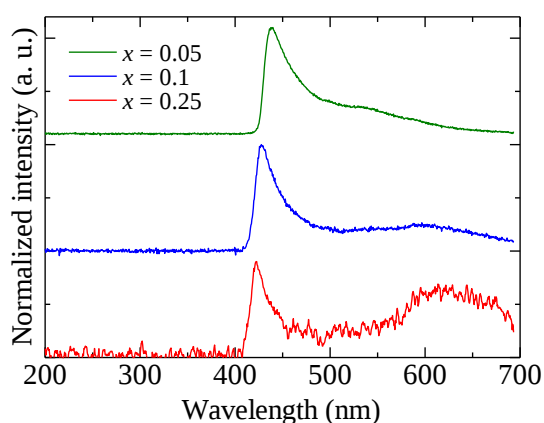


Fig. 1. X-ray induced scintillation spectra of $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{Pb}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Br}_4$ samples.

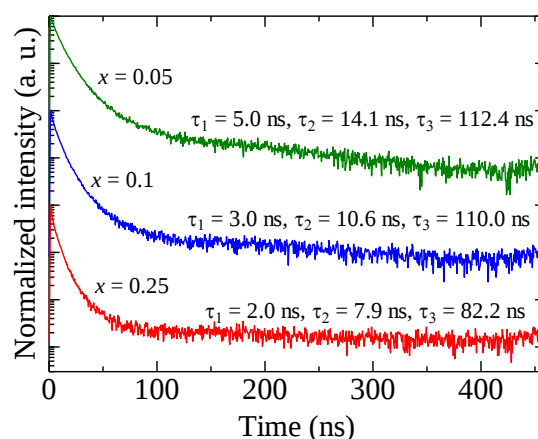


Fig. 2. X-ray induced scintillation decay time profiles of $(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3)_2\text{Pb}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Br}_4$ samples in the nanosecond range.

- [1] N. Kawano et al., J. Phys. Chem. C. 118 (2014) 9101-9106.
- [2] N. Kawano et al., Sci. Rep. 7 (2017) 14754.
- [3] M. Akatsuka et al., Nucl. Instrum. Phys. Res. A. 954 (2020) 161372.
- [4] D. Onoda et al., J. Lumin. 237 (2021) 118157.
- [5] L. Hou et al., Appl. Sci. 7 (2016) 39.