

Yb²⁺添加 MXY (M = Sr, Ba; X, Y = Cl, Br, I) 結晶シンチレータの開発

Development of Yb²⁺-doped MXY (M = Sr, Ba; X, Y = Cl, Br, I) crystalline scintillators

東北大院工¹, 奈良先端大², ^{○(M1)}溝井航平¹, 荒井 美紀¹, 藤本裕¹, 中内大介², 越水正典¹,
柳田健之², 浅井圭介¹

Tohoku Univ.¹, NAIST², ^{○(M1)}Kohei Mizoi¹, Miki Arai¹, Yutaka Fujimoto¹, Daisuke Nakauchi²,

Masanori Koshimizu¹, Takayuki Yanagida², Keisuke Asai¹

E-mail: kohei.mizoi.p5@dc.tohoku.ac.jp

シンチレータには、高い発光量や短い蛍光寿命、および高いエネルギー分解能等の性能の兼備が求められる。この要求に応える有効な方途の一つとして、ハロゲン化物を母材とした、5d-4f 遷移発光を呈する希土類元素蛍光中心の添加がある。すでに Ce³⁺や Eu²⁺のような3価または2価のランタノイドが、この種の発光中心として頻りに利用されている。Yb²⁺も同様に有用であるものと期待されており、SrI₂:Yb²⁺[1]や CsBa₂I₅:Yb²⁺[1]は高い発光量を示すことが報告されている。我々は、複合ハロゲン化物を母材とした高発光量 SrCl_{0.4}Br_{1.6}:Yb²⁺シンチレータを報告した[2]。そこで本研究では、さらなる高発光量 Yb²⁺シンチレータの開発を企図し、Eu²⁺添加結晶で高発光量を示すことが報告されている BaBrI [3]を始めとした、MXY (M = Sr, Ba; X, Y = Cl, Br, I)からなる複合ハロゲン化物を母材として選択し、Yb²⁺添加結晶を作製して、光学およびシンチレーション特性を調べた。

試料作製では、MX₂とMY₂ (M = Sr, Ba; X, Y = Cl, Br, I)を1:1で混合し、YbBr₃を0.5, 1.0, および5.0 mol%で添加し、単純固化法で結晶育成を行った。得られた結晶を切断・研磨した後、フォトルミネッセンス(PL)スペクトル、X線ラジオリミネッセンス(XRL)スペクトル、シンチレーション減衰プロファイル、およびγ線照射波高スペクトルを測定した。得られた試料の潮解性は僅かで、数日間の空気曝露でも表面に曇りが生じる程度であった。

Fig. 1に、SrBrI:Yb²⁺ (0.5 mol%添加) および BaBrI:Yb²⁺ (0.5 mol%添加) のXRLスペクトルを示す。両試料において470 nm付近にYb²⁺の発光ピークが見られる。Fig. 2に、SrBrI:Yb²⁺および BaBrI:Yb²⁺の¹³⁷Cs-γ線照射波高スペクトルを、比較としてのNaI:Tlでの測定結果とともに示す。Table 1には、光電子増倍管の量子効率を考慮して補正を施して得た発光量およびエネルギー分解能を、各試料およびNaI:Tlについて示す。BaBrI:Yb²⁺の発光量は42000 photons/MeVであり、市販品のNaI:Tlのそれを上回った。また、BaBrI:Yb²⁺のエネルギー分解能は7.7%であり、NaI:Tlのそれと同程度であった。

[1] E. Rowe et al., IEEE Trans. Nucl. Sci., **60** (2013), 1057.

[2] K. Mizoi et al., Appl. Phys. Exp res, **13** (2020) 112008.

[3] G. Bizarri et al., IEEE Trans. Nucl. Sci., **58** (2011) 3403.

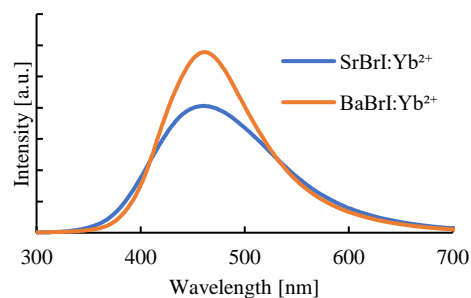


Fig. 1 XRL spectra of SrBrI:Yb²⁺ and BaBrI:Yb²⁺ crystals.

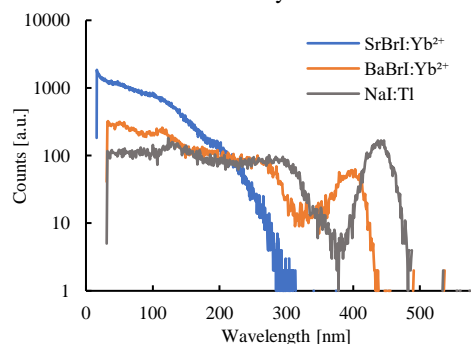


Fig. 2 ¹³⁷Cs-gamma-ray irradiated pulse-height spectra for SrBrI:Yb²⁺ crystals, BaBrI:Yb²⁺ crystals, and NaI:Tl.

Table 1 Light yields and energy resolutions of SrBaI:Yb²⁺ crystals, BaBrI:Yb²⁺ crystals, and NaI:Tl.

Samples	Light yield [photons/MeV]	Energy resolution [%]
SrBrI:Yb ²⁺	21000	47
BaBrI:Yb ²⁺	42000	7.7
NaI:Tl	40000	7.5