

Yb²⁺添加 SrCl_{2-x}Br_x 結晶シンチレータの研究

Study of Yb²⁺-doped SrCl_{2-x}Br_x 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具備が求められる。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、SrCl₂:Yb²⁺ [1]や SrBr₂:Yb²⁺ [2]は高い発光量を示すことが明らかになっている。一方、複数のアニオンから成る複合アニオン化合物には、その特異な配位構造や結晶構造による革新的機能発現の可能性が秘められているが、シンチレータとしての機能に関する知見は未だ限定的である。そこで本研究では、SrCl_{2-x}Br_x を母材料として選択し、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解析した。

試料作製には、純度 99.9%以上の SrCl₂, SrBr₂·6H₂O, YbCl₃·6H₂O を出発原料に用いた。これらを量論比で混合し、真空中 350°C で 24 h 脱水したのち、石英アンブル管中に封入して単純固相法で結晶育成を行った。得られた結晶に切断・研磨を施したものを試料とし、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。

Fig. 1 に、SrCl_{2-x}Br_x:Yb²⁺ (x = 0, 1.4, 1.6, 2.0) 結晶の XRL スペクトルを示す。SrCl₂:Yb²⁺, SrCl_{0.4}Br_{1.6}:Yb²⁺, SrBr₂:Yb²⁺では 380–390 nm および 410 nm 付近に Yb²⁺ 5d-4f スピン許容および禁制遷移の発光ピークが、SrCl_{0.6}Br_{1.4}:Yb²⁺では 410 nm 付近に Yb²⁺ 5d-4f スピン禁制遷移の発光ピークが見られる。また SrCl_{0.6}Br_{1.4}:Yb²⁺では長波長側にテイルが見られる。Fig. 2 に ¹³⁷Cs-γ 線照射波高スペクトルを示す。NaI:Tl との比較により推算した SrCl_{2-x}Br_x:Yb²⁺ (x = 0, 1.4, 1.6, 2.0) 結晶の発光量を Table 1 に示す。SrCl_{0.4}Br_{1.6}:Yb²⁺ の発光量は約 69,000 photons/MeV であった。この値は SrCl₂ や SrBr₂ を母材料に用いた場合よりも大きい。また、SrBr₂:Yb²⁺ のエネルギー分解能は 5.9% であり、NaI:Tl と同程度であった。

[1] D. Sekine et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **59** (2018) 012005. [2] 2018 年応用物理学会春季学術講演会 [19p-P7-11] SrBr₂:Yb²⁺ 結晶の発光およびシンチレーション特性

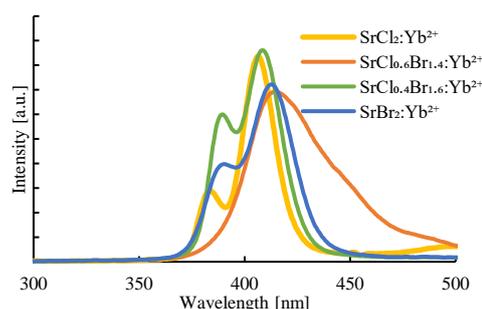


Fig. 1 X-ray radioluminescence spectra of SrCl_{2-x}Br_x:Yb²⁺ (x = 0, 1.4, 1.6, and 2.0) crystals.

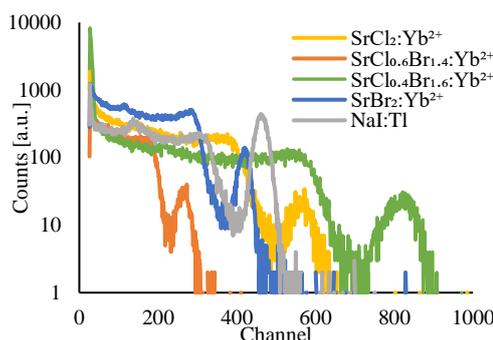


Fig. 2 ¹³⁷Cs-γ irradiated pulse-height spectra for SrCl_{2-x}Br_x:Yb²⁺ (x = 0, 1.4, 1.6, and 2.0) crystals and NaI:Tl.

Table 1 Energy resolutions and light yields of SrCl_{2-x}Br_x:Yb²⁺ (x = 0, 1.4, 1.6, and 2.0) crystals and NaI:Tl.

	Energy resolution [%]	Light yields [photons/MeV]
SrCl ₂ :Yb ²⁺	9.1	49000
SrCl _{0.6} Br _{1.4} :Yb ²⁺	16	23000
SrCl _{0.4} Br _{1.6} :Yb ²⁺	11	69000
SrBr ₂ :Yb ²⁺	5.9	35000
NaI:Tl	6.0	40000