

Yb²⁺添加金属ハロゲン化物結晶における 置換サイトの光学およびシンチレーション特性への影響

Effects of substitution sites on optical and scintillation properties of Yb²⁺-doped metal halide crystals

東北大院工¹, 奈良先端大², ^{○(M2)}溝井航平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, ^{○(M2)}Kohei Mizoi¹, 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。この種の発光中心として有用であるものと期待される Yb²⁺は、5d–4f 遷移によるスピン許容発光および禁制発光の二つの発光を示すことが知られている。パルス計数用シンチレータへの応用という観点では、シンチレーションにおいて短寿命のスピン許容遷移発光が観測されることが望まれる。これまでに高対称性およびヨウ化物ベースの結晶においてスピン許容遷移発光が観測されやすいことが明らかになっている[1, 2]。そこで本研究では、新たに Yb²⁺置換サイトの違いが諸特性に与える影響の調査を目的とし、MCl₂ (M = Ca, Sr, Ba) を始めとした二元系金属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解析した。

試料作製では、各金属ハロゲン化物に3価 Yb ハロゲン化物を0.5 mol%で添加し、単純固相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。

Fig. 1 に、CaCl₂:Yb²⁺, SrCl₂:Yb²⁺, および BaCl₂:Yb²⁺ の XRL スペクトルを示す。CaCl₂:Yb²⁺において430 nm 付近に、SrCl₂:Yb²⁺において405 nm 付近に、BaCl₂:Yb²⁺において440 nm 付近に Yb²⁺のスピン禁制遷移発光ピークが、SrCl₂:Yb²⁺において385 nm 付近にスピン許容遷移発光ピークが見られる。Table 1 に、CaCl₂:Yb²⁺, SrCl₂:Yb²⁺, および BaCl₂:Yb²⁺の PL 減衰時定数、および NaI:Tl との比較により推算した発光量を示す。全試料で減衰時定数64–580 μs のスピン禁制遷移発光が、そして、特に SrCl₂:Yb²⁺では減衰時定数470 ns のスピン許容遷移発光が観測された。また、SrCl₂:Yb²⁺は49000 photons/MeV もの高い発光量を示した。波高スペクトル測定での shaping time が10 μsであることを考慮すると、これは短寿命成分のスピン許容遷移発光が信号に寄与した結果と考えられる。

[1] K. Mizoi et al., J. Ceram. Soc. Jpn., in press.

[2] 2021 年応用物理学会春季学術講演会 [19a-Z12-10] Yb²⁺添加 MXY (M = Sr, Ba; X, Y = Cl, Br, I)結晶シンチレータの開発

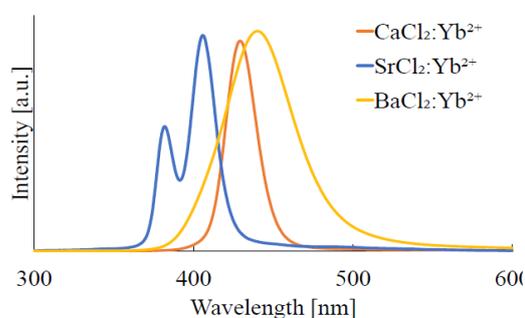


Fig. 1 XRL spectra of CaCl₂:Yb²⁺, SrCl₂:Yb²⁺, and BaCl₂:Yb²⁺ crystals.

Table 1 PL decay time constants and estimated light yields of CaCl₂:Yb²⁺, SrCl₂:Yb²⁺, and BaCl₂:Yb²⁺ crystals.

Sample	PL decay time constants		Light yields [photons/MeV]
	Spin-allowed [ns]	Spin-forbidden [μs]	
CaCl ₂ :Yb ²⁺	-	95	4700
SrCl ₂ :Yb ²⁺	470	580	49000
BaCl ₂ :Yb ²⁺	-	64	8600