

無添加 CsCaCl₃ 及び SrCaCl₃ 結晶のオージェフリー発光特性

Auger-free luminescence properties of undoped CsCaCl₃ and SrCaCl₃ crystals

東北大¹、奈良先端² °藤本 裕¹、佐伯 啓一郎¹、柳田 健之²、越水 正典¹、浅井 圭介¹

Tohoku Univ.¹, NAIST² °Yutaka Fujimoto¹, Keiichiro Saeki¹, Takayuki Yanagida²,

Masanori Koshimizu¹, Keisuke Asai¹

E-mail: fuji-you@qpc.che.tohoku.ac.jp

【諸言】 無機シンチレータ材料を用いた X 線・ガンマ線用の放射線検出器は、セキュリティをはじめ、核医学や資源探査など様々な分野において、重要な役割を果たしている。シンチレータ材料に求められる性能は、想定される応用により異なり、高い発光量や短い蛍光減衰時間、優れたエネルギー分解能、高い有効原子番号など様々挙げられる。特に、蛍光減衰時間は、検出器の時間分解能に作用し、最終的に SN 比に大きく寄与する。これまで、短い蛍光減衰時間を示す材料として、Ce³⁺や Pr³⁺を添加したシンチレータ材料が数多く報告されてきたが、その減衰時間は 20–60 ns 程度であり、10 ns 以下で且つ十分な発光量を示すようなものは見つかっていない。上記のような希土類元素を用いないものとして、BaF₂ 結晶のオージェフリー(AFL)発光が知られている。当該発光は、内殻正孔と価電子帯電子が輻射再結合することにより生じ、1 ns 以下の高速な応答を示すが、発光波長が 220 nm と短波長なため、実用が制限される。そこで我々は、10 ns 以下の減衰時間を有し、紫外-可視域に AFL 発光を示す新規ハロゲン化物シンチレータ材料の探索を行っている。本講演では、無添加 CsCaCl₃ 及び SrCaCl₃ 結晶の AFL 発光特性について報告する。

【実験内容と結果】 結晶サンプルの作製には、ブリッジマン法を用いた。CsCl(4N)、CaCl₂(3N)、SrCl₂(3N)の各種粉末原料を化学量論比にて混合し、脱水後、石英アンブル内に封じ切った。原料を封入した石英アンブルをブリッジマン炉に装填し、3-7 mm/h の引き上げ速度で合成を行った。合成後、作製した結晶を加工研磨し、X 線励起発光スペクトル、蛍光減衰曲線、波高スペクトル測定を行った。図 1 に、発光スペクトルの結果を示す。CsCaCl₃ 及び SrCaCl₃ 結晶ともに、270–500 nm 波長域にかけて、複数の発光帯が見られていた。既報より、270–320 nm 波長域の発光は、AFL 発光によるものであると思われる[1-2]。一方、330–500 nm 波長域の発光については現在調査中であるが、格子欠陥やその影響を受けた束縛励起子、不純物起因によるものであると推測される。図 2 に、パルス X 線励起による蛍光減衰曲線を示す。フィッティング解析の結果、それぞれの蛍光寿命は 2.5 ns (CsCaCl₃)、1.8 ns (CsSrCl₃)と見積もられ、非常に高速な発光であることが示された。

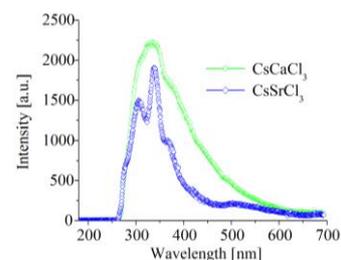


図 1. X 線励起発光スペクトル。

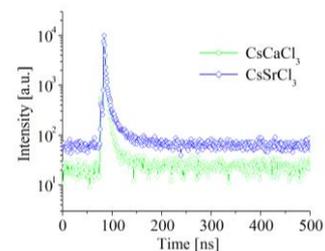


図 2. X 線励起蛍光減衰曲線。

[1] M. Koshimizu et al., Opt. Mater., 36 (2014) 1930–1933.

[2] M.A. Macdonald et al., J. Lumi., 65 (1995) 19–23.