$TlMgCl_3$ シンチレータにおける発光起源の調査

Study about intrinsic emission in $TlMgCl_3$ crystalline scintillator

°藤本 裕 [1]、佐伯 啓一郎 [1]、岡田 豪 [2]、中内 大介 [2]、柳田 健之 [2]、越水 正典 [1]、浅井 圭介 [1]
(1.東北大院工、2.奈良先端大)
°Yutaka Fujimoto[1], Keiichiro Saeki[1], Go Okada[2], Daisuke Nakauchi[2], Takayuki Yanagida[2], Masanori Koshimizu[1], Keisuke Asai[1] (1. Tohoku Univ., 2. NAIST)
E-mail: fuji-you@qpc.che.tohoku.ac.jp

シンチレータは、各種電離放射線を数 eV 程度の低エネルギー光子に変換する蛍光体材料の一つであり、微弱光検出器と組み合わせることで、放射線計測用のシンチレーション検出器として利用されている。一般に、シンチレータの蛍光中心には、賦活剤を用いた希土類イオンの d-f 遷移や f-f 遷移、Tl イオンの s-p 遷移をはじめ、母材料に内在する錯イオン内電子遷移や格子欠陥に由来する自己束縛励起子など様々なものが存在し、各種蛍光中心に応じた特徴的な光学特性を示す。今日、我々は、大気中で取り扱い可能な新規 X 線・ガンマ線用シンチレータとして、$TlMgCl_3$ 結晶を開発し、大きな実効原子番号(Z_{eff} = 71.6)と高い発光量(~46,000 ph/MeV)、短い蛍光寿命(60 ns, 350 ns)、優れたエネルギー分解能(~3.5%)について報告している[1-2]。当該シンチレータは、母材料由来の発光による優れた性能を示すが、一方で、その発光起源や詳細については未だ分かっていない。発光起源の候補としては、ワニエ励起子、自己束縛励起子、内殻準位間遷移、Tl^+の s-p 遷移、不純物相などが挙げられる。本研究では、$TlMgCl_3$ の光学及びシンチレーション特性評価により、発光起源の候補の絞り込みを行う。評価用の各種サンプルは、ブリッジマン法により作製した。図 1 には、$TlMgCl_3$ と比較した $CsMgCl_3$:Tl、TlCl、$MgCl_2$ の X 線励起シンチレーションスペクトルを示している。$CsMgCl_3$:Tl においては、Tl^+の s-p 遷移に起因すると思われる発光帯が 300-400 nm 付近に観測された。また、TlCl 及び $MgCl_2$ においては、550-700 nm と 300-550 nm 付近にそれぞれ母材料由来の発光帯が観測された。いずれの発光帯も、$TlMgCl_3$ の発光帯とは形状もピーク波長も大きく異なることから、$TlMgCl_3$ の発光起源として、Tl^+の s-p 遷移や不純物相(TlCl 及び $MgCl_2$)である可能性は低いと思われる。

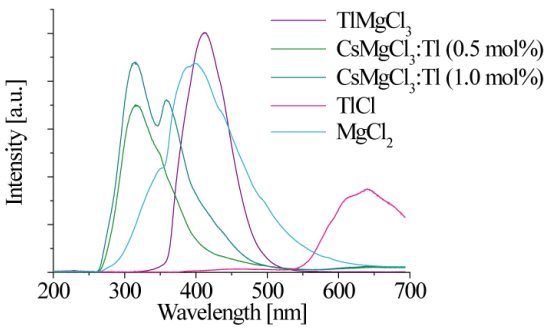

図 1. $CsMgCl_3$:Tl、TlCl、$MgCl_2$ の X 線励起シンチレーションスペクトル。

[1] Y. Fujimoto, et al., “Thallium magnesium chloride: A high light yield, large effective atomic number, intrinsically activated crystalline scintillator for X-ray and gamma-ray detection” Jpn. J. Appl. Phys., 55, 090301 (2016).

[2] 藤本裕、他 5 名、“高い発光量と大きな Z_{eff}、優れたエネルギー分解能を有する $TlMgCl_3$ シンチレータの研究”2016 年 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 (2016. 9.13-16)