

アルカリ金属共添加 Ce: Ce: Gd₃(Ga,Al)₅O₁₂ のシンチレータ特性均一性制御と大型単結晶作製技術の開発

Uniformity control of scintillation properties on alkali metal co-doped Ce:
Gd₃(Al,Ga)₅O₁₂ and their large size single crystal growth.

東北大 NICHe¹, 株式会社 C&A², 東北大金研³, General Physics Institute⁴
○鎌田圭^{1,2}, 庄子 育宏^{2,3}, Vladimir V. Kochurikhin^{2,4}, 吉野将生^{2,3}, 山路 晃弘³, 黒澤俊介¹, 横田有為¹, 大橋雄二³, 吉川彰^{1,2,3}
○Kei Kamada^{1,2}, Yasuhiro Shoji^{2,3}, Vladimir V. Kochurikhin^{2,4}, Masao Yoshino^{2,3}, Akihiro Yamaji³, Shunsuke Kurosawa^{1,3}, Yuui Yokota¹, Yuji Ohashi³, Akira Yoshikawa^{1,2,3}
NICHe, Tohoku Univ.¹, C&A corp.², IMR, Tohoku Univ.³ Vladimir V. Kochurikhin^{2,4},
Email : kamada@imr.tohoku.ac.jp

【研究の背景】放射線検出器は核医学診断装置のみならず、資源探査装置、空港手荷物検査機、素粒子・宇宙物理学、物流セキュリティ、地雷探査など広汎な分野において利用されており、その大部分はシンチレータが使用されている。これまでに、我々は、Ce 添加 Gd₃Al₂Ga₃O₁₂ 単結晶において、発光波長 520nm、蛍光寿命 90ns、発光量 46000photon/MeV の優れた特性を有する結晶組成を見出し、2 インチサイズまでの大型単結晶作製技術が開発され、古河機械金属(株)や(株)C&A から商品名：GAGG として製造販売されている[1]。さらに、近年、Ce:GAGG に対し、1 価あるいは 2 価の陽イオンを共添加することで、蛍光寿命を最短で 20ns 程度まで短寿命化することを報告してきた[2]。本講演では、特にシンチレータの時間特性が重要とされる Positron emission tomography(PET)用途への展開を狙い、共添加により蛍光寿命を高速化した GAGG シンチレータについて、仕込み組成における共添加元素、Ce、Ga の最適化を行い、バルク結晶中の特性変動の最小化を狙うとともに、雰囲気ガス種、断熱材配置、原料チャージ法、断熱材配置に加え、専用の結晶作製装置を設計、製造することで、3 インチサイズの共添加 GAGG シンチレータ単結晶の作製に成功した。図 1 に、結晶作製条件最適化前後の 3 インチ径結晶の写真を示す。当該結晶は、(株)C&A より販売が開始されている。共添加元素の検討の結果、Li+を共添加し、酸化 Li の蒸発による濃度現象と偏析による濃度上昇とのバランスを調整することで、共添加元素濃度の均質性を高めることに成功した。最終的なシンチレータ性能として 40000 photon/MeV の発光量、42ns の蛍光寿命、204ps の時間分解能を達成した。本講演では、各共添加元素種、Ce、Ga 濃度とシンチレータ特性、結晶内組成変動の関連性を示すとともに、大型結晶の連続生産技術開発と製造装置開発についても紹介する。

[1] Y. Ohashi, et. al., App. Phy. Lett. 102, (2013) 051907.

[2] 鎌田圭ら、第76回応用物理学会秋季学術講演会 14p-2K-3

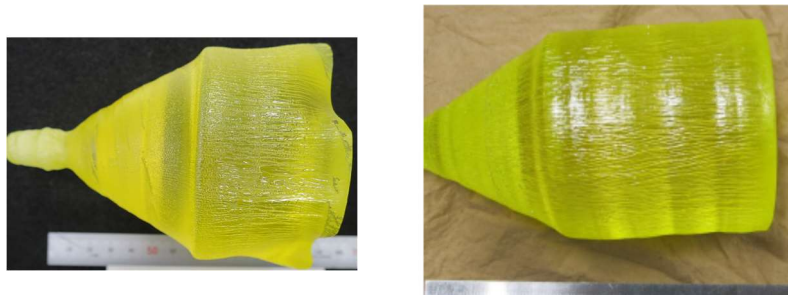


図 1.結晶作製条件最適化前後のチョクラルスキー法作製 3 インチ径 Li 共添加 GAGG 単結晶。左) 最適化前、右) 最適化後