

新規シンチレータ結晶の開発とバルク結晶作製技術の開発

Development of novel crystalline scintillators and their bulk crystal growth technologies

東北大金研¹、東北大 NICHe²

吉川 彰^{1,2}

IMR, Tohoku Univ.¹, NICHe, Tohoku Univ.²

Akira Yoshikawa^{1,2}

E-mail: yoshikawa@imr.tohoku.ac.jp

【背景】シンチレーション検出器は、陽電子断層撮像装置 (PET) や X 線 CT に代表される核医学や、石油や鉱物資源探査装置、地雷探査装置、空港の手荷物検査機等に代表されるセキュリティ機器、電子部品の非破壊検査装置、原子炉モニタリングポストなど、広汎な分野に応用されている。シンチレーション検出器は放射線を紫外～可視光にエネルギー変換する“シンチレータ”と、その光子を電気信号に変換する“受光素子”と回路から成っている。非破壊検査装置の性能はこの放射線検出器の性能に大きく依存するため、主要構成要素であるシンチレータの高性能化は非常に重要である。

本報では、酸化物とハロゲン化物のシンチレータを中心に新規シンチレータ結晶の開発とバルク結晶作製技術の開発について報告する。

【酸化物シンチレータ】Pr 添加 $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (Pr:LuAG) は Ce^{3+} の 5d-4f 遷移よりも高速応答が期待できる Pr^{3+} の 5d-4f 遷移を活用したシンチレータで、これを用いた乳癌用 PET も実用化されている[1,2]。蛍光寿命が 20ns と短く、エネルギー分解能も 4.5%程度と高く魅力的であるが、発光量が 20,000ph./MeV 程度であるため時間分解能は必ずしも高くはない。加えて Pr:LuAG には遅い成分もあるため、その低減に努めたが、その過程で開発されたのが Ce:Gd₃(Al,Ga)₅O₁₂(Ce:GAGG) (発光量 58000ph./MeV、エネルギー分解能 4.5%、蛍光寿命 90ns) である[3,4]。Ce:GAGG は実用化され、リアルタイム線量計やコンプトンカメラ等に搭載されている。

Ce:Gd₂Si₂O₇ (Ce:GPS)は 30,000ph/MeV という高発光量と 6% (@662keV) という高エネルギー分解能を持つシンチレータであることが報告されていた[5]。しかしながら、Ce : GPS は非調和溶解組成であるためバルク単結晶を得ることが難しいという問題があった。我々は Gd のサイトを La で置換することを提案し、Ce:La-GPS バルク 単結晶を開発した[6-8]。

【ハロゲン化物シンチレータ】Eu:SrI₂ はガンマ線に対して約 80,000 ph/MeV の発光量、3%台のエネルギー分解能を示すことから世界中で精力的に研究が行われている。Eu:SrI₂ は高い吸湿性を示すことから、1968年に米国で発見されていたにも関わらず、高度な結晶作製技術が無かったために埋没していた。海外ではローレンス・リバモア、オークリッジ国立研究所、テネシー大、RMD 社、ノースロープ・グラマン社などが当該材料を含むハロゲン化物結晶の開発および製造技術の開発を競っている。国内でもユニオンマテリアル社、オキサイド社、C&A 社、東北大などが技術開発に挑んで来た[9,10]。近年は CeBr₃ やその他の複合ハロゲン化物の開発も進んでおり、並行して、そのバルク結晶成長技術の開発にも注力されている。

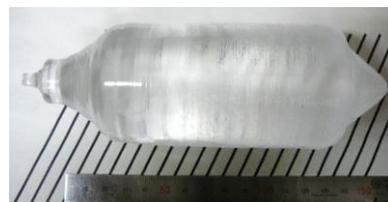


図 1. Ce:La-GPS バルク単結晶



図 2. E:SrI₂ バルク単結晶

1. A. Yoshikawa, K. Kamada, Y. Yokota, M. Nikl, et al., Opt. Mater. 32(10), 1294–1297 (2010).
2. <http://furukawa-st.co.jp/>
3. K. Kamada, A. Yoshikawa, M. Nikl, et al., Crystal Growth Des. 11 (2011) 4484
4. <http://www.c-and-a.jp/GAGG.html>
5. Youichi Tsubota, Junichi H. Kaneko, Mikio Higuchi, Shusuke Nishiyama, and Hiroyuki Ishibashi, Appl. Phys. Exp. 8 (2015) 062602
6. A. Yoshikawa, S. Kurosawa, Y. Shoji, et al., Cryst. Growth Des., 15 (4) (2015) 1642.
7. A. Suzuki, S. Kurosawa, A. Yoshikawa, et al., Applied Physics Express 5 (2012) 102601
8. S. Kurosawa, A. Yoshikawa, et al., Nucl. Inst. and Meth. in Phys. Res. A7690 (2012) 53
9. Y. Yokota, A. Yoshikawa, et al., J. Cryst. Growth 401 (2014) 343-346
10. A. Yoshikawa, Y. Shoji, Y. Yokota, et al., J. Cryst. Growth 452 (2016) 73-80