W^{6+}イオン共添加 $Ce:Gd_3Ga_3Al_2O_{12}$ についてシンチレータ特性の添加濃度依存性および 1 インチサイズ単結晶作製

Co-doping concentration dependence of scintillator properties and 1 inch size single crystal growth of W^{6+} co-doped $Ce:Gd_3Ga_3Al_2O_{12}$

1.東北大金研，2.東北大 NICHe, 3. ㈱C&A, 4. 山形大理
○(M1) 上野 睦実 [1], 金 敬鎮 [1], 鎌田 圭 [2,3], 二瓶 貴之 [3], 吉野 将生 [1], 山路 晃広 [1], 佐藤 浩樹 [2],黒澤 俊介 [2,4], 横田 有為 [2], 大橋 雄二 [2], 吉川 彰 [1,2,3]
1. IMR, Tohoku Univ., 2. NICHe, Tohoku Univ., 3. C&A, 4. Yamagata Univ.
○Mutsumi Ueno[1], Kyoung Jin Kim[1], Kei Kamada[2,3], Takayuki Nihei[3], Masao Yoshino[1], Akihiro Yamaji[1], Hiroki Sato[2], Shunsuke Kurosawa[2,4], Yuui Yokota[2], Yuji Ohashi[2], Akira Yoshikawa[1,2,3]
Email: mutsumi@imr.tohoku.ac.jp

【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利用されている。これまでに Ce 添加 $Gd_3Ga_3Al_2O_{12}$(Ce:GGAG)単結晶において、発光波長 520 nm、蛍光寿命 90 ns、発光量 47000 photons/MeV の優れた特性を有することが報告されている[1]。先行研究として、六価の W イオンを 500 ppm 共添加した Ce:GGAG をマイクロ引き下げ法により作製したところ、Ce のみ共添加した GGAG 単結晶に比べ発光量が 108%に増加し、一方で蛍光寿命はわずかに短寿命化した[2]。今回、我々は μ-PD 法による W 共添加 Ce:GGAG を作製し、シンチレータ特性における共添加濃度依存性を調査した。またチョクラルスキー(Cz)法により 1 インチサイズの W イオンを共添加した Ce:GGAG 単結晶を作製し、組成分析およびシンチレーション特性評価を試みたので報告する。

【実験方法】高周波加熱型 μ-PD 法により W 共添加濃度の異なる Ce:GGAG 単結晶の作製を行った。シードとして、Ce:GGAG 結晶を用い、Ir 製の坩堝を用いた。さらに X 線励起による発光スペクトルを測定し、ガンマ線励起による発光量、蛍光寿命測定を行った。次に高周波加熱型 Cz 法により単結晶作製を行った。シードは μ-PD 法同様 Ce:GGAG 結晶を用いた。測定は前述同様のものを行い、さらに育成結晶の組成変動を確認するため、面内および育成方向に対する各陽イオンに対する EPMA および ICP-MS 分析を行った。

【結果と考察】W を 0, 200, 500, 1000, 3000 ppm 共添加した Ce0.5 %:GGAG を μ-PD 法により作製した。得られた結晶を 3 x 3 x 0.5 mm に加工・研磨しサンプルを作成した。γ 線(^{137}Cs)励起による波高値スペクトル測定の結果、W を 200 ppm 共添加した Ce:GGAG では共添加無しの結晶に比べ、約 121 %の発光量を示した。(Table 1) 続いて W イオンを 200 ppm 共添加したものに加え、比較として 0, 1000, 3000 ppm 共添加した Ce:GGAG 単結晶を Cz 法により作製した。(Fig.2) 得られた結晶を 5 x 5 x 5 mm および 5 x 5 x 1 mm に加工・研磨しサンプルを作成した。得られた試料について育成方向および面内方向に対する目立った色の濃淡は確認されなかった。組成分析およびシンチレータ特性等の評価結果については当日報告する。

[1]K. Kamada, A.Yoshikawa et al. Cryst. Growth Des.11, 4484 (2011)
[2] 上野睦実、吉川彰ら、2018 年第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-224B-3

共添加濃度	発光量 (Photon/MeV)	減衰時間 第一成分
0	41400	53.6 ns 46.0 %
200	50000	55.2 ns 42.2 %
500	44800	53.6 ns 46.0 %
1000	45800	55.9 ns 40.6 %
3000	44000	57.5 ns 43.0 %

Table 1 Scintillator properties of W co-doped Ce:GGAG single crystals grown by μ-PD method.

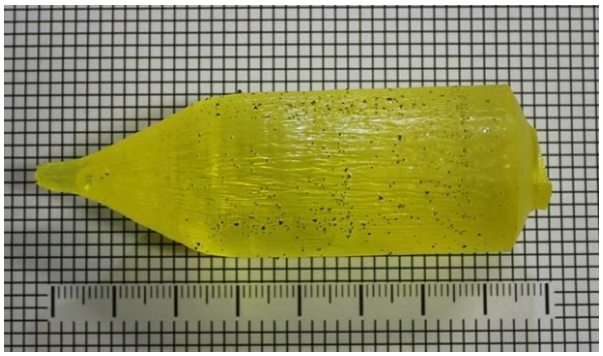

Fig.2 Photo graph of Ce 1%, W 1000 ppm:GGAG single crystal grown by Cz method.