

透光性 LuAG セラミックスシンチレータの作成

防衛大学校 本科 61 期 応用物理学科 新田 大樹

1. 序論

シンチレータは放射線によってエネルギーが与えられると蛍光を発する物質である。Ce³⁺を微量添加した LuAG (Lu₃Al₅O₁₂) シンチレータは、高密度 (6.67 g/cm³) で高い実効原子番号(Z=63)を持つことから、ガンマ線検出器の材料に適している。原料を溶融し LuAG シンチレータを単結晶として育成可能であるが、高い温度(融点 2034°C)で生じた結晶欠陥が蛍光量などの特性を低下させるとの報告がある [1]。

本研究の目的は、LuAG シンチレータをセラミックスとして比較的低温で作成し、試料を材料分析で評価することである。放射線検出器としては透光性が必要とされるので、焼結時の高緻密化により光の散乱源となる気孔を低減させる必要がある。

2. 試料の作成

セラミックスシンチレータの作成には微粒子の作成、焼結、熱処理の3つの工程がある。

本研究では、酸化ルテチウム、硝酸アルミニウム、酢酸セリウムを出発原料として均質な微粒子の精製に適した錯体重合法を用いた。原料を含んだ高分子ゲルを 400°C で熱分解した後、1000°C で 2 時間熱処理することでほぼ単相の LuAG 微粒子を生成した。

LuAG 微粒子の焼結には放電プラズマ焼結炉を用いた。10 mmφ の黒鉛製の型に LuAG 微粒子を封入し、80 MPa の荷重を付与した状態で真空下において 5~10°C/分で昇温したところ 1000~1350°C の温度範囲で焼結体の厚さ収縮による緻密化が進行した。その後 1450°C まで昇温し 30~45 分保持したところ、黒色を呈したセラミックス焼結体が得られた(図 1 左)。

焼結体を大気雰囲気中 1300°C、24 時間熱処理することで黒色の着色が取り除かれた。その結果紫外線照射により Ce 添加 LuAG シンチレータ特有の黄緑色の蛍光を示すようになり、LuAG セラミックスシンチレータが合成されたことを確認した(図 1 右)。

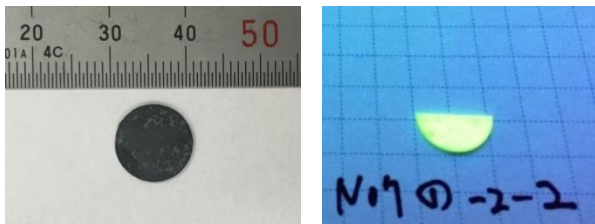


図 1 (左)焼結直後の試料(厚さ約 1mm)。 (右)熱処理後の試料(紫外線照射時)

3. 考察

焼結体が黒色を呈する理由を解明するために、熱処理前後のラマン散乱スペクトルを測定した。図 2 より波数 1350 cm⁻¹ 及び 1600 cm⁻¹ 付近の幅の広いピークが熱処理温度の上昇とともに低下している傾向が確認される。これらのピークは黒鉛の D バンド及び G バンドと呼ばれる振動準位に対応しているため、熱処理によって黒鉛由来の不純物が除去されたと考えることができる。

熱処理により黒鉛由来の黒色は取り除かれることが判明したが、セラミックスの透光化には至らなかった。その原因として異相の混入や残留気孔による光散乱が考えられる。図 3 の電子顕微鏡像より、斑点状に異相が確認されるものの、直径 1 μm 程度の大きな気孔の多くは焼結温度を 1350°C から 1450°C にすると取り除かれることが分かった。

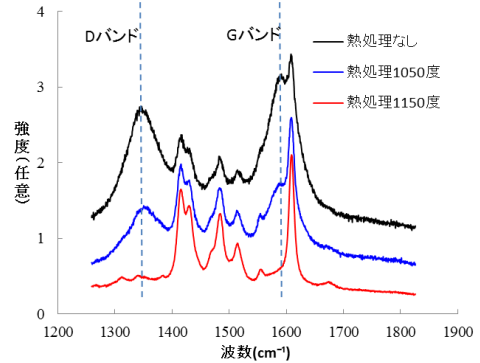


図 2 ラマン散乱スペクトル

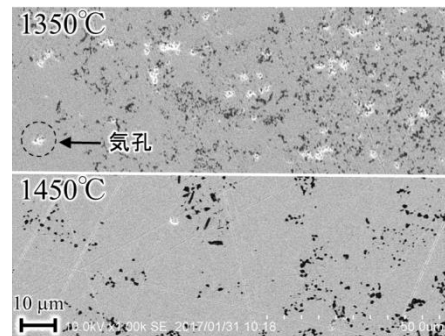


図 3 異なる焼結温度による LuAG シンチレータの電子顕微鏡像。黒い斑点は LuAG の異相と思われる。

参考文献

- [1] 萩野拓ら 日本結晶成長学会誌 Vol.35, No.2

研究指導教官 講師 松村 徹
教授 新川 孝男