

Ce 添加 LuAG エピタキシャル膜のシンチレーション特性および熱ルミネッセンス特性評価

Scintillation and Thermoluminescence Properties of Ce-doped LuAG Epitaxial films

横国大院環情¹, 東北大金研², 東北大 NICHe³, 阪大レーザー研⁴

°(DC)松本昭源¹, 黒澤俊介^{2,3,4}, 伊藤暁彦¹

GSEIS Yokohama National Univ.¹, IMR Tohoku Univ.², NICHe Tohoku Univ.³, ILE Osaka Univ.⁴

°(DC) Shogen Matsumoto¹, Shunsuke Kurosawa^{2,3,4}, Akihiko Ito¹

E-mail: matsumoto-shogen-jn@ynu.jp

シンチレータは、放射線を可視光の光子へと変換する材料群であり、医学診断やセキュリティチェックといった分野で利用される。Lu₃Al₅O₁₂ (LuAG) は、大きなバンドギャップ (8.4 eV)、高い密度 (6.7 Mg m⁻³) および高い有効原子番号 ($Z_{\text{eff}} = 61.7$) を有し、シンチレータのホスト材料として着目されている。中でも、Ce³⁺を発光中心として添加した LuAG は、Ce³⁺における 4f-5d 遷移を利用した高速な発光 (50–70 ns) および高い発光量 (25000 Ph MeV⁻¹) を呈することから、熔融凝固法で育成された単結晶シンチレータは既に実用化されている。これらの LuAG 基シンチレータにおいては、ホスト中のアンチサイト欠陥 (Lu_{Al}) の存在による、発光量の低下が知られている。これらアンチサイト欠陥の生成確率は、結晶育成に際するプロセス温度が高いほど増大することが知られていることから [1]、合成プロセスの低温化によって発光量の増大が期待できる。

CVD 法は、原料ガスの結晶析出反応を利用して結晶育成する手法であり、熔融凝固法や焼結プロセスといったバルク育成法に対して半分程度のプロセス温度で材料合成できる。本研究では、レーザー加熱を援用した高速 CVD 法により Ce³⁺:LuAG エピタキシャル厚膜を合成し、シンチレーション特性を評価し、熱ルミネッセンス特性評価を通じて捕獲準位についても調査した。

膜の XRD 図形より、(100) YAG 上に合成した Ce³⁺:LuAG 膜は、cube-on-cube 様式でエピタキシャル成長し、その成膜速度は 58 μm h⁻¹であった。得られた Ce³⁺:LuAG 厚膜は、紫外線および X 線励起により、Ce³⁺イオンの 5d-4f 軌道間遷移によるフォトルミネッセンスおよびシンチレーション発光を示した。CVD 法で育成した Ce³⁺:LuAG 厚膜と熔融凝固法で育成された Ce³⁺:LuAG 単結晶における、²⁴¹Am 線源下で計測したパルス波高スペクトルを Fig. 1 に示す。いずれの手法で合成された Ce³⁺:LuAG でも 5.5 MeV-α 線の全吸収ピークが観察され、そのチャンネル値から求めた発光量は、Ce³⁺:LuAG 厚膜および Ce³⁺:LuAG 単結晶がそれぞれ 31000 photons 5.5 MeV⁻¹ および 17000 photons 5.5 MeV⁻¹ であり CVD 法で育成したシンチレータが、より高い発光量を示すことが明らかになった。

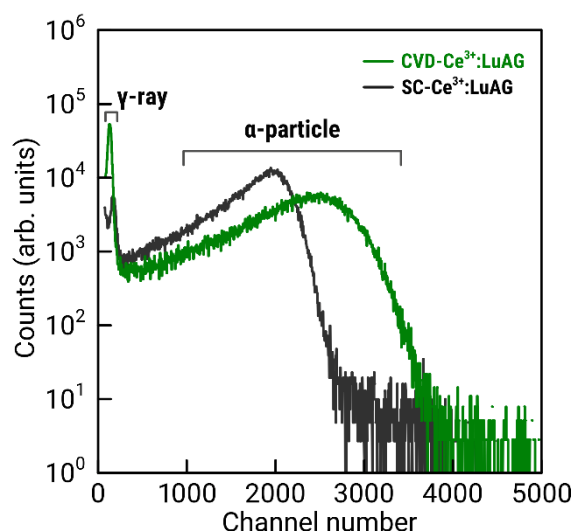


Fig. 1 Pulse-height spectra of Ce³⁺:LuAG grown by CVD method and melt-solidification method.

[1] C. Hu et al., Phys. Status Solidi B. 252 (2015).