

希土類添加 LuF₃ 結晶の真空紫外シンチレーション特性研究Study of VUV scintillation of rare earth doped LuF₃ crystals京大化研¹, 九工大², トクヤマ³, °日野 祐輔¹, 柳田 健之², 藤本 裕², 福田 健太郎³ICR, Kyoto Univ.¹, Kyushu Inst. Technol.², Tokuyama Corp.³, °Yusuke Hino¹, Takayuki Yanagida²,Yutaka Fujimoto¹, Kentaro Fukuda³

E-mail: hino@noncry.kuicr.kyoto-u.ac.jp

シンチレータは単一の高エネルギー放射線を、数万の低エネルギー光子に即発的に変換する蛍光体の一種であり、医療 (X 線 CT、PET)、空港の荷物検査等のセキュリティ、資源探査、火山・活断層・温泉探査、宇宙や素粒子と言った高エネルギー物理学などに広く用いられている [1]。従来のシンチレータは可視光で発光し、その発光を光電子増倍管 (PMT) で計測する形式が広く用いられてきている。しかしながら近年、ガス比例計数管を光電変換素子として用いる研究が盛んであり、このような光電変換用途のガス比例計数管はガス PMT [2] などと総称されている。ガス PMT は従来の PMT に比べ、多数のダイノードが必要なく、安価に大面積をカバーできるといった利点がある。ガス PMT を用いるにあたっては、シンチレータは真空紫外域 ($\lambda < 200$ nm) で発光する必要がある。ガスで直接光電変換するにしろ、CsI 等のフォトカソードを用いるにしろ、波長感受域が真空紫外となるためである。我々はこれまで、こういった目的に向けてフッ化物を母材として真空紫外発光シンチレータを研究してきた [1]。

今回用いる真空紫外発光結晶シンチレータサンプルは、(株)トクヤマにより作製された [3]。母材としては高エネルギー光子の計数効率を高めるため、LuF₃ を用い、発光中心としては希土類 (Nd、Er、Tm) を 1% 添加した。LuF₃ は実行原子番号が 66、密度も 8.3 非常に重く、シンチレータとしては有望な物質である。得られたサンプルに対し、直線透過率、フォトルミネッセンス、X 線励起ラジオルミネッセンス、シンチレーション蛍光減衰時定数プロファイル、シンチレーション発光量を系統的に評価した。これらの評価は全て真空紫外域を中心に行った。

図 1 には、X 線照射時の発光スペクトルを示す。

Nd 添加サンプルにおいては 180 nm、Er および Tm 添加サンプルにおいては、165 nm にシャープな輝線が観測された。これらは全て希土類発光中心元素の 5d-4f 遷移に帰属される。フォトルミネッセンスにおいても、同様の発光ピークが確認された。これらのシンチレーション蛍光減衰時定数を観測したところ、全サンプルから数 ns の極めて高速なシンチレーションが確認された。また真空紫外域に感度を有する光電子増倍管を用い、発光量を計測したところ、Nd 添加サンプルが最大の値を示し、約 1000 ph/MeV であった。これは BaF₂ のオージェフリー発光 (真空紫外域) と同等の値である。

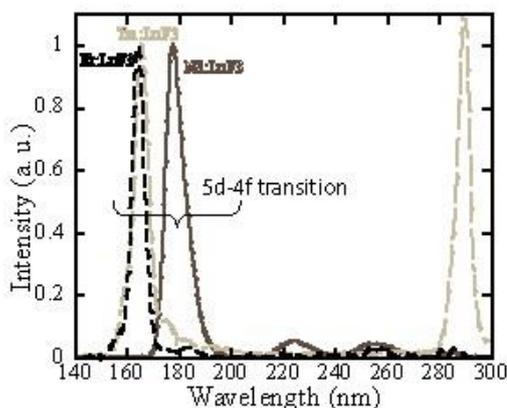


図 1 X 線励起による発光スペクトル。

参考文献

- [1] T. Yanagida, Opt. Mat., 35 1987 (2013).
- [2] H. Sekiya, C. Ida, H. Kubo, S. Kurosawa, T. Tanimori, A. Yoshikawa, T. Yanagida, Y. Yokotoa, K. Fukuda, S. Ishizu, N. Kawaguchi and T. Suyama, J. Instrumentation, 4 P11006 (2009).
- [3] K. Fukuda, S. Ishizu, N. kawaguchi, T. Nagami, T. Suyama, T. Yanagida, Y. Yokota, M. Nikl, A. Yoshikawa, Opt. Mater., 33, 1143-1147 (2011).