18p-PA6-3

Nd 添加 $YLiF_4$ の真空紫外から近赤外域におけるシンチレーション

Scintillation properties of Nd-doped $YLiF_4$ from VUV to NIR wavelengths

九州工大 [1]，トクヤマ [2]　○柳田 健之 [1]，石津 澄人 [2]，福田 健太郎 [2]，藤本 裕 [3]

Kyushu Inst. Technol. [1], Tokuyama Corp.[2], Tohoku Univ., °Takayuki Yanagida[1], Sumito Ishizu[2], Kentaro Fukuda[2], Yutaka Fujimoto

E-mail: yanagida@lsse.kyutech.ac.jp

シンチレータは、核医学、セキュリティ、資源探査、宇宙、素粒子物理などの広範な分野で応用されている。20 世紀半ばの Tl 添加 NaI の発見以降、シンチレーション光を電子に変換する光電変換素子には光電子増倍管が用いられてきているが、該シンチレータの発光波長である青色域に感度を持つ受光素子が中心的に研究されてきた。しかしながら近年、青色光以外の発光を呈するシンチレータの検討も始まりつつある。真空紫外シンチレーション光を用いた場合には、ガス比例計数管 (gas-PMT) を光電変換素子として利用できる可能性がある [1]。紫外域のシンチレータからは、従来の可視発光よりも高速なシンチレータが幾つか発見された。500 nm より長い、長波長可視域 (500-650) nm 発光シンチレータは、Si 半導体との相性が良く、Robbins 理論 [2] の限界に近い発光量を示すシンチレータも発見された [3]。さらに近赤外光は、人体の透過窓にあたるため、人体透過型の応用も検討されつつある [1]。これらの発光は、基本的に絶縁体 (稀に半導体) 母材に、希土類や遷移金属元素を微量置換することで得られているが、多くの発光中心元素は紫外から赤外域にかけて様々なエネルギー準位を有する。そのため選択的に発光中心のみを励起するフォトルミネッセンスとは異なり、シンチレーションにおいてはあらゆる波長域の発光が起こると考えられる。しかしながらこれまで、例えば同一物質内での真空紫外と近赤外発光の関係などは、評価されてきてはいない。そこで本研究では、レーザー材料として有名な Nd 添加 $YLiF_4$ 結晶の、真空紫外～近赤外域における光学およびシンチレーション特性に関して計測した。

サンプルは、Nd を 0.1、0.5、1、3 mol% 添加した $YLiF_4$ であり、㈱トクヤマによって作製された。外観は無色透明であり、5-10 × 2 × 1 mm^3 形状に加工され、上下面には光学研磨が施された。光物性としては、透過スペクトルとフォトルミネッセンスを、110-1650 nm において計測した。基礎的な光学特性の後、X 線励起シンチレーション発光スペクトル、シンチレーション蛍光減衰時定数を計測した。前者は 110-1650 nm において、後者は 110-700 nm までである。さらに当該材料は母材に Li を含んでいるため、^{252}Cf を用いた波高値スペクトルの評価も行った。Nd^{3+} の 4f-4f 遷移の場合、最も強い発光が 1064 nm であるが、蛍光寿命がミリ秒程度のため、通常のカウンティング型計測では評価が困難であった。

図 1 には、真空紫外域から近赤外域までの X 線励起シンチレーション発光スペクトルを示す。Nd^{3+} の 5d-4f 遷移に起因する 180 nm の発光は、Nd 濃度の大きな 3% 添加サンプルで最も強かった。図 1 (右) には、真空紫外域から近赤外域までを連続させたスペクトルを示す。一見して分かるように、レーザーで用いられている Nd^{3+} 4f-4f 遷移に起因する 1064 nm の発光が強かった。また結果として、近赤外発光は Nd 1% 添加サンプルが最も強かった。そのため少なくともシンチレータにおいては、真空紫外発光を利用したいか、近赤外発光を利用したいかによって、最適な化学組成が変わることが分かった。本講演では、シンチレーション特性を中心に、光学特性や熱蛍光特性も合わせて報告する。

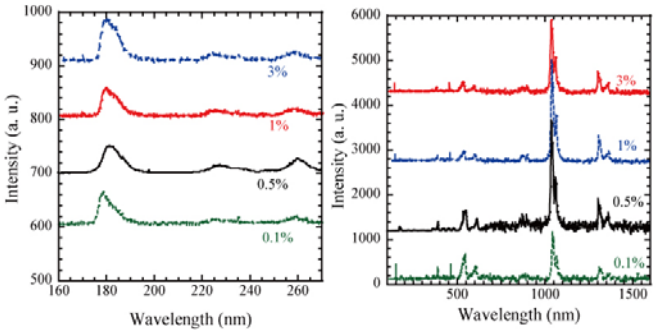

図 1 X 線励起シンチレーション発光スペクトル。真空紫外域(左)および真空紫外～近赤外域(右)。

Reference
[1] T. Yanagida, Opt. Mater., 35 1987 (2013).
[2] D. J. Robbins, J. Electrochem. Soc. 127 2694 (1980).
[3] T. Yanagida, K. Kamada, Y. Fujimoto, H. Yagi, T. Yanagitani, Opt. Mat.,35 2480 (2013).

© 2014 年　応用物理学会