

## X線レーザーを用いたシンチレータ材料の発光特性評価

### Evaluation of emission properties of scintillation materials using x-ray laser

猿倉 信彦<sup>1)</sup>, 清水 俊彦<sup>1)</sup>, 山ノ井 航平<sup>1)</sup>, Melvin John Fernandez Empizo<sup>1)</sup>,  
南 佑輝<sup>1)</sup>, 有田 廉<sup>1)</sup>, 森 一公<sup>1)</sup>, Roland Villano Sarmago<sup>2)</sup>, 圓山 桃子<sup>3)</sup>,  
錦野 将元<sup>3)</sup>, 河内 哲哉<sup>3)</sup>

Nobuhiko SARUKURA, Toshihiko SHIMIZU, Kohei YAMANOI, Melvin John Fernandez EMPIZO, Yuki MINAMI,  
Ren ARITA, Kazuyuki MORI, Roland Villano SARMAGO, Momoko MARUYAMA, Masaharu NISHIKINO,  
Testuya KAWACHI

<sup>1)</sup>大阪大学 <sup>2)</sup>フィリピン大学 <sup>3)</sup>量研機構

(概要)

次世代リソグラフィ光源の EUV や、タンパク質の構造解析を可能にする XFEL 等の次世代短波長光源の出現に伴い、それら光源の診断・同期用の高速応答性（ピコ秒以上）シンチレータの需要は高まっている。我々のグループではバルク ZnO 結晶に着目し、イメージングデバイスとしての空間分解能評価や、不純物添加 ZnO による超高速応答性実証などの成果を挙げてきた。その中で、ZnO 結晶の励起子拡散が、空間分解能や高速応答性を悪化させるという知見も得た。今回の研究では、 $\gamma$ 線等の放射線を照射したバルクの ZnO 結晶を用いる。放射線照射によって色中心を発生させる事で、空間分解能や発光寿命といったシンチレータ特性の改善が期待できる。軟 X 線レーザーを励起光源として用いて、これらの ZnO 結晶の発光特性の調査を行った。

キーワード：シンチレータ、ZnO

(1行あける)

#### 1. 目的

本研究の目的は、紫外から極端紫外領域に発光バンドを持つ酸化亜鉛(ZnO)のワイドギャップ半導体の軟 X 線レーザー励起での発光特性評価を行うことである。我々のグループのこれまでの研究では、バルク ZnO 結晶が軟 X 線レーザー(13.9 nm)励起でも紫外レーザー(351 nm)励起と同じ発光特性を持つことや、バルク ZnO 結晶のシンチレーション特性を軟 X 線レーザー用イメージングデバイスとして使用できることを示した。さらに、これらの研究から励起で発生した励起子の拡散距離の見積もりをおこなった。

今回の研究では、 $\gamma$ 線等の放射線を照射したバルクの ZnO 結晶を用いる。放射線照射によって色中心を発生させる事で、空間分解能や発光寿命といったシンチレータ特性の改善が期待できる。結晶作成後に任意に特性を変化させることができれば、応用に柔軟性が得られる。軟 X 線レーザーを励起光源として用いて、これらの ZnO 結晶の発光特性の調査を行う。

#### 2. 方法

チャンバー内に配置した ZnO 結晶に X 線レーザーを集光して照射し、その発光の位置分布を CCD カメラで測定する。発光スペクトルは 380 nm 付近と 530 nm 付近の 2 つが観測されると予測されるため、色ガラスフィルターを用いて測定する波長を選択する。CCD カメラに関しては、我々のグループの所有するものを輸送して用いる。ZnO 結晶からの発光は石英窓を通して、レンズによって CCD カメラに集光し、大気中で測定を行う。レーザーからはトリガー用の同期信号が必要であり、これを

デジタル遅延パルス発生器によって調整することにより、シングルショットでの計測を行う。時間分解能の測定では CCD でカメラをストリークカメラに変更し、同じセットアップで測定を行う。なお基本的に、サンプルを透過する形で発光の測定を行うが、サンプルの透過率や発光量が少ない場合は、X線が照射された発光面を直接観測する系に変更する予定である。

### 3. 結果及び考察

図1にその結果を示す。ここに載せたデータは 150kGy のガンマ線照射後の ZnO についての結果である。発光は弱いものの、21 ショット積算をすることで寿命を計測することができた。縦軸はストリークカメラの空間方向であり、横軸が寿命となる。縦軸について積算し、発光寿命を取り出したものが図2である。これまでの研究で ZnO は 2 成分もつことがわかっており、ここでも二重指数関数  $A\exp(-t/T_1) + B\exp(-t/T_2)$  によりフィッティングを行った。その結果発光の高速成分は 200ps となった。この結果は、以前に同光源及びストリークカメラシステムで計測した通常の ZnO シンチレータと比べ、明らかに高速化されていることがわかった。事前に猿倉研での UV 励起による実験と比較しても同様の結果がでており、このガンマ線照射による改質は有効であることが示された。

ただし、SN 比が不十分であったことより目的とする波長分解は実施できなかった。短寿命化に伴う発光効率の低下があったものと考えられ、また、照射前の ZnO の品質に関しても十分なものでなかった可能性もあり、現在より高品質なガンマ線照射 ZnO の準備に向けた議論を行っている。

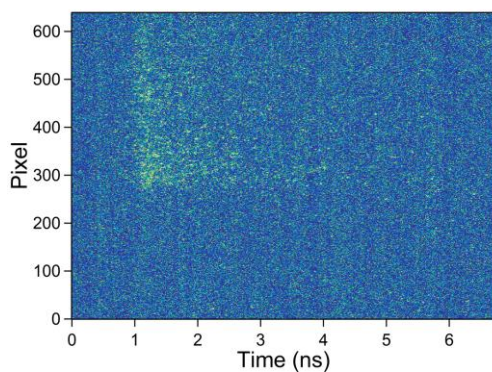


図1 放射線照射 ZnO の  
ストリークカメラによる計測結果

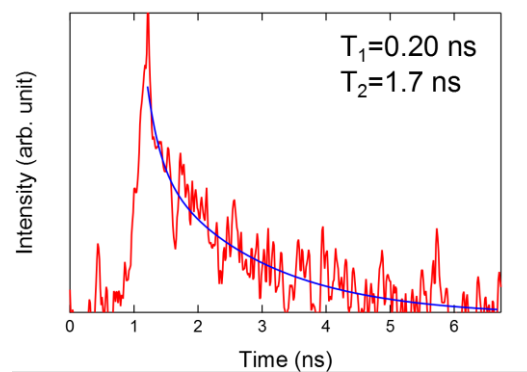


図2 発光寿命プロファイル