

## 放射線撮像検出器用シンチレータの開発

### [1] 組織

代表者：柳田 健之

(九州工業大学若手研究者フロンティア  
研究アカデミー)

対応者：青木 徹

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

南戸 秀仁 (金沢工業大学・工)

小野 晋吾 (名古屋工業大学・工)

渡辺 賢一 (名古屋大学・工)

越水 正典 (東北大学・工)

藤本 裕 (東北大学・工)

藤原 健 (東京大学・工)

三村 秀典 (静岡大学電子工学研究所)

上田 純平 (京都大学・人環)

山ノ井航平 (大阪大学・レーザー研)

中西洋一郎 (静岡大学電子工学研究所)

羽生 真之 (オキサイド)

小島 孝 (オキサイド)

千田 敦司 (オキサイド)

小池 昭史 (Anseen)

松本 修治 (旭硝子)

福田健太郎 (トクヤマ)

戸塚 大輔 (日本結晶光学)

遠藤 篤子 (神島化学工業)

宮本 由香 (千代田テクノ)

滝 和也 (住友重機械工業)

佐藤 浩樹 (古河機械金属)

犬塚 信夫 (AGC テクノガラス)

富永 和生 (日立製作所)

### [2] 研究経過

シンチレータは核医学、セキュリティ、資源探査、宇宙や素粒子といった高エネルギー物理、活断層探査など、広汎な応用範囲を有している。特にこれらの応用においては、放射線の高い透過能力を生かした撮像型検出器における利用が多い。撮像シンチレーション検出器は、大別して配列型 Si-PD を光検出器として用いた積分型検出器、多電極型光電子増倍管を用いたカウンティング型検出器の二種類があるが、最もよく用いられている二次元画像再構成手法は電荷重心演算による。そのためシンチレータの

発光量 ( $\propto$  光検出器における光電子数) が、イメージング性能においては重要となる。

そこで本研究では、新規のイメージング用のシンチレータ開発を行うことを目的とする。イメージング用と言った場合、積分型では数ミリ秒までの応答速度が許容である一方、カウンティング型ではマイクロ秒を切る応答速度が必須となる。また読み出しの光検出器の波長感度特性に合わせた蛍光波長も必要であり、カウンティング型においてはエネルギー分解能も画像の SN を上げるのには重要である。本研究では、発光量、応答速度、発光波長、エネルギー分解能と言った実用上重要な特性に焦点を合わせ、研究を行う。そのためシンチレータ研究を専門とする研究者のみならず、応用を行う研究者、また実用化の観点から企業研究者、更にはこれまでシンチレータとしては検討されてこなかった一般蛍光体材料の研究者までが参画することで、革新的なシンチレータの創製を目指すことが目的である。

本プロジェクトは、本年度が初年度であった。これまでは、組織に記載した分担研究者らが個別にシンチレータやシンチレーション検出器の研究を行い、多くの学術的な成果が出されてきた。そこで、本プロジェクトでは、これまでの成果を踏まえながら、記載した産学の研究者が一堂に会する研究会を、静岡大学にて開催し、これまでの各自の研究成果や今後の課題に関して議論を行った。この研究会を起点として、幾つかの共同研究が生まれ、新たな研究が展開されつつある。

### [3] 成果

#### (3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。これらは全て、研究代表者と分担者の共同研究の成果である。

まず第1に、今年度のノーベル物理学賞が授与された GaN 結晶のシンチレーション特性が明らかとなった (1)。GaN においては、これまで薄膜 (厚み ~ 数百 nm) のシンチレーションに関する報告は幾つかのなされていたが、放射線検出においては、荷電粒子用でさえ少なくとも 10 ミクロン程度の厚みが必要であるため、本成果は、実用的な観点からの初の成果となる

第2に、千代田テクノルのガラスバジに用いられている銀添加リン酸塩ガラスにおいて、従来の光

子 (X、ガンマ線) のみならず、 $\alpha$ 線などの荷電粒子に対して、別個の RPL 現象を示すことを明らかにした (2)。これにより、これまで光子に対する線量計測しか行ってこなかった同社のガラスバッジに、荷電粒子や、場合によってはガラス組成を改良することで、中性子に対する感度を持たせることが可能であることが分かった。

第3に、医療画像装置である SPECT の更なる感度向上に向け、機能性コリメータが提唱されているが、レーザー用の透明セラミックスコンポジットをシンチレーション検出器として用い、波形弁別を行う事で、同コリメータへ適用可能であることを明らかにした (3)。医療画像装置における解像度は、放射線の質 (均質性、強度) と検出器の性能の双方が要求されるが、シンチレーション検出器においては、コリメータ部や集光部が不感域となることが問題となっていた。本技術を用いることで、将来的には不感域をなくした医療画像装置の実現が可能となる事が予想される。

第四にパルス X 線を用いた、放射線誘起残光 (アフターグロー) 特性評価装置の開発を行った (4)。これは代表者と、浜松ホトニクス社の共同研究成果である。空港の手荷物検査器などに代表される放射線セキュリティ装置においては、用いているシンチレーション検出器の残光特性が重要である。残光が多い場合は、画像ブレになってしまうため、解像度が悪くなってしまふ。しかしながらこれまでは、メカニカルシャッターと連続 X 線を用いるシステムで、各装置メーカーが各社独自の仕様で測定しており、定量的な比較が困難であった。また時間精度においても、ミリ秒程度の現象 (e.g., コンベアスピードを 50 cm/s とし、検出器一画素を 1 mm とすれば、一ラインの検査時間は 2 ms) をミリ秒程度の時間分解能で計測していた訳であるが、当該装置を用いることで、ミリ秒程度の現象を、マイクロ秒程度の時間精度で観測する事が可能になった。同装置は発表後すぐに問い合わせが相次ぎ、既に製作を行った浜松ホトニクス社から、関連分野企業への販売が成立している。これは今後の放射線画像セキュリティ装置の更なる感度向上を行う上で、重要な研究成果である。

第五としては、放射線分野以外の展開が挙げられる。代表者や分担者らの共同研究の成果として、真空紫外域 (VUV) でのフィールドエミッションランプを開発した (5)。真空紫外域ではこれまで、主として気体光源が用いられてきたが、当該研究では、Nd添加LuF<sub>3</sub> シンチレータを薄膜化して用いるこ

とで、高効率な固体真空紫外発光源の開発に成功した。当該成果は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業最優秀賞を受賞するなど、客観的に高い評価を受けている。

### (3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトは、学外研究者との交流が飛躍的に活性化し、多数の共同研究プロジェクトに発展した。来期以降も研究会や共同研究を継続していくことで関係者の合意は取れており、さらに精力的に研究を進めたい。また、本プロジェクトで明らかになった新規シンチレータに関する成果は、従来考えられてこなかった新しい研究領域の開拓 (e.g., 実用的な半導体シンチレータ、レーザー分野での成果のシンチレータへの応用、真空紫外固体光源の開発) に結びつき、今後の発展が期待されている。当該研究プロジェクトは、産学連携、学際的異分野融合を果たすうえで、大変良い仕組みであり、今後ともご継続頂ければと考えている。

### [4] 成果資料

研究代表者、分担者に下線を記す。

(1) Evaluation of scintillation properties of GaN T. Yanagida, Y. Fujimoto, M. Koshimizu, e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, 12, 396-399 (2014).

(2) RPL in alpha particle irradiated Ag<sup>+</sup>-doped phosphate glass, Y. Miyamoto, H. Nanto, T. Kurobori, Y. Fujimoto, T. Yanagida, J. Ueda, S. Tanabe, T. Yamamoto Rad. Meas., 71 529-532 (2014).

(3) Scintillation properties of composite ceramic YAG and its capability on pulse shape discrimination, T. Yanagida, K. Watanabe, Y. Fujimoto, A. Uritani, H. Yagi, T. Yanagitani, J. Ceram. Soc. Jpn., 122 1016-1019 (2014)

(4) Development of X-ray induced afterglow characterization system, T. Yanagida, Y. Fujimoto, T. Ito, K. Uchiyama, K. Mori, Appl. Phys. Exp., 7 062401 (2014).

(5) Vacuum Ultraviolet Field Emission Lamp Consisting of Neodymium Ion Doped Lutetium Fluoride Thin Film as Phosphor, M. Yanagihara, T. Tsuji, M. Z. Yusop, M. Tanemura, S. Ono, T. Nagami, K. Fukuda, T. Suyama, T. Yanagida, A. Yoshikawa, The Scientific World Journal Vol. 2014, Article ID 309091, 5 pages (2014).