

## シンチレーション検出器を用いたX線・γ線イメージング デバイス開発

### [1] 組織

代表者：越水 正典

(東北大学大学院工学研究科)

対応者：青木 徹

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

中西 洋一郎 (静岡大学電子工学研究所)

三村 秀典 (静岡大学電子工学研究所)

黒堀 利夫 (金沢大学大学院自然科学研究科)

林 好一 (東北大学金属材料研究所)

渡辺 賢一 (名古屋大学大学院工学研究科)

佐藤 徹 (京都大学大学院工学研究科)

柳田 健之 (奈良先端科学技術大学院大学)

今北 健二 (神戸大学大学院工学研究科)

田中 一生 (京都大学大学院工学研究科)

正井 博和 (京都大学化学研究所)

荻野 拓 (東京大学大学院工学系研究科)

藤本 裕 (東北大学大学院工学研究科)

福田 健太郎 (トクヤマ)

小島 孝広 (オキサイド)

遠藤 篤子 (神島化学工業)

宮本 由香 (千代田テクノ)

大塚 信二 (AGC テクノガラス)

小池 昭史 (ANSEEN)

### [2] 研究経過

エネルギー弁別型のイメージングデバイス開発においては、半導体検出器を用いる手法と、シンチレーション検出器を用いる手法の2つがあり、それぞれ一長一短である。シンチレーション検出器を用いる場合、高計数率特性や検出効率に優れることが多いが、エネルギー分解能は半導体検出器に劣る。エネルギー分解能の向上が達成されれば、シンチレーション検出器ベースでのイメージングデバイスの弱点が克服されることとなる。そのためには、搭載するシンチレータ材料の特性向上が不可欠となる。

シンチレーション検出器のエネルギー分解能に対して影響を与えるシンチレータの特性は、①発光量と、②発光量と入射光子エネルギーとの比例関係からのずれ (いわゆる non-proportionality)、③シンチレータ材料中の不均一性、の3つである。これらのうち、①および②については、シンチレータの材料設計が必要であり、③については結晶育成技術が関連する。さらにこれらを使用してイメージングデバイスを構成する場合、読み出しに最適な光検出器 (位置敏感型の PMT、APD、MPPC) の選択も必要である。即ち、材料開発からデバイス構成まで、幅広い専門分野の研究者の連携が不可欠である。

本プロジェクトは、本年度が初年度であった。これまでの共同研究では、新規材料開発とその特性解析に焦点を絞った研究が主眼であった。本研究では、X線やγ線を検出対象とした、シンチレーション検出器ベースのイメージングデバイスの構築を目的とし、材料開発からデバイス構成までの、大学や公的研究所から民間企業まで含めた、幅広い研究者による共同研究プロジェクトを推進した。現場の研究開発担当どうしの率直な意見交換を通じ、共同研究を推進した。

以下、研究活動状況の概要を記す。

第9回次世代先端光科学研究会

開催日時：平成27年9月24日 13時～

場所：静岡大学電子工学研究所

総合研究棟 10F 会議室

参加者数：30名

講演件数：15件

### [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。

まず第1に、新規のシンチレータ材料の開発に関するものである。(1), (2), (5), (6), (7), (8) ここでは、有機物系や有機無機ハイブリッド材料、あるいは無機絶縁体・半導体をベースとしたシンチレータ材料について、その特性を明らかにしてきた。特に、放射光などのX線を検出対象とした高速シンチレータ

材料開発アプローチとして、プラスチックシンチレータベースの有機無機ハイブリッド材料の利用が有効なアプローチであることを実証してきた ((1)および(5))。

第2に、高エネルギー光子と弁別すべき対象として、高い線エネルギー付与 (LET) を有する粒子に対するシンチレータの応答性評価について、励起状態ダイナミクスの観点から明らかにしてきた ((3)および(4))。このような励起密度の観点は、 $\gamma$ 線やX線に対する応答性を議論する上でも必須の観点であるとともに、多様な放射線粒子の混在場において、粒子ごとの弁別を可能とする技術基盤を与えるものとして有用である。

#### (3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトでは、学外研究者との交流が飛躍的に活性化し、新たにいくつかの共同研究に発展した。また、本プロジェクトでは、シンチレーションのみを扱うのではなく、輝尽蛍光や熱蛍光、あるいはRPLといった多様な過程へのエネルギー消費を勘案した新たな放射線励起ダイナミクスの描像が提案された。これにより、個別の事象として別々の研究者が取り組んでいた複数の現象について、より統一的な解析が必要であることが確認され、放射線誘起蛍光体によるイメージング技術の高度化という、新たな観点からの既存分野の捉えなおしに結びついた。

本課題で開催した研究会では、現場で実際に測定や合成を行う研究者による、率直な意見交換が可能となった。このような意義深い場を提供いただいたことによる成果であることを強調したい。

#### [4] 成果資料

(1) Yuki Araya, Masanori Koshimizu, Rie Haruki, Fumihiko Nishikido, Shunji Kishimoto and Keisuke Asai, “Enhanced Detection Efficiency of Plastic Scintillators upon Incorporation of Zirconia Nanoparticles”, *Sensors and Materials*, 27 (2015) 255-261.

(2) Yutaka Fujimoto, Takayuki Yanagida, Masanori Koshimizu, and Keisuke Asai, “Photoluminescence and scintillation properties of SiO<sub>2</sub> glass activated with Eu<sup>2+</sup>”, *Sensors and Materials*, 27 (2015) 263-268.

(3) Takayuki Yanagida, Masanori Koshimizu, Satoshi Kurashima, Kazuhiro Iwamatsu, Atsushi Kimura, Mitsumasa Taguchi, Yutaka Fujimoto, and Keisuke Asai, “Linear energy transfer effects

on time profiles of scintillation of Ce-doped LiCaAlF<sub>6</sub> crystals”, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B*, 365 (2015) 529.

(4) M. Koshimizu, K. Iwamatsu, M. Taguchi, S. Kurashima, A. Kimura, T. Yanagida, Y. Fujimoto, K. Watanabe, and K. Asai, “Influence of linear energy transfer on the scintillation decay behavior in a lithium glass scintillator”, *J. Lumin.*, 169 (2016) 678.

(5) M. Koshimizu, G.H.V. Bertrand, M. Hamel, S. Kishimoto, R. Haruki, F. Nishikido, T. Yanagida, Y. Fujimoto, K. Asai, “X-Ray Detection Capability of Bismuth-Loaded Plastic Scintillators”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 54 (2015) 102202.

(6) T. Yanagida, M. Koshimizu, and G. Okada, “Scintillation properties of undoped CdS for ionizing radiation detectors”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 55 (2016) 02BC03.

(7) Kei Watanabe, Masanori Koshimizu, Takayuki Yanagida, Yutaka Fujimoto, and Keisuke Asai, “Luminescence and scintillation properties of La<sup>3+</sup> and La,Ag-doped CsPbCl<sub>3</sub> single crystals”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 55 (2016) 02BC20.

(8) Keiichi Saeki, Yutaka Fujimoto, Masanori Koshimizu, Takayuki Yanagida, and Keisuke Asai, “Comparative study of scintillation properties of Cs<sub>2</sub>HfCl<sub>6</sub> and Cs<sub>2</sub>ZrCl<sub>6</sub>”, *Appl. Phys. Express*, 9 (2016) 042602.

出張報告

氏名：  
所属：  
期間：  
用務先：  
用務内容：  
主たる対応者：