

イメージング用放射線誘起蛍光体の開発

[1] 組織

代表者：柳田 健之

(奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科)

対応者：青木 徹

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

南戸 秀仁 (金沢工業大学工学部)

小野 晋吾 (名古屋工業大学工学研究科)

越水 正典 (東北大学工学研究科)

藤本 裕 (東北大学工学研究科)

渡辺 賢一 (名古屋大学工学研究科)

上田 純平 (京都大学人間環境学研究科)

山ノ井 航平 (大阪大学レーザーエネルギー学一学研究センター)

岡田 豪 (奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科)

羽生 真之 (オキサイド)

小島 孝広 (オキサイド)

小池 昭史 (Anseen)

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)

藤原 健 (産業技術総合研究所)

[2] 研究経過

シンチレータは核医学 (PET、SPECT)、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イメージング型検出器における利用が多い。イメージング用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、双方において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である。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、すなわち解像度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となる場合もある。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。

本プロジェクトでは、昨年度に引き続き、継続的に研究活動を展開した。基本的に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を世に送り出した。本プロジェクトでは、それらの成果を踏まえ、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忌憚なく議論を行った。結果として、この研究会を起点とし、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、中性子イメージング用の検出器として波長シフトファイバと LiCAF シンチレータを用いた新規検出器の開発を行った。これにより国産シンチレータを用いた高解像度な熱中性子イメージャー実現の可能性が示された (1)。

第2に、イメージングプレートに用いられる輝尽

性蛍光体として、Eu添加SiO₂の開発を行った。当該材料からは強い輝尽蛍光のみならずシンチレーション光も観測され、放射線計測用途に適する事が明らかとなった (2)。

第3に、新規Li含有ガラスシンチレータの開発を行った。これまで中性子計測用にLi-glassシンチレータが販売されていたが、蛍光減衰時定数が余り早くなく、高レートな検出器に利用できないことが問題であった。当該研究においては、このガラス組成を調整することで、数ナノ秒の高速な減衰時定数を有する新規ガラスシンチレータの開発に成功した (3)。

第四に半導体の性能と従来のシンチレータとしての性能を併せ持つ、半導体シンチレータの研究を行った。これまでTe添加CdSシンチレータの研究は広く行われてきたが、無添加CdSにおける検討例はなく、その発光の物性的な起源を探る事は重要な課題であった。当該研究により、無添加CdSには大別して4波長域のシンチレーション発光が存在する事が明らかとなった (4)。

第五としては、千代田テクノルのガラスバッジでも利用されているRadiophotoluminescence現象を利用した新規放射線検出器開発が挙げられる。当該研究においては、Sm²⁺とSm³⁺の放射線照射における価数変化を詳細に観測する事で、放射線照射量の計測が可能であることを明らかにした (5)。これは将来的なマイクロビーム放射線治療を展開していくうえで、画期的な成果である。

第六に、汎用構造材であるイットリア安定化ジルコニア (YSZ) の放射線検出特性の発見が挙げられる。YSZは様々な応用において、部材として用いられており、仮に放射線検出が行える場合、これまでのパッシブな用途に加え、アクティブに利用する事も可能となり、応用の幅も広がる。当該研究においては、市販のYSZより、シンチレーション、熱蛍光、輝尽蛍光といった放射線誘起蛍光を観測しており、放射線計測用途に利用できることを実験的に示した (6)。

第七としては、パワー半導体として近年研究が盛んになっているGa₂O₃におけるシンチレーション特性の発見が挙げられる。これまでの半導体シンチレータの研究においては、¹³⁷Csガンマ線照射時の波高値スペクトルで明瞭な光電吸収ピークが観測された例はほとんどない。当該研究においては数ナノ秒の高速な発光と共に、高いシンチレーション発光量 (14000 ph/MeV) も観測され、今後の半導体シンチレータ研究における新たな方向性を示すものであった。

(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、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., Smの価数変化を利用した新しいイメージング用のドзимーター) 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) Wavelength-shifting fiber signal readout From Transparent Rubber SheeT (TRUST) type LiCaAlF₆ neutron scintillator K. Watanabe, T. Yamazaki, D. Sugimoto, A. Yamazaki, A. Uritani, T. Iguchi, K. Fukuda, S. Ishidu, T. Yanagida, Y. Fujimoto, Nucl. Instrum. Methods A, 784 260-263 (2015).

(2) Photoluminescence and Scintillation Properties of SiO₂ Glass Activated with Eu²⁺, Y. Fujimoto, T. Yanagida, M. Koshimizu, K. Asai, Sensors and Materials, 27 (3) 263-268 (2015)

(3) Optical and scintillation properties of Ce-doped 34Li₂O-5MgO-10Al₂O₃-51SiO₂ glass, T. Yanagida, J. Ueda, H. Masai, Y. Fujimoto, S. Tanabe, J. Non-crystalline Solids, 431 140-144 (2015).

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

(5) Radioluminescence properties of Sm-doped fluorochlorozirconate (FCZ) glasses and glass-ceramics, G. Okada, A. Edgar, S. Kasap, T. Yanagida, Jpn. J. Appl. Phys., 55 02BC07 (2015).

(6) Scintillation, OSL and TSL Properties of Yttria Stabilized Zirconia Crystal, D. Nakauchi, G. Okada, T. Yanagida, J. Lumin., 169 61-64 (2015).

(7) Fast and high light yield scintillation in Ga₂O₃ semiconductor material, T. Yanagida, G. Okada, T. Kato, D. Nakauchi, S. Yanagida, Appl. Phys. Exp., 9 042601 (2016).

出張報告

氏名：
所属：
期間：
用務先：
用務内容：
主たる対応者：