News Release
2019.12.20

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
株式会社C&A
国立大学法人東北大学

PET 検査用の Ce:GAGG シンチレーター結晶を 4 インチ径で製造する技術を確立
―PET の性能向上により、小さながんの早期発見を実現―

NEDO の「戦略的基盤技術高度化支援事業」で得た成果を元に、(株)C&Aと東北大学は、がん検査などに使われる陽電子放射断層撮影装置(PET)用のセンサー素子であるセリウム添加ガドリニウムアルミニウムガリウムガーネット(Ce:GAGG)シンチレーター結晶を、直径 4 インチ(101.6mm)、長さ150mm、ひび割れなし(クラックフリー)で製造する技術を確立しました。

Ce:GAGG は、従来の PET 用シンチレーター結晶材料と比べて 2 倍程度の発光量を持つため、PET 用シンチレーター結晶の高発光量化・高感度化による PET の特性向上が見込めますが、蛍光寿命が長く PET には適していませんでした。今回、最適な共添加剤とその最適濃度を見いだし、高い発光量を保ちつつ蛍光寿命を短くすることで、高速時間応答を実現し、PET にも適用できるようになりました。

本技術の活用により、PET 検査で小さながんでも早期に発見でき、がん患者の医療費の削減と QOL(生活の質)向上に寄与することが期待されます。

図 直径 4 インチの Ce:GAGG シンチレーター結晶

1. 概要

近年、がん細胞の検知やアルツハイマー病の部位の同定に陽電子放射断層撮影装置(PET:Positron Emission Tomography)による検査が行われています。PET 検査では、ポジトロン(陽電子)を発生する薬剤を体内に注入し、ポジトロン核種が放出する放射線を特殊なカメラで検出することで、脳や心臓などに薬剤が集積する様子を断層写真に収めます。PET のセンサーヘッドは、ポジトロン核種からの放射線を光に変換する結晶(シンチレーター結晶)と受光素子からなる放射線検出器で構成されているため、PET の高性能化には、高速時間応答、高発光量、高感度で高いエネルギー分解能を持つシンチレーター結晶が必要です。現行の PET 用シンチレーター結晶には、

セリウム添加ルテチウムイットリウムオルソシリケート（Ce：$(Lu_{1-x}Y_x)_2SiO_5$ （Ce：LYSO））などが用いられていますが、精密な温度制御が要求されるほか、原料の大部分を中国産に依存しており、近年その価格が高騰しているなど、供給が不安定という課題がありました。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、2015 年度に「戦略的基盤技術高度化支援事業」[※1] を開始し、株式会社C＆Aおよび国立大学法人東北大学と共同で、Ce：LYSO に代わるシンチレーター結晶の製造技術の開発に取り組んできました。その中で 3 者は、PET 検査に必要な密度を持ち、発光量が Ce：LYSO の 2 倍程度のセリウム添加ガドリニウムアルミニウムガリウムガーネット（Ce：$Gd_3(Al,Ga)_5O_{12}$（Ce：GAGG））に着目し、ガーネット型構造結晶特有の問題である成長時の結晶のねじれとひび割れ（クラック）を抑制する方法論を見いだすことで、2017 年に直径 3 インチ（76. 2mm）のシンチレーター結晶製造技術を確立しました。

ただ Ce：GAGG には、Ce：LYSO よりも蛍光寿命[※2] が長く PET には適さないという課題がありました。

そこで NEDO 事業終了後に、（株）C＆Aと東北大学は、高発光量を維持しつつ蛍光寿命の短寿命化（応答時間の高速化）を実現するために最適な共添加剤とその最適濃度を見出し、蛍光寿命が Ce：LYSO と同等の 40ns 程度まで高速化する組成方法を確立しました。さらに、NEDO 事業成果である結晶サイズの大口径化とねじれ成長の抑制方法論を発展させ、Ce：GAGG シンチレーター結晶を、直径 4 インチ（101. 6mm）、長さ 150mm、クラックフリーで製造する技術を確立しました。

本技術の活用により、PET に用いるシンチレーター結晶の高速時間応答、高発光量、高感度化などが見込まれ、PET の解像度が向上することから、より早期での小さながんの発見が可能となり、がん患者の医療費削減と QOL（生活の質）向上に寄与することが期待されます。

2. 今回の成果

Ce：GAGG シンチレーター結晶は発光量が多く、発光波長が半導体光検出器のピーク感度に近いため、ガンマ線などの放射線検出器用として注目されていました。しかしながら、従来は直径 2 インチ（50. 8mm）の結晶までで大きな検出器には対応できませんでした。今回の大口径化成功により大型の検出器にも対応可能になり、大型化によるコスト削減効果も見込めます。

一方、がんなどの検査に使用される PET に使うためには、小さな結晶を配列した素子（アレイ）が必要になります。Ce：GAGG シンチレーター結晶は Ce：LYSO シンチレーター結晶に比べて発光量が多いため、アレイに使用する個々の結晶を小さくできることから、PET の解像度が向上し、より早期の小さながんの発見が可能となります。

さらに今回、添加剤の工夫により、減衰時間の早い高速型 Ce：GAGG シンチレーター結晶の製造技術の開発に成功したことで、医療画像装置や非破壊検査装置など幅広い用途への適用が期待されます。

表 シンチレーターの特性比較

特性／結晶種類	高速型 Ce:GAGG	Ce:GAGG	Ce:LYSO
発光量(photon／MeV)	46,000	56,000	27,000
減衰時間(ns)	30-40	90	40
エネルギー分解能(%@662KeV)	5	5	10
密度(g／cm^3)	6.7	6.7	7.3
発光波長(nm)	520	520	420
自己放射能	無	無	有

3. 今後の予定

乳がん用 PET のみならず、局部用 PET や環境モニター用コンプトンカメラ、欧州原子核研究機構(CERN)の次世代検出器、イタリア国立天体物理学研究所(INAF)の放射線天文学用検出器などへの採用の検討も本格的に始まっており、引き続き、世界の放射線検出器・非破壊検査装置・医療画像装置への採用を目指します。

【注釈】

※1 「戦略的基盤技術高度化支援事業」

テーマ名:産業競争力の源泉としての ICT、ナノテクノロジー、環境技術に関する技術／次世代高分解能 PET 装置を拓く、新規高性能シンチレータの量産技術開発

事業期間:2017 年度

※2 蛍光寿命

励起された蛍光体が光ってから消えるまでの時間(厳密には発光強度が 1／e となるまでの時間)です。この時間が長いと次々と飛んでくるガンマ線の信号の弁別ができず、数え落としにつながってしまいます。

4. 問い合わせ先

(本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先)

NEDO イノベーション推進部 担当:板倉、伊吹 TEL:044-520-5171

(株)C&A 担当:吉川 TEL:022-393-8285 E-mail:info@c-and-a.jp

東北大学 担当:鎌田 TEL:022-215-2214 E-mail:yl-sec@imr.tohoku.ac.jp

(その他 NEDO 事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 広報部 担当:佐藤、坂本、中里 TEL:044-520-5151 E-mail:nedo_press@ml.nedo.go.jp