

平成 21 年 6 月 19 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18390338
 研究課題名（和文）
 高分解能高感度動物 PET 装置の開発と分子イメージングへの応用
 研究課題名（英文）
 Development of high sensitivity, high resolution animal PET system for molecular imaging research
 研究代表者 山本 誠一（YAMAMOTO SEIICHI）
 神戸市立工業高等専門学校・教授
 研究者番号 00290768

研究成果の概要：

シンチレータのガンマ線の突き抜けによる性能劣化の問題点を解決した深さ方向の弁別可能な(depth-of-interaction(DOI)高分解能高感度動物 PET 装置の開発を行った。そのための“シンチレータ積層-波形解析方式”を用いた 3 層 DOI 検出器を開発した。PET 用検出器の電子回路の開発も行った。さらに開発した検出器をリング状に配置した小型動物用 PET 装置を組み上げデータ収集と画像再構成を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
18 年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
19 年度	9,900,000	2,970,000	12,870,000
20 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	15,200,000	4,560,000	19,760,000

研究分野： 医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：PET、高分解能、高感度、分子イメージング

1. 研究開始当初の背景

ポジトロンエミッショントモグラフィ（PET）は生体の機能を高い精度で画像化できるため、分子イメージング研究における中核的な機器として注目されている。分子イメージング研究において遺伝子発現や再生医療における再生細胞の機能評価、あるいは新規薬剤の薬効評価等の研究を進めるためには動物用の PET 装置（動物 PET 装置）が必要である。しかし現状の動物 PET 装置はこれらの

研究を効率的に進めるためには空間分解能、感度ともに不十分である。

動物 PET 装置においては、対象物がラットやマウスのように小動物が中心であるため、空間分解能が高いことが要求される。空間分解能を高めるためには薄い検出器セルを採用する必要があるが、検出器セルが薄くなると斜め方向から入射するガンマ線がシンチレータの深い位置で検出された場合にセルを通過する事象が起こり、空間分解能が劣化

する。この問題点は、深さ方向の情報を得ることのできる（これをDepth-of-interaction: DOIという）検出器を用いることで解決される。しかし平面方向と深さ方向の情報を同時に高い精度で得ることが可能なガンマ線検出器は技術的に実現が困難であった。

2. 研究の目的

本研究課題では、上記問題点を解決するために高分解能高感度動物PET装置用検出器の開発を行う。また検出器用の電子回路の試作を行い、さらに開発した検出器をリング状に配置した小型動物用PET装置を組み上げデータ収集と画像再構成を可能にする。

3. 研究の方法

図1に本研究において考案した3層DOI検出器の原理を示す。GSOシンチレータがCe濃度のより発光減衰時間が調整できることを利用し、3種のCe濃度の異なるGSOを深さ方向に積層する。積層したGSOブロックを位置有感型光電子増倍管（PSPMT）に接続する。

深さ方向はPSPMTの位置情報を演算することで求め、DOI方向は3種のGSOの発光減衰時間を測定することで求める。この方式により3層のDOI検出器が開発可能となる。

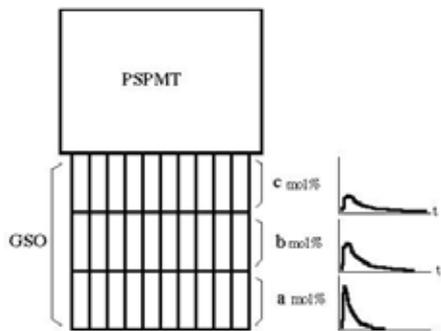


図1 3種のCe濃度の異なるGSOを用いたDOIブロック検出器の原理

図2に開発したGSOブロック検出器の写真を示す。GSOは1.5 mol% (decay time ~ 40ns)、0.5 mol% crystal (~60ns)、0.4 mol% (~80ns)を深さ方向に積層した。これらの3種のGSOは深さ方向に光学結合した。

GSOシンチレータのサイズはそれぞれ1.9mm x 1.9mm x 4mm (1.5 mol%)、1.9mm x 1.9mm x 5mm (0.5 mol%)、and 1.9mm x 1.9mm x 6mm

(0.4 mol%)とした。これらのGSOシンチレータを22x22のマトリクスに配置しGSOブロックとした。シンチレータの個数は1ブロック当り1452個となる。反射材には高反射膜（ESR）を用いた。このGSOブロックをPSPMT（FP-PMT、浜松ホトニクス H8500）に光学結合することで検出器ブロックを作成した。発光減衰時間の評価には2積分法による波形解析を用いた。

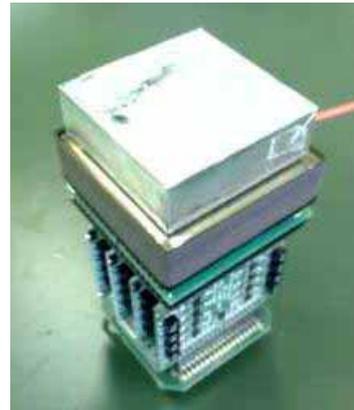


図2 開発した3層GSO-DOI検出器

この検出器ブロック8個作成し、112mm直径のリングに配置しPET装置を構成した。開発したPET装置の写真を図3に示す。またPET用の電子回路も開発した。

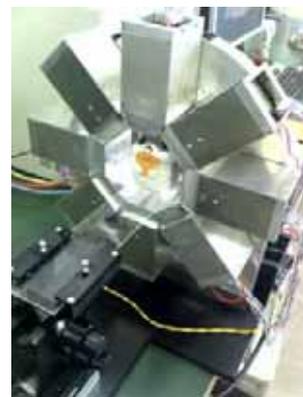


図3 3層GSO-DOI-PET装置

4. 研究成果

開発した検出器ブロックの2次元位置応答分布を図4に示す。22x22に配置したGSOの位置を明確に分解することができた。分布のピークの計数と谷における計数の比を求めたところ、平均で4程度であった。

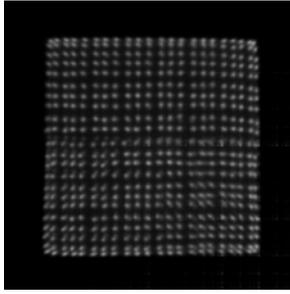


Fig. 4 GSO ブロック検出器の2次元位置応答関数

開発した3層 DOI 検出器ブロック全体における波形解析スペクトル(A)とエネルギースペクトル(B)を図5にそれぞれ示す。波形解析スペクトルにおいては3種の発光減衰時間に対応する3つのピークが得られた。またエネルギースペクトルにおいては単一のピークが得られ、検出器全体に比較的揃った発光が得られていることが確認できた。

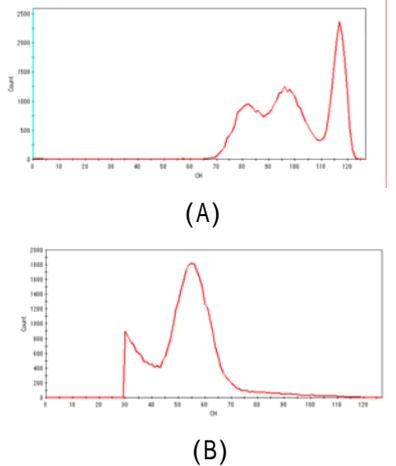


図5 3層 DOI 検出器ブロックの波形解析スペクトル(A)とエネルギースペクトル(B)

図6に3層 GSO 検出期間で得られた時間スペクトルを示す。時間分解能は6nsFWHMであった。

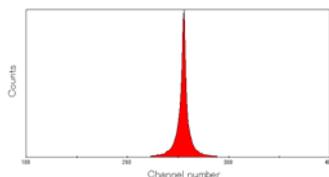


図6 3層 GSO 検出期間で得られた時間スペクトル

1層目間の同時計数で得られた5mm 間隔で配置した5個の点線源のサイノグラム(A)

と再構成画像(D)を図7にそれぞれ示す。ともに優れた空間分解能の画像として得ることができた。2層目間(B)と(E)、3層目間(C)と(F)も同様に再構成画像を得ることができた。

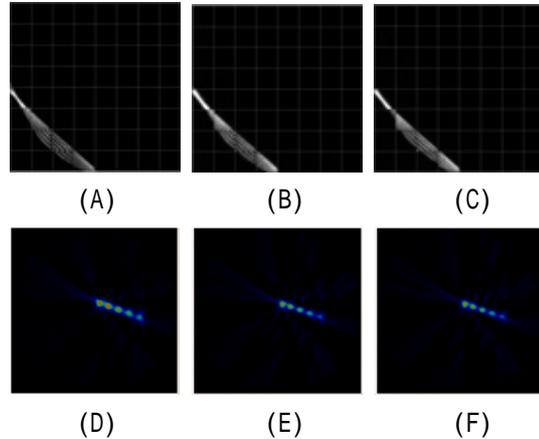


図7 1層目間の同時計数で得られた5個の点線源のサイノグラム(A)と再構成画像(D)、同2層目間(B)と(E)、3層目間(C)と(F)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- 1) S. Yamamoto, "A Dual Layer DOI GSO Block Detector for a Small Animal PET", Nucl. Instr. Meth.-A, vol. 598, pp.480-484, 2009
- 2) S. Yamamoto, "Optimization of the integration time of pulse shape analysis for dual layer detector with different amount of Ce", Nucl. Instr. Meth.-A, vol. 587, pp. 319-323, 2008

〔学会発表〕(計6件)

- 1) S. Yamamoto, "Three layers GSO block detectors for small animal PET system" IEEE Medical Imaging Conferenc, Dresden, Germany, 2008
- 2) S. Yamamoto, H. Ishibashi "DOI-block detectors using LGSOs with different

decay times” IEEE Medical Imaging Conference , Dresden, Germany, 2008

- 3) S. Yamamoto : “ Possibility evaluation for the three to four layer DOI detector using GSOs ” , Journal of Nuclear Medicine (Proceedings of the SNM 54th Annual Meeting), vol. 48, no. 6, 164P, 2007.
- 4) S. Yamamoto, N. Shimura, H. Ishibashi : “ Performance Comparison of Two DOI-GSO Block Detectors with Different Fabrication Methods ” , 2006 Medical Imaging Conference , San Diego CA , USA, 2006
- 5) S. Yamamoto, K. Matumoto and M. Senda : “ A large field of view positron imager based on one-dimensional sharing block detectors, Society of Nuclear Medicine annul meeting , San Diego , CA , USA, 2006
- 6) S. Yamamoto : “ Dual layer GSO block detectors for a small animal PET ” , Society of Nuclear Medicine annul meeting , San Diego , CA , USA, 2006

〔図書〕(計1件)

- 1) 山本誠一、他 : “ 非侵襲・可視化技術ハンドブック - ナノ・バイオ・医療から情報システムまで ” (小川誠二ほか監修) (株)エヌ・ディー・エス、2007

〔産業財産権〕

出願状況 (計1件)

特願平 10-223427

6 . 研究組織

(1)研究代表者

山本誠一 (YAMAMOTO SEIICHI)

神戸市立工業高等専門学校 教授

研究者番号 : 00290768

(2)研究分担者

工藤博幸(KUDO HIROYUKI)

筑波大学情報工学部 准教授

研究者番号 : 60221933

千田道雄(SENDA MICHIO)

先端医療振興財団先端医療研究所副所長

研究者番号 : 00216556