

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-292597

(P2007-292597A)

(43) 公開日 平成19年11月8日(2007.11.8)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 T 1/20 (2006.01)</b>	GO 1 T 1/20 B	2GO88
	GO 1 T 1/20 D	
	GO 1 T 1/20 E	
	GO 1 T 1/20 G	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2006-120680 (P2006-120680)	(71) 出願人	000004455 日立化成工業株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号
(22) 出願日	平成18年4月25日 (2006. 4. 25)	(71) 出願人	301032942 独立行政法人放射線医学総合研究所 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
		(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 禎男
		(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100065189 弁理士 穴戸 嘉一
		(74) 代理人	100088694 弁理士 弟子丸 健

最終頁に続く

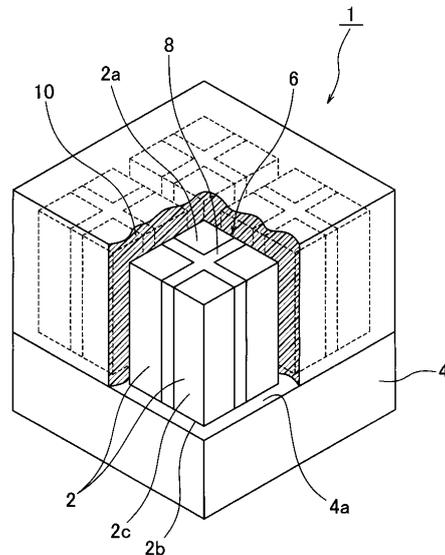
(54) 【発明の名称】 放射線検出器

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 個々のシンチレータ素子の蛍光出力特性が不均一であっても2次元位置弁別精度の低下を防止することができる放射線検出器を提供する。

【解決手段】 放射線検出器1は、2次元的に配置された複数のシンチレータ素子2と、複数のシンチレータ素子2と光学的に結合された受光素子4とを有する。複数のシンチレータ素子2のうちの隣接した少なくとも2つのシンチレータ素子2によってセル6が構成される。同じセル6を構成する隣接したシンチレータ素子2の間は光学的に結合される。異なるセル6を構成する隣接したシンチレータ素子2の間は光学的に遮断される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

2次元的に配置された複数のシンチレータ素子と、上記複数のシンチレータ素子と光学的に結合された受光素子とを有する放射線検出器であって、

上記複数のシンチレータ素子のうちの隣接した少なくとも2つのシンチレータ素子によってセルが構成され、

同じセルを構成する隣接したシンチレータ素子とシンチレータ素子との間は光学的に結合され、

異なるセルを構成する隣接したシンチレータ素子とシンチレータ素子との間は光学的に遮断されることを特徴とする放射線検出器。

10

## 【請求項 2】

上記シンチレータ素子は、上記受光素子に結合される結合底面と、その反対側の上面を有し、

上記上面は、光学的に遮断される、請求項 1 に記載の放射線検出器。

## 【請求項 3】

セル内を構成するシンチレータ素子の数が4個以下である、請求項 1 又は 2 に記載の放射線検出器。

## 【請求項 4】

シンチレータ素子が希土類酸化物単結晶であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか1項に記載の放射線検出器。

20

## 【請求項 5】

上記受光素子は、複数のシンチレータ素子の蛍光を個別の検出することが可能な多チャンネルタイプであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか1項に記載の放射線検出器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、放射線検出器に関し、更に詳細には、複数のシンチレータ素子を用いて、シンチレータ素子に入射した放射線の2次元位置を検出する放射線検出器に関する。

## 【背景技術】

30

## 【0002】

2次元的に配列された多数のシンチレータ素子と、シンチレータ素子に光学的に結合させた受光素子とを組合せた放射線検出器が知られている(例えば、特許文献1~3参照)。かかる放射線検出器は、放射線検出器に入射した放射線の位置情報を得ることができる位置弁別機能を有しており、位置弁別機能を利用する装置、例えば、医療診断装置である陽電子放射断層撮像装置(positron emission tomography; 以下、「PET」という)等に用いられている。

## 【0003】

しかしながら、放射線検出器を構成する個々のシンチレータ素子の蛍光出力特性が僅かずつ異なる場合、多数のシンチレータ素子が不均一に2次元的に配列されることになり、放射線検出器の2次元位置弁別精度を低下させることがある。

40

## 【0004】

従来、2次元位置弁別精度の低下を防止するために行われていた手法は、蛍光出力特性がほぼ同じシンチレータ素子を選択して、それを2次元的に配列することであった。具体的には、シンチレータ素子1つ1つについて、シンチレータ素子を受光素子に光学的に結合させ、シンチレータ素子に放射線を照射して、シンチレータ素子の蛍光出力を予め測定しておく。全てのシンチレータ素子の測定が終わったら、シンチレータ素子を蛍光出力の大きさに従った順番で並べる。そして、蛍光出力が近いシンチレータ素子を選択して、2次元的に配列し、放射線検出器を構成する。このようにして、放射線検出器の2次元位置弁別精度の低下を防止していた。

50

## 【0005】

【特許文献1】特開昭63-047686号公報

【特許文献2】特開平03-185385号公報

【特許文献3】特開昭61-050087号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

上記手法は、PETに搭載されるシンチレータ素子（結晶）の数が数百程度と少数であるときには、実現可能であり、有用である。しかしながら、搭載されるシンチレータ素子の数が数万程度と多数になる現在のPETにおいて1つ1つのシンチレータ素子の蛍光出力を測定することは膨大な時間と労力がかかり、実現することは相当困難になる。

10

## 【0007】

従って、1つ1つのシンチレータ素子の蛍光出力の測定作業を行わなくても、2次元位置弁別精度を低下させない放射線検出器が望まれていた。

## 【0008】

そこで、本発明の目的は、個々のシンチレータ素子の蛍光出力特性が不均一であっても2次元位置弁別精度の低下を防止することができる放射線検出器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明の発明者は、2次元的に配列されたシンチレータ素子が光学的に結合されている場合、1つのシンチレータ素子が放射線を吸収したときに生じる蛍光が、隣接したシンチレータ素子をまたがって伝搬されることにより、蛍光出力が隣り合うシンチレータ素子に分配され、個々のシンチレータ素子の蛍光出力特性が異なっても、シンチレータ素子に対応する受光素子に到達する蛍光量が平均化される特性を見出した。本発明は、創意工夫の結果、上記特性を効果的に利用した放射線検出器に関するものである。

20

## 【0010】

上記目的を達成するために、本発明による放射線検出器は、2次元的に配置された複数のシンチレータ素子と、複数のシンチレータ素子と光学的に結合された受光素子とを有する放射線検出器であって、複数のシンチレータ素子のうちの隣接した少なくとも2つのシンチレータ素子によってセルが構成され、同じセルを構成する隣接したシンチレータ素子とシンチレータ素子との間は光学的に結合され、異なるセルを構成する隣接したシンチレータ素子とシンチレータ素子との間は光学的に遮断されることを特徴としている。

30

## 【0011】

このように構成された放射線検出器によれば、同じセル内では、シンチレータ素子とシンチレータ素子との間が光学的に結合されていると共に、異なるセル内では、シンチレータ素子とシンチレータ素子との間が光学的に遮断されている。従って、1つのシンチレータ素子が放射線を吸収したときに生じる蛍光は、同じセル内の隣接したシンチレータ素子をまたがって伝搬されて、蛍光出力が隣り合うシンチレータ素子に分配されると共に、異なるセルへは伝搬しない。その結果として、同じセル内の個々のシンチレータ素子からそれぞれに対応する受光素子に伝達される蛍光出力が効果的に平均化される。従って、個々のシンチレータ素子の発光量が異なり、蛍光出力特性が不均一であっても、従来技術のように1つ1つのシンチレータ素子の蛍光出力の測定作業を行う必要がなく、2次元位置弁別精度の低下を防止することができる。

40

## 【0012】

上記本発明の放射線検出器において、好ましくは、シンチレータ素子は、受光素子に結合される結合底面と、その反対側の上面を有し、上面は、光学的に遮断される。

## 【0013】

このように構成された放射線検出器では、セル内に生じた蛍光出力が上面から漏れないので、受光素子に伝達される蛍光出力の平均化が更に効果的に行われる。

## 【0014】

50

上記本発明の放射線検出器において、好ましくは、セル内を構成するシンチレータ素子の数が4個以下である。

【0015】

上記本発明の放射線検出器において、好ましくは、シンチレータ素子が希土類酸化物単結晶である。

【0016】

上記本発明の放射線検出器において、好ましくは、受光素子は、複数のシンチレータ素子の蛍光を個別の検出することが可能な多チャンネルタイプである。

【発明の効果】

【0017】

本発明による放射線検出器は、個々のシンチレータ素子の蛍光出力特性が不均一であっても2次元位置弁別精度の低下を防止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、図面を参照して本発明による放射線検出器の実施形態を説明する。図1は、本発明による放射線検出器の部分的な斜視図である。

【0019】

放射線検出器1は、2次元的に配置された複数のシンチレータ素子2と、複数のシンチレータ素子2と光学的に結合された受光素子4とを有している。

【0020】

シンチレータ素子2は、望ましくは、吸湿性がない固体シンチレータからなり、更に望ましくは、蛍光量が比較的大きい希土類酸化物単結晶からなる。例えば、シンチレータ素子2は、Ce添加  $\text{Lu}_2\text{SiO}_5$  (LSO)、Ce添加  $\text{Gd}_2\text{SiO}_5$  (GSO)、 $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  (BGO) からなることが好ましい。

【0021】

シンチレータ素子2は、四角柱形状をなし、放射線が入射する側に位置する上面2aと、その反対側に位置し且つ受光素子4と結合される結合底面2bと、4つの側面2cとを有している。これらの面2a、2b、2cは、鏡面に加工されていてもよいし、粗面に加工されていてもよい。

【0022】

シンチレータ素子2は、その側面2c同士が隣り合うように、2次元的に配列されている。本実施形態では、シンチレータ素子2は、平面的な2次元に配列されているが、円筒状の2次元に配列されてもよい。図1では、4列×4列に配列された16個のシンチレータ素子2を示している。

【0023】

また、複数のシンチレータ素子のうちの2列×2列の4つのシンチレータ素子2によって、1つのセル6が構成されている。セル6を構成するシンチレータ素子2の数は、少なくとも2つあればよいが、多すぎると、受光素子に伝達される蛍光出力の平均化の効果が小さくなるので、4個以下であることが好ましい。

【0024】

1つのセル6を構成する隣接したシンチレータ素子2同士の間は、側面2cを介してオプティカルグリース8によって光学的に連結されている。オプティカルグリース8を用いる代わりに、空気層を配置してもよい。また、異なるセル6を構成する隣接したシンチレータ素子2同士の間は、光を反射する多層重合反射材10によって光学的に遮断されている。即ち、セル6同士の間は、光学的に遮断される。更に、シンチレータ素子の上面2aも多層重合反射材10によって光学的に遮断されていることが好ましい。

【0025】

受光素子4は、1つシンチレータ素子に対して1つの出力を発生させるタイプのものがあるのがよい。この場合、複数の1チャンネルタイプの受光素子を用意し、それらをシンチレータ素子ごとに用いてもよいし、複数のシンチレータ素子の蛍光を個別の検出するこ

10

20

30

40

50

とが可能な多チャンネルタイプの受光素子を用いてもよい。図1では、多チャンネルタイプの受光素子を示している。受光素子4は、複数のシンチレータ素子の結合底面と結合される上面4aを有している。

【0026】

変形例として、セル6を構成するシンチレータ素子2を、図2～図4に示すように配列してもよい。図2～図4は、変形例のセルの概略的な平面図である。例えば、図2に示すセル6'のように、シンチレータ素子2を直線的に配列してもよいし、図3に示すセル6''のように、シンチレータ素子2をL字形に配列してもよいし、図4に示すセル6'''のように、大きさの異なるシンチレータ素子2を組合せてもよい。

【0027】

次に、図5を参照して、実際に製作した放射線検出器を説明する。図5は、本発明の実施形態による放射線検出器と比較例の放射線検出器の一部分を示す平面断面図である。

【0028】

本発明の実施例として、図5の(a)に示す放射線検出器20を作成した。放射線検出器20において、上面2a及び底面2cが1.4mm×1.4mmで高さが4.5mmの144個のシンチレータ素子を12列×12列に配列した。後述する受光素子4に合わせるために、シンチレータ素子2のピッチを3.25mmとした。また、2列×2列の4個のシンチレータ素子2によって、セル6を構成した。従って、セル6は、6列×6列になった。受光素子4として、アノード出力位置感応型光電子増倍管(浜松ホトニクス社製 H9500)を使用した。この光電子増倍管は、52mm×52mm角で16ch×16ch = 256chのものであり、そのうちの12ch×12ch = 144chを、シンチレータ素子2と整列させて使用した。

【0029】

セル6内のシンチレータ素子2の側面同士を、オプティカルグリース8(信越化学工業社製シリコンオイルKF96H(100万CS))を用いて光学的に結合させた。また、セル6とセル6との間及びシンチレータ素子2の上面2aを、多層重合反射材10(住友スリーエム社製 ESR)で覆った。

【0030】

また比較例として、図5の(b)に示す放射線検出器22を作成した。比較例の放射線検出器22は、実施例の放射線検出器20のセル6内のシンチレータ素子2をオプティカルグリース8で光学的に結合する代わりに、多層重合反射材10を配置したものである。比較例のシンチレータ素子の不均一さは、実施例のシンチレータ素子の不均一さと同程度のものであった。

【0031】

実施例の放射線検出器20及び比較例の放射線検出器22にそれぞれ、137Cs線源から得られた線を、個々のシンチレータ素子に入射させ、シンチレータ素子を励起させることにより蛍光させ、シンチレータ素子の蛍光出力を受光素子で検出した。それにより、個々のシンチレータに線を入射させたときのエネルギースペクトルを得た。144個のシンチレータ素子に対するエネルギースペクトルの光電ピーク値の標準偏差は、実施例の放射線検出器20では、4.00%であったのに対し、比較例の放射線検出器22では、7.96%であった。これにより、本発明の実施例の放射線検出器20の2次元位置弁別精度が、比較例の放射線検出器22よりも優れていることが分かった。

【0032】

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明による放射線検出器の部分的な斜視図である。

【図2】変形例のセルの概略的な平面図である。

10

20

30

40

50

【図3】変形例のセルの概略的な平面図である。

【図4】変形例のセルの概略的な平面図である。

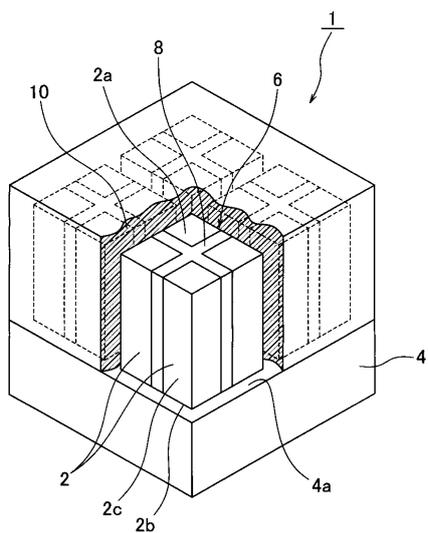
【図5】実施例及び比較例の放射線検出器の平面断面図である。

【符号の説明】

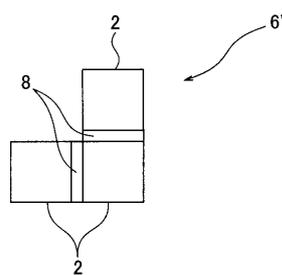
【0034】

- 1 放射線検出器
- 2 シンチレータ素子
- 4 受光素子
- 5 結合面
- 6 セル
- 8 オプティカルグリース
- 10 多層反射材
- 20 実施例の放射線検出器
- 22 比較例の放射線検出器

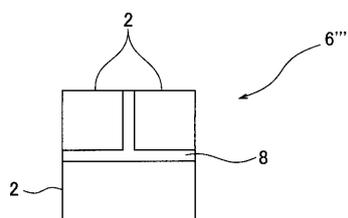
【図1】



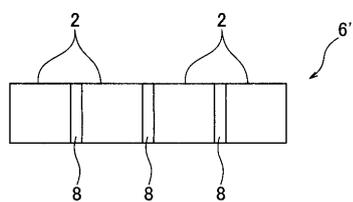
【図3】



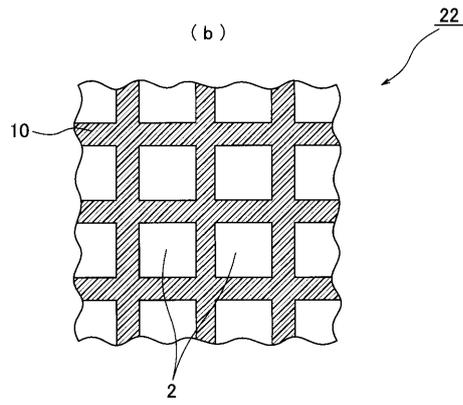
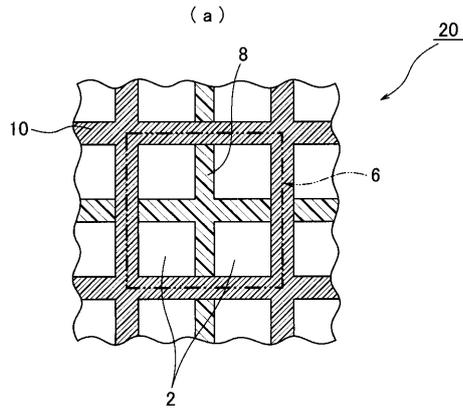
【図4】



【図2】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

- (74)代理人 100103609  
弁理士 井野 砂里
- (74)代理人 100123607  
弁理士 渡邊 徹
- (72)発明者 清水 成宜  
茨城県つくば市和台4-8 日立化成工業株式会社機能性材料研究所内
- (72)発明者 石橋 浩之  
茨城県ひたちなか市大字足崎字西原1-3-80-1 日立化成工業株式会社機能性材料研究所内
- (72)発明者 村山 秀雄  
千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号 独立行政法人放射線医学総合研究所内
- (72)発明者 津田 倫明  
千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号 独立行政法人放射線医学総合研究所内
- (72)発明者 稲玉 直子  
千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号 独立行政法人放射線医学総合研究所内
- (72)発明者 山谷 泰賀  
千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号 独立行政法人放射線医学総合研究所内
- Fターム(参考) 2G088 EE01 FF04 FF07 GG13 GG16 GG19 GG20 JJ05 JJ09 JJ37