

(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2011-106981

(P2011-106981A)

(43) 公開日 平成23年6月2日(2011.6.2)

(51) Int.Cl.

**G01T 1/20** (2006.01)  
**C09K 11/00** (2006.01)  
**C09K 11/08** (2006.01)  
**C09K 11/80** (2006.01)

F 1

G01T 1/20  
C09K 11/00  
C09K 11/08  
C09K 11/80

テーマコード(参考)

2 G088  
4 H001Z  
C Q G

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願2009-262632 (P2009-262632)

(22) 出願日

平成21年11月18日 (2009.11.18)

(71) 出願人 000165974

古河機械金属株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

(74) 代理人 100110928

弁理士 速水 進治

(72) 発明者 佐藤 浩樹

茨城県つくば市観音台1-25-13 古  
河機械金属株式会社研究開発本部素材総合  
研究所内

(72) 発明者 鎌田 圭

茨城県つくば市観音台1-25-13 古  
河機械金属株式会社研究開発本部素材総合  
研究所内

最終頁に続く

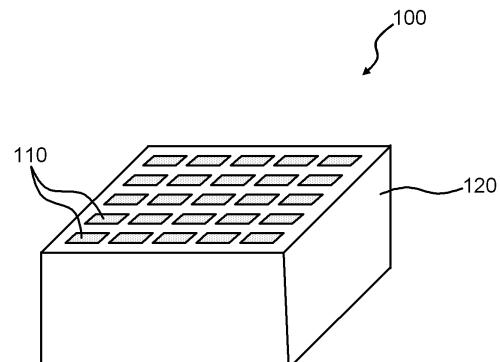
(54) 【発明の名称】シンチレータアレイ

## (57) 【要約】

【課題】良好な特性のシンチレータ結晶を正確な形状に良好な生産性で量産することができ、シンチレータ結晶の蛍光を反射材により95%以上の反射率で反射することができ、分解能が良好なシンチレータアレイを提供する。

【解決手段】シンチレータアレイ100は、PrがドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶で細長形状の複数のシンチレータ結晶110が形成されており、複数のシンチレータ結晶110が長手方向と直交する方向に0.05mm以上0.2mm以下の間隙で二次元状に配列されており、配列された複数のシンチレータ結晶110の間隙にBaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120が充填されている。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

放射線が入射すると内部で蛍光が発生する複数のシンチレータ結晶を有するシンチレータアレイであって、

P<sub>r</sub>がドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶で細長形状の複数の前記シンチレータ結晶が形成されており、

複数の前記シンチレータ結晶が長手方向と直交する方向に0.05mm以上0.2mm以下の間隙で二次元状に配列されており、

配列された複数の前記シンチレータ結晶の間隙にBaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材が充填されていることを特徴とするシンチレータアレイ。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、放射線が入射すると内部で蛍光が発生する複数のシンチレータ結晶を有するシンチレータアレイに関し、特に、複数のシンチレータ結晶の間隙が反射材で充填されているシンチレータアレイに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

被検体に陽電子放射性同位元素(RI:Radio Isotope)標識の薬剤が投与されると、消滅線が放出される。PET(Positron Emission Tomography)、SPECT(Single Photon Emission Computed Tomography)、ガンマカメラなどの核医学イメージング装置は、この放射線を検出することにより、被検体内のRIの分布像を得る装置である。

20

## 【0003】

このような核医学イメージング装置には、複数のシンチレータ結晶を有するシンチレータアレイが利用されている。このようなシンチレータアレイは、例えば、細長形状のシンチレータ結晶を、その長手方向と直交する方向に二次元状に所定間隔で配列した構造に形成されている。

## 【0004】

シンチレータアレイは、光電子増倍管などの光検出器に接続され、放射線検出器として用いられる。しかし、シンチレータアレイに放射線が入射すると放射線入射箇所のシンチレータ結晶が発光し、接続された光検出器に放射線強度に比例した光量を出力する機能を有している。

30

## 【0005】

また、光反射率の大きい板材を使用して、所定の間隔で整列した封入穴を持った結晶収納容器を作成し、その封入穴の中にシンチレータ結晶を嵌合してシンチレータアレイを製造する方法が提案されている(例えば、特許文献2参照)。

## 【0006】

また、ブロック状に切り出したシンチレータ結晶に一定間隔の切込み溝を縦横に形成したのち、その切込み溝に反射材を充填する技術も提案されている(例えば、特許文献3参照)。

40

## 【0007】

さらに、複数のシンチレータ結晶の配列精度と検出精度とが良好なシンチレータアレイを簡単に製造できるアレイ製造方法も提案されている。このアレイ製造方法では、複数のシンチレータ結晶を二次元状に配列してから、間隙に充填した混合液を凝固させて、複数のシンチレータ結晶の位置精度が良好である(例えば、特許文献4参照)。

## 【0008】

また、ガンマ線検出装置用に、一般的なシンチレータ結晶であるBGO(Bi<sub>4</sub>Ge<sub>3</sub>O<sub>12</sub>)、GSO(Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>)、LSO(Lu<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>)、等より極めて高い発光量、蛍光の減衰時間が極めて短い特徴を有するP<sub>r</sub>を含むガーネット型酸化物シンチレータ用単結晶を提供する提案もある。

50

## 【0009】

そのシンチレータ用単結晶の製造方法では、 $(Pr_xLu_{1-x})_3Al_yO_{12}$ で表される初期融液を結晶化して、シンチレータ用単結晶を製造する方法において、初期融液のxが0.02～0.03、yが5<y<5.2となるように調整する（例えば、特許文献5参照）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0010】

【特許文献1】特開平1-145596号公報

10

【特許文献2】特開平5-341049号公報

【特許文献3】特開平5-019060号公報

【特許文献4】特開2009-058453号公報

【特許文献5】特開2008-231334号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0011】

特許文献1には反射材の形成方法、特許文献2にはアレイの製造方法、特許文献3には反射材の形成方法および材質が開示されているが、厚さに関する記述は無く最適な厚さは不明であった。

## 【0012】

20

さらには、これら従来技術文献で開示された反射材は、弗素樹脂やポリエステル系樹脂であり発光波長が400nm以下の発光では反射率が90%以下と反射能が低いため、シンチレータ結晶から出力される光量が減少するという問題がある。

## 【0013】

特許文献4には、反射材が0.15mmの層厚のBaSO<sub>4</sub>でよいこと、シンチレータ結晶としてPr:LuAG結晶を利用できること、シンチレータ結晶の蛍光の波長が400nm以下でよいこと、が開示されている。

## 【0014】

30

さらに、特許文献5には、シンチレータ結晶を $(Pr_xLu_{1-x})_3Al_yO_{12}$ で形成できることが開示されている。しかし、特許文献5は、シンチレータ結晶のことしか開示されておらず、シンチレータアレイとして必要な反射材のことは開示されていない。

## 【0015】

本発明は上述のような課題に鑑みてなされたものであり、良好な特性のシンチレータ結晶を正確な形状に良好な生産性で量産することができ、シンチレータ結晶の蛍光を反射材により95%以上の反射率で反射することができ、分解能が良好なシンチレータアレイを提供するものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0016】

40

本発明のシンチレータアレイは、放射線が入射すると内部で蛍光が発生する複数のシンチレータ結晶を有するシンチレータアレイであって、PrがドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶で細長形状の複数のシンチレータ結晶が形成されており、複数のシンチレータ結晶が長手方向と直交する方向に0.05mm以上0.2mm以下の間隙で二次元状に配列されており、配列された複数のシンチレータ結晶の間隙にBaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材が充填されている。

## 【0017】

50

従って、本発明のシンチレータアレイでは、PrがドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶からなるシンチレータ結晶は、ガンマ線励起による発光量が従来のBGOに比較して三倍程度であり、かつ、減衰時間が22nsと短い。また、このシンチレータ結晶は、劈開性がないので従来のGSOより加工が容易であり、その融点は従来のLSOより低く、線膨張係数の異方性がGSOやLSOに比べて小さく、単結晶成長も容易である。さらに、

P<sub>r</sub>がドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶からなるシンチレータ結晶は、例えば、310nmの波長の蛍光を発生させるが、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材は、300~400nmの波長の蛍光を95%以上の反射率で反射する。

#### 【発明の効果】

#### 【0018】

本発明のシンチレータアレイでは、P<sub>r</sub>がドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶からなるシンチレータ結晶は、ガンマ線励起による発光量が従来のBGOに比較して三倍程度であり、かつ、減衰時間が22nsと短いので、例えば、TOF(Time Of Flight)方式のPET用のシンチレータ結晶として十分な特性を有する。また、このシンチレータ結晶は、劈開性がないのでGSOより加工が容易であり、その融点はLSOより低く、線膨張係数の異方性がGSOやLSOに比べて小さく、単結晶成長も容易である。従って、良好な特性のシンチレータ結晶を正確な形状に良好な生産性で量産することができる。さらに、P<sub>r</sub>がドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶からなるシンチレータ結晶は、例えば、310nmの波長の蛍光を発生させるが、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材は、300~400nmの波長の蛍光を95%以上の反射率で反射する。このため、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材はP<sub>r</sub>がドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶からなるシンチレータ結晶の蛍光を95%以上の反射率で反射することができる。BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材は0.05mm未満の層厚では均一に塗布することが困難である。さらに、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材の層厚が0.2mmを超過しているとシンチレータアレイの分解能が極端に低下する。しかし、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材が充填される複数のシンチレータ結晶が0.05mm以上0.2mm以下の間隙で配列されているので、その間隙をBaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材で良好に充填して良好な分解能を実現することができる。

10

20

30

40

50

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0019】

【図1】本発明の実施の形態のシンチレータアレイの外観を示す模式的な斜視図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0020】

本発明の実施の一形態を図面を参照して以下に説明する。本実施の形態のシンチレータアレイ100は、放射線が入射すると内部で蛍光が発生する複数のシンチレータ結晶110を有するシンチレータアレイ100である。

#### 【0021】

本実施の形態のシンチレータアレイ100は、P<sub>r</sub>がドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶で細長形状の複数のシンチレータ結晶110が形成されており、図1に示すように、複数のシンチレータ結晶110が長手方向と直交する方向に0.05mm以上0.2mm以下の間隙で二次元状に配列されており、配列された複数のシンチレータ結晶110の間隙にBaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120が充填されている。

#### 【0022】

この反射材120は、BaSO<sub>4</sub>の粉末(図示せず)が混入されていて複数のシンチレータ結晶110の間隙に充填されている樹脂からなる。BaSO<sub>4</sub>の粉末の平均粒径は、例えば、1μm以下である。反射材120の樹脂は、例えば、アクリル樹脂からなる。

#### 【0023】

本実施の形態のシンチレータアレイ100を製造するときには、例えば、細長形状の複数のシンチレータ結晶110を長手方向と直交する方向に二次元状に所定間隔で専用治具などで保持し、配列された複数のシンチレータ結晶110の間隙に反射材120となる樹脂と溶媒とを混合した混合液を充填し、この混合液から溶媒を減圧除去して反射材120を凝固させる(図示せず)。

#### 【0024】

このようなアレイ製造方法によれば、複数のシンチレータ結晶110を二次元状に配列してから、間隙に充填した混合液を凝固させてるので、複数のシンチレータ結晶110の位置精度が良好である。

## 【0025】

また、外側面に反射材を塗布したり反射テープを貼着した複数のシンチレータ結晶110をアレイ状に配列するような必要がなく、複数のシンチレータ結晶110を収納容器に圧入するような必要もなく、大型のシンチレータ結晶110を切削してシンチレータアレイ100を形成するような必要もない。

## 【0026】

このため、アレイ状に配列するシンチレータ結晶110の外側面を損傷するようなことがなく、シンチレータ結晶110の配列精度と検出精度とが良好なシンチレータアレイ100を簡単に製造することができる。

## 【0027】

しかも、混合液に反射材120の粉末を混入させておくので、複数のシンチレータ結晶110をアレイ状に固定すると同時に、複数のシンチレータ結晶110の外側面を反射面とすることができます。

10

## 【0028】

また、反射材120の粉末を含有する混合液は、反射材120の粉末と高分子系バインダと溶媒とを混合することにより、粘度を調節して流動性を確保することが容易である。しかも、反射材120のBaSO<sub>4</sub>の粉末の平均粒径が1μm以下であるので、シンチレータ結晶110の間隙に混合液を良好に充填することができる。

## 【0029】

本実施の形態のシンチレータアレイ100では、PrがドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶からなるシンチレータ結晶110は、ガンマ線励起による発光量が従来のBGOに比較して三倍程度であり、かつ、減衰時間が22nsと短いので、例えば、TOF方式のPET用のシンチレータ結晶110として十分な特性を有する。

20

## 【0030】

また、このシンチレータ結晶110は、劈開性がないのでGSOより加工が容易であり、その融点はLSOより低く、線膨張係数の異方性がGSOやLSOに比べて小さく、単結晶成長も容易である。従って、良好な特性のシンチレータ結晶110を正確な形状に良好な生産性で量産することができる。

## 【0031】

さらに、PrがドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶からなるシンチレータ結晶110は、例えば、310nmの波長の蛍光を発生させるが、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120は、300~400nmの波長の蛍光を95%以上の反射率で反射する。

30

## 【0032】

このため、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120は、PrがドープされたLu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>結晶からなるシンチレータ結晶110の蛍光を95%以上の反射率で反射することができる。

## 【0033】

BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120は0.05mm未満の層厚では均一に塗布することが困難である。さらに、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120の層厚が0.2mmを超過しているとシンチレータアレイ100の分解能が極端に低下する。

40

## 【0034】

しかし、本実施の形態のシンチレータアレイ100では、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120が充填される複数のシンチレータ結晶110が0.05mm以上0.2mm以下の間隙で配列されているので、その間隙をBaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120で良好に充填して良好な分解能を実現することができる。

## 【0035】

なお、BaSO<sub>4</sub>を主成分とする反射材120は、400nm以上の波長においても95%の反射率を有するので、400nm以上の発光波長を有するシンチレータ結晶(図示せず)にも使用可能である。

## 【0036】

50

ここで、本発明者による試作品の実験結果を実施例 1 ~ 3 および比較例 1 ~ 3 として以下に説明する。

【0037】

[実施例 1]

2.1×2.1×15mmに研磨された、Prがドープされた $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 結晶を12×12本組の正方形に組み、 $\text{BaSO}_4$ を主成分とする反射材120を使用し、シンチレータアレイ100とした。反射材120の層厚は0.05mmとした。

【0038】

できたシンチレータアレイ100を位置敏感型PMT (Photomultiplier Tube) (浜松ホトニクス(登録商標)製H8500型)に光学グリスを使用して接着し、 $^{137}\text{Cs}$ からのガンマ線を照射して、各シンチレータ結晶110の発光量を測定したところ、ピークチャンネル数(発光量)は42chで分解能は12.5%であった。

10

【0039】

[実施例 2]

2.1×2.1×15mmに研磨された、Prがドープされた $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 結晶を12×12本組の正方形に組み、 $\text{BaSO}_4$ を主成分とする反射材120を使用し、シンチレータアレイ100とした。反射材120の層厚は0.09mmとした。

20

【0040】

できたシンチレータアレイ100を位置敏感型PMT (浜松ホトニクス製H8500型)に光学グリスを使用して接着し、 $^{137}\text{Cs}$ からのガンマ線を照射して、各シンチレータ結晶110の発光量を測定したところ、ピークチャンネル数(発光量)は44chで分解能は12.0%であった。

20

【0041】

[実施例 3]

2.1×2.1×15mmに研磨された、Prがドープされた $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 結晶を12×12本組の正方形に組み、 $\text{BaSO}_4$ を主成分とする反射材120を使用し、シンチレータアレイ100とした。反射材120の層厚は0.2mmとした。

30

【0042】

できたシンチレータアレイ100を位置敏感型PMT (浜松ホトニクス製H8500型)に光学グリスを使用して接着し、 $^{137}\text{Cs}$ からのガンマ線を照射して、各シンチレータ結晶110の発光量を測定したところ、ピークチャンネル数(発光量)は43chで分解能は12.2%であった。

30

【0043】

[比較例 1]

2.1×2.1×15mmに研磨された、Prがドープされた $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 結晶を12×12本組の正方形に組み、 $\text{BaSO}_4$ を主成分とする反射材を使用し、シンチレータアレイとした。反射材の層厚は0.25mmとした。

40

【0044】

できたシンチレータアレイを位置敏感型PMT (浜松ホトニクス製H8500型)に光学グリスを使用して接着し、 $^{137}\text{Cs}$ からのガンマ線を照射して、各シンチレータ結晶の発光量を測定したところ、ピークチャンネル数(発光量)は28chで分解能は18.3%であった。

40

【0045】

[比較例 2]

2.1×2.1×15mmに研磨された、Prがドープされた $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 結晶を12×12本組の正方形に組み、 $\text{BaSO}_4$ を主成分とする反射材を使用し、シンチレータアレイとした。反射材層厚は0.30mmとした。

50

【0046】

できたシンチレータアレイを位置敏感型PMT (浜松ホトニクス製H8500型)に光学グリスを使用して接着し、 $^{137}\text{Cs}$ からのガンマ線を照射して、各シンチレータ結晶

の発光量を測定したところ、ピークチャンネル数（発光量）は 20 c h で分解能は 20 . 5 % であった。

【0047】

[比較例 3]

2 . 1 × 2 . 1 × 1 5 m m に研磨された、P r がドープされた Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> 結晶を 12 × 12 本組の正方形に組み、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を主成分とする反射材を使用し、シンチレータアレイとした。反射材層厚は 0 . 1 2 m m とした。

【0048】

できたシンチレータアレイを位置敏感型 P M T (浜松ホトニクス製 H 8500 型) に光学グリスを使用して接着し、<sup>137</sup>Cs からのガンマ線を照射して、各シンチレータ結晶の発光量を測定したところ、ピークチャンネル数（発光量）は 10 c h で分解能は 35 . 2 % であった。

【0049】

以上の実施例、比較例の結果を以下の表 1 にまとめた。

【表 1】

表 1 実施例、比較例のまとめ

	反射材厚さ (m m)	反射材材質	ピークチャンネル数 (c h)	分解能 (%)
実施例 1	0 . 0 5	BaSO <sub>4</sub>	4 2	1 2 . 5
実施例 2	0 . 0 9	BaSO <sub>4</sub>	4 4	1 2 . 0
実施例 3	0 . 2 0	BaSO <sub>4</sub>	4 3	1 2 . 2
比較例 1	0 . 2 5	BaSO <sub>4</sub>	2 8	1 8 . 3
比較例 2	0 . 3 0	BaSO <sub>4</sub>	2 0	2 0 . 5
比較例 3	0 . 1 2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 0	3 5 . 2

【0050】

以上のように、BaSO<sub>4</sub> を主成分とする反射材 120 を使用した場合、反射材 120 の層厚が 0 . 0 5 m m ~ 0 . 2 m m の範囲の発光量が高く、分解能も良いことが判明した。なお、BaSO<sub>4</sub> を主成分とする反射材の場合は、0 . 0 5 m m 未満の厚さでは均一に塗布することができないので、アレイ作製ができない。

【0051】

なお、本発明は本実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で各種の変形を許容する。また、上述した実施例では、各部の構造などを具体的に説明したが、その構造などは本願発明を満足する範囲で各種に変更することができる。

【0052】

例えば、上記形態では反射材 120 の樹脂がアクリル樹脂からなることを例示した。しかし、反射材 120 の樹脂として、ポリビニルアルコール、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂、これらの組み合わせ、等も利用することができる。

【符号の説明】

【0053】

- 100 シンチレータアレイ
- 110 シンチレータ結晶
- 120 反射材

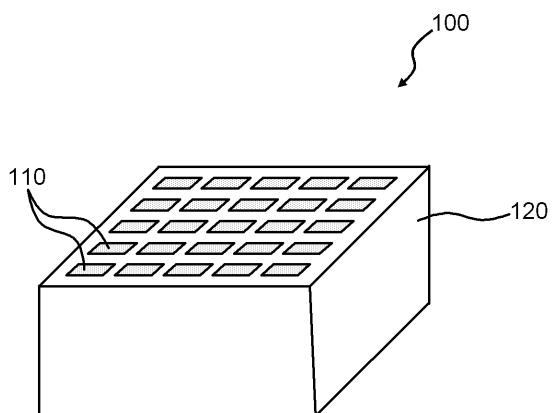
10

20

30

40

【図1】



---

フロントページの続き

(72)発明者 堤 浩輔

茨城県つくば市観音台1-25-13 古河機械金属株式会社研究開発本部素材総合研究所内

(72)発明者 遠藤 貴範

茨城県つくば市観音台1-25-13 古河機械金属株式会社研究開発本部素材総合研究所内

(72)発明者 薄 善行

茨城県つくば市観音台1-25-13 古河機械金属株式会社研究開発本部素材総合研究所内

F ターム(参考) 2G088 EE03 FF04 FF07 GG10 GG16 GG18 GG20 JJ37

4H001 CA08 XA08 XA13 XA16 XA56 XA71 YA59