

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4192990号
(P4192990)

(45) 発行日 平成20年12月10日(2008.12.10)

(24) 登録日 平成20年10月3日(2008.10.3)

(51) Int.Cl.	F I
G O 1 T 1/20 (2006.01)	G O 1 T 1/20 D
	G O 1 T 1/20 G
	G O 1 T 1/20 B
	G O 1 T 1/20 E

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-520487 (P2006-520487)	(73) 特許権者	000005083
(86) (22) 出願日	平成18年3月13日(2006.3.13)		日立金属株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/304866		東京都港区芝浦一丁目2番1号
(87) 国際公開番号	W02007/105288	(74) 代理人	100074848
(87) 国際公開日	平成19年9月20日(2007.9.20)		弁理士 森田 寛
審査請求日	平成18年9月13日(2006.9.13)	(72) 発明者	古市 眞治
			栃木県真岡市大谷本町12-24
		(72) 発明者	新田 英雄
			栃木県真岡市下高間木121
		審査官	青木 洋平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

長さと幅方向とに平板状に並べられた複数の半導体光検出素子を持つ半導体光検出素子アレーと、

半導体光検出素子アレー上で各半導体光検出素子にその底面を取り付けて並んでいる複数のシンチレータ素子と、

シンチレータ素子の底面から反対の上面を覆っている第一の光反射材層と、

シンチレータ素子側面を覆っている金属膜からなる第二の光反射材層と、

隣り合って並べられているシンチレータ素子側面を覆っている第二の光反射材層の間に充填した、重金属元素粒子を混練した樹脂からなる放射線遮蔽材層を有し、

放射線遮蔽材層は、周期律表のNbからBiまでから選ばれた重金属元素粒子を90重量%以上と残部が実質的に樹脂であり、

互いに隣り合っている2つのシンチレータ素子の側面を覆っている隣接した2つの第二の光反射材層間に挿入されている領域にある放射線遮蔽材層が含んでいる重金属元素粒子は、それら2つの第二の光反射材層の間隙から $\pm 3 \mu m$ 以内の直径をした重金属元素粒子を少なくとも3個と、残りがその重金属元素粒子よりも小さな直径の重金属元素粒子からなる

放射線検出装置。

【請求項2】

第二の光反射材層は、金、銀、銅、アルミニウム、あるいはそれらの合金からできている

10

20

請求項 1 記載の放射線検出装置。

【請求項 3】

第二の光反射材層の厚みが $0.05 \sim 5 \mu\text{m}$ である請求項 2 記載の放射線検出装置。

【請求項 4】

第二の光反射材層がスパッタリングあるいは蒸着によってシンチレータ素子側面上に形成されている請求項 3 記載の放射線検出装置。

【請求項 5】

第二の光反射材層の可視光に対する反射率が 88% 超である請求項 4 記載の放射線検出装置。

【請求項 6】

第一の光反射材層は、酸化チタン粉末を混練した樹脂である請求項 1 記載の放射線検出装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は放射線 CT 装置、特に X 線 CT 装置に用いるのに適したマルチチャネルアレー放射線検出装置、特にそのシンチレータの構造に関する。

【背景技術】

【0002】

放射線 CT 装置は MRI や PET (Positron Emission Tomography) に比べて短時間で断層撮影像が得られる。この特長を更に伸ばし、画像の高精度化、分解能を上げるためにマルチチャネルアレーの放射線検出装置が用いられつつある。放射線 CT 装置では、被撮影物に関して放射線発生源と反対側に複数の放射線検出装置が円弧状に配置されている。シングルチャネルアレー放射線検出装置では、各放射線検出装置の中に長さ方向あるいは幅方向に放射線検出器が 8 個あるいは 16 個並んでいる。マルチチャネルアレー放射線検出装置では、例えば長さ方向に 64 個と幅方向に 16 個の放射線検出器がマトリックス状に並んでいる。放射線検出器が 1 列に並んでいるシングルチャネルアレーを放射線検出器が m 列に並んでいる m マルチチャネルアレーの放射線検出装置とすることによって、検査時間の短縮とともに高分解能で高精細化した断層像が得られる。

20

30

【0003】

マルチチャネルアレー放射線検出装置では、1 台の放射線検出装置あたり、例えば 1024 個の放射線検出器が 16 列 × 64 行に並んでいるので、用いられる放射線検出器の大きさが小さくなる。また、隣接する放射線検出器同士の間隔が小さくなる。そのために、各放射線検出器のシンチレータ素子が小さくなり隣接するシンチレータ素子の間隙が小さくなる。

【0004】

マルチチャネルアレー放射線検出装置では個々の放射線検出器が小さくなるので、シンチレータ素子で生じた光がシンチレータ素子側面を通して放出するのを防ぎ出力の低下を防ぐためにシンチレータ素子側面に高い光反射率を持った光反射材を設ける必要がある。また、隣接するシンチレータ素子を通過した放射線が他のシンチレータ素子に入ることによる画像のブロード化を防いで画像を高精細にするには放射線遮蔽材をシンチレータ素子側面近くに設ける必要がある。

40

【0005】

シンチレータ素子が小さくなるとともに隣接するシンチレータ素子間の間隙が小さくなったので、シンチレータ素子側面に設けた光反射材の間に放射線遮蔽板を設けることが困難となってきた。

【0006】

放射線検出装置ではシンチレータ素子間にクロストークを防ぐために、タングステンや鉛など重金属元素板からなる放射線遮蔽板が挿入されている。更に、シンチレータ素子と

50

放射線遮蔽板との間に、光反射材が充填されてシンチレータ素子で発生した光のうちシンチレータ素子周辺へ漏れた光をシンチレータ素子へ返して検出効率を上げている。

【 0 0 0 7 】

光反射材としては通常酸化チタン粉末などの白色顔料をエポキシ、ポリエステルなどの樹脂に混練したものが用いられており、光反射材は 9 0 % 前後の光反射率である。しかし、シンチレータ素子で発生した光がシンチレータ素子側面から放出されて光反射材に入ると、光反射材に含まれている樹脂によって減衰する。減衰のために、放射線検出装置の検出感度が低くなり、その減衰を補償するために更に光反射率の高い白色顔料を用いる必要があった。

【 0 0 0 8 】

また、白色顔料を樹脂に混練した光反射材はその厚さがかなり厚く少なくとも 1 0 0 μ m あるので、光反射材の厚さだけ放射線遮蔽板がシンチレータ素子側面から離れている。放射線遮蔽板がシンチレータ素子側面から離れているために、低角度（シンチレータ素子側面に対して小さな角度）で入射した放射線が放射線遮蔽板で遮蔽されて光反射材のみを通過してシンチレータ素子に入射することがあった。

【 0 0 0 9 】

低角度で入射した放射線を遮蔽するためにシンチレータ素子間の間隙の幅に近い厚さをした重金属元素板からなる放射線遮蔽板を用いると、光反射材の厚みが薄くなり光反射材で放射線遮蔽板の反りを吸収できなくなる。そのために、シンチレータ素子を小さな間隙を介して精度よく長さ方向と幅方向とに並べて組み立てるのが困難となる。この問題は、マルチチャンネルアレ放射線検出装置のようにシンチレータ素子間隙が狭い場合は顕著となる。

【 0 0 1 0 】

放射線遮蔽材として、重金属元素板に代えて、重金属元素粉末を混練した樹脂を用いることが、特許文献 1、特許文献 2、特許文献 3、特許文献 4 に提案されている。重金属元素粉末を混練した樹脂を放射線検出装置のシンチレータ素子間に挿入した放射線遮蔽材に用いることを検討して本発明に至った。

【特許文献 1】特開平 5 - 2 6 4 7 8 9 号公報

【特許文献 2】特開平 8 - 1 2 2 4 9 2 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 2 - 3 6 5 3 9 3 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 3 - 2 8 9 8 6 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 1 】

この発明の目的は、シンチレータ素子間隙が小さく放射線 C T 用のマルチチャンネルアレ放射線検出装置に適した放射線検出装置構造を提供する。

【 0 0 1 2 】

また、この発明の目的は、シンチレータ素子間の間隙中でシンチレータ素子側面に極めて近いところに放射線遮蔽材が挿入されたシンチレータ素子側面から入る放射線量を少なくした放射線検出装置を提供する。

【 0 0 1 3 】

更に、本発明は、シンチレータ素子で発生した光の反射効率の高い反射材層がシンチレータ素子の側面に設けてあるので検出効率が向上した放射線検出装置を提供する。

【 0 0 1 4 】

更に、本発明は、シンチレータ素子を精度よく並べることのできる放射線検出装置の製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

本発明の放射線検出装置は、長さ方向と幅方向とに平板状に並べられた複数の半導体光検出素子を持つ半導体光検出素子アレーと、

10

20

30

40

50

半導体光検出素子アレー上で各半導体光検出素子にその底面を取り付けて並んでいる複数のシンチレータ素子と、

シンチレータ素子の底面から反対の上面を覆っている第一の光反射材層と、

シンチレータ素子側面を覆っている金属膜からなる第二の光反射材層と、

隣り合って並べられているシンチレータ素子側面を覆っている第二の光反射材層の間に充填した、重金属元素粒子を混練した樹脂からなる放射線遮蔽材層とを有する。

【0016】

前記本発明の放射線検出装置で、第二の光反射材層が、金、銀、銅、アルミニウム、あるいはそれらの合金からできていることが好ましい。また、第二の光反射材層の厚みが0.05～5μmであることが好ましい。そして、第二の光反射材層がスパッタリングあるいは蒸着によってシンチレータ素子側面上に形成されていることが好ましい。また、第二の光反射材層の可視光に対する反射率が88%超であることが好ましい。

10

【0017】

前記本発明の放射線検出装置で、放射線遮蔽材層が、周期律表のNbからBiまでから選ばれた重金属元素粒子を90重量%以上と残部が実質的に樹脂であることが好ましい。そして、互いに隣り合っている2つのシンチレータ素子の側面を覆っている隣接した2つの第二の光反射材層間に挿入されている領域にある放射線遮蔽材層が含んでいる重金属元素粒子は、それら2つの第二の光反射材層の間隙から±3μm以内の直径をした重金属元素粒子を少なくとも3個と、残りがその重金属元素粒子よりも小さな直径の重金属元素粒子とからなることが好ましい。

20

【0018】

前記本発明の放射線検出装置で、第一の光反射材層は、酸化チタン粉末を混練した樹脂であることができる。

【0019】

本発明による放射線検出装置の製造方法は、長さと同幅方向とに平板状に並べられた複数の半導体光検出素子を持つ半導体光検出素子アレーと、

半導体光検出素子アレーにある半導体光検出素子の長さと同幅寸法のうち一方の寸法に相当する厚さを持ち、半導体光検出素子の長さと同幅寸法のうち他方の寸法よりも大きな長さと同完成させるべきシンチレータ素子高さよりも大きな幅を持つシンチレータ板複数枚とを用意し、

30

シンチレータ板の両面に金、銀、銅、アルミニウムあるいはそれらの合金をスパッタあるいは蒸着して0.05～5μm厚をした第二の光反射材層を形成し、

シンチレータ板の両面にある第二の光反射材層の一方の上に重金属元素粒子を混練した樹脂からなる放射線遮蔽材を塗布し、

放射線遮蔽材を塗布したシンチレータ板をシンチレータ板と放射線遮蔽材とが交互になるように積層し、その放射線遮蔽材を硬化して放射線遮蔽材層として、半導体光検出素子アレーの長さと同幅寸法のうち一方の寸法に相当する厚さをしたシンチレータ板ブロックを形成し、

シンチレータ板ブロックを、半導体光検出素子の長さと同幅寸法のうち他方の寸法に相当する長さで完成させるべきシンチレータ素子高さよりも大きな厚さをした切断片に切断し、シンチレータ板ブロックから作った切断片の両面にある切断面に金、銀、銅、アルミニウムあるいはそれらの合金をスパッタあるいは蒸着して0.05～5μm厚をした他の第二の光反射材層を形成し、

40

切断片の両面にある他の第二の光反射材層の一方の上に重金属元素粒子を混練した樹脂からなる放射線遮蔽材を塗布し、

放射線遮蔽材を塗布した切断片を切断片と放射線遮蔽材とが交互となるように積層し、その放射線遮蔽材を硬化して放射線遮蔽材層として、半導体光検出素子アレーの長さと同幅寸法のうち他方の寸法に相当する長さをしたシンチレータ素子ブロックを形成し、

シンチレータ素子ブロックの厚さ方向両端面を研磨して完成させるべきシンチレータ素子高さとし、シンチレータ素子ブロックの研磨した両端面の一方を半導体光検出素子アレー

50

上で各シンチレータ素子が各半導体光検出素子と対向させて接着するステップとを有する。

【0020】

前記放射線検出装置の製造方法が、シンチレータ素子ブロックの両端面を研磨した後で、半導体光検出素子アレーに接着している面を除いてシンチレータ素子ブロックの面に酸化チタン粉末を混練した樹脂からなる第一の光反射材を塗布して、それを硬化させて第一の光反射材層を形成するステップを更に有することができる。

【0021】

シンチレータ素子に入射する放射線には、シンチレータ素子上面から入射するものとシンチレータ素子側面から入射するものとがある。シンチレータ素子上面から入射する放射線のみをシンチレータ素子が受けてシンチレーションし、シンチレータ素子側面から入射する放射線を遮蔽することができるように放射線遮蔽材層がシンチレータ素子側面に形成されていることが好ましい。シンチレータ素子の側面から入射する放射線には、そのシンチレータ素子に隣接するシンチレータ素子を通してそのシンチレータ素子に入射してシンチレーションを起こすものと、シンチレータ素子と放射線遮蔽材との間に設けられた光反射層の上面から入ってシンチレータ素子側面に入るものとに分けることができる。隣接するシンチレータ素子を通して当該シンチレータ素子に入射してシンチレーションを起こす放射線による当該シンチレータ素子のシンチレーションの増分を通常「クロストーク」と呼ばれている。光反射層の上面から入ってシンチレータ側面に入る放射線をここでは「低角度入射放射線」と呼ぶ。これらシンチレータ素子側面から入射する放射線は何れもCT装置の撮影像をブロードにするので画像を高精細化して高分解能を得る上で有害である。

【0022】

本発明の放射線検出装置で、放射線遮蔽材層に含まれる重金属元素粒子として、周期律表でNbからBiまでにある固体金属元素は放射線遮蔽効果が大いので用いることができ、特に、Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, W, Au, Pb, Biが適している。放射線遮蔽材層は90重量%以上の重金属元素粒子を残余の樹脂（熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂）に混練した混合物なので、放射線遮蔽材層に入射した放射線は含まれている重金属元素粒子によって90%あるいはそれ以上減衰するので、隣接するシンチレータ素子を通して入射することによって生じるクロストークを低くすることができる。

【0023】

本発明の放射線検出装置で、シンチレータ素子側面と放射線遮蔽材層との間に設けた光反射材層は0.05～5μm厚で、従来用いられていた酸化チタン粉末などの白色顔料を樹脂に混練した光反射材と比べると、きわめて薄い。そのために、放射線遮蔽材層をシンチレータ素子側面にきわめて近接して設けられているので、低角度入射放射線を遮蔽することができる。本発明の放射線検出装置はシンチレータ素子側面から入射する放射線を遮蔽するので、放射線CT装置に用いると分解能が高く精細な画像を得ることができる。

【0024】

放射線遮蔽材層に含まれている重金属元素粒子は粗い粒子と微細な粒子とが混合されていて、粗い粒子がシンチレータ素子1個あたり少なくとも3個あることが好ましい。粗い重金属元素粒子は隣接する第二の光反射材層間隙から±3μm以内の直径をしていることで、シンチレータ素子間隙を一様な大きさにすることができる。

【0025】

シンチレータ素子の側面に0.05～5μm厚の金、銀、銅、アルミニウム、あるいはそれらの合金からなる第二の光反射材層が蒸着あるいはスパッタで形成されている。シンチレータ素子側面に直接第二の光反射材層が形成されているので、シンチレータ素子側面から出た光は光反射材層に従来含まれていた樹脂で吸収を受けて減衰することがないので、第二の光反射材層の光反射率が90%未満であっても十分性能を満足し、光反射率が88%超であればよい。

【0026】

この第二の光反射材層が蒸着あるいはスパッタで形成されているので、その厚さも正確に管理することができる。

【 0 0 2 7 】

第二の光反射材層の厚さが正確に管理することができ、放射線遮蔽材層の厚さをそれに含まれているシンチレータ素子 1 個あたり少なくとも 3 個の粗い重金属元素粒子の粒径で決めることができることとあわせて、シンチレータ素子間隙を好ましい精度でもって本発明の放射線検出装置を作ることができる。そのために、複数のシンチレータ素子が長さ方向と幅方向とによい精度をもって並んだ放射線検出装置を得ることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 8 】

本発明の放射線検出装置は、シンチレータ素子側面に形成された光反射材層の厚さが薄く厚さの精度が正確であり、また隣り合った光反射材層間に設けられた放射線遮蔽材層の厚さも正確に管理することができるので、放射線 CT 用のシンチレータ素子間隙が小さいマルチチャンネルアレー放射線検出装置に適した構造をもつ。

【 0 0 2 9 】

また、本発明の放射線検出装置は、シンチレータ素子側面に形成された光反射材層の厚さが極めて薄く、放射線遮蔽材層がシンチレータ素子側面に極めて接近して設けられているので、クロストーク及び低角度入射放射線をとともに少なくすることができ高精細で分解能の高い CT 撮影像を得ることができる。

【 0 0 3 0 】

更に、光反射率の高い金属光反射材層がシンチレータ素子側面に直接に形成されているので、放射線検出装置の検出効率を向上した。

【 0 0 3 1 】

更に、シンチレータ素子間に形成する光反射材層及び放射線遮蔽材層の厚さを正確に管理できるので、本発明の製造方法によればシンチレータ素子をマトリックス状に長さ方向と幅方向とに並べることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】図 1 は、本発明の実施例 1 の放射線検出装置を示す平面図で、第一の光反射材層を取り除いて示す放射線検出装置の上面図である。

【 図 2 】図 2 は、図 1 に示している本発明の実施例 1 の放射線検出装置を一部拡大した上部平面図である。

【 図 3 】図 3 は、図 2 に示している拡大した放射線検出装置の縦断面図である。

【 図 4 】図 4 は、種々の光反射材層における光反射率を光の波長との関係で示すグラフである。

【 図 5 】図 5 は、低角度入射放射線を測定する装置の説明図で、図 5 A は低角度入射放射線のみを測定する装置で、図 5 B はシンチレータ素子上面から入射する放射線と低角度入射放射線との合計を測定する装置である。

【 図 6 】図 6 は、低角度入射放射線による出力比率を第二の光反射材層厚さとの関係で示すグラフである。

【 図 7 】図 7 は、図 1 に示している本発明の実施例 1 の放射線検出装置の製造工程を示す図面で、図 7 A はシンチレータ板の斜視図、図 7 B は第二の光反射材層の上に第一の放射線遮蔽材を塗布したシンチレータ板の斜視図、図 7 C は一方の第二の光反射材層の上に第一の放射線遮蔽材層を塗布して積層して形成したシンチレータ板ブロックの斜視図、図 7 D は図 7 C に示しているシンチレータ板ブロックのスライス方向を説明するための斜視図、図 7 E はシンチレータ板ブロックをスライスして形成した切断片の斜視図、図 7 F は両面に第二の光反射材層を形成してその一方の面に第二の放射線遮蔽材層を塗布した切断片の斜視図、図 7 G は第二の放射線遮蔽材層を塗布した切断片を積層して形成したシンチレータ素子ブロックの斜視図、そして図 7 H は図 7 G のシンチレータ素子ブロックを半導体光検出素子アレーに接着してシンチレータ素子ブロックの周囲の面に第一の光反射材を塗

10

20

30

40

50

布して形成した放射線検出装置を第一の光反射材層を透過して示す斜視図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 3 】

1 0	半導体光検出素子アレー
1 5	半導体光検出素子
2 0	シンチレータ板
2 0 a	シンチレータ板ブロック
2 0 b	切断片
2 0 c	シンチレータ素子ブロック
2 2	シンチレータ素子
2 4	底面
2 6	上面
2 8	側面
3 0	第一の光反射材層
4 0	第二の光反射材層
5 0、5 0 a、5 0 b	放射線遮蔽材層
5 0 a'、5 0 b'	放射線遮蔽材

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 4 】

以下に図面を参照しながら本発明の実施例の放射線検出装置を詳しく説明する。図 1 ~ 図 3 は本発明の実施例 1 の放射線検出装置を示し、図 1 は上部にある第一の光反射材層を取り除いて示す放射線検出装置の上面平面図で、図 2 は図 1 に示した放射線検出装置の一部を拡大した上部平面図で、図 3 は放射線検出装置の部分拡大縦断面図である。図 4 は、種々の光反射材層における光反射率を光の波長との関係で示すグラフである。図 5 は、重金属元素粒子を混練した樹脂からなる放射線遮蔽材層を用いた放射線検出装置で、低角度入射放射線を測定する装置の説明図で、図 6 は、図 5 に示した低角度入射放射線を測定する装置で測定した低角度入射放射線による出力比率を第二の光反射材層厚さとの関係で示すグラフである。図 7 は、実施例 1 で説明する本発明の放射線検出装置の製造工程を説明する図である。

【実施例 1】

【 0 0 3 5 】

図 1 ~ 図 3 を参照して、本発明の放射線検出装置 1 0 0 は、長さ方向と幅方向とに平板状に並べられた半導体光検出素子 1 5 を持つ半導体光検出素子アレー 1 0 を持つ。放射線検出装置 1 0 0 は、例えば、7 5 mm 長で 2 3 mm 幅の寸法をしており、長さ方向に 6 4 列、幅方向に 1 6 行のマトリックス状に 1 0 2 4 個の半導体光検出素子 1 5 が並んでいる。半導体光検出素子アレー 1 0 上に各半導体光検出素子 1 5 にその底面 2 4 が接着されている複数のシンチレータ素子 2 2 が並んでいる。シンチレータ素子 2 2 は $Gd_2O_2S:Pr(Ce, F)$ で作られており、主に 5 1 2 nm 波長の光を発生する。シンチレータ素子 2 2 と半導体光検出素子 1 5 とは 1 対 1 になっているので、シンチレータ素子も長さ方向に 6 4 列、幅方向に 1 6 行のマトリックス状に 1 0 2 4 個並んでいる。ここで、シンチレータ素子 2 2 は長さ方向に 1 . 0 7 mm、幅方向に 1 . 1 4 mm で、シンチレータ素子 2 2 間隙が長さ方向に約 1 0 0 μm 、幅方向に 2 9 7 μm で、シンチレータ素子高さは 1 . 5 mm である。

【 0 0 3 6 】

シンチレータ素子 2 2 の底面 2 4 に反対の上面 2 6 を、酸化チタン粉末を混練したポリエステル樹脂からなる第一の光反射材層 3 0 で覆っている。シンチレータ素子 2 2 それぞれの側面 2 8 は純アルミニウムをスパッタで 2 μm 厚に着けた第二の光反射材層 4 0 で覆われている。第二の光反射材層 4 0 の可視光に対する光反射率は約 9 0 % であった。

【 0 0 3 7 】

シンチレータ素子 2 2 の側面 2 8 に設けた第二の反射材層 4 0 の間には、重金属元素粒

10

20

30

40

50

子（例えば、ニオブ粒子）を混練したポリエステル樹脂が放射線遮蔽材層 50 として充填されている。ここで、放射線検出装置 100 の長さ方向に延びている放射線遮蔽材層 50 を第一の放射線遮蔽材層 50 a、放射線検出装置 100 の幅方向に延びている放射線遮蔽材層 50 を第二の放射線遮蔽材層 50 b と呼ぶ。

【0038】

第一の放射線遮蔽材層 50 a は 75 mm 長 × 293 μm 厚 × 1.5 mm 高である。第一の放射線遮蔽材層 50 a は、シンチレータ素子 1 個あたり 5 個の 290 ~ 296 μm 直径をしたニオブ粒子 52 となるように、放射線遮蔽材層 1 枚あたり 320 個のニオブ粒子（39 mg）と、それよりも小さい直径をしたニオブ粒子 151 mg とで、合計 190 mg のニオブ粒子を約 10 mg のポリエステル樹脂中に混練したもので、第一の放射線遮蔽材層中のニオブ粒子量は 93 ~ 96 重量% である。

10

【0039】

第二の放射線遮蔽材層 50 b は、23 mm 長 × 96 μm 厚 × 1.5 mm 高である。第二の放射線遮蔽材層 50 b は、シンチレータ素子 1 個あたり 5 個の 93 ~ 99 μm 直径をしたニオブ粒子 52 となるように、放射線遮蔽材層 1 枚あたり 80 個のニオブ粒子（0.36 mg）と、それよりも小さい直径をしたニオブ粒子 20.24 mg とで、合計 20.6 mg のニオブ粒子を約 1.1 mg のポリエステル樹脂中に混練したもので、第二の放射線遮蔽材層中のニオブ粒子量は 93 ~ 96 重量% である。

【0040】

放射線遮蔽材層中では、重金属元素粒子が樹脂中に 90 重量% 以上含まれている。金属ニオブの比重は 8.56 でポリエステル樹脂の比重が約 1.5 なので、ニオブ粒子をポリエステル樹脂中に 90 重量% 含まれている場合、体積比ではニオブ粒子が約 60% となる。そのために、放射線遮蔽材層に入射した放射線は、そこに含まれている重金属元素粒子によって 90% 以上減衰するので、クロストークが小さくなる。

20

【0041】

放射線遮蔽材層中に重金属元素粒子ができるだけ多く含まれていることが、放射線を遮蔽する効果が高くなる。しかし、樹脂を少なくとも 1 重量% 含有することが好ましい。樹脂の含有量が 1 重量% 未満となると放射線遮蔽材を第二の光反射材層上に塗布するのが困難となる。

【0042】

30

放射線遮蔽材層中の重金属元素粒子は一樣な粒度よりもむしろ粗い粒子と微細な粒子とが混ざっていることが好ましい。重金属元素粒子のうち粗い粒子がシンチレータ素子 1 個あたり少なくとも 3 個あることが好ましい。粗い重金属元素粒子は隣接する第二の光反射材層間隙よりも 2 μm 以内小さい直径をしていることが好ましい。少なくとも 3 個の粗い重金属元素粒子が隣接するシンチレータ素子の第二の光反射材層間にあることによって、一樣なシンチレータ素子間隙を確保することができる。そして、残余の重金属元素粒子は粗い重金属元素粒子よりも小さな直径を持ち、粗い重金属元素粒子の間隙に残余の重金属元素粒子が位置して、放射線遮蔽効果を上げている。

【0043】

本発明の放射線検出装置では、シンチレータ素子側面に薄い金属光反射材層を設け、隣接する光反射材層の間に重金属元素粒子を混練した放射線遮蔽材層が設けられている。光反射材層は好ましくは金、銀、銅、アルミニウム、あるいはそれらの合金からできた、0.05 ~ 5 μm 厚である。光反射材層がこのような薄いので、放射線遮蔽材層がシンチレータ素子側面にきわめて近いところに設けることができ、低角度入射放射線に対しても遮蔽効果が大きい。

40

【0044】

光反射材層を構成している金、銀、銅、アルミニウム、あるいはそれらの合金のうちアルミニウムをのぞいた金属元素は比較的原子番号の大きな元素で放射線吸収効果が大きい。そのために、光反射材層もまた放射線遮蔽材として働く。放射線遮蔽能力の小さな材料であっても、光反射材層厚みが薄いので、重金属元素粒子を混練した放射線遮蔽材層がシ

50

ンチレータ素子のすぐ隣に設けられているので、低角度入射放射線を遮蔽することができる。

【0045】

また、光反射材層を構成している金、銀、銅、アルミニウム、あるいはそれらの合金は後で説明するように、可視光に対する光反射率が88%を超えているのでシンチレータ素子で生じた光のうちシンチレータ素子側面から外部に放出された光の88%超がシンチレータ素子に戻されて、半導体光検出素子に入って電気信号に変換される。

【0046】

上に述べたように、本発明の放射線検出装置では、放射線遮蔽材で不要な放射線を遮蔽する能力が高くクロストークが小さい。また、シンチレータ素子側面の光反射材層による光反射効率が高いために信号出力が高い。そのために、本発明の放射線検出装置を放射線CTに用いると、分解能が高く精細な画像を得ることができる。

10

【0047】

また、光反射材層を蒸着あるいはスパッタで形成しているので、正確な厚さとなる。そして、放射線遮蔽材層の厚みを粗い重金属元素粒子の直径に合わせて制御するので、正確な厚さにすることができる。そのために、シンチレータ素子間隙を正確に作ることができる。

【実施例2】

【0048】

本発明の放射線検出装置に用いることができる第二の光反射材層の光反射率について検討した。第二の光反射材層として、金、銀、銅、アルミニウム、Al-50重量%Agそれぞれの蒸着膜を用いた場合と、光反射材層が酸化チタン粉末（平均粒度：0.3μm）をポリエステル樹脂中に重量比率で3：1に含む場合との光反射率を光の波長との関係で図4に示す。金属光反射材層の場合厚さが1μmとなるように真空蒸着で形成した。なお、Al-50重量%Agを真空蒸着したときに金属の蒸気圧の関係でAgがAlよりも先にシンチレータ素子面に付着してシンチレータ素子側から光反射材層を見たときにはAg層と同じとなる。また、酸化チタン粉末を混練したポリエステル樹脂の光反射材は厚さを100μmとした。

20

【0049】

シンチレータ素子に用いられるシンチレータ材は $CdWO_4$ （CWOと呼ばれることがある）、 $Gd_2O_2S:Pr(Ce,F)$ （GOSと呼ばれることがある）及び $(Y,Gd)_2O_3:Eu(YGOと呼ばれることがある)$ で、これらシンチレータ材が発生するシンチレーション光の波長がそれぞれ460nm、512nm及び610nmで可視光である。380~770nmの波長範囲の可視光に対して金、銀、銅、アルミニウム、およびこれらの合金で作った膜は88%超の光反射率を持つ。金と銅とはその色のために600nmよりも短い波長の光に対して光反射率が急激に低下しているので、600nm以上のシンチレーション光を生じるシンチレータ材との組み合わせで使用する必要がある。

30

【0050】

酸化チタン粉末を混練したポリエステル樹脂の光反射材においても100μm厚であれば、光反射率が90%を超える。しかし、ポリエステル樹脂に入ったシンチレーション光が樹脂に吸収されて減衰するので、戻ってくる光の量を光反射率だけでは評価できない。更に、酸化チタン粉末を混練したポリエステル樹脂は100μm未満の厚さの膜にすると一様な厚さに形成することができない。実施例1で説明した放射線検出装置のようにシンチレータ素子間隙が100μmの場合には、100μmを超えた厚さの光反射材層を形成することができない。

40

【0051】

それに対して、本発明で用いている金属光反射材層である第二の光反射材層は、0.05μm超の厚さにすれば一様に形成することができる。

【実施例3】

【0052】

50

本発明の放射線検出装置で、シンチレータ素子側面に形成した第二の光反射材層を厚くすると第二の光反射材層上面から第二の光反射材層を通してシンチレータ素子に入射する低角度入射放射線の量が増える。低角度入射放射線の量を測定するために、図5Aに示すように、放射線検出装置のシンチレータ素子22の上面26に約200 μ m厚をした金属鉛板60を取り付けて、上部からX線を照射して放射線検出装置の出力Vを測定した。次に図5Bに示すように、放射線検出装置のシンチレータ素子22の上面26から金属鉛板60を取り除いて、上部から同じ強度のX線を照射して放射線検出装置の出力V₀を測定した。図5Bの装置では、シンチレータ素子22上面に入射するX線強度とシンチレータ素子22の側面につけた第二の光反射材層40を通して入射したX線強度との合計による出力V₀を測定しており、図5Aの装置では、シンチレータ素子22上面に入射するX線は金属鉛板で遮蔽されるので、シンチレータ素子22の側面に着けた第二の光反射材層40を通して入射した低角度入射X線による出力Vを測定している。

10

【0053】

図6に低角度入射X線の出力比率（出力Vの出力V₀に対する百分率）を第二の光反射材層厚さ（ μ m）との関係で示している。図6から明らかなように、第二の光反射材層厚さが大きくなるにつれて低角度入射放射線による出力が増えるが、第二の光反射材層厚さが5 μ mまでならば低角度入射放射線による出力が2%未満である。そこで、第二の光反射材層厚さを5 μ mあるいはそれ未満とするとよいことが判る。また、第二の光反射材層厚さを3 μ m未満とすれば低角度入射放射線による出力を1%以下にすることができるが、スパッタや蒸着で金属光反射材層を形成する場合2 μ m以下の厚さとするのが膜形成時間との関係で好ましい。スパッタや蒸着で金属光反射材層を形成する場合、その厚さを0.05 μ m超とすれば一様な厚さの金属膜を形成できてそれ以上の厚さでは光反射率に大きな変化はない。そこで、第二の光反射材層は0.05~5 μ m厚とし、好ましくは0.05~3 μ m厚である。

20

【実施例4】

【0054】

実施例1で説明した放射線検出装置を次に説明する工程で作った。長さ寸法75mmで幅寸法23mmの半導体光検出素子アレー10を準備した。このアレー10には、図1と図3に示すように、長さ方向に64列、幅方向に16行で1024個の半導体光検出素子15が平面状に並んでいる。各半導体光検出素子15の寸法は、長さ方向約1.07mm、幅方向約1.14mmで、半導体光検出素子間隔は長さ方向約100 μ m、幅方向約297 μ mであった。

30

【0055】

図7Aに示すGd₂O₂S:Pr(Ce, F)で作られたシンチレータ板20(1.14mm t)を16枚用意して、その両面にアルミニウムを2 μ m厚さにスパッタリングで形成し、両面に第二の光反射材層40を持つシンチレータ板20を作った(図7B参照)。なお、ここで用いたシンチレータ板20の厚さ約1.14mmは、半導体光検出素子アレー10が持つ各半導体光検出素子の幅寸法に相当する。

【0056】

第二の光反射材層40を持つ16枚のシンチレータ板20それぞれの一方の第二の光反射材層40の上に、ニオブ粒子約95重量%をポリエステル樹脂に混練した第一の放射線遮蔽材50a'を一様に塗布した。第一の放射線遮蔽材50a'は290~296 μ m直径をしたニオブ粒子と、それよりも小さな直径をしたニオブ粒子とを重量比で39:151含んでいた。

40

【0057】

第一の放射線遮蔽材50a'を塗布した16枚のシンチレータ板20をシンチレータ板20と第一の放射線遮蔽材50a'とが交互になるように積層して、80℃で2時間加熱してポリエステル樹脂を硬化して図7Cに示すように、シンチレータ板ブロック20aを形成した。シンチレータ板ブロック20aは、第一の放射線遮蔽材50a'を硬化した厚さ約293 μ mの放射線遮蔽材層50aをシンチレータ板20の第二の光反射材層40間

50

に持ち、厚さが約 2.3 mm で、半導体光検出素子アレー 10 の幅寸法とほぼ同じであった。

【0058】

図 7D にあるように、シンチレータ板ブロック 20a を、幅方向にスライスして、厚さが半導体光検出素子 15 の長さ寸法（約 1.07 mm）となるようにして切断板とした。更に、図 7D に示すように、切断板を前にスライスした方向と直角方向にスライスして、完成したシンチレータ素子 22 の高さ（1.5 mm）よりも大きな寸法（約 2 mm）をした切断片 20b とした。なお、図 7D でスライス位置を二点鎖線で示している。

【0059】

ここでは、シンチレータ板ブロック 20a を半導体光検出素子 15 の長さ寸法に相当する厚さをした切断板とした後で、完成したシンチレータ素子 22 の高さよりも大きな寸法をした切断片 20b としたが、順序を逆にして、シンチレータ板ブロック 20a をスライスして完成したシンチレータ素子 22 の高さよりも大きな寸法をした切断板とした後で、半導体光検出素子 15 の長さ寸法に相当した寸法の切断片 20b としてもよい。

【0060】

このようにして、製作する放射線検出装置 1 個あたり 64 本の切断片 20b を準備した（図 7E 参照）。半導体光検出素子 15 の長さ寸法に相当する間隔（約 1.07 mm）になっている切断片 20b の両端面（2.3 mm × 2 mm の大きさ）にアルミニウムをスパッタして 2 μm 厚さのアルミニウムからなる第二の光反射材層 40 を形成した（図 7F 参照）。

【0061】

各切断片 20b のアルミニウムからなる第二の光反射材層 40 の一方の上に、ニオブ粒子約 95 重量% をポリエステル樹脂に混練した第二の放射線遮蔽材 50b' を一様に塗布した（図 7F 参照）。第二の放射線遮蔽材 50b' は、93 ~ 99 μm 直径をしたニオブ粒子と、それよりも小さい直径をしたニオブ粒子とを混合重量比率で 36 : 2024 に含んでいた。

【0062】

第二の放射線遮蔽材 50b' を塗布した 64 本の切断片 20b を切断片 20b と第二の放射線遮蔽材 50b' とが交互になるように積層して、80 °C に 2 時間加熱して図 7G にあるようにシンチレータ素子ブロック 20c を形成した。シンチレータ素子ブロック 20c は第二の放射線遮蔽材 50b' を硬化した厚さ約 96 μm の放射線遮蔽材層 50b を切断片 20b 上の第二の光反射材層 40 間に持ち、全体の長さが約 75 mm で、その幅寸法は半導体光検出素子アレー 10 の幅とほぼ同じであった。

【0063】

シンチレータ素子ブロック 20c の両端面を研磨して完成させるべきシンチレータ素子の高さ 1.5 mm にして、シンチレータ素子ブロック 20c の研磨した両端面のうち一方を半導体光検出素子アレー 10 上に各シンチレータ素子 22 が各半導体光検出素子 15 と対向するようにしてエポキシ樹脂で接着をした。

【0064】

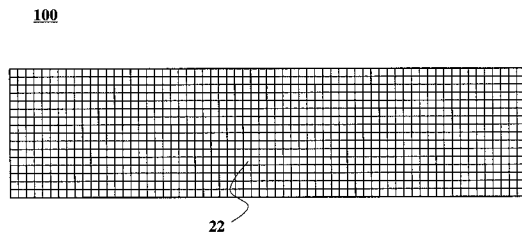
シンチレータ素子ブロック 20c の半導体光検出素子アレー 10 と対向していない面すべて（上面も含む）に酸化チタン粉末（平均粒度：0.3 μm）をポリエステル樹脂に重量比で 3 : 1 に混練した第一の光反射材を塗布して硬化させて、第一の光反射材層 30 を持った放射線検出装置 100（図 7H 参照）を得た。

【産業上の利用可能性】

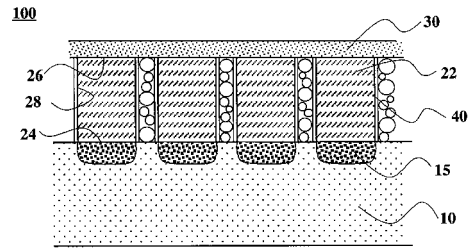
【0065】

本発明の放射線検出装置は、放射線 CT 装置、特に X 線 CT 装置のマルチチャネルアレー放射線検出装置として用いることのできる高精細で高分解能の撮影像を得るのに適している。

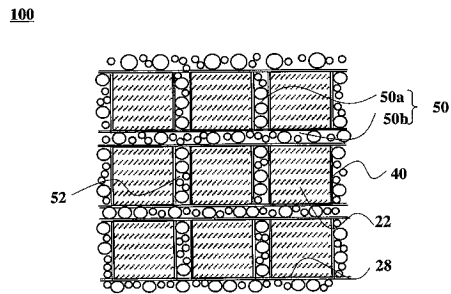
【図 1】



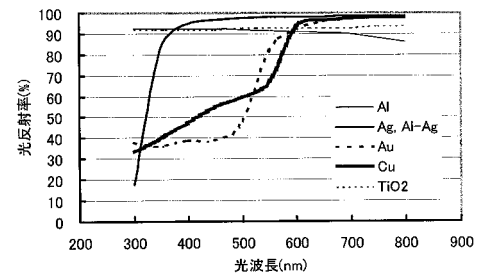
【図 3】



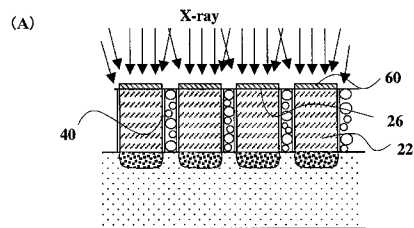
【図 2】



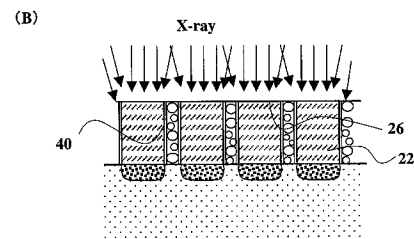
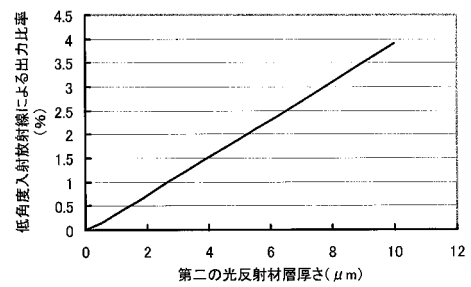
【図 4】



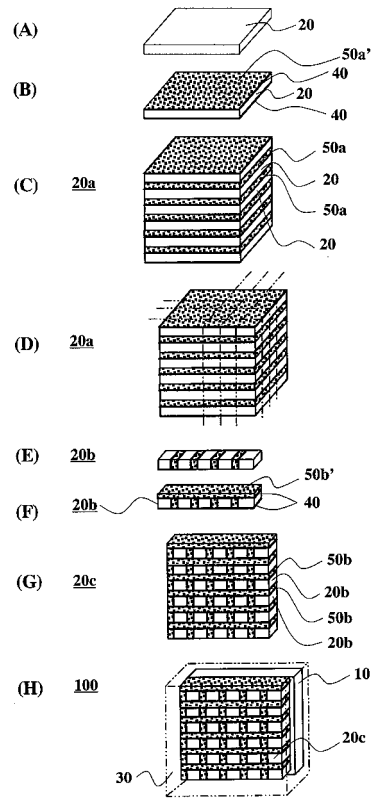
【図 5】



【図 6】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-151007(JP,A)
特開2002-116261(JP,A)
特開2002-139568(JP,A)
特開2005-087366(JP,A)
特開平11-186532(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01T 1/00-7/12