

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6107001号  
(P6107001)

(45) 発行日 平成29年4月5日(2017.4.5)

(24) 登録日 平成29年3月17日(2017.3.17)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>G 2 1 K</b>	<b>4/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G 2 1 K 4/00 B
<b>C 0 9 K</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 0 9 K 11/00 E
<b>C 0 9 K</b>	<b>11/06</b>	<b>(2006.01)</b>	C 0 9 K 11/06 6 0 1
<b>G 0 1 T</b>	<b>1/20</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 1 T 1/20 B
<b>H 0 1 L</b>	<b>31/08</b>	<b>(2006.01)</b>	H 0 1 L 31/00 A

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-194233 (P2012-194233)  
 (22) 出願日 平成24年9月4日(2012.9.4)  
 (65) 公開番号 特開2014-48270 (P2014-48270A)  
 (43) 公開日 平成26年3月17日(2014.3.17)  
 審査請求日 平成27年2月26日(2015.2.26)

(73) 特許権者 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100104215  
 弁理士 大森 純一  
 (74) 代理人 100117330  
 弁理士 折居 章  
 (74) 代理人 100168181  
 弁理士 中村 哲平  
 (74) 代理人 100170346  
 弁理士 吉田 望  
 (74) 代理人 100168745  
 弁理士 金子 彩子  
 (74) 代理人 100176131  
 弁理士 金山 慎太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シンチレータ及び放射線検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無機蛍光化合物からなり、第1波長帯域の蛍光を生じる粒子状の第1蛍光体であって、  
 第1の蛍光体群と、無機蛍光化合物の組成、形状及び大きさの少なくとも一つが前記第1  
 の蛍光体群とは異なる第2の蛍光体群とを含む第1蛍光体と、

有機蛍光化合物を含む蛍光性樹脂からなり、前記第1波長帯域とは異なる第2波長帯域  
 の蛍光を生じる第2蛍光体であって、第1の蛍光体層と、蛍光性樹脂の構造単位と平均分  
 子量の少なくともいずれかが前記第1の蛍光体層とは異なり、前記第1の蛍光体層に積層  
 された第2の蛍光体層とを含む第2蛍光体と

を含み、

前記第1の蛍光体群は前記第1の蛍光体層内に分散され、前記第1の蛍光体層によって  
 相互に結合され、

前記第2の蛍光体群は前記第2の蛍光体層内に分散され、前記第2の蛍光体層によって  
 相互に結合されている

シンチレータ。

【請求項2】

前記第2蛍光体は、波長変換化合物をさらに含む  
 請求項1に記載のシンチレータ。

【請求項3】

前記蛍光性樹脂は、熱可塑性であることを特徴とする

請求項 1 又は 2 に記載のシンチレータ。

【請求項 4】

無機蛍光化合物からなり、第 1 波長帯域の蛍光を生じる粒子状の第 1 蛍光体であって、第 1 の蛍光体群と、無機蛍光化合物の組成、形状及び大きさの少なくとも一つが前記第 1 の蛍光体群とは異なる第 2 の蛍光体群とを含む第 1 蛍光体と、有機蛍光化合物を含む蛍光性樹脂からなり、前記第 1 波長帯域とは異なる第 2 波長帯域の蛍光を生じる第 2 蛍光体であって、第 1 の蛍光体層と、蛍光性樹脂の構造単位と平均分子量の少なくともいずれかが前記第 1 の蛍光体層とは異なり、前記第 1 の蛍光体層に積層された第 2 の蛍光体層とを含む第 2 蛍光体とを含み、前記第 1 の蛍光体群は前記第 1 の蛍光体層内に分散され、前記第 1 の蛍光体層によって相互に結合され、前記第 2 の蛍光体群は前記第 2 の蛍光体層内に分散され、前記第 2 の蛍光体層によって相互に結合されているシンチレータと、

10

前記第 1 波長帯域と前記第 2 波長帯域に感度を持つように構成されている光電変換部材と

を具備する放射線検出装置。

【請求項 5】

前記光電変換部材は、単結晶シリコンを含む

請求項 4 に記載の放射線検出装置。

【請求項 6】

放射線照射部をさらに有する

請求項 4 又は 5 に記載の放射線検出装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の技術は、無機蛍光化合物を含むシンチレータ、放射線検出装置、及び、シンチレータの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

放射線を検出する放射線検出装置は、医療分野における診断や工業分野における非破壊検査に利用されている。放射線検出装置は、シンチレータの放出する光の輝度に応じて検出値を変える。シンチレータにて光を放出する発光物質は、例えば、特許文献 1 に記載のように、放射線の衝突によって可視光、あるいは、紫外光を放出する無機蛍光化合物である。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 116300 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

放射線検出装置では、シンチレータから放出される光の輝度が高いほど、放射線の検出精度が高められる。そのため、シンチレータから放出される光の輝度を高めることが望まれている。

40

【0005】

本開示の技術は、光の輝度を高めることのできるシンチレータ、放射線検出装置、及び、シンチレータの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の技術におけるシンチレータは、無機蛍光化合物を含む第 1 蛍光体と、蛍光性樹脂を含む第 2 蛍光体と、を含む。

本開示の技術における放射線検出装置は、シンチレータと、光電変換部材と、を備える

50

。前記シンチレータは、無機蛍光化合物を含む第 1 蛍光体と、蛍光性樹脂を含む第 2 蛍光体と、を含む。

【 0 0 0 7 】

本開示の技術におけるシンチレータの製造方法は、無機蛍光化合物を含む第 1 蛍光体と蛍光性樹脂を含む第 2 蛍光体とを混ぜる工程と、前記第 2 蛍光体を硬化する工程と、を含む。

【 発 明 の 効 果 】

【 0 0 0 8 】

本開示の技術によれば、シンチレータが、無機蛍光化合物を含む第 1 蛍光体と、蛍光性樹脂を含む第 2 蛍光体とを含むため、第 1 蛍光体の間の隙間では第 2 蛍光体が蛍光を放出する。それゆえに、第 1 蛍光体の間の隙間における光の輝度は、第 2 蛍光体によって高められる。結果として、シンチレータの放出する光の輝度が高められる。

10

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 本開示の技術が具体化された一実施形態におけるシンチレータの断面構造を示す断面図である。

【 図 2 】 一実施形態におけるシンチレータの製造方法での工程の順序を示す製造工程図である。

【 図 3 】 一実施形態における放射線検出部の断面構造を示す断面図である。

【 図 4 】 一実施形態における放射線検出装置の構成を示すブロック図である。

20

【 図 5 】 実施例 1 のシンチレータの発光スペクトルを示すグラフである。

【 図 6 】 比較例 1 のシンチレータの発光スペクトルを示すグラフである。

【 図 7 】 実施例 2 のシンチレータの発光スペクトルを示すグラフである。

【 図 8 】 比較例 2 のシンチレータの発光スペクトルを示すグラフである。

【 図 9 】 光電変換部材の吸収スペクトルの一例を示すグラフである。

【 図 1 0 】 第 1 変形例のシンチレータにおける断面構造を示す断面図である。

【 図 1 1 】 第 2 変形例のシンチレータにおける断面構造を示す断面図である。

【 発 明 を 実 施 す る た め の 形 態 】

【 0 0 1 0 】

本開示の技術を具体化した一実施形態について図 1 から図 4 を参照して説明する。

30

[ シンチレータ ]

図 1 に示されるように、シンチレータ 1 0 は、複数の第 1 蛍光体 1 1 を含み、複数の第 1 蛍光体 1 1 は、第 2 蛍光体 1 2 によって相互に結合されている。シンチレータ 1 0 は、プレート状をなし、放射線検出装置におけるシンチレータプレートに用いられる。シンチレータ 1 0 は、放射線検出媒体としてのカセットに取り付けられる増感紙として用いられてもよい。シンチレータ 1 0 は、放射線検出体として単独で用いられてもよい。

【 0 0 1 1 】

第 1 蛍光体 1 1 は、放射線との衝突によって蛍光を放出する無機蛍光化合物を含む構造体であって、無機蛍光化合物の放出する蛍光を外部に放出する。第 2 蛍光体 1 2 は、複数の第 1 蛍光体 1 1 を相互に結合する蛍光性樹脂を含む構造体であって、放射線との衝突によって外部に蛍光を放出する。すなわち、第 2 蛍光体 1 2 に含まれる蛍光性樹脂は、複数の第 1 蛍光体 1 1 における相対的な位置を固定する。

40

【 0 0 1 2 】

放射線は、放射性元素の崩壊に伴って放射性元素を含む物質から放出された粒子線であって、例えば、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線、宇宙線、及び、X線の少なくとも1つである。蛍光は、一重項励起状態から基底状態への遷移に伴い放出される光、及び、三重項励起状態から基底状態への遷移に伴い放出される光の少なくとも1つを含み、例えば、可視光、紫外光、及び、赤外光の少なくとも1つである。

【 0 0 1 3 】

シンチレータ 1 0 に放射線が照射されるとき、第 1 蛍光体 1 1 は放射線と衝突して蛍光

50

を放出し、第2蛍光体12も放射線と衝突して蛍光を放出する。それゆえに、シンチレータが第1蛍光体11と蛍光を放出しない結合樹脂とからなる場合に比べて、第1蛍光体11の間の隙間における光の輝度は、複数の第1蛍光体11を相互に結合する第2蛍光体12によって高められる。結果として、シンチレータ10の放出する光の輝度が高められる。

#### 【0014】

第1蛍光体11に含まれる無機蛍光化合物は、例えば、硫化物系蛍光体、ゲルマン酸塩系蛍光体、ハロゲン化物系蛍光体、硫酸バリウム系蛍光体、リン酸ハフニウム系蛍光体、タンタル酸塩系蛍光体、タングステン酸塩系蛍光体、セリウム賦活希土類ケイ酸塩系蛍光体、プラセオジウム賦活希土類酸硫化物系蛍光体、テルビウム賦活希土類酸硫化物系蛍光体、テルビウム賦活希土類リン酸塩系蛍光体、テルビウム賦活希土類オキシハロゲン化物系蛍光体、ツリウム賦活希土類オキシハロゲン化物系蛍光体、ユウロピウム賦活アルカリ土類金属リン酸塩系蛍光体、ユウロピウム賦活アルカリ土類金属フッ化ハロゲン化物系蛍光体、ユウロピウム賦活希土類酸硫化物系蛍光体のいずれかである。なお、第1蛍光体11に含まれる無機蛍光化合物は、上記蛍光体のうちの2以上の組み合わせであってもよい。

#### 【0015】

硫化物系蛍光体は、例えば、 $ZnS:Ag$ 、 $(Zn, Cd)S:Ag$ 、 $(Zn, Cd)S:Cu$ 、 $(Zn, Cd)S:Cu, Al$ のいずれかである。ゲルマン酸塩系蛍光体は、例えば、 $Bi_4Ge_3O_{12}$ である。ハロゲン化物系蛍光体は、例えば、 $CsI:Na$ 、 $CsI:Tl$ 、 $NaI$ 、 $KI:Tl$ 、 $CsBr:Tl$ 、 $BaFI:Tl$ 、 $BaF:Tl$ 、 $LiI:Tl$ 、 $RbBr:Tl$ 、 $CeBr_3$ 、 $LaBr_3:Ce$ のいずれかである。硫酸バリウム系蛍光体は、例えば、 $BaSO_4:Pb$ 、 $BaSO_4:Eu$ 、 $(Ba, Sr)SO_4:Eu$ のいずれかである。リン酸ハフニウム系蛍光体は、例えば、 $HfP_2O_7:Cu$ である。タンタル酸塩系蛍光体は、例えば、 $YTaO_4$ 、 $YTaO_4:Tm$ 、 $YTaO_4:Nb$ 、 $(Y, Sr)TaO_{4-x}:Nb$ 、 $LuTaO_4$ 、 $LuTaO_4:Nb$ 、 $(Lu, Sr)TaO_{4-x}:Nb$ 、 $GdTaO_4:Tm$ 、 $Gd_2O_3 \cdot Ta_2O_5 \cdot B_2O_3:Tb$ のいずれかである。タングステン酸塩系蛍光体は、例えば、 $CaWO_4$ 、 $MgWO_4$ 、 $CaWO_4:Pb$ 、 $CdWO_4$ のいずれかである。

#### 【0016】

セリウム賦活希土類ケイ酸塩系蛍光体は、例えば、 $Gd_2SiO_5:Ce$ である。プラセオジウム賦活希土類酸硫化物系蛍光体は、例えば、 $Gd_2O_2S:Pr$ 、 $Gd_2O_2S:Pr, Ce, F$ のいずれかである。テルビウム賦活希土類酸硫化物系蛍光体は、例えば、 $Y_2O_2S:Tb$ 、 $Gd_2O_2S:Tb$ 、 $La_2O_2S:Tb$ 、 $(Y, Gd)_2O_2S:Tb$ 、 $(Y, Gd)O_2S:Tb, Tm$ のいずれかである。テルビウム賦活希土類リン酸塩系蛍光体は、例えば、 $YPO_4:Tb$ 、 $GdPO_4:Tb$ 、 $LaPO_4:Tb$ のいずれかである。テルビウム賦活希土類オキシハロゲン化物系蛍光体は、 $LaOBr:Tb$ 、 $LaOBr:Tb, Tm$ 、 $LaOCl:Tb$ 、 $LaOCl:Tb, Tm$ 、 $LaOCl:Tb, Tm$ 、 $LaOBr:Tb$ 、 $GdOBr:Tb$ 、 $GdOCl:Tb$ のいずれかである。ツリウム賦活希土類オキシハロゲン化物系蛍光体は、例えば、 $LaOBr:Tm$ 、 $LaOCl:Tm$ のいずれかである。

#### 【0017】

ユウロピウム賦活アルカリ土類金属リン酸塩系蛍光体は、例えば、 $(Ba_3(PO_4)_2:Eu)$ 、 $Ba_3(PO_4)_2:Eu$ のいずれかである。ユウロピウム賦活アルカリ土類金属フッ化ハロゲン化物系蛍光体は、例えば、 $BaFCl:Eu$ 、 $BaFBr:Eu$ 、 $BaFCl:Eu, Tb$ 、 $BaFBr:Eu, Tb$ 、 $BaF_2 \cdot BaCl_2 \cdot KCl:Eu$ 、 $(Ba \cdot Mg)F_2 \cdot BaCl_2 \cdot KCl:Eu$ のいずれかである。ユウロピウム賦活希土類酸硫化物系蛍光体は、例えば、 $Gd_2O_2S:Eu$ 、 $Lu_2O_2S:Eu$ のいずれかである。

#### 【0018】

第1蛍光体11は、第2蛍光体12の内に実質的に均一に分散する粒子であることが好

10

20

30

40

50

ましい。第1蛍光体11が第2蛍光体12内に実質的に均一に分散している場合には、第1蛍光体11が第2蛍光体12のなかで偏る場合に比べて、第1蛍光体11からの蛍光と、第2蛍光体12からの蛍光とが、シンチレータ10の全体から均一に放出される。それゆえに、シンチレータ10から放出される光の輝度の分布に偏りが生じることが抑えられる。第1蛍光体11が粒子である場合には、無機蛍光化合物に対する形状の加工がほぼ不要であるため、無機蛍光化合物に対する加工上の制約が抑えられる。また、第1蛍光体11に含まれる無機蛍光化合物内には潮解性を有する化合物が含まれる場合もある。第1蛍光体11が第2蛍光体12内に分散する場合には、第1蛍光体11の全体が第2蛍光体12によって覆われるため、無機蛍光化合物が潮解性を有する場合であっても、第1蛍光体11の性状の変化が抑えられる。

10

**【0019】**

第1蛍光体11の粒径は、1nm以上100 $\mu$ m以下であることが好ましい。第1蛍光体11の粒径は、1nm未満であってもよいし、100 $\mu$ mよりも大きくてもよい。シンチレータ10から放出される光の輝度は、通常、第1蛍光体11の間の隙間が小さいほど高いため、第1蛍光体11の粒径が100 $\mu$ m以下であれば、第1蛍光体11の間の隙間を十分に小さくすることが可能である。

**【0020】**

第2蛍光体12に含まれる蛍光性樹脂は、複数の第1蛍光体11を相互に結合し、且つ、第2蛍光体12に衝突した放射線のエネルギーを吸収する。第2蛍光体12は、蛍光性樹脂からなる構造体であってもよく、蛍光性樹脂と蛍光性樹脂以外の化合物とを含む組成物からなる構造体であってもよい。

20

**【0021】**

蛍光性樹脂に含まれる樹脂は、第2蛍光体12における蛍光の放出を担う。すなわち、蛍光性樹脂が樹脂のみからなる場合には、蛍光性樹脂は放射線との衝突によって蛍光を放出する蛍光体であり、樹脂から放出される蛍光は、蛍光性樹脂から放出される蛍光である。これに対して、蛍光性樹脂が、樹脂の他に、有機蛍光化合物、及び、波長変換化合物の少なくとも1つの添加物を含む組成物からなる場合には、蛍光性樹脂に含まれる樹脂は放射線との衝突によって放射線のエネルギーを吸収し、放射線のエネルギーを添加物に伝える。この際に、蛍光性樹脂から放出される蛍光は、樹脂と添加物との協働によって放出される蛍光であって、蛍光性樹脂に含まれる樹脂は蛍光の放出を補助している。なお、蛍光性樹脂が組成物からなる場合に、蛍光性樹脂に含まれる樹脂は蛍光体であってもよい。

30

**【0022】**

例えば、第2蛍光体12は、樹脂を含み、その樹脂から伝わるエネルギーを可視光に変換する有機蛍光化合物を含んでもよい。第2蛍光体12は、樹脂を含み、その樹脂の放出する紫外光を可視光に変換する波長変換化合物を含んでもよい。第2蛍光体12は、樹脂を含み、その樹脂から伝わるエネルギーを紫外光に変換する有機蛍光化合物を含み、さらに、その有機蛍光化合物の放出する紫外光を可視光に変換する波長変換化合物を含んでもよい。第2蛍光体12は、樹脂を含み、その樹脂から伝わるエネルギーを可視光に変換する有機蛍光化合物を含み、さらに、その有機蛍光化合物の放出する可視光を波長が異なる他の可視光に変換する波長変換化合物を含んでもよい。

40

**【0023】**

樹脂は、例えば、天然樹脂、合成樹脂、プラスチック、エラストマーのいずれであってもよい。樹脂は、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂、繊維強化プラスチック等の複合樹脂のいずれであってもよい。樹脂には、例えば、ポリスチレン、ポリビニルトルエン、ポリフェニルベンゼン、ポリエチレンテレフタレート、及び、ポリエチレンナフタレートが用いられる。

**【0024】**

樹脂は、熱可塑性樹脂であることが好ましい。シンチレータ10に求められる形状が複雑であるほど、第2蛍光体12の形状も複雑であるから、樹脂が熱可塑性樹脂であれば、第2蛍光体12の形成に際して、第2蛍光体12に流動性が与えられる。そのため、樹脂

50

が熱可塑性樹脂であれば、シンチレータ 10 の形状が複雑である場合であっても、第 2 蛍光体 12 の形状の加工が容易になる。

【0025】

有機蛍光化合物は、樹脂よりも分子量が小さい有機化合物であって、樹脂内に分子として分散している。有機蛍光化合物は、樹脂から吸収するエネルギーの一部をシンチレータ 10 から放出される光に変換する、あるいは、樹脂が放出するエネルギーを波長変換化合物が吸収する光の波長に変換する。有機蛍光化合物が樹脂内に分子として分散している状態であれば、樹脂における状態の遷移が起こる前にエネルギーが伝わることで、及び有機蛍光化合物における状態の遷移が起こることが円滑に進行する。

【0026】

有機蛍光化合物には、例えば、アントラセン、p-ターフェニル、p-クアテルフェニル、2,5-ジフェニルオキサゾール、2,5-ジフェニル-1,3,4-オキサジアゾール、ナフタレン、ジフェニルアセチレン、及び、スチルベンゼンが用いられる。

【0027】

波長変換化合物は、樹脂よりも分子量が小さい有機化合物であり、樹脂内に分子として分散している。波長変換化合物は、樹脂から吸収するエネルギーの一部をシンチレータ 10 から放出される光に変換する、あるいは、有機蛍光化合物が放出する蛍光をシンチレータ 10 が放出する光に変換する。波長変換化合物が樹脂内に分子として分散している状態であれば、波長変換化合物での遷移が円滑に進行する。波長変換化合物には、例えば、2,2-p-フェニレンビス(5-フェニルオキサゾール)が用いられる。

【0028】

第 1 蛍光体 11 から放出される蛍光の波長帯域と、第 2 蛍光体 12 から放出される蛍光の波長帯域とは、相互に異なる波長を有してもよい。すなわち、第 1 蛍光体 11 が第 1 波長帯域で蛍光を放出し、第 2 蛍光体 12 が第 1 波長帯域とは異なる第 2 波長帯域で蛍光を放出してもよい。シンチレータ 10 から放出される光を検出する検出部には、光を電荷に変換する光電変換物質が用いられ、光電変換物質では、光の波長ごとの量子効率が相互に異なる、すなわち、光の波長ごとの感度の有無が相互に異なる場合がある。第 1 蛍光体 11 から放出される蛍光の波長帯域と、第 2 蛍光体 12 から放出される蛍光の波長帯域とが相互に異なる波長を有する場合には、2つの波長帯域が、光電変換物質がより高い感度を持つ波長帯域に設定されることが好ましい。

【0029】

なお、第 2 蛍光体 12 から放出される蛍光の波長帯域と、第 1 蛍光体 11 から放出される蛍光の波長帯域とが相互に重なる重複帯域が存在する場合には、シンチレータ 10 から放出される光の輝度は、他の波長帯域よりも高くなる場合がある。この場合には、重複帯域が検出波長を含むことによって、放射線の検出精度が高められる。特に、重複帯域にて光電変換物質による高い検出感度が得られる場合には、第 2 蛍光体 12 の放出する蛍光の波長帯域と第 1 蛍光体 11 の放出する蛍光の波長帯域とが相互に重なる形態が効果的である。

【0030】

[シンチレータの製造方法]

次に、シンチレータ 10 の製造方法について図 2 を参照して説明する。

図 2 に示されるように、シンチレータ 10 は、液状体の生成(ステップ S11)と、混合物の生成(ステップ S12)と、液状体の硬化(ステップ S13)とによって製造される。

【0031】

液状体の生成(ステップ S11)では、第 2 蛍光体 12 を形成するための材料が液状体として生成される。液状体は、第 2 蛍光体 12 に含まれる樹脂の加熱による溶解物、第 2 蛍光体 12 に含まれる樹脂の前駆体組成物、第 2 蛍光体 12 の加熱による溶解物、第 2 蛍光体 12 の前駆体組成物のいずれかである。なお、液状体は、液体と懸濁液とのいずれであってもよく、懸濁液は、コロイド粒子が分散されたゾルと、コロイド粒子よりも大きい

10

20

30

40

50

固体粒子が分散した液のいずれであってもよい。

【 0 0 3 2 】

第 2 蛍光体 1 2 に含まれる樹脂が熱可塑性樹脂である場合には、熱可塑性樹脂の加熱によって液状体は生成される。第 2 蛍光体 1 2 に含まれる樹脂が熱硬化性樹脂、あるいは、光硬化性樹脂である場合には、第 2 蛍光体 1 2 に含まれる樹脂の前駆体組成物の生成によって液状体は生成される。

【 0 0 3 3 】

混合物の生成（ステップ S 1 2）では、液状体と第 1 蛍光体 1 1 とが混ぜられる。第 1 蛍光体 1 1 が第 2 蛍光体 1 2 のなかで分散するためには、第 1 蛍光体 1 1 が液状体に添加された後に液状体が攪拌される、あるいは、攪拌されている液状体に第 1 蛍光体 1 1 が添加されることが好ましい。なお、第 1 蛍光体 1 1 の間の隙間が液状体で埋められることによって、液状体と第 1 蛍光体 1 1 とが混ぜられてもよい。混合物の生成では、液状体と第 1 蛍光体 1 1 とが含まれる混合物に、有機蛍光化合物や波長変換化合物が添加されてもよいし、有機蛍光体化合物や波長変換化合物を含む液状体に第 1 蛍光体 1 1 が混ぜられてもよい。

10

【 0 0 3 4 】

第 2 蛍光体 1 2 に含まれる樹脂が熱可塑性樹脂である場合には、単分子状態、且つ、液状である熱可塑性樹脂の前駆体組成物に対して有機蛍光体化合物や波長変換化合物が添加される。こうした樹脂の前駆体組成物に対して、第 1 蛍光体 1 1 が混ぜられればよい。若しくは、第 2 蛍光体 1 2 に含まれる樹脂が熱可塑性樹脂である場合には、前駆体組成物に対して有機蛍光体化合物や波長変換化合物が添加され、樹脂、有機蛍光体化合物、及び波長変換化合物を含む熱可塑性樹脂のペレットが形成されてもよい。その後、熱可塑性樹脂のペレットが溶解された液状体に対して、第 1 蛍光体 1 1 が混ぜられてもよい。

20

【 0 0 3 5 】

液状体の硬化（ステップ S 1 3）では、混合物に含まれる液状体が硬化する。第 2 蛍光体 1 2 に含まれる樹脂が熱可塑性樹脂である場合には、例えば、押し出し成形用の金型や射出成型用の金型に混合物が供給されて、液状体のガラス転移温度よりも低い温度まで液状体が冷却される。これによって、プレート状の金型に合った形状に液状体が硬化する。

【 0 0 3 6 】

なお、第 2 蛍光体 1 2 に含まれる樹脂が熱硬化性樹脂である場合には、前駆体組成物の重合開始温度以上に液状体が加熱され、これによって、液状体が硬化して複数の第 1 蛍光体 1 1 が樹脂で相互に結合される。第 2 蛍光体 1 2 に含まれる樹脂が光硬化性樹脂である場合には、前駆体組成物の重合を開始させる光が液状体に照射され、これによって、液状体が硬化して複数の第 1 蛍光体 1 1 が樹脂で相互に結合される。

30

【 0 0 3 7 】

[ 放射線検出部 ]

次に、放射線検出装置の備える放射線検出部について図 3 を参照して説明する。なお、放射線検出部は、単独で放射線検出装置を構成することもできる。

【 0 0 3 8 】

図 3 に示されるように、放射線検出部 2 0 は、シンチレータ 1 0 と、シンチレータ 1 0 の下に連結して配置された光電変換部材 2 1 とからなる連結体を含む。光電変換部材 2 1 は、シンチレータ 1 0 から放出された光を電気信号に変換する。放射線検出部 2 0 は、シンチレータ 1 0 から放出された光を反射する反射部材 2 2 を備える。

40

【 0 0 3 9 】

光電変換部材 2 1 は、例えば、シンチレータ 1 0 に接合されるスイッチ基板に具体化される。スイッチ基板は、マトリックス状に配置された複数のスイッチ素子を備え、複数のスイッチ素子の各々は、光電変換層を備える。複数のスイッチ素子における光電変換層は、シンチレータ 1 0 から放出された光をその輝度に応じた電荷に変換する。複数のスイッチ素子の各々は、光電変換層で変換された電荷に応じてオン状態とオフ状態とを切り替える。

50

## 【 0 0 4 0 】

シンチレータ 1 0 の一部分に放射線が照射されるとき、放射線が照射された部位から蛍光が放出され、放出された蛍光が光電変換層にて電荷に変換される。放射線が照射された部位に対応するスイッチ素子では、スイッチ素子の状態が切り替わり、放射線が照射されたこと、さらには、状態の切り替わったスイッチ素子に対応する部位に放射線が照射されたことが検出される。

## 【 0 0 4 1 】

光電変換層は、アモルファスシリコン、単結晶シリコン、アモルファスセレン、及び、CdS - CdSe等の無機材料や、キナクリドン系化合物、及び、フタロシアニン系化合物等の有機材料を用いて形成される。なお、シンチレータ 1 0 から放出された光を電荷に変換する部材は、光電変換層に限らず、光電子倍增管であってもよい。

10

## 【 0 0 4 2 】

反射部材 2 2 は、シンチレータ 1 0 から反射部材 2 2 に向けて放出された光を光電変換部材 2 1 に向けて反射する。反射部材 2 2 の形成材料は、例えば、アルミニウム、銀、ニッケル、及び、チタン等の金属膜である。なお、反射部材 2 2 は、酸化チタン、酸化アルミニウム、二酸化ケイ素等の光を散乱させる粒子を分散させることにより形成された樹脂膜であってもよい。なお、反射部材 2 2 は、シンチレータ 1 0 に直接接合されてもよく、エポキシ樹脂等の接着剤や粘着剤によってシンチレータ 1 0 に接合されてもよい。

## 【 0 0 4 3 】

反射部材 2 2 は、物理的な刺激や化学的な刺激からシンチレータ 1 0 を保護する機能を有することが好ましい。例えば、反射部材 2 2 は、シンチレータ 1 0 に接続される面とは反対側の面に形成された保護層を備えることが好ましい。保護層は、放射線を透過する高分子化合物からなり、保護層の形成材料は、ポリウレタン、塩化ビニル共重合体、塩化ビニル - 酢酸ビニル共重合体、塩化ビニル 塩化ビニリデン共重合体、塩化ビニル アクリロニトリル共重合体、ブタジエン アクリロニトリル共重合体、ポリアミド樹脂、ポリビニルブチラール、ポリエステル、セルロース誘導体、ポリイミド、ポリアミド、ポリパラキシレン、スチレン - ブタジエン共重合体、合成ゴム系樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂、フェノキシ樹脂、シリコン樹脂、アクリル系樹脂、尿素ホルムアミド樹脂のいずれであってもよい。

20

## 【 0 0 4 4 】

光電変換部材 2 1 に入射するフォトン数と、光電変換部材 2 1 にて生成される電荷の数との比は、量子効率として設定される。光電変換部材 2 1 における量子効率は、光電変換部材 2 1 に照射される蛍光の波長ごとに異なる場合がある。すなわち、光電変換部材 2 1 における蛍光の検出感度は、シンチレータ 1 0 からの蛍光の波長ごとに異なる場合がある。それゆえに、第 1 蛍光体 1 1 から放出される蛍光の波長、及び、第 2 蛍光体 1 2 から放出される蛍光の波長は、光電変換部材 2 1 の吸収波長帯域に含まれ、且つ、吸収波長帯域のうち検出感度が相対的に高い波長帯域に含まれることが好ましい。

30

## 【 0 0 4 5 】

放射線検出部 2 0 が製造される際には、予め形成されたシンチレータ 1 0 が光電変換部材 2 1 に対して貼り付けられてもよいし、光電変換部材 2 1 上に液状体が塗布されることでシンチレータ 1 0 が形成されてもよい。シンチレータ 1 0 が光電変換部材 2 1 に対して貼り付けられる場合には、光電変換部材 2 1 の耐熱温度等によってシンチレータ 1 0 の製造方法が制約されない。そのため、シンチレータ 1 0 の製造方法の自由度、ひいては、シンチレータ 1 0 の形成材料の自由度が高められる。これに対し、シンチレータ 1 0 が光電変換部材 2 1 上に形成される場合には、シンチレータ 1 0 と光電変換部材 2 1 とを貼り付ける処理を省くことができる。

40

## 【 0 0 4 6 】

## [ 放射線検出装置 ]

次に、放射線検出装置について図 4 を参照して説明する。

図 4 に示されるように、放射線検出装置 3 0 は、放射線検出部 2 0 を搭載した放射線撮

50

像装置 3 1 と、放射線撮像装置 3 1 に放射線を照射する放射線照射装置 3 2 とを備える。放射線撮像装置 3 1 には、放射線撮像装置 3 1 を制御する撮像制御装置 3 3 が接続され、撮像制御装置 3 3 には、撮像結果を表示する表示装置 3 4 が接続されている。

【 0 0 4 7 】

放射線照射装置 3 2 は、放射線を放射する放射線源と、放射線の照射される範囲を所定の範囲に制限するコリメーターとを備える。放射線照射装置 3 2 は、コリメーターを通して出力される放射線 3 1 R を放射線撮像装置 3 1 に照射する。

【 0 0 4 8 】

撮像制御装置 3 3 は、放射線像を撮像するための撮像プログラムを実行する。撮像制御装置 3 3 は、撮像プログラムに従って制御信号を生成し、放射線撮像装置 3 1 に対する制御信号の出力を通じて放射線撮像装置 3 1 を制御する。撮像制御装置 3 3 は、放射線撮像装置 3 1 から入力される撮像データを用いて表示データを生成し、表示装置 3 4 に対する表示データの出力を通じて表示装置 3 4 を制御する。

【 0 0 4 9 】

放射線撮像装置 3 1 は、撮像制御装置 3 3 から制御信号を入力し、放射線検出部 2 0 を駆動するための駆動信号を生成して放射線検出部 2 0 を駆動する。放射線撮像装置 3 1 は、放射線検出部 2 0 の放射線検出結果を用いて撮像データを生成し、撮像制御装置 3 3 に対して撮像データを出力する。放射線照射装置 3 2 と放射線撮像装置 3 1 との間には、放射線の照射対象 M が配置される。照射対象 M は、人体であってもよいし、物品であってもよい。照射対象 M は、照射対象 M の全体が放射線撮像装置 3 1 によって撮像されてもよいし、照射対象 M の一部が放射線撮像装置 3 1 によって撮像されてもよい。放射線検出部 2 0 は、照射対象 M と光電変換部材 2 1 との間にシンチレータ 1 0 が配置される状態で放射線撮像装置 3 1 に搭載される。

【 0 0 5 0 】

放射線照射装置 3 2 が放射線を照射するとき、照射対象 M を透過した放射線が放射線検出部 2 0 に照射される、あるいは、放射線照射装置 3 2 から照射される放射線が放射線検出部 2 0 に照射される。放射線検出部 2 0 は、シンチレータ 1 0 のうち放射線の照射された部位に対応する検出結果を出力する。放射線撮像装置 3 1 は、放射線検出部 2 0 の検出結果から撮像データを生成し、撮像制御装置 3 3 に対して出力する。撮像制御装置 3 3 は、撮像データから生成される表示データを生成して表示装置 3 4 に対して出力し、シンチレータ 1 0 のうち放射線の照射された部位に対応する画像を表示装置 3 4 に表示させる。これによって、放射線検出装置 3 0 は、照射対象 M を透過した放射線による放射線像を可視像として出力する。

【 0 0 5 1 】

放射線照射装置 3 2 に搭載されたシンチレータ 1 0 が、第 1 蛍光体 1 1 と第 2 蛍光体 1 2 とから形成される。そのため、放射線検出装置 3 0 では、シンチレータが第 1 蛍光体 1 1 と発光しない結合樹脂とから形成される場合と比べて、同一の輝度を得るためには、放射線照射装置 3 2 によって照射される放射線の線量がより小さくてすむ。それゆえに、照射対象 M が人体である場合には、照射対象 M に照射される放射線の線量を小さくすることができるため、照射対象 M の被爆量を小さくすることができる。

【 0 0 5 2 】

[ 実施例 1、実施例 2 ]

次に、シンチレータの実施例 1、及び、実施例 2 について、図 5、図 6、及び、表 1 を参照して説明する。

【 0 0 5 3 】

第 1 蛍光体 1 1 として  $Gd_2O_2S : Tb$  が用いられ、第 2 蛍光体 1 2 としてポリビニルトルエンを主成分とし、有機蛍光化合物と波長変換化合物とを含む組成物が用いられた。第 2 蛍光体 1 2 の加熱によって液状体が生成された後に、その液状体に対する第 1 蛍光体 1 1 の添加によって混合物が生成された。混合物に含まれる第 2 蛍光体 1 2 が硬化されて、プレート状をなすシンチレータ 1 0 が実施例 1 として得られた。実施例 1 のシンチレ

10

20

30

40

50

ータにX線が照射されて、実施例1のシンチレータから放出される光の発光スペクトルと輝度とが測定された。図5は、実施例1のシンチレータから放出された光の発光スペクトルを示し、表1は、実施例1のシンチレータから放出された光の輝度を含む。

【0054】

第1蛍光体11として $Gd_2O_2S:Tb$ が用いられ、第2蛍光体12としてポリエチレンナフタレートが用いられた。第2蛍光体12の加熱によって液状体が生成された後に、その液状体に対する第1蛍光体11の添加によって混合物が生成された。そして、混合物に含まれる液状の第2蛍光体が硬化されて、プレート状をなすシンチレータ10が実施例2として得られた。実施例2のシンチレータにX線が照射されて、実施例2のシンチレータから放出される光の輝度が測定された。表1は、実施例2のシンチレータから放出された光の輝度を含む。

10

【0055】

第1蛍光体11として $Gd_2O_2S:Tb$ が用いられ、蛍光を放出しない樹脂であるポリカーボネートが第1蛍光体11の結合樹脂として用いられ、プレート状をなすシンチレータが比較例1として得られた。比較例1のシンチレータにX線が照射されて、比較例1のシンチレータから放出された光の発光スペクトルが測定された。図6は、比較例1のシンチレータから放出された光の発光スペクトルを示し、表1は、比較例1のシンチレータから放出された光の輝度を含む。

【0056】

図6に示されるように、比較例1では、第1発光ピークP1、第2発光ピークP2、第3発光ピークP3、第4発光ピークP4、第6発光ピークP6、及び、第7発光ピークP7が認められた。第1発光ピークP1から第4発光ピークP4までの各波長帯域は、実施例1と同様であることが認められた。それゆえに、第1発光ピークP1から第4発光ピークP4までの各発光ピークは、実施例1と比較例1とに共通する物質からの光、すなわち、第1蛍光体11から放出された蛍光に起因する発光ピークであることが認められた。第6発光ピークP6の波長帯域は、430nm以上450nm以下であり、第7発光ピークP7の波長帯域は、405nm以上420nm以下であった。第6発光ピークP6と第7発光ピークP7とは、実施例1の第5発光ピークP5とスペクトルの形状が異なるが、各発光ピークP6、P7の波長帯域は、実施例1の第5発光ピークP5の波長帯域に含まれる。それゆえに、第6発光ピークP6、及び、第7発光ピークP7も、第1蛍光体11から放出された蛍光に起因する発光ピークであることが認められた。

20

30

【0057】

一方で、実施例1における第5発光ピークP5には、図5の破線で示されるように、第6発光ピークP6とは異なるピークであって、且つ、第7発光ピークP7とも異なり、波長帯域が380nm以上480nm以下である広範な発光ピークPnが含まれる。この広範な発光ピークPnは、第1蛍光体11以外の蛍光体、すなわち、第2蛍光体12から放出された蛍光に起因する。それゆえに、ポリビニルトルエンを主成分とし、有機蛍光化合物と波長変換化合物とを含む組成物が第2蛍光体12に用いられることによって、380nm以上480nm以下の波長帯域において光の輝度が高められることが認められた。

【0058】

40

【表1】

	第1蛍光体	第2蛍光体	輝度 (%)
実施例1	$Gd_2O_2S:Tb$	ポリビニルトルエン	130
実施例2	$Gd_2O_2S:Tb$	ポリエチレンナフタレート	135
比較例1	$Gd_2O_2S:Tb$	ポリカーボネート	100

【0059】

50

表 1 に示されるように、実施例 1 のシンチレータから得られた光の輝度は 130% であり、実施例 2 のシンチレータから得られた光の輝度は 135% であり、いずれも比較例 1 よりも高いことが認められた。複数の第 1 蛍光体 11 が第 2 蛍光体 12 で相互に結合されることによって、シンチレータから放出される光の輝度が高められることが認められた。

【0060】

[実施例 3、実施例 4]

次に、シンチレータの実施例 3、及び、実施例 4 について、図 7、図 8、及び、表 2 を参照して説明する。

【0061】

第 1 蛍光体 11 として ZnS : Ag が用いられ、第 2 蛍光体 12 としてポリビニルトルエンを主成分とし、有機蛍光化合物と波長変換化合物とを含む組成物が用いられた。第 2 蛍光体 12 の加熱によって液状体が生成された後に、その液状体に対する第 1 蛍光体 11 の添加によって混合物が生成された。混合物に含まれる第 2 蛍光体 12 が硬化されて、板状をなすシンチレータ 10 が実施例 3 として得られた。実施例 3 のシンチレータに X 線が照射されて、実施例 3 のシンチレータから放出される光の発光スペクトルと輝度とが測定された。図 7 は、実施例 3 のシンチレータから放出された光の発光スペクトルを示し、表 2 は、実施例 3 のシンチレータから放出された光の輝度を含む。

10

【0062】

第 1 蛍光体 11 として ZnS : Ag が用いられ、第 2 蛍光体 12 としてポリエチレンナフタレートが用いられた。第 2 蛍光体 12 の加熱によって液状体が生成された後に、その液状体に対する第 1 蛍光体 11 の添加によって混合物が生成された。混合物に含まれる液状の第 2 蛍光体 12 が硬化されて、プレート状をなすシンチレータ 10 が実施例 4 として得られた。実施例 4 のシンチレータに X 線が照射されて、実施例 4 のシンチレータから放出される光の輝度が測定された。表 2 は、実施例 4 のシンチレータから放出された光の輝度を含む。

20

【0063】

第 1 蛍光体 11 として ZnS : Ag が用いられ、蛍光を放出しない樹脂であるポリカーボネートが第 1 蛍光体 11 の結合樹脂として用いられ、プレート状をなすシンチレータが比較例 2 として得られた。比較例 1 のシンチレータに X 線が照射されて、比較例 2 のシンチレータから放出された光の発光スペクトルが測定された。図 8 は、比較例 2 のシンチレータから放出された光の発光スペクトルを示し、表 2 は、比較例 2 のシンチレータから放出された光の輝度を含む。

30

【0064】

図 7 に示されるように、実施例 3 では、波長帯域が 380 nm 以上 530 nm 以下にて発光ピーク Pa が認められた。

図 8 に示されるように、比較例 2 では、波長帯域が 400 nm 以上 530 nm 以下にて発光ピーク Pb が認められた。比較例 2 における発光ピーク Pb の波長帯域は、400 nm 以上 530 nm 以下であり、実施例 3 の発光ピーク Pa の波長帯域に含まれる。それゆえに、波長帯域が 400 nm 以上 530 nm 以下である光は、第 1 蛍光体 11 である ZnS : Ag から放出された蛍光に起因する。

40

【0065】

一方で、実施例 3 における発光ピーク Pa には、比較例 2 における発光ピーク Pb とは異なるピークであって、且つ、波長帯域が 380 nm 以上 420 nm 以下である発光ピーク Pn が含まれる。この発光ピーク Pn は、第 1 蛍光体 11 以外の蛍光体、すなわち、第 2 蛍光体 12 から放出された蛍光に起因する。それゆえに、ポリビニルトルエンを主成分とし、有機蛍光化合物と波長変換化合物とを含む組成物が第 2 蛍光体 12 に用いられることによって、波長帯域が 380 nm 以上 420 nm 以下である光の輝度が高められることが認められた。

【0066】

【表 2】

	第1蛍光体	第2蛍光体	輝度 (%)
実施例3	ZnS:Ag	ポリビニルトルエン	180
実施例4	ZnS:Ag	ポリエチレンナフタレート	195
比較例2	ZnS:Ag	ポリカーボネート	100

## 【0067】

表 2 に示されるように、実施例 3 のシンチレータから得られた光の輝度は 180 % であり、実施例 2 のシンチレータから得られた光の輝度は 195 % であり、いずれも比較例 2 よりも高いことが認められた。複数の第 1 蛍光体 11 が第 2 蛍光体 12 で相互に結合されることによって、シンチレータから放出される光の輝度が高められることが認められた。

10

## 【0068】

[ 光電変換部材の吸収スペクトル ]

次に、光電変換部材 21 における吸収スペクトルの一例について図 9 を参照して説明する。

## 【0069】

光電変換部材 21 に含まれる光電変換層に単結晶シリコン層が用いられた。波長帯域が 380 nm 以上 780 nm 以下の光が光電変換部材 21 に照射されて、光電変換部材 21 における波長ごとの量子効率が測定された。

20

## 【0070】

図 9 に示されるように、光電変換部材 21 は、波長帯域が 380 nm 以上 780 nm 以下である光を吸収して電荷に変換する。光電変換部材 21 における量子効率は、波長帯域が 380 nm 以上 480 nm 以下である光に対して最も高く、波長が 480 nm よりも長くなるほど小さくなることが認められた。なお、波長帯域が 380 nm 以上 780 nm 以下の光であれば、光電変換部材 21 における量子効率は、60 % 以上であることが認められた。

30

## 【0071】

実施例 1 のシンチレータ、及び、実施例 2 のシンチレータによれば、波長帯域が 380 nm 以上 480 nm 以下である光の輝度が高められる。実施例 3 のシンチレータ、及び、実施例 4 のシンチレータによれば、波長帯域が 380 nm 以上 420 nm 以下である光の輝度が高められる。これに対して、光電変換部材 21 では、波長帯域が 380 nm 以上 480 nm 以下である光の検出感度が相対的に高い。それゆえに、実施例 1 から実施例 4 の各シンチレータと、単結晶シリコン層が光電変換層に用いられた光電変換部材 21 とを備える放射線検出部 20 であれば、検出感度が特に高められる。

## 【0072】

上述の実施形態によれば以下の効果が得られる。

40

- ・第 1 蛍光体 11 の間の第 2 蛍光体 12 から蛍光が放出される。それゆえに、シンチレータ 10 から放出される光の輝度は、複数の第 1 蛍光体 11 を相互に結合する第 2 蛍光体 12 によって高められる。

## 【0073】

- ・第 1 蛍光体 11 が第 2 蛍光体 12 内に分散する粒子であるため、シンチレータ 10 から放出される光の輝度の分布に偏りが生じることが抑えられる。

- ・第 1 蛍光体 11 が粒子であるため、無機蛍光化合物に対する加工上の制約が抑えられる。

## 【0074】

- ・第 1 蛍光体 11 の全体が第 2 蛍光体 12 によって覆われるため、外気との接触による

50

第1蛍光体11の性状の変化が抑えられる。

・結合樹脂が熱可塑性樹脂であるため、第2蛍光体12が形成される際には、加熱された第2蛍光体12の流動性によって、第1蛍光体11の間に第2蛍光体12が入り込む。

【0075】

・有機蛍光化合物が結合樹脂内に分子として分散しているため、結着樹脂で吸収された放射線のエネルギーが有機蛍光化合物における蛍光の放出に利用される。

・波長変換化合物が結合樹脂内に分子として分散しているため、波長変換化合物による波長の変換がシンチレータ10の全体で均一に進行する。

【0076】

・第1蛍光体11から放出される蛍光の波長帯域と、第2蛍光体12から放出される蛍光の波長帯域とが相互に異なる波長を有するため、シンチレータ10から放出される光の波長帯域に、検出感度の高い波長が含まれやすくなる。

【0077】

・第2蛍光体12から放出される蛍光に起因した光の波長帯域は可視領域であり、光電変換部材21にて量子効率が最大となる波長も可視領域であるから、放射線検出部20における検出感度が特に高められる。

【0078】

次に、シンチレータ10の変形例について以下に説明する。

[第1変形例]

図10に示されるように、シンチレータ10は、層状をなす第1発光部L1と、第1発光部L1上に重ねられるようにして形成された層状をなす第2発光部L2とを備える。第2発光部L2が第1発光部L1に重ねられる方向にて、第1発光部L1の厚さと、第2発光部L2の厚さとは、同じ大きさであってもよいし、相互に異なる大きさであってもよい。

【0079】

第1発光部L1は、複数の第1蛍光体11aと、第1蛍光体11aを相互に結合する第2蛍光体12aとを含み、第2発光部L2は、複数の第1蛍光体11bと、第1蛍光体11bを相互に結合する第2蛍光体12bとを含む。

【0080】

第1蛍光体11a, 11bの各々は、放射線との衝突によって蛍光を放出する無機蛍光化合物を含む構造体であって、無機蛍光化合物の放出する蛍光を外部に放出する。第1蛍光体11aと第1蛍光体11bとは、上述した無機蛍光化合物のいずれかであって、無機蛍光化合物の組成、形状、及び、大きさの少なくとも1つが相互に異なってもよい。

【0081】

第2蛍光体12aは、第1蛍光体11aを相互に結合する樹脂を含む構造体であって、放射線との衝突によって外部に蛍光を放出する。第2蛍光体12bは、第1蛍光体11bを相互に結合する樹脂を含む構造体であって、放射線との衝突によって外部に蛍光を放出する。第2蛍光体12aに含まれる樹脂と、第2蛍光体12bに含まれる樹脂とは、上述した樹脂のいずれかであって、構造単位と平均分子量の少なくとも1つが相互に異なる。第2蛍光体12a, 12bが組成物である場合、第2蛍光体12aと第2蛍光体12bとに含まれる有機蛍光化合物及び波長変換化合物は、同一であってもよいし、相互に異なってもよい。

【0082】

第1発光部L1での第1蛍光体11aの密度は、第2発光部L2での第1蛍光体11bの密度よりも高くてもよいし、第2発光部L2での第1蛍光体11bの密度よりも低くてもよい。

【0083】

第1発光部L1と第2発光部L2とが重ねられるため、例えば、第1発光部L1を透過した僅かな放射線は、第2発光部L2によって蛍光に変換される。あるいは、第2発光部L2を透過した僅かな放射線は、第1発光部L1によって蛍光に変換される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 4 】

・第1発光部L1から放出される光の波長帯域と、第2発光部L2から放出される光の波長帯域とが、相互に異なる場合には、1つのシンチレータ10に適用される光電変換部材21の多様性を高めることが可能になる。

## 【 0 0 8 5 】

## [ 第2変形例 ]

図11に示されるように、シンチレータ10は、第1蛍光体としての第1複合体11L1と、第1蛍光体としての第2複合体11L2と、第1複合体11L1と第2複合体11L2との間を結合する第2蛍光体12とを備える。

## 【 0 0 8 6 】

第1複合体11L1は、無機蛍光化合物を含む蛍光体粒子L1aと、複数の蛍光体粒子L1aを結合する非発光樹脂R1とを含む。非発光樹脂R1は、蛍光体粒子L1aから放出される蛍光、第2蛍光体12から放出される蛍光、及び、放射線を透過する。第2複合体11L2は、無機蛍光化合物を含む蛍光体粒子L1bと、複数の蛍光体粒子L1bを結合する非発光樹脂R2とを含む。非発光樹脂R2は、蛍光体粒子L1bから放出される蛍光、第2蛍光体12から放出される蛍光、及び、放射線を透過する。

## 【 0 0 8 7 】

蛍光体粒子L1a, L1bの各々に含まれる無機蛍光化合物は、上述した無機蛍光化合物のいずれかであって、無機蛍光化合物の組成、形状、及び、大きさの少なくとも1つが相互に異なってもよい。非発光樹脂R1, R2の各々では、構造単位、平均分子量、及び、分子量の分布の少なくとも1つが、相互に同じであってもよいし、相互に異なってもよい。

## 【 0 0 8 8 】

第2蛍光体12は、第1複合体11L1と第2複合体11L2とを相互に結合する樹脂を含む。第2蛍光体12に含まれる樹脂は、上述した樹脂の少なくとも1つであって、第2蛍光体12における発光を担う。第2蛍光体12は、第1複合体11L1と第2複合体11L2との間の隙間の全体を埋めてもよく、隙間の一部のみを埋めてもよい。

## 【 0 0 8 9 】

なお、本開示におけるシンチレータ、及び、放射線検出装置は、以下の構成とすることもできる。

(1) 無機蛍光化合物を含む第1蛍光体と、蛍光性樹脂を含む第2蛍光体と、を含むシンチレータ。

## 【 0 0 9 0 】

(2) 前記第1蛍光体は、前記蛍光性樹脂内に分散していることを特徴とする上記(1)に記載のシンチレータ。

(3) 前記蛍光性樹脂は、樹脂と、有機蛍光化合物と、からなることを特徴とする上記(1)又は(2)に記載のシンチレータ。

## 【 0 0 9 1 】

(4) 前記第2蛍光体は、波長変換化合物をさらに含む上記(1)から(3)のいずれか1つに記載のシンチレータ。

(5) 前記蛍光性樹脂は、熱可塑性であることを特徴とする上記(1)から(4)のいずれか1つに記載のシンチレータ。

## 【 0 0 9 2 】

(6) 前記第1蛍光体は、第1波長帯域で蛍光し、前記第2蛍光体は、前記第1波長帯域とは異なる第2波長帯域で蛍光する上記(1)から(5)のいずれか1つに記載のシンチレータ。

## 【 0 0 9 3 】

(7) シンチレータと、光電変換部材と、を備え、前記シンチレータは、無機蛍光化合物を含む第1蛍光体と、蛍光性樹脂を含む第2蛍光体と、を含む放射線検出装置。

(8) 前記光電変換部材は、単結晶シリコンを含む上記(7)に記載の放射線検出装置

10

20

30

40

50

。

【0094】

(9) 前記光电変換部材は、前記第1蛍光体及び前記第2蛍光体の発光波長に感度を持つように構成されている上記(7)又は(8)に記載の放射線検出装置。

(10) 放射線照射部をさらに有する上記(7)から(9)のいずれか1つに記載の放射線検出装置。

【符号の説明】

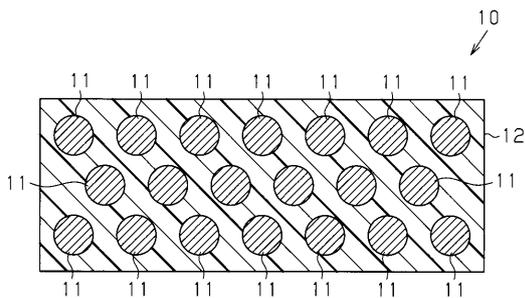
【0095】

10...シンチレータ、11...第1蛍光体、11a...第1蛍光体、11b...第1蛍光体、11L1...第1複合体、11L2...第2複合体、12...第2蛍光体、12a...第2蛍光体、12b...第2蛍光体、20...放射線検出部、21...光电変換部材、22...反射部材、30...放射線検出装置、31...放射線撮像装置、31R...放射線、32...放射線照射装置、33...撮像制御装置、34...表示装置、L1...第1発光部、L2...第2発光部、L1a...蛍光体粒子、L1b...蛍光体粒子、M...照射対象、R1...非発光樹脂、R2...非発光樹脂

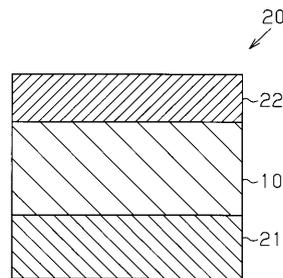
10

。

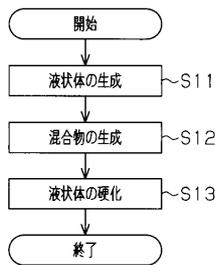
【図1】



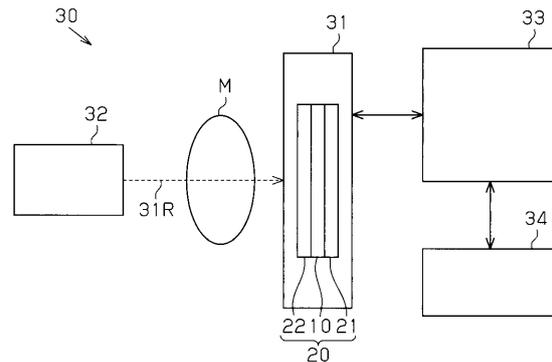
【図3】



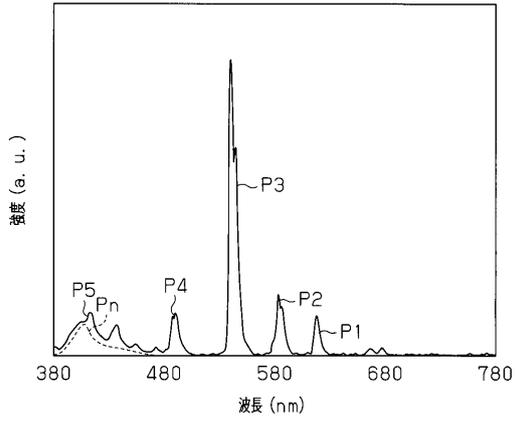
【図2】



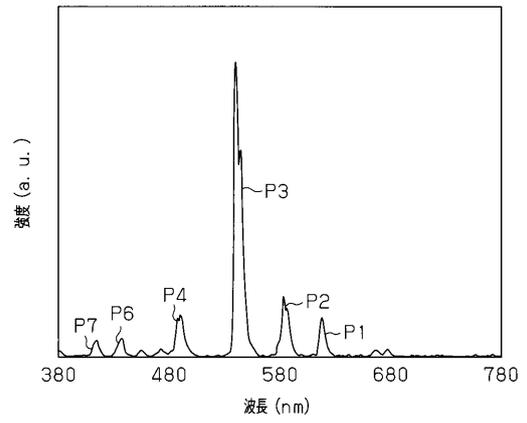
【図4】



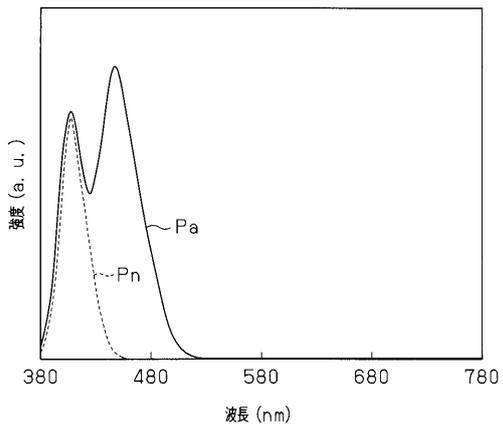
【図5】



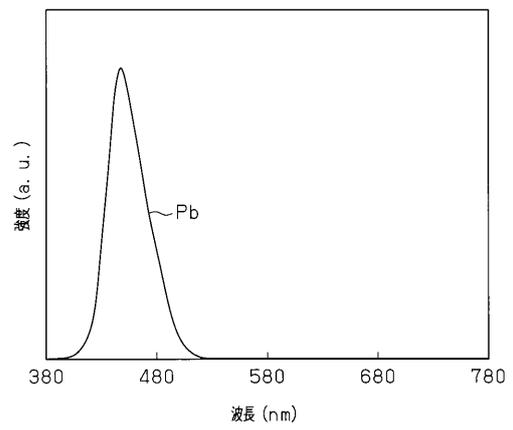
【図6】



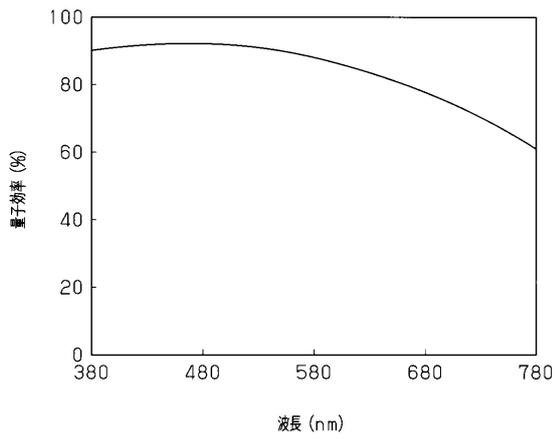
【図7】



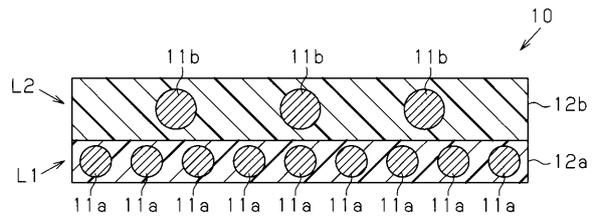
【図8】



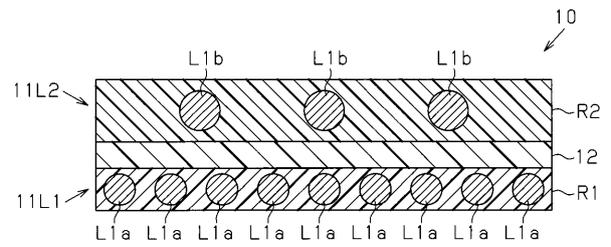
【図9】



【図10】



【図11】



## フロントページの続き

- (72)発明者 川西 光宏  
東京都港区港南1-7-1 ソニー 株式会社 内
- (72)発明者 五十嵐 崇裕  
東京都港区港南1-7-1 ソニー 株式会社 内
- (72)発明者 小口 真一  
東京都港区港南1-7-1 ソニー 株式会社 内

審査官 林 靖

- (56)参考文献 米国特許第03898460(US,A)  
国際公開第2010/130425(WO,A1)  
特開2008-029816(JP,A)  
特開昭57-096081(JP,A)  
特開2003-098257(JP,A)  
特開2010-169673(JP,A)  
特開平11-160444(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/00-1/16  
G01T 1/167-7/12  
G21K 4/00  
C09K 11/00-11/89