

(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2017-191113

(P2017-191113A)

(43) 公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G 0 1 T</b> 1/20 (2006.01)	G O 1 T 1/20 A	2 G 0 8 3
<b>G 2 1 K</b> 4/00 (2006.01)	G O 1 T 1/20 E	2 G 1 8 8
	G O 1 T 1/20 G	
	G 2 1 K 4/00 A	

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-145110 (P2017-145110)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社
(22) 出願日	平成29年7月27日 (2017.7.27)		東京都港区港南1丁目7番1号
(62) 分割の表示	特願2012-201790 (P2012-201790) の分割	(74) 代理人	100104215 弁理士 大森 純一
原出願日	平成24年9月13日 (2012.9.13)		
(31) 優先権主張番号	特願2012-142132 (P2012-142132)	(74) 代理人	100168181 弁理士 中村 哲平
(32) 優先日	平成24年6月25日 (2012.6.25)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100117330 弁理士 折居 章
		(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

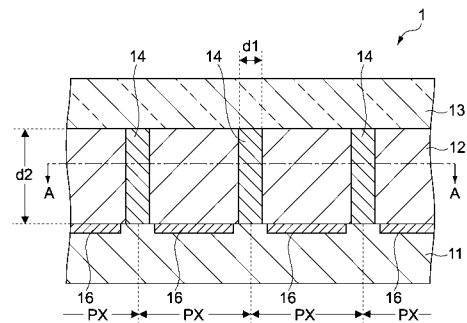
(54) 【発明の名称】放射線検出器及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】放射線の高感度化による高輝度化を実現した放射線検出器の製造方法を提供すること。

【解決手段】放射線検出器は、センサ基板と、シンチレータ層と、隔壁とを具備する。前記センサ基板は、受光可能な複数の画素を有する。前記シンチレータ層は、前記センサ基板上に設けられている。前記隔壁は、300 μm以上800 μm以下の高さ、及び、10 μm以上40 μm以下の幅を有し、前記シンチレータ層を画素ごとに区画するように設けられている。シンチレータ材料の充填により形成されたシンチレータ層上に、蛍光体材料及び樹脂材料を含むシート材料が転写されることでキャップ層が形成される。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

受光可能な複数の画素を有するセンサ基板と、前記センサ基板に対向する対向基板とを備える放射線検出器の製造方法であって、

フォトマスクを用いた感光性ペースト材料の露光処理及びその現像処理により、60重量%以上100重量%以下のガラスを含有する材料でなる隔壁を前記対向基板上に形成し

、前記隔壁が形成された前記対向基板を焼成することにより、300 μm以上800 μm以下の高さ、及び、10 μm以上40 μm以下の幅を有する前記隔壁を形成し、

前記焼成後、前記対向基板上の前記隔壁により囲まれた領域内に、粉粒状の蛍光体材料を含むシンチレータ材料を充填し、

前記シンチレータ材料の充填により形成されたシンチレータ層上に、蛍光体材料及び樹脂材料を含むシート材料を転写することで、300 μmの厚さのキャップ層を形成し、

前記シート材料の転写後、前記シンチレータ層及びその上の前記シート材料が前記センサ基板と前記対向基板との間に配置されるように、前記センサ基板及び前記対向基板を貼り合わせる

放射線検出器の製造方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記感光性ペースト材料は、無機材料と有機バインダとを含有する

放射線検出器の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本技術は、医療や非破壊検査等の放射線撮影に用いられる放射線検出器及びその製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献 1 に記載の放射線検装置は、出力基板上に設けられたシンチレータ層と、シンチレータ層に設けられた、複数の画素を区画する隔壁構造部とを備えている。隔壁構造部に設けられた隔壁は、スクリーン印刷が複数回繰り返されることにより、所定の高さにまで形成される。この隔壁内に蛍光体が充填されることでシンチレータ層が形成される（例えば、特許文献 1 の明細書段落 [ 0044 ] 参照）。

## 【0003】

特許文献 2 に記載の平面検出器も、上記特許文献 1 と同様に、光電変換基板上に形成されたシンチレータ層と、このシンチレータ層を画素ごとに区画する隔壁とを備える。この隔壁は、例えばスクリーン印刷法、レジストパターンニング法、あるいは、感光性ペースト法（感光性ペーストの隔壁形状のパターン露光、その現像及び焼成処理）により形成される（例えば、特許文献 2 の明細書段落 [ 0047 ]、[ 0052 ] ~ [ 0056 ]、[ 0064 ] 参照）。

## 【0004】

特許文献 1 及び 2 に開示されたように、シンチレータ層に隔壁が設けられることで、蛍光体から発生する発光光が隔壁に反射してフォトダイオードへ向かうので、光の拡散が抑制され解像度が向上する。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献 1】特開2011-21924号公報

【特許文献 2】特開2002-202373号公報

## 【発明の概要】

10

20

30

40

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

シンチレータ層に隔壁が設けられた放射線検出器による放射線の高感度化を実現するためには、放射線検出器の構造にさらなる工夫が必要とされる。

**【0007】**

本技術の目的は、放射線の高感度化を実現した放射線検出器及びその製造方法を提供することにある。

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

上記目的を達成するため、本技術に係る放射線検出器は、センサ基板と、シンチレータ層と、隔壁とを具備する。

10

前記センサ基板は、受光可能な複数の画素を有する。

前記シンチレータ層は、前記センサ基板上に設けられている。

前記隔壁は、300  $\mu\text{m}$ 以上800  $\mu\text{m}$ 以下の高さ、及び、10  $\mu\text{m}$ 以上40  $\mu\text{m}$ 以下の幅を有し、前記シンチレータ層を画素ごとに区画するように設けられている。

**【0009】**

上記のように高さが高く、また、幅が細い隔壁が設けられることにより、シンチレータ層の体積を増加させることができる。つまり、放射線を効率よく可視光に変換ことができ、高感度化を実現することができる。

**【0010】**

20

前記隔壁の材料の主成分が無機材料であってもよい。

**【0011】**

前記隔壁の材料は、60重量%以上100重量%以下のガラスを含有してもよい。これにより、ガラスを含む感光性材料を用いて、フォトリソグラフィ技術により、高アスペクト比で隔壁を形成することができる。

**【0012】**

前記隔壁に含まれる前記無機材料は、ガラス及びセラミックのうち少なくとも一方を含有してもよい。

**【0013】**

前記シンチレータ層は、蛍光体材料及び樹脂材料を含んでもよい。樹脂材料が含まれることにより、硬化した樹脂によって、放射線検出器の製造過程で発生し得る蛍光体材料の脱落を防止することができる。

30

**【0014】**

前記シンチレータ層は、前記蛍光体材料で形成された蛍光体層と、前記蛍光体層と前記センサ基板との間に配置され、前記蛍光材料及び前記樹脂材料の両方を含む混合層とを含んでもよい。このように、蛍光体層よりセンサ基板に近い側に、樹脂材料を含む混合層が設けられることにより、混合層は、乾燥もしくは硬化した樹脂によって、蛍光体層を覆うキャップ(カバー)層として機能する。これにより、放射線検出器の製造過程で発生し得る蛍光体材料の脱落を防止することができる。

**【0015】**

40

前記シンチレータ層は、蛍光体材料及びガラス材料を含んでもよい。ガラス材料によっても、放射線検出器の製造過程における蛍光体材料の脱落を防止することができる。

**【0016】**

前記シンチレータ層は、蛍光体材料を含んでもよい。その場合、前記放射線検出器は、前記シンチレータ層及び前記隔壁と、前記センサ基板との間に設けられたキャップ層をさらに具備してもよい。キャップ層が設けられることにより、放射線検出器の製造過程における蛍光体材料の脱落を防止することができる。

**【0017】**

前記キャップ層は、少なくとも樹脂材料を含んでもよい。あるいは、前記キャップ層は、前記蛍光体材料及び前記樹脂材料を混合した材料を含んでもよい。キャップ層に蛍光体

50

材料が含まれることにより、輝度を低下させることなく、放射線検出器の製造過程における蛍光体材料の脱落を防止することができる。

【0018】

本技術に係る放射線検出器の製造方法は、フォトマスクを用いた感光性ペースト材料の露光処理及びその現像処理により、隔壁を基板上に形成することを含む。

前記隔壁が形成された前記基板を焼成することにより、300 μm以上800 μm以下の高さ、及び、10 μm以上40 μm以下の幅を有する前記隔壁が形成される。

前記焼成後、前記基板上的前記隔壁により囲まれた領域内にシンチレータ材料が充填される。

【0019】

フォトマスクを用いた感光性ペースト材料の露光処理及びその現像処理によって、上記のように高さが高く、また、幅が細い隔壁が形成されることにより、シンチレータ層の体積を増加させることができる。つまり、放射線を効率よく可視光に変換でき、高感度化を実現することができる。

なお、本技術に係る上記の「基板」は、受光可能な前記複数の画素を有するセンサ基板であってもよいし、それに対向する対向基板であってもよい。

【0020】

前記感光性ペースト材料は、無機材料と有機バインダとを含有してもよい。上記の焼成により、有機バインダを実質的に除去することで、無機材料でなる隔壁を形成することができる。

【0021】

前記隔壁は複数の画素に対応するように形成されてもよい。そして、この製造方法は、受光可能な前記複数の画素を有するセンサ基板上に、前記シンチレータ材料で構成されるシンチレータ層が配置されるように、前記センサ基板及び前記基板を貼り合わせる工程をさらに具備してもよい。

【0022】

前記基板は、受光可能な前記複数の画素を有するセンサ基板に対向する対向基板でもよい。その場合、前記隔壁は、複数の画素に対応するように形成される。そして、前記製造方法は、前記シンチレータ材料で構成されるシンチレータ層が、前記センサ基板上に配置されるように、前記センサ基板及び前記対向基板を貼り合わせる工程をさらに具備してもよい。

【0023】

前記製造方法は、前記シンチレータ材料の充填により形成されたシンチレータ層上に、少なくとも樹脂材料を含む材料を塗布または転写する工程をさらに具備してもよい。

【0024】

前記塗布工程は、前記樹脂材料を含む溶液を、前記シンチレータ層上に塗布してもよい。あるいは、前記転写工程は、前記樹脂材料を含むシート材料を、前記シンチレータ層上に転写してもよい。あるいは、前記塗布工程は、蛍光体材料及び前記樹脂材料を含むペースト材料を、前記シンチレータ層上に塗布してもよい。

【0025】

前記基板は、受光可能な複数の画素を有するセンサ基板であってもよく、その場合、前記隔壁は、前記複数の画素に対応するように形成される。また、その場合、前記製造方法は、前記センサ基板上的、前記シンチレータ材料の充填により形成されたシンチレータ層上に、少なくとも樹脂材料を含む材料を塗布または転写する工程と、前記材料が塗布または転写された前記シンチレータ層が、対向基板上に配置されるように、前記センサ基板及び前記対向基板を貼り合わせる工程とをさらに具備してもよい。

【発明の効果】

【0026】

以上、本技術によれば、放射線検出器の高感度化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

【 図 1 】 図 1 は、本技術の一実施の形態に係る放射線検出器の断面構造の一部を示す。

【 図 2 】 図 2 は、図 1 における A - A 線断面図である。

【 図 3 】 図 3 は、センサ基板における画素部と、その周辺領域に配設された画素駆動回路の一例を模式的に示す。

【 図 4 】 図 4 は、図 3 に示した画素駆動回路によって駆動される画素 P X の回路の一例を示す。

【 図 5 】 図 5 は、本実施形態に係る放射線検出器の製造方法を示すフローチャートである。

【 図 6 】 図 6 は、隔壁の幅と、その幅の隔壁を有する放射線検出器により得られる輝度（輝度比）との関係を示すグラフである。

10

【 図 7 】 図 7 は、図 6 の関係を示す表である。

【 図 8 】 図 8 は、隔壁の高さと、その高さの隔壁を有する放射線検出器により得られる輝度（輝度比）との関係を示すグラフである。

【 図 9 】 図 9 は、図 8 の関係を示す表である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、他の実施形態の例 1 に係る放射線検出器を示す。

【 図 1 1 】 図 1 1 は、図 1 0 に示した放射線検出器の製造方法を説明するための図である。

【 図 1 2 】 図 1 2 は、図 1 0 に示した放射線検出器の製造方法を示すフローチャートである。

20

【 図 1 3 】 図 1 3 は、他の実施形態の例 2 に係る放射線検出器の製造方法を説明するための図である。

【 図 1 4 】 図 1 4 は、他の実施形態の例 3 に係る放射線検出器の製造方法を説明するための図である。

【 図 1 5 】 図 1 5 は、他の実施形態の例 4 に係る放射線検出器の製造方法を説明するための図である。

【 図 1 6 】 図 1 6 は、他の実施形態の例 5 に係る放射線検出器の製造方法を説明するための図である。

【 図 1 7 】 図 1 7 は、図 1 6 に示した放射線検出器の製造方法を示すフローチャートである。

30

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 8 】

以下、図面を参照しながら、本技術の実施形態を説明する。

【 0 0 2 9 】

[ 放射線検出器の構成 ]

【 0 0 3 0 】

図 1 は、本技術の一実施の形態に係る放射線検出器の断面構造の一部を示す。図 2 は、図 1 における A - A 線断面図である。

【 0 0 3 1 】

放射線検出器 1 は、線、線、線、X 線に代表される放射線を可視光に変換して受光し、放射線に基づく画像情報を電気信号として読み取るパネルであり、医療用をはじめ、手荷物検査等のその他の非破壊検査用の X 線撮像装置として好適に用いられる。

40

【 0 0 3 2 】

この放射線検出器 1 は、センサ基板 1 1 と、センサ基板 1 1 上に設けられたシンチレータ層 1 2 と、シンチレータ層 1 2 に設けられた隔壁 1 4 と、シンチレータ層 1 2 上に設けられた対向基板（基板）1 3 とを備える。以下、各部の構成について詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】

（センサ基板）

図 1 においては、センサ基板 1 1 の構造を簡略化して示している。センサ基板 1 1 は、受光可能な複数の画素 P X からなる画素部（後述の画素部 1 0）を有する。センサ基板 1

50

1は、この画素部10の周辺領域に、画素部10を駆動するための駆動回路が配設されるようにして構成される。画素部10は、TFT(Thin Film Transistor)等のスイッチ素子(後述のトランジスタTr)と、図1に示すように、光電センサであるフォトダイオード16とを画素ごとに有している。これらの素子の構造及び配置などは、公知の種々の構造及び配置が適用され得る。

【0034】

センサ基板11の厚さは、耐久性や軽量化という観点から50~1000µmであることが好ましい。このセンサ基板11における画素部10の詳細(画素回路及び断面構造)と周辺回路(画素駆動回路)の構成については後述する。

【0035】

(シンチレータ層及び隔壁)

シンチレータ層12は、放射線の照射により蛍光を発する放射線蛍光体により構成される層である。シンチレータ層12の材料であるシンチレータ材料は、少なくとも蛍光体材料を含む。蛍光体材料としては、放射線のエネルギーを吸収して、例えば波長が300nm~800nmの電磁波(可視光線を中心に紫外光から赤外光にわたる電磁波(光))への変換効率が高いものが望ましい。後に製造方法の説明においても述べるが、例えばGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Sを主成分とする蛍光体粒子を含むペースト材料の塗布により、シンチレータ層が形成され得る。

【0036】

このような蛍光体材料の一例としては、主剤として例えばCsI、発光効率等を補うための付活剤(賦活剤)として例えばTlまたはNaを用いたものが挙げられる。また、シンチレータ層12の厚さは、例えば300µm~800µm(300µm以上800µm以下)である。

【0037】

なお、シンチレータ層12に用いられる蛍光体材料は、上記CsI及びTl等に限定されるものではない。例えば、

基本組成式(I):  $M^I X \cdot a M^{II} X'_2 \cdot b M^{III} X''_3 : z A$

で表わされるアルカリ金属ハロゲン化物系蛍光体を用いてもよい。

【0038】

上記式において、M<sup>I</sup>は、リチウム(Li)、Na、カリウム(K)、ルビジウム(Rb)及びCsからなる群より選択される少なくとも1種のアルカリ金属を表す。

【0039】

M<sup>II</sup>は、ベリリウム(Be)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)及びカドミウム(Cd)からなる群より選択される少なくとも1種のアルカリ土類金属または2価金属を表す。

【0040】

M<sup>III</sup>は、スカンジウム(Sc)、イットリウム(Y)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、プラセオジウム(Pr)、ネオジウム(Nd)、プロメチウム(Pm)、サマリウム(Sm)、ユウロピウム(Eu)、ガドリニウム(Gd)、テルビウム(Tb)、ジスプロシウム(Dy)、ホルミウム(Ho)、エルビウム(Er)、ツリウム(Tm)、イッテルビウム(Yb)、ルテチウム(Lu)、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)及びインジウム(In)からなる群より選択される少なくとも1種の希土類元素又は3価金属を表す。

【0041】

X、X'及びX''はそれぞれ、フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)及びヨウ素(I)からなる群より選択される少なくとも1種のハロゲン元素を表す。

【0042】

Aは、Y、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Na、Mg、Cu、銀(Ag)、Tl及びビスマス(Bi)からなる群より選

10

20

30

40

50

扱われる少なくとも1種の希土類元素又は金属を表す。

【0043】

a, b及びzはそれぞれ、 $0 < a < 0.5$ 、 $0 < b < 0.5$ 、 $0 < z < 1.0$ の範囲内の数値を表わす。

【0044】

上記基本組成式(I)中のM<sup>1</sup>は少なくともCsを含んでいることが好ましく、Xは少なくともIを含んでいることが好ましい。また、Aは特にTlまたはNaであることが好ましい。zは $1 \times 10^{-4} < z < 0.1$ であることが好ましい。

【0045】

また、上記基本組成(I)の他に、

基本組成式(II)： $M^{11}FX : zLn$

で表わされる希土類付活アルカリ土類金属フッ化ハロゲン化物系蛍光体を用いてもよい。上記式において、M<sup>11</sup>はBa, Sr及びCaからなる群より選択される少なくとも1種のアルカリ土類金属を表す。LnはCe, Pr, Sm, Eu, Tb, Dy, Ho, Nd, Er, Tm及びYbからなる群より選択される少なくとも1種の希土類元素を表す。Xは、Cl, Br及びIからなる群より選択される少なくとも1種のハロゲン元素を表す。また、zは、 $0 < z < 0.2$ である。

【0046】

なお、上記式中のM<sup>11</sup>としては、Baが半分以上を占めることが好ましい。Lnとしては、特にEuまたはCeであることが好ましい。

また、基本組成(III)： $Ln_2O_2S$

で表される希土類酸硫化物系蛍光体を用いてもよい。

上記式において、LnはLa, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu及びYbからなる群より選択される少なくとも2種の希土類元素を表す。

また、他に、 $LnTaO_4$ :(Nb, Gd)系、 $Ln_2SiO_5$ :Ce系、 $LnOX$ :Tm系(Lnは希土類元素である)、 $ZnWO_4$ 、 $LuAlO_3$ :Ce、 $Gd_3Ga_{25}O_{12}$ :Cr, Ce、 $HfO_2$ 等が挙げられる。

【0047】

図2に示すように、隔壁14は、複数の画素に対応して画素ごとにシンチレータ層12を区画するように設けられている。すなわち、縦横にマトリクス状に設けられた隔壁14で囲まれた1つの領域が、センサ基板11に設けられた1つの画素PXに対応する領域である。あるいは、隔壁14で囲まれた1つの領域が、センサ基板11に設けられた複数の画素PXに対応する領域であってもよい。以下、シンチレータ層12の、各画素PXに対応する領域を画素対応領域という。図1に示すように、この画素対応領域の直下に、上記のフォトダイオード16が配置されている。

【0048】

隔壁14の材料は無機材料を主成分として含む。あるいは、隔壁14の材料は無機材料のみであってもよい。無機材料としては、ガラス及びセラミック等のうち少なくとも1つが挙げられる。隔壁14の材料は、60重量%以上100重量%以下のガラスを含有する。ガラスの含有量が60重量%より小さい場合、隔壁14の強度が低下するため、それは60重量%以上であることが望ましい。

【0049】

ガラス量が100重量%以下である場合、隔壁14の材料は、ガラス及びセラミックの両方を含有していればよい。

【0050】

ガラスとしては、例えば、ケイ酸塩ガラス、あるいはホウ酸塩ガラスが用いられる。またガラスに含有され得る成分としては、 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $B_2O_3$ 、 $ZnO$ 、 $BaO$ 、 $Bi_2O_3$ 、 $Li_2O_3$ 、 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 、 $PdO$ 、 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $BaO$ 、 $SrO$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 等が挙げられる。

【0051】

10

20

30

40

50

セラミックとしては、例えば、 $TiO_2 \cdot ZnO$ 、 $ZrO \cdot BaSO_4 \cdot BaCO_3 \cdot BaTiO_3 \cdot MgO \cdot Pb_xO_y \cdot PbTiO_3 \cdot ZnS$ 等が用いられる。

【0052】

図1及び2に示した、隔壁14のサイズ(幅 $d_1$ 及び高さ $d_2$ )については後述する。

【0053】

(対向基板)

対向基板13は、例えば1mm以下の厚さを有するガラス板であり、シンチレータ層12を上面から封止し、シンチレータ層12への水分の浸入を防ぐものである。この対向基板13の側面には、耐衝撃性能を高める(微小クラックに起因する割れを防ぐ)ための樹脂コーティングが施されていてもよいし、対向基板13とシンチレータ層12との間に、反射膜など他の層が積層されていてもよい。

10

【0054】

対向基板13の材料は、ガラス以外でもよい。その材料としては、Al、Cu、Fe、カーボンプレート、炭素繊維強化樹脂シート、Si、Ge、GaAs、SiC、SiN、石英、サファイア、PET、PEN、ポリカーボネート、あるいは、ポリイミドフィルム等が用いられる。

【0055】

[センサ基板の構成]

【0056】

(画素部及び周辺回路)

20

図3は、センサ基板11における画素部10と、その周辺領域に配設された画素駆動回路の一例を模式的に示す。このように、センサ基板11では、画素部10の周囲に、画素部10を駆動するための回路部15が配設されている。画素部10では、フォトダイオード16及びトランジスタを含む画素(単位画素)PXがマトリクス状に配置されている。各画素PXは、画素駆動線27(具体的には、行選択線)及び信号線28に接続されている。

【0057】

回路部15は、例えば行走査部23、列走査部25及びシステム制御部26を有する。行走査部23は、シフトレジスタ及びアドレスデコーダ等を含んで構成され、画素部10へ画素駆動線27を通じて駆動信号を供給することにより、画素部10を行単位で駆動する。列走査部25は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成される。列走査部25は、信号線から出力される、各画素PXに設けられたフォトダイオード16の受光量に応じた信号を順に受け、これらの信号を外部へ出力する。

30

【0058】

なお、これらの行走査部23、列走査部25及び信号線28からなる回路部分は、センサ基板11に集積された回路であってもよいし、あるいはセンサ基板11に接続された外部制御ICに配設されていてもよい。また、それらの回路部分は、ケーブル等により接続された他の基板に形成されていてもよい。

【0059】

システム制御部26は、外部から与えられるクロックや、動作モードを指令するデータなどを受け取るとともに、放射線検出器1の内部情報などのデータを出力する。システム制御部26は、また、各種のタイミング信号を生成するタイミングジェネレータを有しており、このタイミングジェネレータで生成された各種のタイミング信号を基に行走査部23及び列走査部25などの駆動を制御する。

40

【0060】

図4は、図3に示した画素駆動回路によって駆動される画素PXの回路(画素回路20)の一例を示す。

【0061】

画素回路20は、例えばパッシブマトリクス駆動方式を採用した回路であり、フォトダイオード16、コンデンサ138及びトランジスタTrを含む。

50

## 【 0 0 6 2 】

フォトダイオード 1 6 は、入射光の光量（受光量）に応じた電荷量の信号電荷を発生するデバイスである。フォトダイオード 1 6 及び容量成分 1 3 8 が、基準電位  $V_{xref}$  の供給線 1 7 4 に並列に接続されている。つまり、フォトダイオード 1 6 が、供給線 1 7 4 と、コンデンサ 1 3 8 の一端である蓄積ノード N との間に接続されている。

## 【 0 0 6 3 】

行選択線 1 7 3 には、行操作信号（リード信号） $V_{read}$  が供給される。トランジスタ  $T_r$  のゲートは、行選択線 1 7 3 に接続され、ソース及びドレインが、蓄積ノード N 及び信号線 2 8 にそれぞれ接続されている。行操作信号  $V_{read}$  に対応する電圧が、トランジスタ  $T_r$  のゲートに印加されることにより、コンデンサ 1 3 8 に蓄積された、フォトダイオード 1 6 の受光量に応じた電荷量の信号電荷が、蓄積ノード N を介して信号線 2 8 に出力される。

10

## 【 0 0 6 4 】

[ 放射線検出器の製造方法 ]

## 【 0 0 6 5 】

図 5 は、本実施形態に係る放射線検出器の製造方法を示すフローチャートである。

## 【 0 0 6 6 】

まず、対向基板 1 3 上に図示しない反射膜（反射層）が形成される（ステップ 1 0 1）。反射膜としては、例えば、ガラスペースト（ガラス粒子、セラミック粒子、有機バインダ及び有機溶剤を混合した材料）が、ブレードコートによって、対向基板 1 3 上に塗布されることにより、反射膜が形成される。反射膜の厚さは例えば  $30\ \mu\text{m}$  である。なお、場合によっては、上記有機溶剤は用いられなくてもよく、その他の添加剤成分が加えられたガラスペーストが用いられてもよい。

20

## 【 0 0 6 7 】

反射膜が形成された対向基板 1 3 の乾燥処理が行われる（ステップ 1 0 2）。この乾燥処理では、例えば、 $80$  の温度で 1 0 分程度の熱処理が行われる。

## 【 0 0 6 8 】

乾燥処理後、対象物の焼成処理が行われる（ステップ 1 0 3）。この焼成処理により、ガラスペーストに含まれる有機バインダが除去される。この焼成処理は、例えば、 $550$  の温度で 1 0 分程度である。

30

## 【 0 0 6 9 】

対向基板 1 3 上（反射膜上）に、隔壁 1 4 を構成する材料として感光性ペーストが塗布される（ステップ 1 0 4）。感光性ペーストは、ガラス粒子と感光性の有機バインダとを混合した材料である。

## 【 0 0 7 0 】

なお、場合によっては、有機溶剤、あるいはその他の添加剤成分が加えられた感光性ペーストが用いられてもよい。添加剤成分とは、例えば、光重合開始剤、紫外線吸光剤、増感剤、増感助剤、重合禁止剤、可塑剤、増粘剤、酸化防止剤、あるいは、分散剤沈殿防止剤等である。

## 【 0 0 7 1 】

感光性ペーストが塗布された後、対象物の乾燥処理が行われる（ステップ 1 0 5）。この乾燥処理では、例えば、 $80$  の温度で 6 0 分程度の熱処理が行われる。

40

## 【 0 0 7 2 】

フォトマスクを用いた感光性ペースト材料の露光処理及びその現像処理により、感光性ペーストが、図 1 及び 2 に示すような隔壁 1 4 の形状にパターンニングされる（ステップ 1 0 6 及び 1 0 7）。感光性ペースト材料は、隔壁を構成するための上記したガラス及びセラミックのうち少なくとも一方の無機材料を含む。

## 【 0 0 7 3 】

ステップ 1 0 6 の現像処理後、対象物の乾燥処理が行われる（ステップ 1 0 8）。この乾燥処理では、例えば、 $120$  の温度で 6 0 分程度の熱処理が行われる。

50

## 【 0 0 7 4 】

乾燥処理後、対象物の焼成処理が行われる（ステップ 1 0 9）。この焼成処理により、感光性ペーストに含まれる有機バインダを除去する。この焼成処理は、例えば、5 5 0 の温度で 3 0 分程度である。

## 【 0 0 7 5 】

焼成処理後、次のような幅  $d_1$  を持つ隔壁 1 4 が得られる。隔壁 1 4 の幅  $d_1$  は、1 0  $\mu\text{m}$  ~ 4 0  $\mu\text{m}$ 、より好ましくは、1 0  $\mu\text{m}$  ~ 3 0  $\mu\text{m}$  とされる。隔壁 1 4 の幅  $d_1$  が 1 0  $\mu\text{m}$  より小さいと、その形成が困難になり、4 0  $\mu\text{m}$  より大きいと、開口率（画素  $P \times$  ごとの開口率）及び解像度を所望の設計値とすることができない。ここで、上記隔壁 1 4 の幅とは、隔壁 1 4 の高さ  $d_2$  の半分の位置における幅を意味する。

10

## 【 0 0 7 6 】

なお、以上のように構成された隔壁 1 4 のアスペクト比は、1 0 ~ 2 0、1 0 ~ 2 7、あるいは 3 0 ~ 8 0 である。

## 【 0 0 7 7 】

スクリーン印刷の場合、マスクのパターン開口からのペースト材料の余分な漏れ等により、3 0  $\mu\text{m}$  より小さい幅の隔壁を形成することは困難である。また、スクリーン印刷によって、3 0  $\mu\text{m}$  より大きい幅の隔壁を形成することができたとしても、スクリーン印刷の場合、上記のように 3 0 0  $\mu\text{m}$  ~ 8 0 0  $\mu\text{m}$  の高さの隔壁を実現するためには、印刷処理を何回も繰り返す必要がある。例えば、スクリーン印刷の場合、1 回の塗布処理での塗布膜厚は 1 0  $\mu\text{m}$  である。したがって、3 0 0  $\mu\text{m}$  を達成するには 3 0 回の塗布処理（重ね塗り）が必要となり、これでは多大な手間と時間を要する。

20

## 【 0 0 7 8 】

また、スクリーン印刷の場合、パネルサイズが大きくなるほど、その隔壁の形成の位置精度が悪くなるという問題がある。特に、多数回の重ね塗りが行われるので、重ね塗りごとの位置精度が悪いと、重ね塗りごとにその形成位置がずれるので、形成される隔壁の幅は、目標とされた隔壁の幅より大きくなってしまふ。また、スクリーン印刷では、隔壁の縦横線がクロスする位置（例えば図 1 に示した符号 B 1 で示す領域）ではその隔壁幅が大きくなってしまい、サイズ精度が悪いという問題もある。

## 【 0 0 7 9 】

これに対して、本実施形態に係る製造方法は、隔壁 1 4 の形成のために、ガラス等の無機材料を含む感光性ペースト材料によるフォトリソグラフィ技術を用いることにより、上記のように、小さい幅で、かつ、高アスペクト比を有する隔壁を形成することができる。本実施形態によれば、1 回または 2 回の、露光及び現像処理により、上記サイズを有する隔壁 1 4 を形成することができる。また、感光性ペーストによるフォトリソグラフィ技術によれば、隔壁 1 4 の位置精度及びサイズ精度が大幅に向上する。

30

## 【 0 0 8 0 】

焼成処理後、蛍光体材料、すなわちシンチレータ層 1 2 を構成する材料が、隔壁 1 4 で囲まれる領域内に充填される（ステップ 1 1 0）。蛍光体材料としては、例えば  $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$  :  $\text{Tb}$  粉末、有機バインダ及び有機溶剤を混合して作製した粉末ペーストが用いられる。有機溶剤は、場合によっては用いられなくてもよい。この粉末ペーストがブレードコータによって塗布される。この蛍光体材料の塗布膜厚は、上記隔壁 1 4 の高さと同程度またはそれより厚い。

40

## 【 0 0 8 1 】

乾燥処理（例えば 8 0 で 6 0 分程度）、及び、焼成処理（例えば 5 0 0 で 3 0 分程度）が行われる（ステップ 1 1 1 及び 1 1 2）。また、対象物の対向基板 1 3 が設けられる側とは反対側の表面（隔壁 1 4 及びシンチレータ材が露出する面）が研磨される。これにより、表面に残った余分な主に蛍光体材料が除去される。また、この研磨により、隔壁 1 4 及びシンチレータ材の高さが、その表面内で実質的に同一かつ一定となる。研磨処理はなくてもよい。

## 【 0 0 8 2 】

50

研磨された表面に接着剤が塗布される（ステップ 1 1 3）。接着剤としては、有機バインダに有機溶剤が混合された材料が用いられる。塗布厚は、例えば 2 5  $\mu\text{m}$  であり、ブレードコータによって接着剤が塗布される（ステップ 1 1 4）。その後、乾燥処理（例えば 8 0 で 5 分程度）が行われる（ステップ 1 1 5）。接着剤の塗布処理はなくてもよい。

【 0 0 8 3 】

上述のセンサ基板 1 1 が用意され、このセンサ基板 1 1 と、シンチレータ層 1 2 及び隔壁 1 4 が設けられた対向基板 1 3 とが貼り合わせられる（ステップ 1 1 6）。この場合、センサ基板 1 1 に設けられた複数の画素 P X の領域と、シンチレータ層 1 2 の画素対応領域とが対応するように、両基板が貼り合わせられる。

【 0 0 8 4 】

[ 隔壁のサイズと輝度との関係 ]

【 0 0 8 5 】

( 幅について )

図 6 は、隔壁の幅 ( d 1 ) と、その幅の隔壁を有する放射線検出器により得られる輝度 ( 輝度比 ) との関係を示すグラフである。図 7 は、その関係を示す表である。

【 0 0 8 6 】

本実験では、スクリーン印刷により 3 5  $\mu\text{m}$  の幅及び 4 0 0  $\mu\text{m}$  の高さを有する隔壁が形成された場合の輝度を 1 0 0 % とし、これと、本技術の感光性ペーストによる隔壁 1 4 が形成された場合の輝度とを比較している。この場合、いずれの場合も、隔壁の高さは、4 0 0  $\mu\text{m}$  に設定された。

【 0 0 8 7 】

図 7 において、隔壁幅が 4 0  $\mu\text{m}$  の場合以外、つまり 1 0  $\mu\text{m}$  ~ 3 5  $\mu\text{m}$  の隔壁の場合、スクリーン印刷に比べ高い値を得ることができた。

【 0 0 8 8 】

スクリーン印刷での幅 3 5  $\mu\text{m}$  と、感光性ペーストによる幅 3 5  $\mu\text{m}$  とで、後者の方が輝度が高い理由は、上述のように、隔壁の縦横線がクロスする位置ではその隔壁幅が大きくなってしまいうためである。つまり、それにより開口率が低下するからである。

【 0 0 8 9 】

( 高さについて )

図 8 は、隔壁の高さ ( d 2 ) と、その高さの隔壁を有する放射線検出器により得られる輝度 ( 輝度比 ) との関係を示すグラフである。図 9 は、その関係を示す表である。

【 0 0 9 0 】

本実験では、例えば隔壁の高さ 1 5 0  $\mu\text{m}$  の場合の輝度を 1 0 0 % とし、これと、本技術の感光性ペーストによる隔壁 1 4 が形成された場合の輝度とを比較している。この場合、いずれの場合も、隔壁の幅は 3 0  $\mu\text{m}$  とされた。

【 0 0 9 1 】

所定の高さ ( 本実験では 4 0 0  $\mu\text{m}$  ~ 6 0 0  $\mu\text{m}$  ) までは、その高さが高いほど、画素対応領域内のシンチレータ材の量が増えるため、その分放射線の吸収量も多くなり、その飽和点は存在するが、発光量、つまり輝度が増える。しかし、その所定の高さを超えると輝度が減っていくことが分かった。本発明者らは、最適な高さ範囲は、3 0 0  $\mu\text{m}$  ~ 8 0 0  $\mu\text{m}$  であると考えている。

【 0 0 9 2 】

本実施形態に係る隔壁 1 4 のように高さが高く、また、幅が細い隔壁 1 4 が設けられることにより、シンチレータ層 1 2 の体積を増加させることができる。つまり、放射線、ここでは X 線を効率よく可視光に変換できることができ、高感度化を実現することができる。

【 0 0 9 3 】

特に、感光性ペーストによるフォトリソグラフィ技術が用いられることにより、高アスペクト比で微細な隔壁 1 4 を精密に形成することができる。

【 0 0 9 4 】

[ シンチレータ層等の他の実施形態 ]

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 5 】

次に、他の実施形態に係る放射線検出器について説明し、主に、シンチレータ層に含まれる、または、シンチレータ層上に形成される層のいくつかの実施形態について説明する。これ以降の説明では、図 1 等に示した実施形態に係る放射線検出器、また、図 5 に示した放射線検出器の製造方法について、同様の事項の説明を簡略化または省略し、異なる事項を中心に説明する。

## 【 0 0 9 6 】

(例 1)

図 1 0 は、例 1 に係る放射線検出器を示す。この放射線検出器 5 1 は、センサ基板 1 1、対向基板 1 3、隔壁 1 4 及びシンチレータ層 5 2 を備える。シンチレータ層 5 2 は、蛍光体材料で形成される蛍光体層 5 2 1 と、蛍光体材料及び樹脂材料の両方を含む混合層 5 2 2 とを含む。混合層 5 2 2 は、蛍光体層 5 2 1 とセンサ基板 1 1 との間に設けられている。

10

## 【 0 0 9 7 】

この場合、隔壁 1 4 の高さは、上記したように 3 0 0  $\mu\text{m}$  ~ 8 0 0  $\mu\text{m}$ 、望ましくは、4 0 0  $\mu\text{m}$  ~ 6 0 0  $\mu\text{m}$  である。この隔壁 1 4 のサイズは、後述する例 2 ~ 4 に係る実施形態においても同様に適用され得る。混合層の厚さは、1 0  $\mu\text{m}$  ~ 2 0 0  $\mu\text{m}$  とされることが望ましい。

## 【 0 0 9 8 】

図 1 1 は、図 1 0 に示した放射線検出器の製造方法を説明するための図である。図 1 2 は、その製造方法を示すフローチャートである。

20

## 【 0 0 9 9 】

図 5 におけるステップ 1 0 1 ~ 1 1 2 もしくは 1 1 3 が実行される。その結果、蛍光体材料により形成されるシンチレータ層 5 2 1' が形成される。その後、樹脂材料を有機溶剤に溶解して液状にした溶液 5 2 2' が、そのシンチレータ層 5 2 1' 上に塗布される (ステップ 2 1 0)。溶液ではなく、樹脂材料そのものが塗布されてもよい。

## 【 0 1 0 0 】

ステップ 2 1 0 では、ノズル 4 0 から吐出される溶液 5 2 2' の流量及びノズル 4 0 の移動速度などが調整されることにより、上記のような所定の厚さを有する混合層 5 2 2 が形成される。

30

## 【 0 1 0 1 】

樹脂材料としては、例えば、硝化綿、酢酸セルロース、エチルセルロース、ポリビニルブチラール、綿状ポリエステル、ポリ酢酸ビニル、塩化ビニル、塩化ビニリデン、塩化ビニルコポリマー、塩化ビニリデン - 塩化ビニルコポリマー、塩化ビニル - 酢酸ビニルコポリマー、ポリアルキル (メタ) アクリレート、ポリカーボネート、ポリウレタン、セルロースアセテートブチレート、エポキシ、シリコン、ポリオレフィン、ポリエステル、ポリアミドゴム (アラビアゴム)、ウレタン変性ポリエステル、ゼラチン、デキストラン、ニトロセルロース、ポリアルキルメタアクリレート、または、ポリビニルアルコール等が挙げられる。

## 【 0 1 0 2 】

有機溶剤としては、例えば、メタノール、エタノール、プロパノール、メチルエチルエーテル、アセトン、MEK、MIBK、酢酸ブチル、酢酸エチル、エチルエーテル、キシレン、トルエン等が用いられる。また、必要に応じて、フタル酸、ステアリン酸等の分散剤や、燐酸トリフェニル、フタル酸ジエチル等の可塑剤を、その有機溶剤に添加してもよい。

40

## 【 0 1 0 3 】

この後、上述のように処理の対象となる対象基板 (隔壁 1 4 及びシンチレータ層 5 2 が形成された対向基板 1 3) に対して、乾燥あるいは硬化処理等が行われることにより、混合層が形成される (ステップ 2 1 1)。そして、上記シンチレータ層 5 2 がセンサ基板 1 1 上に配置されるように、センサ基板 1 1 と対象基板とが貼り合わせられる。

50

## 【0104】

ここで、放射線検出器の製造過程において、蛍光体材料が粉粒状である場合には、隔壁14内に蛍光体材料が充填された後、例えば基板の搬送時や処理時において、粉粒状の蛍光体材料が基板から脱落する（こぼれ落ちる）おそれがある。本実施形態では、樹脂材料を含む溶液がシンチレータ層521'上に塗布されることにより、その樹脂の乾燥もしくは硬化後には、その樹脂材料を含む混合層522が、シンチレータ層におけるキャップ層として機能する。すなわち、キャップ層が設けられることにより、放射線検出器51の製造過程で発生し得る蛍光体材料の脱落を防止することができる。

## 【0105】

（例2）

図13は、例2に係る放射線検出器の製造方法を説明するための図である。

この例2に係る放射線検出器61では、対向基板13上に形成された隔壁14内の領域に、蛍光体材料及び樹脂材料の両方を含む材料62'が充填され、その充填後の焼成（例えば図5のステップ112に相当する「焼成」）が行われないうちにより、樹脂材料が除去されないでシンチレータ層62に全体的に分布するように残存する。この樹脂材料は、上記例1で挙げた樹脂材料でよい。

## 【0106】

樹脂材料が乾燥もしくは硬化することにより、蛍光体材料の脱落を防止することができる。

## 【0107】

このように樹脂材料及び蛍光体材料を含むシンチレータ層62が製造された後、図示しないセンサ基板が対向基板13に貼り合わせられる。

## 【0108】

（例3）

図14は、例3に係る放射線検出器の製造方法を説明するための図である。

この例3に係る放射線検出器71では、対向基板13上に形成された隔壁14内の領域に、蛍光体材料及びガラス材料（例えばガラス粒子）の両方を含む材料72'が充填される。その後、これが焼成される。焼成の温度や時間等の条件によって、ガラスの状態や含有量が適宜調整され得る。

## 【0109】

なお、このようにガラス材料及び蛍光体材料を含むシンチレータ層72が製造された後、図示しないセンサ基板が対向基板13に貼り合わせられる。

## 【0110】

本実施形態においても、放射線検出器71の製造過程における蛍光体材料の脱落を防止することができる。

## 【0111】

（例4）

図15は、例4に係る放射線検出器の製造方法を説明するための図である。

この例4に係る放射線検出器81では、対向基板13上に形成された隔壁14内の領域に、蛍光体材料が充填される。そして、その隔壁14及びシンチレータ層12上に、樹脂材料を含むシート82が転写される。このシート82は、そのシンチレータ層12及び隔壁14と、図示しないセンサ基板との間に設けられるキャップ層として機能する。

## 【0112】

シートの厚さは、例えば10 μm～100 μmとされる。

## 【0113】

シートとして、例えば大きく分けて、ホットメルト系接着材シートと、粘着剤シート（接着系シート）とに分けられる。ホットメルト系接着剤シートとしては、ポリオレフィン系、ポリエステル系、またはポリアミド系等が挙げられる。粘着剤シートとしては、アクリル、ポリウレタン、シリコン、ゴム（アラビアゴム）、ポリエステル、ウレタン変性ポリエステル、ゼラチン、デキストラン、ポリビニルブチラール、ポリ酢酸ビニル、ニトロ

10

20

30

40

50

セルロース、エチルセルロース、塩化ビニリデン、塩化ビニルコポリマー、ポリアルキルメタアクリレート、塩化ビニル、酢酸ビニルコポリマー、セルロースアセテートブチレート、ポリビニルアルコール、または線状ポリエステル等が挙げられる。

【0114】

本実施形態においても、放射線検出器 8 1 の製造過程における蛍光体材料の脱落を防止することができる。シートを予め用意しておけば、対象基板にシート 8 2 を貼るだけでキャップ層が形成されるので、キャップ層の製造が容易になる。

【0115】

(例 5)

図 1 6 は、例 5 に係る放射線検出器の製造方法を説明するための図である。図 1 7 は、その製造方法を示すフローチャートである。

10

【0116】

この例では、図 5 におけるステップ 1 0 1 ~ 1 1 1、1 0 0 ~ 1 1 2、または 1 0 0 ~ 1 1 3 が実行された後、隔壁 1 4 及びシンチレータ層 1 2 上に、蛍光体材料及び樹脂材料を混合したペースト材料 9 2 が塗布される。これにより、キャップ層が形成される。あるいは、蛍光体材料及び樹脂材料を含む図示しないシートが、隔壁 1 4 及びシンチレータ層 1 2 上に転写されてもよい。その後、乾燥または硬化処理等が行われる(ステップ 3 1 1)。

【0117】

この場合、隔壁 1 4 の高さは、2 0 0  $\mu\text{m}$  ~ 6 0 0  $\mu\text{m}$  である。これらの場合、キャップ層の厚さは、5 0  $\mu\text{m}$  ~ 3 0 0  $\mu\text{m}$  とされることが望ましい。より望ましくは、1 5 0  $\mu\text{m}$  ~ 3 0 0  $\mu\text{m}$  である。

20

【0118】

樹脂材料としては、例えば、硝化綿、酢酸セルロース、エチルセルロース、ポリビニルブチラル、綿状ポリエステル、ポリ酢酸ビニル、塩化ビニル、塩化ビニリデン、塩化ビニルコポリマー、塩化ビニリデン - 塩化ビニルコポリマー、塩化ビニル - 酢酸ビニルコポリマー、ポリアルキル(メタ)アクリレート、ポリカーボネート、ポリウレタン、セルロースアセテートブチレート、エポキシ、シリコン、ポリオレフィン、ポリエステル、ポリアミドゴム(アラビアゴム)、ウレタン変性ポリエステル、ゼラチン、デキストラン、ニトロセルロース、ポリアルキルメタアクリレート、または、ポリビニルアルコール等が挙げられる。

30

【0119】

有機溶剤としては、例えば、メタノール、エタノール、プロパノール、メチルエチルエーテル、アセトン、MEK、MIBK、酢酸ブチル、酢酸エチル、エチルエーテル、キシレン、トルエン等が用いられる。また、必要に応じて、フタル酸、ステアリン酸等の分散剤や、燐酸トリフェニル、フタル酸ジエチル等の可塑剤を、その有機溶剤に添加してもよい。

【0120】

上記例 4 に係る実施形態のように、シンチレータ層上に樹脂材料のみを含むキャップ層が設けられる場合、輝度の低下が起こる可能性もある。しかし、この例 5 に係る本実施形態に係るキャップ層は、蛍光体材料を含むので、輝度を低下させることなく、蛍光体材料の脱落を防止することができる。

40

【0121】

例 1 ~ 4 のように、隔壁 1 4 によってシンチレータ層が画素ごとにほぼ隔離される場合、画素間での光の往来がないため、解像度は向上する。しかしこの場合、放射線のフォトンの性質(量子特有の性質である粒子の存在確率の分布のゆらぎ等)が画像に反映され得るため、ノイズ(ホワイトノイズ)が増えるおそれがある。これに対して、この例 5 に係る本実施形態では、隔壁 1 4 及びシンチレータ層 1 2 と、センサ基板との間にキャップ層が設けられるので、隔壁 1 4 の、センサ基板側の端部 1 4 a が、センサ基板 1 1 からキャップ層(ペースト材料 9 2)を介して離間している。これにより、センサ基板におけるセ

50

ンサの個々の独立性が緩和され、当該ノイズが低減される。

【0122】

このように、解像度とノイズとが、ある領域において二律背反関係にあるので、設計に応じて、例1～5が適宜選択されればよい。

【0123】

[その他の実施形態]

【0124】

本技術は、以上説明した実施形態に限定されず、他の種々の実施形態を実現することができる。

【0125】

上記実施形態に係る製造方法では、対向基板側に隔壁が形成されたが、センサ基板側に隔壁が形成され、その後、隔壁が形成されたセンサ基板と、対向基板とが貼り合わせられてもよい。センサ基板側に隔壁が形成された場合は、対向基板は無くてもよい。その場合、反射層がセンサ基板と反対側に形成される。

【0126】

また、上記例1～5で説明した、シンチレータ層等の他の実施形態においても、センサ基板側に隔壁及びシンチレータ層が形成されてもよい。この場合、この対向基板とセンサ基板とが貼り合わせられてもよい。この場合、上記のように少なくとも樹脂材料を含む材料が塗布または転写されたシンチレータ層が、対向基板上に配置されるように、センサ基板及び前記対向基板を貼り合わせられる。あるいは、対向基板は無くてもよい。

【0127】

上記実施形態に係る製造方法では、ステップ109において蛍光体材料が充填され焼成されることにより、シンチレータ層が形成された。しかし、隔壁の形状パターンを有する蒸着マスク越しに、蒸着によって蛍光体材料が、隔壁に囲まれた領域内に充填されてもよい。

【0128】

上記実施形態に係る製造方法における各工程のうち、例えば乾燥、焼成処理等の温度や時間も適宜変更可能である。

【0129】

上記実施形態では、感光性ペーストの無機材料の例として、ガラス及びセラミックを挙げたが、他の材料であってもよい。

【0130】

上記各実施形態において、隔壁14の高さは、上記したように300～800 $\mu\text{m}$ 、400～600 $\mu\text{m}$ に限られない。それは、300～600 $\mu\text{m}$ 、300～500 $\mu\text{m}$ 、300～450 $\mu\text{m}$ 、300～400 $\mu\text{m}$ 、400～700 $\mu\text{m}$ 、450～650 $\mu\text{m}$ 、または、450～700 $\mu\text{m}$ 、500～700 $\mu\text{m}$ 、または、500～600 $\mu\text{m}$ などであってもよい。

これらのそれぞれの場合において、隔壁14の厚さは、上記したように、10 $\mu\text{m}$ ～40 $\mu\text{m}$ 、10 $\mu\text{m}$ ～35 $\mu\text{m}$ 、または、10 $\mu\text{m}$ ～30 $\mu\text{m}$ 、20～40 $\mu\text{m}$ 、20～35 $\mu\text{m}$ 、20～30 $\mu\text{m}$ などの範囲を取り得る。

【0131】

上記各実施形態に係る対向基板に用いるガラスのガラス転移温度は、例えば600以上とされてもよい。これは、製造プロセスでセンサや基板の耐熱性を考慮したものである。

【0132】

上記各実施形態に係るセンサ基板11の材料として、上記実施形態では、ガラスを想定していたが、半導体基板が用いられてもよい。

その場合、そのガラス転移温度が上記同様に600以上とされてもよい。基板の比重は、2.4g/cm<sup>3</sup>以下で、その厚さは0.5mm～1.0mmであってもよいが、これらの値には限られない。

10

20

30

40

50

また、センサ基板 1 1 側の熱膨張係数が、ガラス基板のそれに対して  $\pm 20\%$  の範囲内であってもよい。これは、両者の熱膨張係数差が大きすぎることによる、センサとシンチレータの位置ずれを抑制するためである。

【0133】

上記各実施形態に係る蛍光体材料として、例えばそれが粉末粒子である場合、その粉末粒子の平均直径は、 $5\ \mu\text{m} \sim 15\ \mu\text{m}$ とされてもよい。直径が $5\ \mu\text{m}$ より小さい場合、所望の輝度が得られず、 $15\ \mu\text{m}$ より大きい場合、隔壁 1 4 内への充填が困難になるからである。

また、蛍光体材料の融点は、上記のような製造プロセス上、 $600$  以下であってもよい。

10

【0134】

以上説明した各形態の特徴部分のうち、少なくとも 2 つの特徴部分を組み合わせることも可能である。

【0135】

本技術は以下のような構成もとることができる。

(1) 受光可能な複数の画素を有するセンサ基板と、  
前記センサ基板上に設けられたシンチレータ層と、  
 $300\ \mu\text{m}$ 以上 $800\ \mu\text{m}$ 以下の高さ、及び、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $40\ \mu\text{m}$ 以下の幅を有し、前記シンチレータ層を画素ごとに区画するように設けられた隔壁と  
を具備する放射線検出器。

20

(2) (1)に記載の放射線検出器であって、  
前記隔壁の材料の主成分が無機材料である  
放射線検出器。

(3) (2)に記載の放射線検出器であって、  
前記隔壁に含まれる前記無機材料は、ガラス及びセラミックのうち少なくとも一方を含有する  
放射線検出器。

(4) (2)または(3)に記載の放射線検出器であって、  
前記隔壁の材料は、 $60$ 重量%以上 $100$ 重量%以下のガラスを含有する  
放射線検出器。

30

(5) (1)から(4)のうちいずれか1項に記載の放射線検出器であって、  
前記シンチレータ層は、蛍光体材料及び樹脂材料を含む  
放射線検出器。

(6) (5)に記載の放射線検出器であって、  
前記シンチレータ層は、  
前記蛍光体材料で形成された蛍光体層と、  
前記蛍光体層と前記センサ基板との間に配置され、前記蛍光体材料及び前記樹脂材料の  
両方を含む混合層とを含む  
放射線検出器。

(7) (1)から(4)のうちいずれか1項に記載の放射線検出器であって、  
前記シンチレータ層は、蛍光体材料及びガラス材料を含む  
放射線検出器。

40

(8) (1)から(4)のうちいずれか1項に記載の放射線検出器であって、  
前記シンチレータ層は、蛍光体材料を含み、  
前記放射線検出器は、前記シンチレータ層及び前記隔壁と、前記センサ基板との間に設けられたキャップ層をさらに具備する  
放射線検出器。

(9) (8)に記載の放射線検出器であって、  
前記キャップ層は、少なくとも樹脂材料を含む  
放射線検出器。

50

(10)(9)に記載の放射線検出器であって、

前記キャップ層は、前記蛍光体材料及び前記樹脂材料を混合した材料を含む放射線検出器。

(11)フォトマスクを用いた感光性ペースト材料の露光処理及びその現像処理により、隔壁を基板上に形成し、

前記隔壁が形成された前記基板を焼成することにより、300 μm以上800 μm以下の高さ、及び、10 μm以上40 μm以下の幅を有する前記隔壁を形成し、

前記焼成後、前記基板上的前記隔壁により囲まれた領域内にシンチレータ材料を充填する

放射線検出器の製造方法。

10

(12)(11)に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記感光性ペースト材料は、無機材料と有機バインダとを含有する放射線検出器の製造方法。

(13)(11)または(12)に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記基板は、受光可能な前記複数の画素を有するセンサ基板に対向する対向基板であり、

前記隔壁は、複数の画素に対応するように形成され、

前記シンチレータ材料で構成されるシンチレータ層が、前記センサ基板上に配置されるように、前記センサ基板及び前記対向基板を貼り合わせる工程

をさらに具備する放射線検出器の製造方法。

20

(14)(11)から(13)のうちいずれか1項に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記シンチレータ材料の充填により形成されたシンチレータ層上に、少なくとも樹脂材料を含む材料を塗布または転写する工程

をさらに具備する放射線検出器の製造方法。

(15)(14)に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記塗布工程は、前記樹脂材料を含む溶液を、前記シンチレータ層上に塗布する放射線検出器の製造方法。

(16)(14)に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記転写工程は、前記樹脂材料を含むシート材料を、前記シンチレータ層上に転写する放射線検出器の製造方法。

30

(17)(14)に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記塗布工程は、蛍光体材料及び前記樹脂材料を含むペースト材料を、前記シンチレータ層上に塗布する

放射線検出器の製造方法。

(18)(11)または(12)に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記基板は、受光可能な複数の画素を有するセンサ基板であり、

前記隔壁は、前記複数の画素に対応するように形成される

放射線検出器の製造方法。

(19)(18)に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記センサ基板上的、前記シンチレータ材料の充填により形成されたシンチレータ層上に、少なくとも樹脂材料を含む材料を塗布または転写する工程と、

前記材料が塗布または転写された前記シンチレータ層が、対向基板上に配置されるように、前記センサ基板及び前記対向基板を貼り合わせる工程と

をさらに具備する放射線検出器の製造方法。

40

【符号の説明】

【0136】

1、51、61、71、81、91...放射線検出器

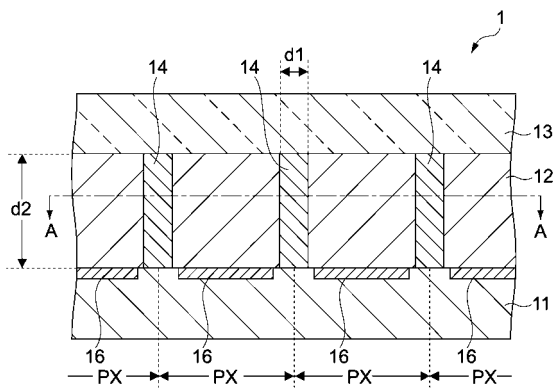
11...センサ基板

12、52、62、72...シンチレータ層

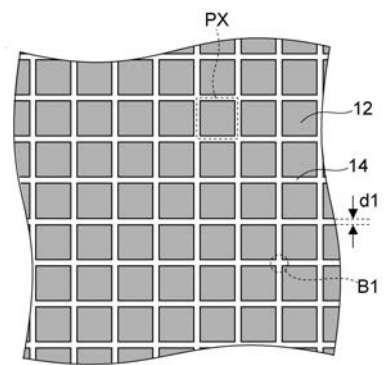
50

- 1 3 ... 対向基板
- 1 4 ... 隔壁
- 1 6 ... フォトダイオード
- 8 2 ... シート
- 9 2 ... ペースト材料

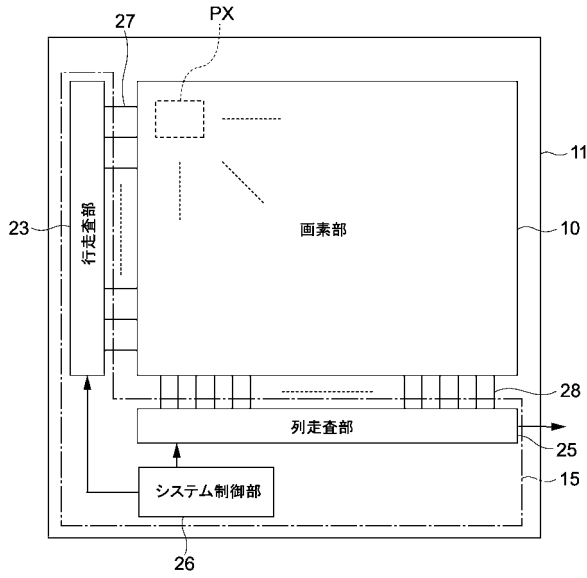
【 図 1 】



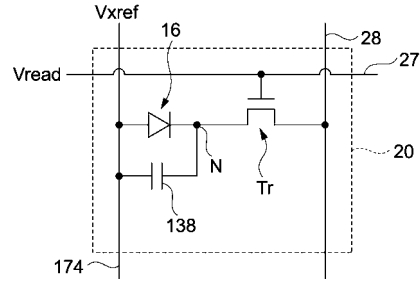
【 図 2 】



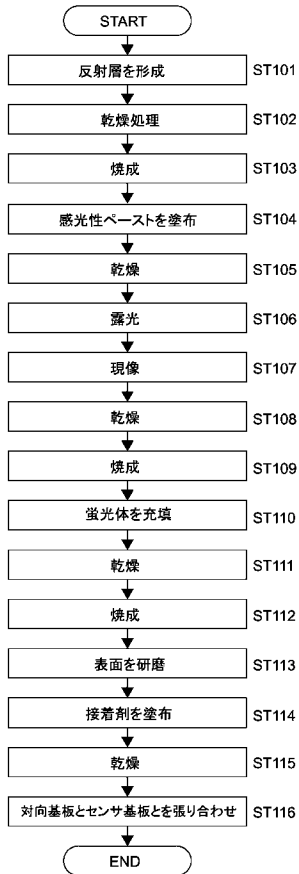
【図3】



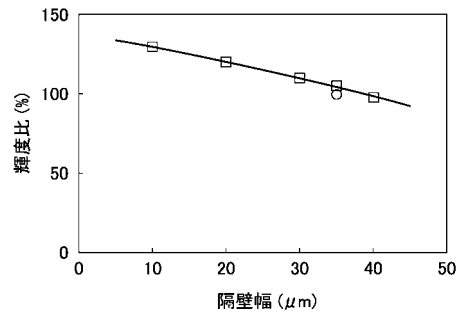
【図4】



【図5】



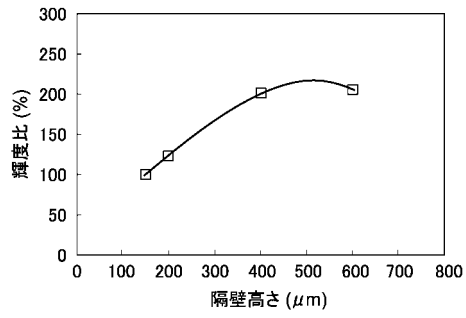
【図6】



【図7】

形成方法	隔壁幅 (μm)	輝度比 (%)
スクリーン印刷	35	100
感光性ペースト	10	130
感光性ペースト	20	120
感光性ペースト	30	110
感光性ペースト	35	105
感光性ペースト	40	98

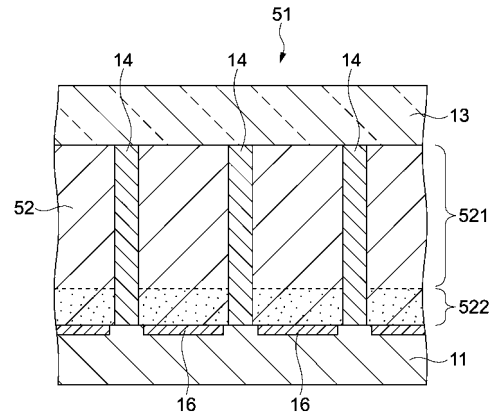
【 図 8 】



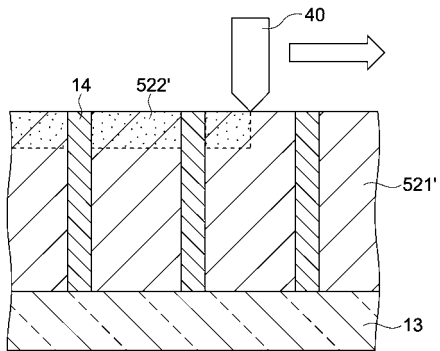
【 図 9 】

隔壁高さ (μm)	輝度比 (%)
150	100
200	123
400	201
600	206

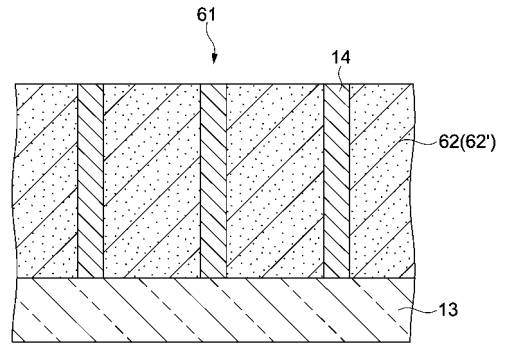
【 図 1 0 】



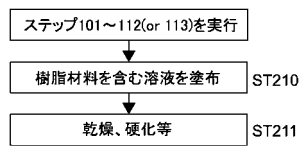
【 図 1 1 】



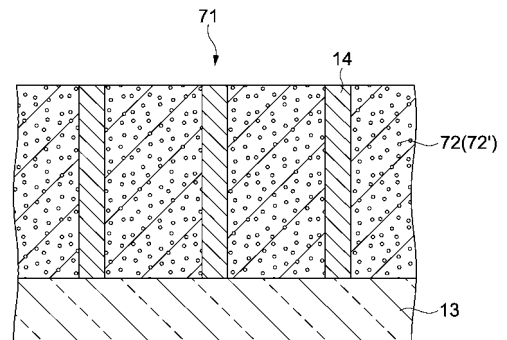
【 図 1 3 】



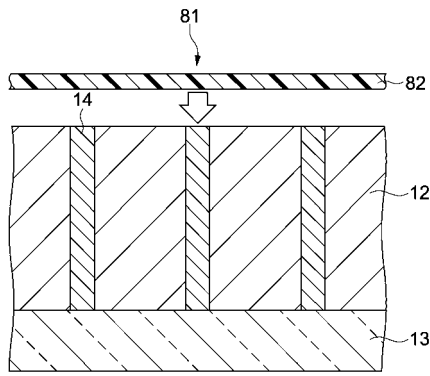
【 図 1 2 】



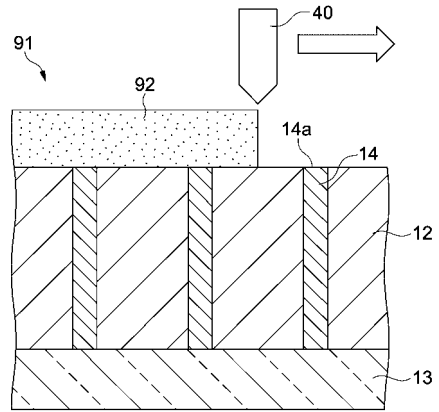
【 図 1 4 】



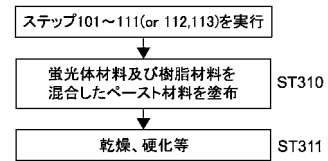
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【手続補正書】

【提出日】平成29年8月23日(2017.8.23)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

受光可能な複数の画素を有するセンサ基板と、  
 前記センサ基板上に設けられたシンチレータ層と、  
 300 μm以上800 μm以下の高さ、及び、10 μm以上40 μm以下の幅を有し、前記シンチレータ層を画素ごとに区画するように設けられた隔壁と、  
 前記シンチレータ層及び前記隔壁を介して前記センサ基板に対向して設けられた対向基板と、  
 前記シンチレータ層と前記センサ基板との間に設けられ、蛍光体材料及び樹脂材料を含む150 μm以上300 μm以下の厚さのキャップ層と、  
 前記対向基板と前記シンチレータ層との間に設けられた反射膜と  
 を具備する放射線検出器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の放射線検出器であって、  
 前記隔壁の材料は、60重量%以上100重量%以下のガラスを含有する放射線検出器。

【請求項 3】

受光可能な複数の画素を有するセンサ基板と、前記センサ基板に対向する対向基板とを

備える放射線検出器の製造方法であって、

前記対向基板上に反射膜を形成し、

前記対向基板上の前記反射膜上に、感光性ペースト材料を塗布し、

フォトリソを用いた前記感光性ペースト材料の露光処理及びその現像処理により、隔壁を基板上に形成し、

前記隔壁が形成された前記基板を焼成することにより、300 μm以上800 μm以下の高さ、及び、10 μm以上40 μm以下の幅を有する前記隔壁を形成し、

前記焼成後、前記基板上の前記隔壁により囲まれた領域内にシンチレータ材料を充填し、

前記シンチレータ材料の充填により形成されたシンチレータ層上に、蛍光体材料及び樹脂材料を含むシート材料を転写、または、蛍光体材料及び樹脂材料を含むペースト材料を塗布することで、150 μm以上300 μm以下の厚さのキャップ層を形成し、

前記シート材料の転写または前記ペースト材料の塗布後、前記シンチレータ層及びその上の前記キャップ層が前記センサ基板と前記対向基板との間に配置されるように、前記センサ基板及び前記対向基板を貼り合わせる

放射線検出器の製造方法。

【請求項4】

請求項3に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記隔壁の材料は、60重量%以上100重量%以下のガラスを含有する

放射線検出器の製造方法。

【請求項5】

請求項3または4に記載の放射線検出器の製造方法であって、

前記シンチレータ材料は、粉粒状の蛍光体材料を含む

放射線検出器の製造方法。

---

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丁目7番1号 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丁目7番1号 ソニー株式会社内

(72)発明者 小口 真一

東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 2G083 AA04 BB01 CC01 CC03 CC06 DD02 DD11 EE02 EE03

2G188 BB02 BB04 BB05 BB06 CC15 CC16 CC17 CC22 DD05 DD42

DD44