

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6200171号
(P6200171)

(45) 発行日 平成29年9月20日(2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(51) Int.Cl.

G 0 1 T 1/20 (2006.01)

F 1

GO 1 T	1/20	B
GO 1 T	1/20	E
GO 1 T	1/20	G

請求項の数 18 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-54140 (P2013-54140)
 (22) 出願日 平成25年3月15日 (2013.3.15)
 (65) 公開番号 特開2014-13230 (P2014-13230A)
 (43) 公開日 平成26年1月23日 (2014.1.23)
 審査請求日 平成28年2月26日 (2016.2.26)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-127535 (P2012-127535)
 (32) 優先日 平成24年6月4日 (2012.6.4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放射線検出装置及び撮像システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を検出する複数のセンサ部が配されたセンサパネルと、入射した放射線を光に変換するシンチレータ粒子及び接着性を有して前記シンチレータ粒子を結合する接着樹脂を含むシンチレータ層と、を備え、

前記シンチレータ層は前記接着樹脂によって前記センサパネルに接着されており、前記接着樹脂の引張弾性率が0.7 GPaより大きく且つ3.5 GPaより小さく、前記接着樹脂の前記シンチレータ粒子に対する体積比が1%以上且つ5%以下である

ことを特徴とする放射線検出装置。

【請求項 2】

光を検出する複数のセンサ部が配されたセンサパネルと、入射した放射線を光に変換するシンチレータ粒子及び接着性を有して前記シンチレータ粒子を結合する接着樹脂を含むシンチレータ層と、前記センサパネルと前記シンチレータ層とが接着している側の前記シンチレータ層の面とは反対側の面において、前記シンチレータ層と接着するように配された基材と、を備え、

前記シンチレータ層は前記接着樹脂によって前記センサパネルに接着されており、前記接着樹脂の引張弾性率が0.7 GPaより大きく且つ3.5 GPaより小さく、

前記シンチレータ層は、前記センサパネルの側から前記基材の側に向かって、第1領域、第2領域及び第3領域を有し、

前記第1領域、前記第2領域及び前記第3領域のそれぞれにおける前記接着樹脂の引張

10

20

弾性率を、それぞれ E_{R_1} 、 E_{R_2} 及び E_{R_3} としたときに、 $E_{R_1} > E_{R_3} > E_{R_2}$ の関係が成り立つ、

ことを特徴とする放射線検出装置。

【請求項 3】

光を検出する複数のセンサ部が配されたセンサパネルと、入射した放射線を光に変換するシンチレータ粒子及び接着性を有して前記シンチレータ粒子を結合する接着樹脂を含むシンチレータ層と、前記センサパネルと前記シンチレータ層とが接着している側の前記シンチレータ層の面とは反対側の面において、前記シンチレータ層と接着するように配された基材と、を備え、

前記シンチレータ層は前記接着樹脂によって前記センサパネルに接着されており、前記接着樹脂の引張弾性率が 0.7 GPa より大きく且つ 3.5 GPa より小さく、 10

前記シンチレータ層は、前記センサパネルの側から前記基材の側に向かって、第 1 領域、第 2 領域及び第 3 領域を有し、

前記第 1 領域、前記第 2 領域及び前記第 3 領域のそれぞれにおける前記接着樹脂の前記シンチレータ粒子に対する体積比を、それぞれ $(V_r / V_s)_{R_1}$ 、 $(V_r / V_s)_{R_2}$ 及び $(V_r / V_s)_{R_3}$ としたときに、 $(V_r / V_s)_{R_1} > (V_r / V_s)_{R_3} > (V_r / V_s)_{R_2}$ の関係が成り立つ、

ことを特徴とする放射線検出装置。

【請求項 4】

前記接着樹脂の前記シンチレータ粒子に対する体積比が 1 % 以上且つ 5 % 以下である 20
ことを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載の放射線検出装置。

【請求項 5】

前記シンチレータ粒子は、粒径が 2.5 μm 以下であり、メディアン径が 2 μm 以上且つ 1.2 μm 以下である、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。

【請求項 6】

前記センサパネルは、前記センサパネルと前記シンチレータ層とが接触している領域を取り囲むように突出した部分を有する、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。

【請求項 7】

前記突出した部分の高さは、前記シンチレータ層の厚さの半分以上且つ前記シンチレータ層の厚さ以下である、

ことを特徴とする請求項 6 に記載の放射線検出装置。

【請求項 8】

前記シンチレータ層は流動性の材料をさらに含み、

前記流動性の材料は、屈折率が 1 以上且つ前記シンチレータ粒子の屈折率の値以下である、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。

【請求項 9】

前記センサパネルと前記シンチレータ層とが接着している前記シンチレータ層の面とは反対側の面に配され、前記シンチレータ層を保護するための保護層をさらに備え、

前記保護層は、粉末状の無機粒子と前記接着樹脂とを含む、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。

【請求項 10】

前記無機粒子は、粒径が 1.90 nm 以上且つ 3.80 nm 以下である、

ことを特徴とする請求項 9 に記載の放射線検出装置。

【請求項 11】

前記センサパネルと前記シンチレータ層とが接着している前記シンチレータ層の面とは反対側に設けられ、前記シンチレータ層で生じた光を反射する反射層をさらに備え、

前記反射層は、前記シンチレータ層との間に間隙が形成されるように設けられている、 50

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。

【請求項 1 2】

前記間隙は、前記シンチレータ層および前記反射層の一方が、前記シンチレータ層と前記反射層とが対向する面において凸形状を有することによって形成されている、

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の放射線検出装置。

【請求項 1 3】

前記凸形状は、前記センサパネルの前記複数のセンサ部に対応して形成されている、

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の放射線検出装置。

【請求項 1 4】

前記凸形状は、前記シンチレータ層および前記反射層の前記一方における周辺領域の一部に形成されている、10

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の放射線検出装置。

【請求項 1 5】

前記凸形状は、前記シンチレータ層および前記反射層の前記一方における中央領域の一部および周辺領域の一部に形成されている、

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の放射線検出装置。

【請求項 1 6】

前記接着樹脂は、セルロース系樹脂、アクリル系樹脂及びポリビニルアセタール系樹脂のうち少なくとも 1 つを含む、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。20

【請求項 1 7】

前記シンチレータ層は、前記シンチレータ粒子同士を接着するコロイダルシリカをさらに含む、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 から請求項 1 7 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置と、

前記放射線検出装置からの信号を処理する信号処理部と、

前記信号処理部からの信号を表示するための表示部と、

前記放射線を発生させるための放射線源と、

を備えることを特徴とする撮像システム。30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線検出装置及び撮像システムに関する。

【背景技術】

【0002】

放射線検出装置は、光を検出するセンサパネルと、放射線を光に変換するシンチレータ層とを備える。特許文献 1 には、シンチレータ層が感圧接着剤組成物を含み、センサパネルとシンチレータ層とが直接接着された構造が開示されている。特許文献 1 によると、センサパネルとシンチレータ層との間にはこれらを接着するための接着層が配されないため、センサパネルが検出すべき光の損失を低減し、放射線検出装置の感度が向上する。40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2011-117966 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、センサパネルとシンチレータ層との間に接着層を有する構造においては、放50

射線検出装置にかかる応力が、この接着層によって緩和されうる。この応力は、例えば、製造過程における加熱ないし冷却プロセス等の温度変化により生じる応力を含む。特許文献1に記載の構造は、このような応力に対する耐性まで考慮されたものではない。

【0005】

本発明の目的は、放射線検出装置の信頼性を向上するのに有利な技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一つの側面は放射線検出装置にかかり、前記放射線検出装置は、光を検出する複数のセンサ部が配されたセンサパネルと、入射した放射線を光に変換するシンチレータ粒子及び接着性を有して前記シンチレータ粒子を結合する接着樹脂を含むシンチレータ層と、を備え、前記シンチレータ層は前記接着樹脂によって前記センサパネルに接着されており、前記接着樹脂の引張弾性率が0.7GPaより大きく且つ3.5GPaより小さく、前記接着樹脂の前記シンチレータ粒子に対する体積比が1%以上且つ5%以下である、ことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、放射線検出装置の信頼性を向上するのに有利な技術を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1実施形態の構成の例を説明する図。

【図2】シンチレータ層の構成の例を説明する図。

【図3】第2実施形態の構成の一例を説明する図。

【図4】各実施形態を適用した撮像システムの例を説明する図。

【図5】加熱 冷却ストレス試験の例を説明する図。

【図6】スクリーン印刷で用いるスクリーン版を説明する図。

【図7】各実施形態についての実施例を説明する図。

【図8】第3実施形態の構成の一例を説明する図。

30

【図9】第4実施形態の構成の一例を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

<第1実施形態>

図1及び図2を参照しながら、第1実施形態の放射線検出装置11を説明する。図1(a)は、放射線検出装置11の上面からみた構造を模式的に示している。放射線検出装置11は、例えば、フレキシブルプリント基板110を介して、信号を読み出すための回路基板111や放射線検出装置11を駆動するための回路基板112に接続される。放射線検出装置11は、図1(a)に示した画素アレイ113において放射線を検出する。放射線の検出によって得られた信号は、回路基板112から入力された駆動信号にしたがって、回路基板111に出力される。

40

【0010】

図1(b)は、図1(a)のカットラインX-X'における放射線検出装置11の断面構造を模式的に示している。放射線検出装置11は、光を検出するためのセンサパネル150と、入射した放射線を光に変換するためのシンチレータ層104と、を備える。センサパネル150は、センサ基板107に、光を検出する複数のセンサ部(不図示)を有する。センサ部は、光電変換素子と薄膜トランジスタ(TFT)等のスイッチ素子とを備える画素に相当する。図1(a)に示した画素アレイ113は、例えば2800×3408の画素から構成されている。センサパネル150は、センサ部を保護するためのセンサ保護層106を有しうる。シンチレータ層104は、入射した放射線を光に変換するシンチ

50

レータ粒子と、接着性を有してシンチレータ粒子同士を結合する接着樹脂とを含む。ここで、シンチレータ層140は、接着樹脂によってセンサパネル150に接着される。また、センサパネル150とシンチレータ層104とが接着しているシンチレータ層104の面とは反対側には、例えば、光を拡散反射する機能を有する基材（反射層103）が配されうる。また、これらを覆うように粘着層102と保護層101とが配されうる。

【0011】

上述の構成は、以下に例示されるような工程で形成されうる。例えば、ビヒクル（樹脂を溶媒に溶解した材料）中にシンチレータ粒子を分散させたペースト（シンチレータ粒子をビヒクルに分散させた材料）を準備する。次に、このペーストを、センサパネル150（センサ基板107又はセンサ保護層106）の上に、スクリーン印刷やスリットコート等の方法によって塗工し、シンチレータ層104を形成する。その後、反射層103をシンチレータ層104の上に転写する。さらに、その後、電磁シールドや鏡面反射の機能を有する保護層101を、シンチレータ層104と反射層103とを覆うように、粘着層102を介してセンサパネル150の上に貼り付ける。なお、保護層101は、必ずしも、反射層103およびシンチレータ層104の全体およびその周辺部分を覆いつつセンサ保護層106に接触するように設けられる必要はない。例えば、シンチレータ層104の耐湿保護が不要であれば、保護層101は、センサ保護層106の一部に接触するように設けられればよい。

【0012】

図1(b)に示したA側から入射した放射線は、保護層101、粘着層102、反射層103を透過した後、シンチレータ層104に入射する。シンチレータ層104においては、入射した放射線に応じて光が発生し（即ち、入射した放射線が光に変換され）、この光はセンサパネル150において検出される。この構造によると、センサパネル150とシンチレータ層104との間にはこれらを接着するための層を有しないため、光の散乱や吸収による光の損失を低減し、放射線検出装置11の感度及びMTFの低下を抑制することができる。また、放射線がB側から入射する裏面照射型の場合についても同様に、感度及びMTFの低下を抑制することができる。

【0013】

シンチレータ粒子には、耐湿性、発光効率、熱プロセス耐性、残光性の観点から、例えば、一般式としてM₂O₂S:Rで示される金属酸硫化物を用いるとよい。ここで、「M」は、例えば、La、Y及びGd等を含み、「R」は、Tb、Sm、Eu、Ce、Pr及びTm等を含みうる。接着樹脂には、センサ部の耐湿保護等の観点から、有機溶剤に可溶なものを用いるとよい。特に、例えば、チクソトロピック性を有するエチルセルロース、ニトロセルロース等のセルロース系樹脂、ポリメチルメタクリレート等のアクリル系樹脂、ポリビニルブチラール等のポリビニルアセタール系樹脂が用いられる。接着樹脂には、第1実施形態で述べた引張弾性率の範囲を満たすようにして、上述の樹脂のうち2つ以上を組み合わせて用いてもよい。

【0014】

図2(a)は、シンチレータ層104の構成を模式的に示している。シンチレータ層104は、上述のとおり、シンチレータ粒子71と接着樹脂72とを含み、さらに間隙（例えば、空気73）を含む構造を有しうる。

【0015】

ここで、接着樹脂72の引張弾性率は、0.7GPaより大きく且つ3.5GPaより小さく、また、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比が1%以上且つ5%以下である。接着樹脂72の引張弾性率が0.7GPa以下の場合は、センサパネル150とシンチレータ層104との接着力、又は反射層103とシンチレータ層104との接着力が不十分になり、これらが剥離してしまうおそれがある。また、引張弾性率が0.7GPa以下の場合は、シンチレータ層104に含まれるシンチレータ粒子71同士の接着力が不十分になり、シンチレータ層104そのものの形状がくずれてしまうおそれがある。接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比が1%より小さい場合も同様であ

10

20

30

40

50

る。一方、引張弾性率が3.5 GPa以上の場合には、シンチレータ層104にかかる応力が吸収されにくくなり、シンチレータ層104と、シンチレータ層104に隣接する部分とが剥離してしまうおそれがある。また、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比が5%より大きい場合は、応力を吸収しうる空気73の割合が相対的に少なくなるため、却って、シンチレータ層104と、シンチレータ層104に隣接する部分とが剥離してしまうおそれがある。

【0016】

そこで、本実施形態では、接着樹脂72の引張弾性率は、0.7 GPaより大きく且つ3.5 GPaより小さく、また、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比が1%以上且つ5%以下にすることにより、放射線検出装置11の信頼性の向上を図った。
その効果は、後述の実施例の測定結果(図7)からも明らかである。

10

【0017】

シンチレータ粒子71には、粒径が25μm以下のものが用いられる。シンチレータ層104の表面に粒径が25μmより大きい粒子(突出した形状を含む。)が存在すると、シンチレータ層104とシンチレータ層104に隣接する部分との境界において気泡が生じ、剥離してしまうおそれがある。また、シンチレータ粒子71には、メディアン径(50%粒子径)が2μm以上且つ12μm以下のものが用いられる。シンチレータ粒子71のメディアン径が2μmより小さいと、粒子の個々の粒子との間の付着力が低下してしまう。一方、シンチレータ粒子71のメディアン径が12μmより大きいと、前述の境界との間で気泡が生じ、剥離してしまうおそれがある。よって、シンチレータ層104のシンチレータ粒子71には、粒径が25μm以下であり、メディアン径が2μm以上且つ12μm以下のものが用いられるといい。ここで、粒径とは、粒子を完全な球体と仮定した場合にその直径に相当する便宜的な値である。また、本明細書の粒径は、コールターカウンター法又はレーザー回折・散乱法(マイクロトラック法)によって測定したものである。
20

【0018】

また、シンチレータ層104は、空気及び流動性の材料のうち少なくとも流動性の材料をさらに含むといい。流動性の材料は、屈折率が1以上且つシンチレータ粒子の屈折率の値以下であるといい。流動性の材料には、例えば、シリコーンオイル等が用いられる。これによって、シンチレータ粒子71と空気73との間ににおける光の散乱や吸収による光の損失を低減し、放射線検出装置11の感度及びMTFの低下を抑制することができる。また、このことは、樹脂等を充填した後に乾燥させ固形化させる方法も考えられるが、シンチレータ層104の可撓性との関係から、流動性の材料を用いるとよい。また、シンチレータ層104は、応力を吸収するために、空気と流動性の材料との両方を含んでもよい。さらに、シンチレータ層104は、シンチレータ粒子71間に結着作用を付与するコロイダルシリカ等の結着剤を含むといい。
30

【0019】

また、図1(c)に例示されるように、センサパネル150に、センサパネル150とシンチレータ層104とが接触している領域を取り囲むように突出した部分90を設けてもよい。前述の流動性の材料を用いる場合は、シンチレータ層104の毛細管現象により、印刷やスプレー又は浸漬等の方法を用いて、流動性の材料をシンチレータ層104に容易に充填することが可能である。しかし、例えば、常温において流動性の材料の粘度が低い場合、シンチレータ層104から流動性の材料が流出するおそれがある。また、流動性の材料を用いない場合においても、シンチレータ層104を塗工した後からシンチレータ層104が十分に乾燥する前までに、シンチレータ層104の外形の精度が低下するおそれがある。これらのこととは、上述の突出した部分90を設けることにより防ぐことができる。この突出した部分90の高さ(突出長)は、シンチレータ層104の厚さの半分以上且つシンチレータ層104の厚さ以下とすればよい。これは、シンチレータ層104とセンサパネル150とが接触する部分において、上述の問題が顕著になるからである。この突出した部分90には、例えば、エポキシ樹脂等を用いるとよい。また、突出した部分90は、センサパネル150とシンチレータ層104とが接触すべき領域の外周に沿ってパ
40

50

ターニング形成することによって形成されうる。また、突出した部分 90 の形成は、センサパネル 150 の上に配されうるバイアス配線や信号配線等の配線を利用して為されてもよいし、表面エネルギーの高い薄膜によって形成された凸部を用いて為されてもよい。

【0020】

また、センサパネル 150 とシンチレータ層 104 とが接触しているセンサパネル 150 の面が凹凸形状を有していると、これらが接触する面積が大きくなり、接着性がさらに向上される。この凹凸形状は、例えば、コロイダルシリカやアルミナ等を塗布し及び乾燥することにより形成されうる。ここで、この凹凸形状が、シンチレータ層 104 で生じた光の光路を光学的に遮断しないように、例えば、透過率や凹凸の大きさ等に留意して、凹凸形状を形成するとよい。

10

【0021】

また、シンチレータ層 104 は、図 2 (b) に例示されるように、領域ごとに異なる構成を有してもよい。即ち、シンチレータ層 104 は、接着樹脂 72 の引張弾性率 E が、厚さ方向に不均一な分布を有する。シンチレータ層 104 は、センサパネル 150 の側から反射層 103 の側に向かって、第 1 領域 R1、第 2 領域 R2 及び第 3 領域 R3 を有する。(第 1 領域 R1、第 2 領域 R2 及び第 3 領域 R3 は、例えば、シンチレータ層 104 を 3 等分した領域で与えられてもよいし、均等に分割された領域でなくてもよい。) 第 1 領域 R1 における接着樹脂 72 の引張弾性率を E_{R1} とする。第 2 領域 R2 における接着樹脂 72 の引張弾性率を E_{R2} とする。第 3 領域 R3 における接着樹脂 72 の引張弾性率を E_{R3} とする。ここで、シンチレータ層 104 は、引張弾性率が、各領域 R1 乃至 R3 の間で、 $E_{R1} > E_{R3} > E_{R2}$ の関係が成り立つように設けられている。

20

【0022】

放射線検出装置 11 は、シンチレータ層 104 のうちセンサパネル 150 の側における応力の影響を強く受けるため、シンチレータ層 104 はセンサパネル 150 の側において応力に対する耐性を有するとよい。また、シンチレータ層 104 のうち反射層 103 の側における応力は、粘着層 102 によっても緩和されうるが、シンチレータ層 104 は反射層 103 の側においても応力に対する耐性を有するとよい。そこで、各領域 R1 乃至 R3 の間において、上述の関係が成り立つようにシンチレータ層 104 を形成することにより、シンチレータ層 104 とセンサパネル 150との間、又はシンチレータ層 104 と反射層 103との間ににおける剥離を抑制することができる。

30

【0023】

また、同様の理由により、シンチレータ層 104 は、接着樹脂 72 のシンチレータ粒子 71 に対する体積比 V_r / V_s が、厚さ方向に不均一な分布を有することによっても、同様の効果を得ることができる。第 1 領域 R1 における接着樹脂 72 のシンチレータ粒子 71 に対する体積比を、 $(V_r / V_s)_{R1}$ とする。第 2 領域 R2 における接着樹脂 72 のシンチレータ粒子 71 に対する体積比を、 $(V_r / V_s)_{R2}$ とする。第 3 領域 R3 における接着樹脂 72 のシンチレータ粒子 71 に対する体積比を、 $(V_r / V_s)_{R3}$ とする。ここで、シンチレータ層 104 は、接着樹脂 72 のシンチレータ粒子 71 に対する体積比が、各領域 R1 乃至 R3 の間で、 $(V_r / V_s)_{R1} > (V_r / V_s)_{R3} > (V_r / V_s)_{R2}$ の関係が成り立つように設けられている。この効果は、後述の実施例の測定結果(図 7)からも明らかである。

40

【0024】

以上、本実施形態によると、放射線検出装置 11 の感度及び MTF の低下を抑制しつつ、放射線検出装置 11 の信頼性を向上することができる。

【0025】

< 第 2 実施形態 >

図 3 を参照しながら、第 2 実施形態の放射線検出装置 12 を説明する。本実施形態は、保護層 103 に代替して、粉末状の無機粒子 74 と接着樹脂 72 とを含む反射層 103a を設ける点で第 1 実施形態と異なる。反射層 103a は、シンチレータ層 104 を形成した後に、例えば、接着樹脂 72 を用いつつ同様の方法によって形成される。無機粒子 74

50

は粒径がシンチレータ粒子71より小さく、これにより、無機粒子74はシンチレータ粒子71の間隙に入り込むことができる。よって、反射層103aとシンチレータ層104とは、無機粒子74とシンチレータ粒子71とが接触する面積が大きいため、高い接着性を有する。これにより、粘着層102は、反射層103aとシンチレータ層104とを固定するという目的において設ける必要がない。

【0026】

無機粒子74には、例えば、母体色が白い、拡散反射性が高い材料を用いればよい。X線がA側から入射する場合は、例えば、X線減率係数や密度が小さいルチル型のTiO₂、Al₂O₃、SiO₂等を無機粒子74に用いるとよい。また、可視光の拡散反射を良好に保つため、無機粒子74の粒径は可視光の波長の半分程度とするとよく、即ち、無機粒子74には、粒径が190nm以上且つ380nm以下のものが用いられる。また、シンチレータ粒子71の母体色が白い場合は、シンチレータ粒子71それ自身が拡散反射機能を有しうる。X線がB側から入射する場合は、例えば、X線減率係数に関わらず、硫酸バリウム、酸化鉛、酸化ビスマス、酸化マグネシウムを無機粒子74に用いてもよい。

【0027】

以上、放射線検出装置12は、反射層103aとシンチレータ層104との接着性が向上することによって、第1実施形態で述べた効果と同様の効果を効率的に得つつ、光の損失を抑制することができる。よって、本実施形態によると、放射線検出装置12の感度及びMTFの低下をさらに抑制することができる。

【0028】

<第3実施形態>

前述のとおり、シンチレータ層104は、シンチレータ粒子71と接着樹脂72とを含み、さらに、空気73（間隙）を含みうる。空気73は周囲の部材に対して屈折率が低いため、シンチレータ層104で生じた光が反射層103を通過したり、反射層103の内部で散乱されたりすることによる光の損失が低減されうる。また、空気73により、放射線検出装置の製造における加熱、冷却、加湿等の環境の変化により生じる線熱膨張係数差による圧縮応力が緩和されうる。このことは、特に、シンチレータ層104と反射層103との間ににおける線熱膨張係数差による圧縮応力がシンチレータ層104に及ぼす影響を低減しうる。

【0029】

以下では、図8を参照しながら、第3実施形態の放射線検出装置13を説明する。図8(a)は、図1(b)と同様にして、放射線検出装置13の断面構造を模式的に示している。本実施形態は、シンチレータ層104と反射層103との間に空気層73Lを設けている点で、第1実施形態と異なる。

【0030】

シンチレータ層104の上（センサ基板107とは反対側の面上）には、シンチレータ層104の外周に沿って設けられた反射層支持体105と、反射層支持体105の上に反射層103が配されうる。ここで、反射層103とシンチレータ層104との間には空気層73Lが設けられており、シンチレータ層104と反射層103とは接触していない。このことは、反射層103が、反射層103とシンチレータ層104との間に空気層73Lを形成されるように設けられればよく、図8(b)に例示されるように反射層支持体105の機能を兼ねてもよい。なお、本実施形態では粘着層102を図示していない。

【0031】

シンチレータ層104において生じた光のうちの一部は、各シンチレータ粒子71の表面において散乱され、周囲の部材に対して屈折率が低い空気層73Lに入射しうる。本構成によると、屈折率が低い空気層73Lから屈折率の高い反射層103への光の侵入が低減され、当該光が反射層103を透過し又は反射層103の内部で散乱することによる光の損失が低減されうる。よって、空気層73Lからの光は、反射層103の表面においてシンチレータ層104の側に向かって効果的に反射され、センサ基板107に到達しうる。

10

20

30

40

50

【0032】

ここで、空気層73Lの厚さを例えば50μm以上にすると、シンチレータ層104から反射層103への光のうちの比較的入射角の大きい成分については光散乱が生じてしまい、MTFの低下をもたらしうる。また、シンチレータ層104は、シンチレータ粒子を用いた場合には、その上面にシンチレータ粒子の最大粒子径に相当する大きさの段差が生じうる。よって、空気層73Lは、これらを考慮した厚さで設けられるとよい。よって、空気層73Lは、その厚さが25μm～50μmの範囲になるように設けられるとよい。

【0033】

また、反射層103とシンチレータ層104との間に設けられた空気層73Lが維持されるように、反射層103が十分な剛性を有することが求められる。よって、反射層103には十分な剛性を有する部材が用いられ、又は、十分な剛性を有するようにディンプル加工やハニカム加工等がなされうる。なお、反射層103は、反射層103とシンチレータ層104との間に設けられた空気層73Lが維持されるように、反射層103が、その重さによる変形に耐えられる程度の剛性を有すればよい。例えば、厚さ25μmの空気層73Lを維持するためには、0.4m×0.4mの反射層103の剛性は14MPa以上とすればよい。また、例えば、医療診断等の用途の放射線検出装置の場合には、被験者の体重による荷重が考慮されるべきであり、例えば200kgfの荷重に耐えるように設計するときは、当該反射層103の剛性は3GPa以上とすればよい。また、反射層103には、軽元素で構成される樹脂成型板（例えばABS樹脂、ポリカーボネート（PC）樹脂、ポリプロピレン（PP）樹脂等）が用いられうる。また、炭素纖維系樹脂（例えばCFRP、PAN系炭素纖維、異方性炭素纖維、等方性炭素纖維等）を用いて、より薄い反射層103を形成してもよい。

【0034】

以上、第1実施形態においては、シンチレータ層104と反射層103との間に空気73Lが存在する構成を例示したが、本実施形態で例示したように、シンチレータ層104と反射層103との間に積極的に空気層73Lを設けてもよい。空気層73Lにより、シンチレータ層104で生じた光が反射層103を通過し、反射層103の内部で散乱することによる光の損失が低減され、また、シンチレータ層104と反射層103との間における線熱膨張係数差による圧縮応力が緩和されうる。よって、本実施形態によると、放射線検出装置の感度およびMTFが向上すると共に、放射線検出装置の信頼性が向上しうる。このことは、B側から放射線が入射するように構成された裏面照射型の放射線検出装置においても同様である。なお、本実施形態の空気層73Lは、柱状結晶（例えばCsI:Tl）のアルカリハライド系シンチレータ層を蒸着法によってセンサパネル150上に形成する構成においても適用されうる。

【0035】

放射線検出装置13は、以下に例示されるような工程で形成されうる。例えば、ビヒクル中にGd2O2S:Tb等の蛍光体粉末と、結着作用を付与するコロイダルシリカ等とを分散させたペーストを準備する。コロイダルシリカは、有機溶剤との相溶性が十分に確保されていることを要し、例えば日産化学製のオルガノシリカゾル等が用いられうる。攪拌時ないし使用時のペーストの懸濁発泡を防止するため、コロイダルシリカ表面が有機修飾されており、相溶性の高いものが好適であり、例えば日産化学製オルガノシリカゾルMEK-AC-2101やMIBK-SD等が用いられうる。なお、コロイダルシリカの蛍光体に対する体積比が0.5%未満の場合では十分な結着力が得られず、一方、2.0%以上の場合は輝度の低下をもたらしうるため、当該体積比は0.5%～2.0%の範囲になるように、ペーストを生成するとよい。

【0036】

次に、このペーストを、センサパネル150（センサ基板107又はセンサ保護層106）の上に、スクリーン印刷やスリットコート等の方法によって所望の膜厚が得られるよう塗工し、乾燥させることによってシンチレータ層104を形成する。その後、反射層支持体105が、シンチレータ層104の外周に沿って、又は、画素アレイ113の外周に

10

20

30

40

50

沿って形成されうる。さらに、シンチレータ層104と反射層103との間に積極的に空気層73Lが形成されるように、反射層支持体105の上に反射層103が設けられうる。さらに、その後、防湿機能を有する保護層101が、シンチレータ層104と反射層103とを覆うように、例えば粘着層102を介して、センサパネル150の上に設けられうる。保護層101は、電磁シールドとしての機能も兼ねうる。なお、潮解性のあるCsI:T柱状結晶のシンチレータ層を用いる場合には、十分な耐湿保護を図る必要がある。例えば、ポリ塩化ビニリデン溶液による湿式成膜、パラキシリレン系ポリマーの真空蒸着等による成膜、または機能性防湿フィルム等を、シンチレータ層104が外部環境から遮断されるように被覆させればよい。

【0037】

10

<第4実施形態>

第3実施形態では、シンチレータ層104と反射層103との間に空気層73Lを設けた構成を例示した。しかし、シンチレータ層104と反射層103との間に空気層73Lが存在すれば、放射線検出装置の感度、MTFおよび信頼性を向上させることができ、シンチレータ層104と反射層103とが部分的に接触する領域が存在してもよい。

【0038】

20

以下では、図9を参照しながら、第4実施形態の放射線検出装置14を説明する。本実施形態は、シンチレータ層104および反射層103の一方が、それらが対向する面において凸形状を有することによって、それらが部分的に互いに接触している点で第3実施形態と異なる。図9(a1)～(a3)は、図8と同様にして、放射線検出装置14の断面構造の例を模式的に示しており、反射層103がその下面において凸形状を有し、シンチレータ層104に部分的に接触している。図9(b1)～(b3)は、同様にして放射線検出装置14の断面構造の例を模式的に示しており、シンチレータ層104がその上面において凸形状を有し、反射層103に部分的に接触している。

【0039】

30

図9(a1)および(b1)に例示されるように、反射層103ないしシンチレータ層104の凸形状は、所定のピッチで周期的に設けられうる。凸形状の周期は、前述のセンサ部の配列にしたがう。例えば、凸形状の周期は、センサ部のピッチのN倍になるようすればよい(Nは整数)。これにより、シンチレータ層104と反射層103との間に、各センサ部に対応した空気の間隙73Sが設けられ、アーチファクトの発生を抑制しつつ、放射線検出装置の感度、MTFおよび信頼性を向上させることができる。空気の間隙73Sは、第3実施形態で述べたとおり、その厚さが25μm～50μmの範囲になるよう設けられるよ。

【0040】

なお、反射層103の下面の凸形状は、例えば、PETフィルムを主体とした反射フィルムの表面に熱プレスを行う等の方法によって形成されうる。また、シンチレータ層104の上面の凸形状は、例えば、センサピッチと同様の開口を有するスクリーン版を準備して、そのメッシュパターンを利用して成膜することによって形成されうる。

【0041】

40

また、以上では、反射層103ないしシンチレータ層104の凸形状が所定のピッチで周期的に設けられた構成を例示したが、本発明はこの構成に限られるものではない。例えば、凸形状を、図9(a2)および(b2)に例示されるように中央領域の一部および周辺領域の一部に設ける構成でもよい。また、凸形状を、図9(a3)および(b3)に例示されるように、中央領域および周辺領域のうちの周辺領域の一部に設ける構成でもよい。

【0042】

50

以上、本実施形態によると、第3実施形態と同様の効果が得られ、さらに、反射層103の剛性についての制約が第3実施形態に比べて緩和されるため、設計面においても有利である。また、本実施形態によると、反射層支持体105を形成するプロセスを省略することができ、製造コストが低減されうる。なお、本実施形態の空気の間隙73Sは、第3

実施形態と同様にして、柱状結晶のアルカリハライド系シンチレータ層を蒸着法によってセンサパネル150上に形成する構成においても適用されうる。

【0043】

<撮像システム>

図4は、以上の4つの実施形態にかかる放射線検出装置(11~14)を適用した撮像システム20を模式的に示している。撮像システム20は、例えば、放射線検出装置11を備えた筐体200と、イメージプロセッサ等を含む信号処理部230と、ディスプレイ等を含む表示部240と、放射線を発生させるための放射線源210と、を備える。放射線源210から発せられた放射線(代表例としては、X線)は被験者220を透過し、被験者220の体内の情報を含む放射線が、筐体200が備える放射線検出装置11により検出される。これにより得られた放射線画像を用いて、例えば、信号処理部230は、所定の信号処理を行い、画像データを生成する。この画像データは、表示部240に表示される。
10

【0044】

以上では、4つの実施形態と、撮像システムに適用した例とを述べたが、本発明はこれらに限られるものではなく、目的、状態、用途、機能、およびその他の仕様の変更が適宜可能であり、他の実施形態によっても実施されうる。

【0045】

<参考例>

各実施形態にしたがう実施例を示すに先立って、参考例として、センサパネルとシンチレータ層との間に接着層を有する放射線検出装置D(不図示)について述べる。まず、
20
50mm×445mm×0.7tの無アルカリガラス基板の上に、アモルファスシリコン(非晶質シリコン)を用いた半導体薄膜を形成した。その後、その上に、光を検出する複数のセンサ部が配されたセンサアレイと、これらを駆動するための複数の配線とを形成した。センサ部は、光電変換素子と薄膜トランジスタ(TFT)とを備える。画素アレイ113は、ここでは、2800×3408の画素から構成されている。その後、センサ保護層106として、SiNx層及びポリイミド樹脂層を形成し、センサパネルを得た。

【0046】

次に、シンチレータ層を形成するための基台(352.5mm×428.5mmのTORAY製ルミラーE20 #188)を用意し、スクリーン印刷機にセットした。この基台は拡散反射等の機能を有し、図1の反射層103に対応する。シンチレータの材料としては日亜化学製のGd2O2S:Tb(NP-3010)(2kg)を、日本香料製のターピネオール(1kg)に分散・搅拌した。さらに、分散剤としてBYCケミー製のBYC-2000(微量)を添加して搅拌した。次に、これを加熱(温度150)しつつ、ポリビニルブチラール樹脂を添加して溶解させた後に冷却して、ブチルカルビトールアセテートを添加した。これにより、温度25、回毎分0.3rpmにおける回転粘度が300Pa·sとなるように調整されたペーストが得られた。調製後のペーストは、3本口服ミルを用いて分散させた後、粒ゲージを用いたところ、分散度は25μmであった。
30

【0047】

このシンチレータペーストを用いて、シンチレータ層を形成するための基台にスクリーン印刷を行った。具体的には、ソノコム(株)製のスクリーン版(版枠1100mm×1200mm、線径80μm、3D 80メッシュ)を用い、2.2mmのクリアランスで行った。開口は352mm×428mmとした。スクリーン印刷を行った後は、レベリング(15分)させた後、IR加熱炉において乾燥(120、45分)させ、室温まで冷却させた後、更に同様の手順でスクリーン印刷を繰り返し、計3回、実施した。ここで、メッシュ痕を軽減するために、スクリーン印刷のメッシュバイアスを印刷により変え、1回目は22.5°、2回目は30°、3回目は45°のスクリーン版を用いた。また、スクリーン印刷は、いずれも、スキージー角度75°、スキージー速度20mm/secで為された。このようにして、基台の上にシンチレータ層を備えた蛍光板が得られた。
40

【0048】

次に、この蛍光板を転写装置にセットし、D I C (株) 製の粘着シート (D A I T A C # 8 6 0 3 T N W - 1 0) をこの蛍光板に転写した。これにより、膜厚 1 0 μm の粘着層を備えるシンチレータ層を搭載した板を得た。その後、上述のセンサパネルを転写装置にセットして、シンチレータ層を搭載した板を、画素アレイ 1 1 3 を覆うように、センサパネルの中央部に貼り付けた。さらに、その後、保護フィルムをセンサ基板に転写して保護層を形成した後、側壁面の気泡を抜くために加圧脱泡を行った。保護フィルムには、5 0 μm のポリエチレンテレフタート (P E T) の基台フィルムの上に A 1 を 4 0 μm 成膜し、更に 1 0 μm のアクリル系粘着剤を転写したもの用いた。これにより、保護層は、センサ部に対する電磁シールド及び保湿の機能を有する。以上のようにして放射線検出装置 D を得た。

10

【0049】

M T F 評価方法は以下のようにして行った。まず、放射線検出装置を評価装置にセットし、X 線源との間に軟 X 線除去用の 2 0 m m A 1 フィルターをセットした。次に、基板と X 線源との間の高さを 1 3 0 c m に調整し、放射線検出装置を電気駆動系に接続した。この状態で、放射線検査装置の上に矩形 M T F チャートを 2 乃至 3 ° 程度傾けて搭載し、管電圧 8 0 k e V 、管電流 2 5 0 m A の条件の下、5 0 m s の X 線パルスを 6 回爆射した。次に、M T F チャートを取り除き、同様にして、6 回爆射した。M T F の評価は、6 回の爆射のうち線量の安定している 3 回をそれぞれ用いて、その画像を解析することにより行った。前述の放射線検出装置 D の M T F は 2 1 p / m m で 0 . 2 8 0 であった。また、感度の評価方法は、同様にして、上記条件の下、3 回爆射して行った。放射線検出装置 D の感度は 3 7 0 0 L S B であった。

20

【0050】

熱応力の耐性を比較するための試験は、図 5 に例示されるように、温度 5 0 、湿度 6 0 % の状態と、温度 - 3 0 、湿度 0 % の状態とを繰り返すヒートサイクル試験を行った。前述の放射線検出装置 D は、1 回目のヒートサイクル試験では、外観上及び実用上の問題は見られなかったが、2 回目のヒートサイクル試験では、シンチレータ層とセンサパネルとの間で剥離が生じた。3 回目のヒートサイクル試験では、保護膜とシンチレータ層との間で剥離が生じ、さらにシンチレータ層は破壊に至った。

【0051】

以下、図 7 を参照しながら、各実施形態にしたがった実施例を示す。

30

【0052】

< 実施例 1 >

実施例 (1 - 1) 乃至 (1 - 6) では、接着樹脂 7 2 の引張弾性率について、0 . 7 G P a から 3 . 5 G P a の範囲でパラメータをふって上述の実施形態を実施した。前述の参考例と同様の手順でシンチレータのペーストを取得したが、その際、シンチレータ粒子 7 1 に対する接着樹脂 7 2 の体積比が 2 . 5 % になるように樹脂を添加した。また、必要に応じてブチルカルビトールアセテートを添加し、温度 2 5 、回毎分 0 . 3 r p m における回転粘度が 1 5 0 ~ 3 0 0 P a · s となるように調整した。調製後のペーストは、3 本ロールミルを用いて分散させた後、粒ゲージを用いたところ、分散度は 2 5 μm であった。ここで、接着樹脂 7 2 には、重合度が異なるエチルセルロース (E C) 、ポリビニルブチラール (P V B) 及びポリメチルメタアクリレート (P M M A) を用いた。これらの引張弾性率は、予め、膜厚と重量の測定された小片の短冊膜を作成し、セイコー電子工業(株) 製の動的粘弹性測定装置 (D M S 2 1 0) を用いて測定している。引張弾性率は、実施例 (1 - 1) では 0 . 7 G P a 、実施例 (1 - 2) では 0 . 8 G P a 、実施例 (1 - 3) では 1 . 0 G P a 、実施例 (1 - 4) では 1 . 4 G P a 、実施例 (1 - 5) では 3 . 4 G P a 、実施例 (1 - 6) では 3 . 5 G P a であった。また、接着樹脂 7 2 のシンチレータ粒子 7 1 に対する体積比は 2 . 5 % であった。

40

【0053】

次に、これらのシンチレータのペーストを用いて、センサパネル 1 5 0 をスクリーン印刷機の上にセットし、参考例と同様の手順で、スクリーン印刷を計 3 回、実施した。スク

50

リーン版には、352.5 mm × 428.5 mmの印刷パターンが基板中央部に得られるよう開口を設定した。その後、シンチレータ層104が形成されたセンサパネル150を転写装置にセットし、保護フィルムを転写した後、側壁面の気泡を抜くために加圧脱泡を行った。保護フィルムには、50 μmのPETの基台フィルムの上にA1を40 μm成膜し、さらに10 μmのアクリル系粘着剤を転写し、TORAY製ルミラーE20 #188を接着させ、DAITAC #8603 TNW-10を転写したものを用いた。ここで、TORAY製ルミラーE20 #188は、反射層103に対応し、DAITAC #8603 TNW-10は、粘着層102に対応している。以上のようにして、センサパネル150の上に、直接、シンチレータ層104が形成された放射線検出装置が得られた。

10

【0054】

図7の実施例(1-1)乃至(1-6)に示すように、これらの評価結果は、いずれも、MTFが0.31、感度が3750 LSBであり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果からも分かるように、接着樹脂72の引張弾性率は、0.7 GPaより大きく且つ3.5 GPaより小さいとよい。

【0055】

<実施例2>

実施例(2-1)乃至(2-6)では、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比について、0.9%から5.1%の範囲でパラメータをふって、実施例1と同様の手順で実施した。接着樹脂72には、エチルセルロース(EC)を用い、前述の体積比を調整した。実施例(2-1)では0.9%、実施例(2-2)では1.0%、実施例(2-3)では2.5%、実施例(2-4)では3.5%、実施例(2-5)では5.0%、実施例(2-6)では5.1%であった。また、接着樹脂72の引張弾性率は2.0 GPaであった。その後、前述と同様にして放射線検出装置が得られた。

20

【0056】

図7の実施例(2-1)乃至(2-6)に示すように、これらの評価結果は、いずれも、MTFが0.31、感度が3750 LSBであり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果からも分かるように、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比は、1%以上且つ5%以下であるとよい。

【0057】

30

<実施例3>

実施例(3-1)乃至(3-7)では、シンチレータ層104のシンチレータ粒子71について、粒径及びメディアン径のパラメータをふって、前述の各実施例と同様の手順で実施した。接着樹脂72には、エチルセルロース(EC)を用い、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比を調整した。実施例(3-1)ではメディアン径6.2 μm、粒径26 μm、実施例(3-2)ではメディアン径1.9 μm、粒径12 μm、実施例(3-3)ではメディアン径2 μm、粒径14 μm、実施例(3-4)ではメディアン径4 μm、粒径25 μmであった。また、実施例(3-5)ではメディアン径8 μm、粒径25 μm、実施例(3-6)ではメディアン径12 μm、粒径25 μm、実施例(3-7)ではメディアン径13 μm、粒径25 μmであった。また、接着樹脂72の引張弾性率は2.0 GPaであり、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比は2.5%であった。その後、前述と同様にして放射線検出装置が得られた。

40

【0058】

図7の実施例(3-1)乃至(3-7)に示すように、これらの評価結果は、いずれも、MTFが0.31、感度が3750 LSBであり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果からも分かるように、シンチレータ層104のシンチレータ粒子71は、粒径が25 μm以下であり、メディアン径が2 μm以上且つ12 μm以下であるとよい。

【0059】

<実施例4>

50

実施例(4-1)及び(4-2)では、シンチレータ層104が、空気及び流動性の材料のうち少なくとも流動性の材料をさらに含む場合について、前述の各実施例と同様の手順で実施した。ここでは、センサパネル150の上にシンチレータ層104を形成した後、これを再びスクリーン印刷機にセットし、ソノコム(株)製のスクリーン版(線径23μm、400メッシュ)を用い、2.2mmのクリアランスで、シリコーンオイルのスクリーン印刷を行った。印刷の後は、乾燥しないで、シリコーンオイルの液面がシンチレータ層104の上端に達するまで連続して行った。ここで、シリコーンオイルには、実施例(4-1)では、信越シリコーン製のKF-96-3000CS(屈折率1.4)を用い、実施例(4-2)では、HIVAC-F(屈折率1.6)を用いた。

【0060】

10

図7に示すように、これらの評価結果は、実施例(4-1)では、MTFが0.34、感度が3950LSBであり、実施例(4-2)では、MTFが0.32、感度が3850LSBであり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果においても実用上の問題がなかった。よって、シンチレータ層104が、空気及び流動性の材料のうち少なくとも流動性の材料をさらに含むことにより、さらに良い結果が得られた。

【0061】

<実施例5>

実施例(5-1)では、センサパネル150に、センサパネル150とシンチレータ層104とが接触している領域を取り囲むように突出した部分90を設けた場合について、前述の各実施例と同様の手順で実施した。ここでは、図6に例示されるように、横352.75mm×縦428.75mmのラインを中心に幅0.5mmの開口部122が形成された325メッシュのスクリーン版を用いた。図6において、領域121は乳剤が塗布される領域を示し、枠123はスクリーン版の枠を示している。

20

【0062】

突出した部分90の形成には、エポキシ樹脂(味の素AFT社製のAE-901T-D A)を用いてスクリーン印刷を行った。この印刷は、スキージー角度75°、スキージー速度10mm/sec、クリアランス2.2mmの条件で為された。その後、これを乾燥(60、60分程度)させることにより、センサパネル150の上に突出した部分90が枠状に形成された。突出した部分90の断面形状は、下底が0.5mm程度、上底が0.3mm程度、高さが50μm程度の台形の形状であった。この突出した部分90が形成されたセンサパネル150の上にシンチレータ層104を形成し、前述と同様にして放射線検出装置が得られた。

30

【0063】

シンチレータ層104の寸法を測ったところ、目標値の352.5mm×428.5mmが得られた。一方、実施例(2-3)についてもシンチレータ層104の寸法を測ったところ、目標値に対して0.8~1.0mm広がっていた。また、参考例で用いたシンチレータ層を形成するための基台(352.5mm×428.5mmのTORAY製ルミラ-E20 #188)は、公差が±0.5mmの精度であった。よって、センサパネル150に、センサパネル150とシンチレータ層104とが接触している領域を取り囲むように突出した部分90を設けることにより、外形の精度が向上したと言える。

40

【0064】

また、図7の実施例(5-1)に示すように、この評価結果は、MTFが0.31、感度が3750LSBであり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果においても実用上の問題がなかった。

【0065】

<実施例6>

実施例(6-1)では、センサパネル150とシンチレータ層104とが接触しているセンサパネル150の面が凹凸形状を有している場合について、前述の各実施例と同様の手順で実施した。

【0066】

50

センサパネル 150 の画素アレイ 113 の面の周辺部を覆うようにテープによってマスキングした。次に、日産化学工業製のオルガノシリカゾル（M E K - A C - 21001）を S i の固体分濃度が 5 % となるようにメチルエチルケトンで希釈した液を準備し、センサパネル 150 に塗布した。その後、これを乾燥（80 °C、30 分程度）させた後、マスキングのテープを剥離し、アセトンを浸したベンコットンによって、上記周辺部を十分にトリミングし、さらに、その後、アニール（150 °C、2 時間、大気中）を行った。このようにして、画素アレイ 113 に最大 1 μm の凹凸形状を有するセンサパネル 150 が得られた。この凹凸形状は、島状に形成されているため可視光の透過率に及ぼす影響は小さい。その後、前述と同様にして放射線検出装置が得られた。

【0067】

10

図 7 に示すように、この評価結果は、MTF が 0.31、感度が 3800 LSB であり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果においても実用上の問題がなかった。

【0068】

< 実施例 7 >

実施例（7-1）乃至（7-3）では、シンチレータ層 104 において、接着樹脂 72 の引張弾性率が、厚さ方向に不均一な分布を有する場合について、前述の各実施例と同様の手順で実施した。これは、3 回為されるスクリーン印刷の各回において、接着樹脂 72 の引張弾性率が異なるものになるようにして為された。1 回目の印刷（第 1 領域 R1 に対応）では、実施例（7-1）乃至（7-3）のいずれについても、接着樹脂 72 の引張弾性率は 2.0 GPa であった。2 回目および 3 回目の印刷（第 2 領域 R2 及び第 3 領域 R3 に対応）では、実施例（7-1）については引張弾性率 1.5 GPa であり、実施例（7-2）については 2.0 GPa であり、実施例（7-3）については 2.1 GPa であった。また、接着樹脂 72 のシンチレータ粒子 71 に対する体積比は 2.5 % であった。その後、前述と同様にして放射線検出装置が得られた。

20

【0069】

30

図 7 に示すように、これらの評価結果は、いずれも、MTF が 0.31、感度が 3750 LSB であり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果からも分かるように、接着樹脂 72 は、第 1 領域 R1 の引張弾性率が、第 2 領域 R2 及び第 3 領域 R3 の引張弾性率より大きいとよい。

【0070】

30

< 実施例 8 >

実施例（8-1）乃至（8-3）では、シンチレータ層 104 において、接着樹脂 72 の引張弾性率が、厚さ方向に不均一な分布を有する場合について、実施例 7 と同様の手順で実施した。1 回目の印刷（第 1 領域 R1 に対応）では、実施例（8-1）乃至（8-3）のいずれについても、接着樹脂 72 の引張弾性率は 2.0 GPa であった。2 回目の印刷（第 2 領域 R2 に対応）では、実施例（8-1）については引張弾性率 1.0 GPa であり、実施例（8-2）については 1.5 GPa であり、実施例（8-3）については 2.0 GPa であった。3 回目の印刷（第 3 領域 R3 に対応）では、実施例（8-1）については引張弾性率 1.5 GPa であり、実施例（8-2）については 2.0 GPa であり、実施例（8-3）については 1.5 GPa であった。また、接着樹脂 72 のシンチレータ粒子 71 に対する体積比は 2.5 % であった。その後、前述と同様にして放射線検出装置が得られた。

40

【0071】

図 7 に示すように、これらの評価結果は、いずれも、MTF が 0.31、感度が 3750 LSB であり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果からも分かるように、シンチレータ層 104 は、引張弾性率が、各領域 R1 乃至 R3 の間で、 $E_{R1} > E_{R3} > E_{R2}$ の関係が成り立つように設けられるとよい。ここで、各領域 R1 乃至 R3 の接着樹脂 72 の引張弾性率は、第 1 領域 R1 については E_{R1} とし、第 2 領域 R2 については E_{R2} とし、第 3 領域 R3 については E_{R3} とする。

50

【0072】

<実施例9>

実施例(9-1)乃至(9-3)では、シンチレータ層104において、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比 V_r / V_s が、厚さ方向に不均一な分布を有する場合について、前述の各実施例と同様の手順で実施した。これは、3回為されるスクリーン印刷の各回において、体積比 V_r / V_s が異なるものになるようにして為された。1回目の印刷(第1領域R1に対応)では、実施例(9-1)乃至(9-3)のいずれについても、体積比 V_r / V_s は2.5%であった。2回目および3回目の印刷(第2領域R2及び第3領域R3に対応)では、実施例(9-1)については体積比 V_r / V_s は3.0%であり、実施例(9-2)については2.5%であり、実施例(9-3)については2.0%であった。また、接着樹脂72の引張弾性率は2.0GPaであった。その後、前述と同じにして放射線検出装置が得られた。
10

【0073】

図7に示すように、これらの評価結果は、いずれも、MTFが0.31、感度が3750 LSBであり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果からも分かるように、シンチレータ層104の接着樹脂72は、第1領域R1の体積比 V_r / V_s が、第2領域R2及び第3領域R3の体積比 V_r / V_s より大きいとよい。

【0074】

<実施例10>

実施例(10-1)乃至(10-5)では、シンチレータ層104において、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比 V_r / V_s が、厚さ方向に不均一な分布を有する場合について、実施例9と同様の手順で実施した。1回目の印刷(第1領域R1に対応)では、実施例(10-1)乃至(10-5)のいずれについても、体積比 V_r / V_s は2.5%であった。2回目の印刷(第2領域R2に対応)では、実施例(10-1)については体積比 V_r / V_s は1.5%であり、実施例(10-2)については1.5%であった。また、実施例(10-3)については体積比 V_r / V_s は1.5%であり、実施例(10-4)については2.0%であり、実施例(10-5)については2.0%であった。3回目の印刷(第3領域R3に対応)では、実施例(10-1)については体積比 V_r / V_s は2.0%であり、実施例(10-2)については1.5%であった。また、実施例(10-3)については体積比 V_r / V_s は1.0%であり、実施例(10-4)については2.5%であり、実施例(10-5)については2.0%であった。
20
30

【0075】

図7に示すように、これらの評価結果は、いずれも、MTFが0.31、感度が3750 LSBであり、参考例より良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果からも分かるように、シンチレータ層104は、体積比 V_r / V_s が、各領域R1乃至R3の間で、 $(V_r / V_s)_{R1} > (V_r / V_s)_{R3} > (V_r / V_s)_{R2}$ の関係が成り立つように設けられるとよい。ここで、各領域R1乃至R3の体積比 V_r / V_s は、第1領域R1については $(V_r / V_s)_{R1}$ とし、第2領域R2については $(V_r / V_s)_{R2}$ とし、第3領域R3については $(V_r / V_s)_{R3}$ とする。

【0076】

40

<実施例11>

実施例(11-1)及び(11-2)では、粉末状の無機粒子74と接着樹脂72とを含む反射層103aを設けた場合について、前述の各実施例と同様の手順で実施した。

【0077】

まず、シンチレータの材料(日亜化学製のGd2O2S:Tb、NP-30100、100重量部)を日新化成工業製のエチルセルロース(EC)ビヒクル(EC-300FTP、12.2重量部)に分散させた。次に、遊星搅拌脱泡機によって十分に混練した。これによって得られたシンチレータのペーストは、温度25℃、回毎分0.3rpmにおける回転粘度が300Pa·sであった。また、ペーストは、3本ロールミルを用いて分散させた後、粒ゲージを用いたところ、分散度は25μmであった。ペーストの調製には、
50

ポリビニルブチラールを用いた。実施例(11-1)及び(11-2)のいずれについても、接着樹脂72の引張弾性率は2.0 GPaであり、接着樹脂72のシンチレータ粒子71に対する体積比は2.5%であった。

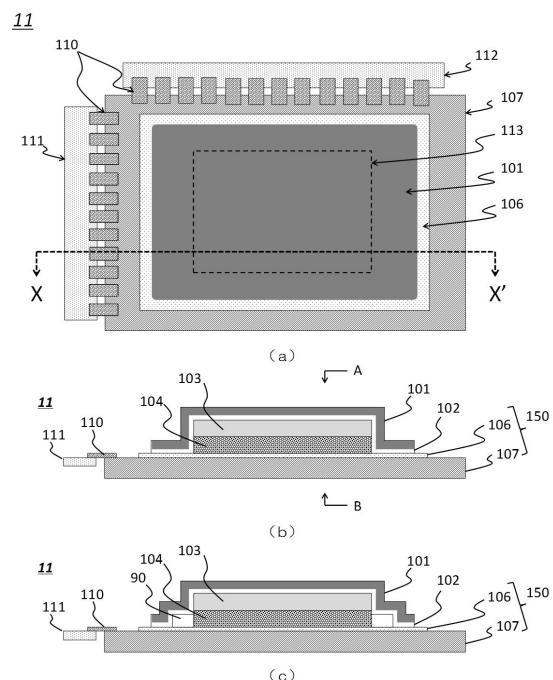
【0078】

一方、平均の粒度270nmのルチル型酸化チタンサブミクロン粉末(石原産業製のPT-201、100重量部)を、上述と同様のECヒビクル(30.4重量部)に分散させ、遊星搅拌脱泡機にて十分に混練した。これにより、酸化チタン高充填ペーストが得られ、このペーストは、温度25°C、回毎分0.3rpmにおける回転粘度が300Pa·sであった。このペーストを用いて、シンチレータ層104の上にスクリーン印刷を行い、シンチレータ層104の上に100μmの酸化チタン粉末堆積層(反射層103a)を設けた。また、レベリング、乾燥等を含むスクリーン印刷の条件は、シンチレータ層104に生成で用いた条件にしたがった。その後、前述と同様にして放射線検出装置が得られた。
10

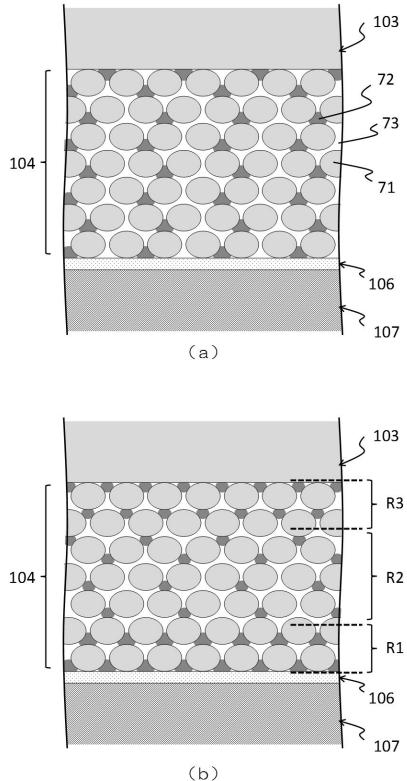
【0079】

図7に示すように、これらの評価結果は、いずれも、MTFが0.29、感度が3950 LSBであり、参考例より良い結果が得られた。特に、感度は、上述の各実施例と比較しても良い結果が得られた。また、ヒートサイクル試験の結果からも分かるように、粉末状の無機粒子74と接着樹脂72とを含む反射層103aを設けることによってシンチレータ層104の接着性が向上している。

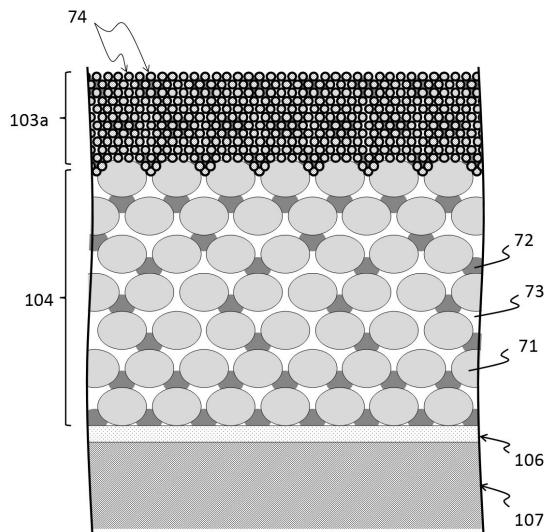
【図1】



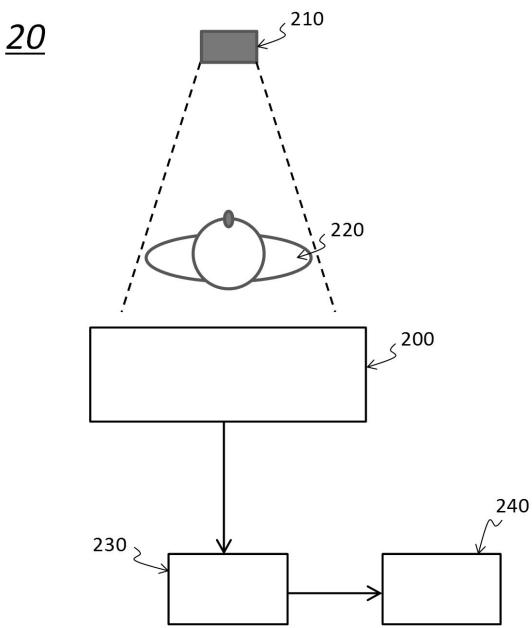
【図2】



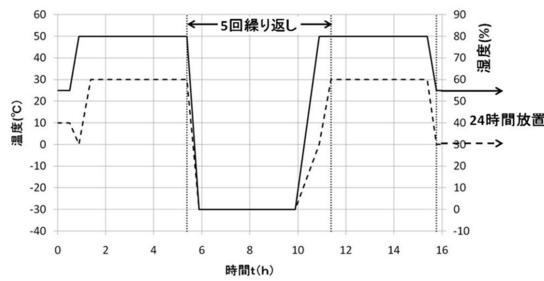
【 図 3 】



【 図 4 】

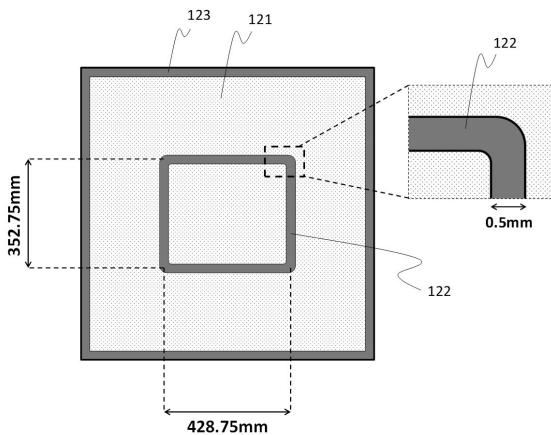


【 図 5 】

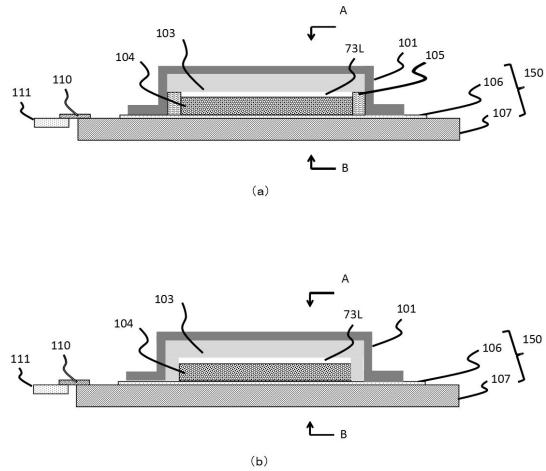


【 四 7 】

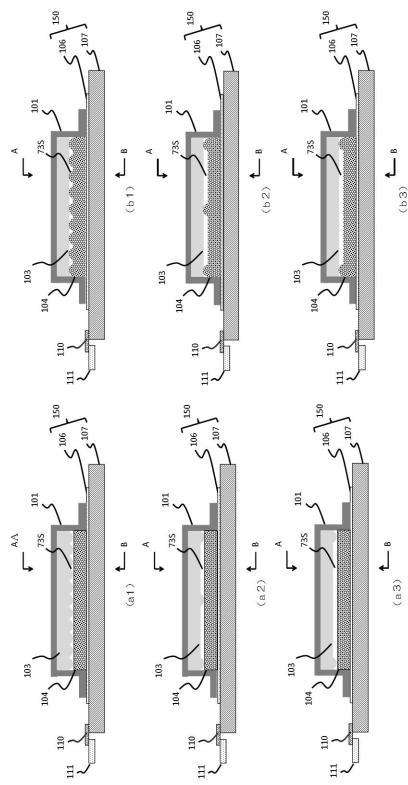
【 四 6 】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 猿田 尚志郎
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 小川 善広
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 中山 明哉
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 徳本 昌義
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 佐々木 慶人
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 岡田 聰
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 澤田 覚
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 南川 泰裕

(56)参考文献 特開2011-117966 (JP, A)
特開2008-228758 (JP, A)
特開2002-286846 (JP, A)
特開2011-191290 (JP, A)
特開2012-083186 (JP, A)
特開2010-014666 (JP, A)
特開平10-268056 (JP, A)
国際公開第01/051952 (WO, A1)
国際公開第2008/001617 (WO, A1)
特開2001-141894 (JP, A)
特開2005-049337 (JP, A)
特開2007-246873 (JP, A)
特開2004-239722 (JP, A)
特開2010-025620 (JP, A)
特開2009-031098 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/00 - 7/12