

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5906162号
(P5906162)

(45) 発行日 平成28年4月20日(2016.4.20)

(24) 登録日 平成28年3月25日(2016.3.25)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 1 T 1/20 (2006.01)
A 6 1 B 6/00 (2006.01)G O 1 T 1/20 L
G O 1 T 1/20 D
G O 1 T 1/20 E
G O 1 T 1/20 G
A 6 1 B 6/00 3 0 0 Q

請求項の数 14 (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2012-213877 (P2012-213877)

(22) 出願日

平成24年9月27日 (2012.9.27)

(65) 公開番号

特開2014-66672 (P2014-66672A)

(43) 公開日

平成26年4月17日 (2014.4.17)

審査請求日

平成26年12月4日 (2014.12.4)

(73) 特許権者 306037311

富士フィルム株式会社

東京都港区西麻布2丁目26番30号

(74) 代理人 100075281

弁理士 小林 和憲

(72) 発明者 成行 書史

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地

富士フィルム株式会社内

(72) 発明者 鍋田 敏之

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地

富士フィルム株式会社内

(72) 発明者 岡田 美広

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地

富士フィルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放射線画像検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可視光を光電変換して電荷を生成する複数の画素が形成された光電変換パネルと、
前記光電変換パネルの表面上に設けられたヨウ化セシウムを含有する蒸着層であって、
放射線を可視光に変換するシンチレータと、

前記光電変換パネルにより生成された電荷に基づいて画像データを生成する信号処理部
が設けられた回路基板と、

前記シンチレータと前記回路基板との間に設けられた空隙層と、

撮影時に放射線源から放射線が入射する側から、前記光電変換パネル、前記シンチレー
タ、前記空隙層、前記回路基板を、この順に収容する筐体と、

を備え、

前記空隙層には、第1の支持体が設けられ、この第1の支持体は、その一端が前記回路
基板に固着され、他端が前記シンチレータを支持していることを特徴とする放射線画像検
出装置。

【請求項 2】

前記シンチレータは、非柱状結晶層と、この非柱状結晶層上に形成された複数の柱状結
晶とを有し、前記非柱状結晶層が前記光電変換パネルに密着していることを特徴とする請
求項1に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 3】

前記第1の支持体は、前記シンチレータの周縁部を支持していることを特徴とする請求

10

20

項₁に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 4】

前記第1の支持体は、弾性体であることを特徴とする請求項₃に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 5】

前記光電変換パネルと前記回路基板との間を支持する第2の支持体を備えることを特徴とする請求項₁に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 6】

前記第2の支持体は、前記シンチレータの周囲を覆っていることを特徴とする請求項5に記載の放射線画像検出装置。 10

【請求項 7】

前記筐体は、モノコック構造であることを特徴とする請求項₁に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 8】

前記光電変換パネルと前記回路基板とは、それぞれ個別に前記筐体に固定されていることを特徴とする請求項₁に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 9】

前記シンチレータの周囲を覆う封止膜を備えることを特徴とする請求項₂に記載の放射線画像検出装置。 20

【請求項 10】

前記複数の柱状結晶の先端部から放出された可視光を反射する光反射膜を備えることを特徴とする請求項₉に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 11】

前記複数の柱状結晶の先端部を覆う保護膜を備え、

前記光反射膜は前記保護膜上に形成されており、前記封止膜は前記光反射膜上を覆っていることを特徴とする請求項₁₀に記載の放射線画像検出装置。 20

【請求項 12】

前記画素は、可視光を電荷に変換するフォトダイオードと、前記フォトダイオードにより生成された電荷を読み出すためのスイッチング素子とを有することを特徴とする請求項₁₁に記載の放射線画像検出装置。 30

【請求項 13】

可視光を光電変換して電荷を生成する複数の画素が形成された光電変換パネルと、

前記光電変換パネルの表面に貼り付けられ、可視光を透過させる透光性基板と、

前記透光性基板の表面上に設けられたヨウ化セシウムを含有する蒸着層であって、放射線を可視光に変換するシンチレータと、

前記光電変換パネルにより生成された電荷に基づいて画像データを生成する信号処理部が設けられた回路基板と、

前記シンチレータと前記回路基板との間に設けられた空隙層と、

撮影時に放射線源から放射線が入射する側から、前記光電変換パネル、前記透光性基板、前記シンチレータ、前記空隙層、前記回路基板を、この順に収容する筐体と、 40
を備え、

前記空隙層には、第1の支持体が設けられ、この第1の支持体は、その一端が前記回路基板に固着され、他端が前記シンチレータを支持していることを特徴とする放射線画像検出装置。

【請求項 14】

前記透光性基板は、OPSフィルムにより形成されていることを特徴とする請求項₁₃に記載の放射線画像検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線画像を検出する放射線画像検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、医療分野において、画像診断を行うために、放射線源から被写体（患者）の撮影部位に向けて放射され、撮影部位を透過した放射線（例えば、X線）を検出して電荷に変換し、この電荷に基づいて撮影部位の放射線画像を表す画像データを生成する放射線画像検出装置が用いられている。この放射線画像検出装置には、放射線を直接電荷に変換する直接変換方式のものと、放射線を一旦可視光に変換し、この可視光を電荷に変換する間接変換方式のものがある。

【0003】

10

間接変換方式の放射線画像検出装置は、放射線を吸収して可視光に変換するシンチレータ（蛍光体層）と、可視光を検出して電荷に変換する光電変換パネルとを有する。シンチレータには、ヨウ化セシウム（CsI）やガドリニウムオキサイドサルファ（GOS）が用いられている。光電変換パネルは、ガラス製の絶縁性基板の表面に薄膜トランジスタ及びフォトダイオードがマトリクス状に配列されたものである。

【0004】

CsIは、GOSに比べて製造コストが高いものの、放射線から可視光への変換効率が高く、かつ柱状結晶構造を有し、光ガイド効果により画像データのSN比が向上することから、特にハイエンド向けの放射線画像検出装置のシンチレータとして用いられている。

【0005】

20

CsIをシンチレータとして用いた放射線画像検出装置には、シンチレータを蒸着した蒸着基板と光電変換パネルとを、シンチレータが光電変換パネルに対向するように粘着層を介して貼り付ける貼り付け方式と、シンチレータを光電変換パネルに直接蒸着する直接蒸着方式とが知られている。貼り付け方式は、CsIの柱状結晶の先端部が光電変換パネルに近接し、この先端部から放出された可視光が効率良く光電変換パネルに入射するため、高解像度の放射線画像が得られる。しかし、貼り付け方式は、蒸着基板が必要であり、製造工程数が多くなるため、高コストである。

【0006】

一方、直接蒸着方式は、蒸着基板が不要であり、製造工程数が少ないため、低コストである。この直接蒸着方式では、CsIの柱状結晶の先端部が光電変換パネルとは反対側に配置されるため、放射線画像の画質は、貼り付け方式の場合よりはやや劣るが、シンチレータをGOSで形成する場合よりは優れる。このため、直接蒸着方式は、性能面とコスト面とのバランスが良い。

30

【0007】

しかし、直接蒸着方式では、シンチレータを光電変換パネルに蒸着する際に、一部の箇所で柱状結晶が異常成長し、この異常成長した柱状結晶（以下、異常成長結晶という）の先端部が、シンチレータの表面から大きく突出することが知られている（特許文献1参照）。この異常成長結晶は、例えば、光電変換パネルの表面上に凸状等に局所的に変形した欠陥が生じ、この欠陥を起点として柱状結晶が成長したものであり、光電変換パネルから離れるに連れて、欠陥の大きさよりも大きく広がる。

40

【0008】

特許文献1では、シンチレータは、光電変換パネルより放射線源側に配置されている。シンチレータには、柱状結晶の先端部側から放射線が入射し、先端部の付近で放射線が吸収されて可視光の発光が生じる。このように、光電変換パネルより放射線源側にシンチレータを配置する構成は、PSS（Penetration Side Sampling）型と呼ばれている。

【0009】

このPSS型では、柱状結晶の先端部側から放射線が入射するため、異常成長結晶が存在する場合には、異常成長結晶の先端部で発光が生じる。異常成長結晶の先端部は、大きく広がっているため、発光量が大きく、放射線画像に画像欠陥が生じる。このため、光電変換パネルにシンチレータを蒸着した後、異常成長結晶の先端部を加圧等の方法で押しつ

50

ぶして、画像欠陥を低減することが行われている。

【0010】

直接蒸着方式の放射線画像検出装置において、PSS型とは逆に、光電変換パネルをシンチレータより放射線源側に配置し、放射線源から放射され、光電変換パネルを透過した放射線をシンチレータに入射させるISS(Irradiation Side Sampling)型が知られている(特許文献2、3参照)。このISS型では、シンチレータは、放射線入射側の光電変換パネルに近い領域で発光するため、光電変換パネルでの受光効率が高まり、画質及び輝度に優れる放射線画像が得られる。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0011】

【特許文献1】特開2006-052980号公報

【特許文献2】特開2012-105879号公報

【特許文献3】特開2001-330677号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献2、3に記載の直接蒸着方式のISS型の放射線画像検出装置では、光電変換パネル側からシンチレータに放射線が入射するため、異常成長結晶が存在する場合でも、異常成長結晶の先端部までは放射線が届きにくく、この先端部での発光量は小さい。したがって、ISS型では、異常成長結晶による画像欠陥が生じにくいため、異常成長結晶の先端部を押しつぶす必要はない。

20

【0013】

しかしながら、異常成長結晶の先端部は、シンチレータの表面から突出しているため、シンチレータ及び光電変換パネルを収容する筐体に荷重が加わると、異常成長結晶の先端部が筐体等に接触して押しつぶされ、これにより異常成長結晶の周囲に存在する正常な柱状結晶が破損するという問題がある。特に、ISS型では、シンチレータに対向して、画像データの生成を行う信号処理部等を搭載した回路基板が配置されるため、異常成長結晶の先端部は、回路基板と接触して押しつぶされやすい。

【0014】

30

本発明は、シンチレータの破損を防止することができるISS型の放射線画像検出装置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】

【0015】

上記課題を解決するために、本発明の放射線画像検出装置は、可視光を光電変換して電荷を生成する複数の画素が形成された光電変換パネルと、光電変換パネルの表面上に設けられたヨウ化セシウムを含有する蒸着層であって、放射線を可視光に変換するシンチレータと、光電変換パネルにより生成された電荷に基づいて画像データを生成する信号処理部が設けられた回路基板と、シンチレータと回路基板との間に設けられた空隙層と、撮影時に放射線源から放射線が入射する側から、光電変換パネル、シンチレータ、空隙層、回路基板を、この順に収容する筐体と、を備え、空隙層には、第1の支持体が設けられ、この第1の支持体は、その一端が回路基板に固着され、他端がシンチレータを支持していることを特徴とする。

40

【0016】

なお、シンチレータは、非柱状結晶層と、この非柱状結晶層上に形成された複数の柱状結晶とを有し、非柱状結晶層が光電変換パネルに密着していることが好ましい。

【0018】

また、光電変換パネルと回路基板との間を支持する第2の支持体を備えることが好ましい。この第2の支持体は、シンチレータの周囲を覆っていることが好ましい。

【0019】

50

また、筐体は、モノコック構造であることが好ましい。光電変換パネルと回路基板とは、それぞれ個別に筐体に固定されていることが好ましい。

【0020】

また、シンチレータの周囲を覆う封止膜を備えることが好ましい。また、複数の柱状結晶の先端部から放出された可視光を反射する光反射膜を備えることが好ましい。

【0021】

また、複数の柱状結晶の先端部を覆う保護膜を備え、光反射膜は保護膜上に形成されており、封止膜は光反射膜上を覆っていることが好ましい。

【0022】

また、画素は、可視光を電荷に変換するフォトダイオードと、フォトダイオードにより生成された電荷を読み出すためのスイッチング素子とを有することが好ましい。

【0023】

また、本発明の放射線画像検出装置は、可視光を光電変換して電荷を生成する複数の画素が形成された光電変換パネルと、光電変換パネルの表面に貼り付けられ、可視光を透過させる透光性基板と、透光性基板の表面上に設けられたヨウ化セシウムを含有する蒸着層であって、放射線を可視光に変換するシンチレータと、光電変換パネルにより生成された電荷に基づいて画像データを生成する信号処理部が設けられた回路基板と、シンチレータと回路基板との間に設けられた空隙層と、撮影時に放射線源から放射線が入射する側から、光電変換パネル、透光性基板、シンチレータ、空隙層、回路基板を、この順に収容する筐体と、を備え、空隙層には、第1の支持体が設けられ、この第1の支持体は、その一端が回路基板に固着され、他端がシンチレータを支持していることを特徴とする。透光性基板は、OPPSフィルムにより形成されていることが好ましい。

10

20

【発明の効果】

【0024】

本発明の放射線画像検出装置によれば、シンチレータと回路基板との間に空隙層が設けられているので、シンチレータの破損を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】X線画像検出装置の一部破断斜視図である。

30

【図2】X線画像検出装置の断面図である。

【図3】FPDの断面図である。

【図4】光電変換パネルの構成を示す回路図である。

【図5】撮影時のX線画像検出装置の配置例を説明する説明図である。

【図6】X線画像検出装置の第1の変形例を示す断面図である。

【図7】X線画像検出装置の第2の変形例を示す断面図である。

【図8】X線画像検出装置の第3の変形例を示す断面図である。

【図9】リブの第1の配置例を示す平面図である。

【図10】リブの第2の配置例を示す平面図である。

【図11】X線画像検出装置の第4の変形例を示す断面図である。

40

【図12】柱状結晶の先端部に形成した金属薄膜を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

図1において、X線画像検出装置10は、フラットパネル検出器(FPD)11と、回路基板12と、制御ユニット13と、これらを収容する筐体14により構成されている。筐体14は、X線の透過性が高く、軽量で耐久性の高い炭素繊維強化樹脂(カーボンファイバー)により一体形成されたモノコック構造である。

【0027】

筐体14の1つの側面には開口(図示せず)が形成され、この開口を塞ぐように蓋部材(図示せず)が形成されている。X線画像検出装置10の製造時には、この開口からFP

50

D 1 1、回路基板 1 2、制御ユニット 1 3 が筐体 1 4 内に挿入される。

【 0 0 2 8 】

この筐体 1 4 の上面 1 4 a は、X 線源 6 0 (図 5 参照) から放射され、被写体 (患者) 6 1 (図 5 参照) を透過した X 線が照射される照射面である。

【 0 0 2 9 】

X 線画像検出装置 1 0 は、従来の X 線フィルムカセッテと同様に可搬性を有し、X 線フィルムカセッテに代えて用いることが可能であるため、電子カセッテと称されている。

【 0 0 3 0 】

筐体 1 4 内には、照射面 1 4 a 側から順に、F P D 1 1、回路基板 1 2 が配置されている。回路基板 1 2 は、信号処理等を行う集積回路 (I C) チップが搭載されており、筐体 1 4 に固定されている。制御ユニット 1 3 は、筐体 1 4 内の短手方向に沿った一端側に配置されている。10

【 0 0 3 1 】

制御ユニット 1 3 は、マイクロコンピュータやバッテリ (いずれも図示せず) を収容している。このマイクロコンピュータは、有線または無線の通信部 (図示せず) を介して、X 線源 6 0 と接続されたコンソール (図示せず) と通信して、F P D 1 1 の動作を制御する。

【 0 0 3 2 】

図 2 において、F P D 1 1 は、X 線を可視光に変換するシンチレータ 2 0 と、この可視光を電荷に変換する光電変換パネル 2 1 を有している。X 線画像検出装置 1 0 は、I S S (Irradiation Side Sampling) 型であり、光電変換パネル 2 1 は、シンチレータ 2 0 より X 線の入射側に配置されている。シンチレータ 2 0 は、光電変換パネル 2 1 を透過した X 線を吸収して可視光を発生する。光電変換パネル 2 1 は、シンチレータ 2 0 から放出された可視光を受光し、光電変換を行って電荷を生成する。20

【 0 0 3 3 】

光電変換パネル 2 1 は、その X 線入射側が、ポリイミド等からなる接着層 2 2 を介して筐体 1 4 の照射面 1 4 a 側に貼り付けられている。

【 0 0 3 4 】

シンチレータ 2 0 は、光電変換パネル 2 1 の表面 2 1 a 上にタリウム賦活ヨウ化セシウム (C s I : T 1) を蒸着することにより形成されている。シンチレータ 2 0 は、複数の柱状結晶 2 0 a と非柱状結晶層 2 0 b とからなり、光電変換パネル 2 1 側に非柱状結晶層 2 0 b が形成されている。柱状結晶 2 0 a は、非柱状結晶層 2 0 b から結晶成長したものであり、非柱状結晶層 2 0 b とは反対側に先端部 2 0 c を有する。30

【 0 0 3 5 】

柱状結晶 2 0 a は、非柱状結晶層 2 0 b 上に複数形成されており、各柱状結晶 2 0 a は、隣接する柱状結晶 2 0 a と空隙を介して離間している。柱状結晶 2 0 a は、屈折率が約 1 . 8 1 と、空隙の屈折率 (約 1 . 0) より大きいため、光ガイド効果を備えている。この光ガイド効果により、各柱状結晶 2 0 a 内で発生した可視光の大部分は、発生した柱状結晶 2 0 a 内を伝搬し、非柱状結晶層 2 0 b を介して光電変換パネル 2 1 に入射する。

【 0 0 3 6 】

光電変換パネル 2 1 の表面 2 1 a に凸状等に局所的に変形した欠陥 2 3 が存在する場合には、この欠陥 2 3 上に蒸着される C s I : T 1 は、蒸着時に異常成長し、径及び長さが正常な柱状結晶 2 0 a より大きい異常成長結晶 2 0 d が生じることがある。異常成長結晶 2 0 d の先端部 2 0 e は、シンチレータ 2 0 の表面から光電変換パネル 2 1 とは反対側の方向に突出する。40

【 0 0 3 7 】

各柱状結晶 2 0 a の先端部 2 0 c を覆うように、保護膜 2 4 が形成されている。この保護膜 2 4 は、ホットメルト樹脂により形成されている。ホットメルト樹脂は、水や溶剤を含まず、室温で固体であり、1 0 0 % 不揮発性の熱可塑性材料からなる接着性樹脂である。保護膜 2 4 は、光反射性微粒子を含有している。光反射性微粒子としては、金、銀、ア50

ルミニウム、ニッケル等の金属微粒子や、酸化チタン(TiO_2)、酸化珪素(SiO_2)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)等の金属酸化物を用いることができる。保護膜24は、例えば、光反射性微粒子を分散させたホットメルト樹脂を溶融し、塗布装置を用いてシンチレータ20の表面に塗布することにより形成される。

【0038】

保護膜24の表面には、アルミニウム(Al)等の金属からなる光反射膜25が形成されている。この光反射膜25は、ラミネート等の方法で保護膜24上に貼り付けられている。保護膜24及び光反射膜25は、柱状結晶20aの先端部20cから放出された可視光を反射して、柱状結晶20aに戻す機能を有しており、X線の電荷への変換効率を向上させる。

10

【0039】

この光反射膜25上及びシンチレータ20の側面を覆うように、熱CVD(Chemical Vapour Deposition)法により封止膜26が形成されている。この封止膜26は、光電変換パネル21との間で、シンチレータ20を封止している。封止膜26は、防湿性を有するポリパラキシレンにより形成されている。このポリパラキシレンとして、例えば、パリレンC(日本パリレン株式会社製の商品名 ; 「パリレン」は登録商標)が用いられる。

【0040】

回路基板12は、シンチレータ20のX線入射側とは反対側に、間隔Dの空隙層(隙間)27を介して配置されている。この空隙層27には空気が充填されている。回路基板12は、筐体14の側部14bに固設された固定部28にビスや接着剤等で固着されている。間隔Dは、回路基板12と、シンチレータ20の封止膜26との間の距離である。

20

【0041】

この間隔Dは、回路基板12が、封止膜26に接触して、シンチレータ20(特に、異常成長結晶20dの先端部20e)を押圧するがないように、異常成長結晶20dの想定される最大限の長さを考慮して設定されている。また、温度変化等でシンチレータ20に反りが生じた場合でも封止膜26が回路基板12に接触するがないように、使用温度範囲等も考慮して間隔Dが設定されている。

【0042】

回路基板12と光電変換パネル21とは、フレキシブルプリント基板29を介して電気的に接続されている。フレキシブルプリント基板29は、いわゆるTAB(Tape Automated Bonding)ボンディング法により、光電変換パネル21の端部に設けられた外部端子21bに接続されている。

30

【0043】

フレキシブルプリント基板29には、光電変換パネル21を駆動するためのゲートドライバ29aや、光電変換パネル21から出力された電荷を電圧信号に変換するチャージアンプ29bがICチップとして搭載されている。回路基板12には、チャージアンプ29bにより変換された電圧信号に基づいて画像データを生成する信号処理部12aや、画像データを記憶する画像メモリ12bがICチップとして搭載されている。

【0044】

図3において、光電変換パネル21は、無アルカリガラス等のガラスで形成された絶縁性基板30と、この上に配列された複数の画素31を有する。絶縁性基板30の厚みは、X線透過性を向上させるために、0.5mm以下であることが好ましい。

40

【0045】

各画素31は、薄膜トランジスタ(TFT)32と、このTFT32に接続されたフォトダイオード(PD)33とを有する。PD33は、シンチレータ20により生成された可視光を光電変換して電荷を発生し、これを蓄積する。TFT32は、PD33に蓄積された電荷を読み出すためのスイッチング素子である。

【0046】

TFT32は、逆スタガ型であり、ゲート電極32g、ソース電極32s、ドレイン電極32d、及び活性層32aを有する。ゲート電極32gは、絶縁性基板30上に形成さ

50

れている。また、絶縁性基板 30 上には、各画素 31 の電荷の蓄積容量を増加させるために、グランド電圧が付与される電荷蓄積用電極 34 が形成されている。

【0047】

絶縁性基板 30 上には、ゲート電極 32g 及び電荷蓄積用電極 34 を覆うように、窒化シリコン (SiN_x) 等からなる絶縁膜 35 が形成されている。この絶縁膜 35 上には、ゲート電極 32g に対向するように、活性層 32a が配置されている。ソース電極 32s 及びドレイン電極 32d は、活性層 32a 上に所定間隔だけ離して配置されている。ドレイン電極 32d は、その一部が絶縁膜 35 上に延在し、絶縁膜 35 を介して電荷蓄積用電極 34 と対向して、キャパシタ 34a を構成している。

【0048】

ゲート電極 32g、ソース電極 32s、ドレイン電極 32d、電荷蓄積用電極 34 は、アルミニウム (Al) や銅 (Cu) で形成されている。活性層 32a は、アモルファスシリコンで形成されている。そして、ソース電極 32s、ドレイン電極 32d、及び活性層 32a を覆うように、絶縁膜 35 上には、窒化シリコン (SiN_x) 等からなる TFT 保護膜 36 が形成されている。

【0049】

この TFT 保護膜 36 上には、TFT 32 による凹凸構造をなくすように、表面が平坦な第 1 の平坦化膜 37 が形成されている。この第 1 の平坦化膜 37 は、有機材料を塗布することにより形成されたものである。第 1 の平坦化膜 37 及び TFT 保護膜 36 には、ドレイン電極 32d と対向する位置にコンタクトホール 38 が形成されている。PD 33 は、コンタクトホール 38 を介して TFT 32 のドレイン電極 32d に接続している。PD 33 は、下部電極 33a、半導体層 33b、上部電極 33c により形成されている。

【0050】

下部電極 33a は、コンタクトホール 38 内を覆い、かつ TFT 32 上を覆うように、第 1 の平坦化膜 37 上に形成されており、ドレイン電極 32d に接続されている。この下部電極 33a は、アルミニウム (Al) や酸化スズインジウム (ITO) で形成されている。半導体層 33b は、下部電極 33a 上に積層されている。半導体層 33b は、PIN 型のアモルファスシリコンであり、下から順に n⁺ 層、i 層、p⁺ 層が積層されたものである。上部電極 33c は、半導体層 33b 上に形成されている。この上部電極 33c は、酸化スズインジウム (ITO) や酸化亜鉛インジウム (IZO) などの透光性の高い材料で形成されている。

【0051】

この PD 33 及び第 1 の平坦化膜 37 上には、PD 33 による凹凸構造をなくすように、表面が平坦な第 2 の平坦化膜 39 が形成されている。この第 2 の平坦化膜 39 は、第 1 の平坦化膜 37 と同様に、有機材料を塗布することにより形成されたものである。

【0052】

第 2 の平坦化膜 39 には、上部電極 33c を露呈させるようにコンタクトホール 40 が形成されている。そして、このコンタクトホール 40 を介して上部電極 33c に共通電極配線 41 が接続されている。共通電極配線 41 は、各 PD 33 の上部電極 33c に共通に接続されており、バイアス電圧を上部電極 33c に印加するために用いられる。上部電極 33c は、アルミニウム (Al) や銅 (Cu) で形成されている。

【0053】

第 2 の平坦化膜 39 及び共通電極配線 41 上には、保護絶縁膜 42 が形成されている。保護絶縁膜 42 は、TFT 保護膜 36 と同様に、窒化シリコン (SiN_x) 等で形成されている。

【0054】

第 2 の平坦化膜 39 の外側の絶縁性基板 30 上には、前述の外部端子 21b が設けられている。外部端子 21b は、絶縁性基板 30 上に形成された端子電極 43 と、絶縁膜 35 及び TFT 保護膜 36 に形成されたコンタクトホール 44 を覆うように設けられた金属膜 45 とで形成されている。

10

20

30

40

50

【0055】

シンチレータ20は、第2の平坦化膜39の平坦面上に、保護絶縁膜42を介して形成されている。具体的には、保護絶縁膜42上に、非柱状結晶層20bがCVD法により蒸着されている。この非柱状結晶層20bは、複数の粒子状の結晶からなり、結晶間の空隙が少ない（空間充填率が高い）ため、保護絶縁膜42との間で高い密着性を有する。柱状結晶20aは、非柱状結晶層20bを基礎として結晶成長されたものである。柱状結晶20aの径は、その長手方向に沿ってほぼ均一であり、6μm程度である。

【0056】

シンチレータ20の厚みは、X線の吸収率を向上させるために、400μm以上であることが好ましい。

10

【0057】

また、前述のように、光電変換パネル21の表面に欠陥23が存在する場合には、この欠陥23上に異常成長結晶20dが生じている。

【0058】

前述のように、各柱状結晶20aの先端部20cを覆うように、保護膜24が形成されており、この保護膜24の表面上に光反射膜25が形成されている。そして、シンチレータ20の周囲には、封止膜26が形成されている。

【0059】

図4において、画素31は、絶縁性基板30上に2次元マトリクス状に配列されている。各画素31には、前述のように、TFT32、PD33、及びキャパシタ34aが含まれている。各画素31は、ゲート配線50とデータ配線51とに接続されている。ゲート配線50は、行方向に延在し、列方向に複数配列されている。データ配線51は、列方向に延在し、ゲート配線50と交わるように、行方向に複数配列されている。ゲート配線50は、TFT32のゲート電極32gに接続されている。データ配線51は、TFT32のドレイン電極32dに接続されている。

20

【0060】

ゲート配線50の一端は、ゲートドライバ29aに接続されている。データ配線51の一端は、チャージアンプ29bに接続されている。ゲートドライバ29aは、各ゲート配線50に順にゲート駆動信号を与え、各ゲート配線50に接続されたTFT32をオンさせる。TFT32がオンすると、PD33及びキャパシタ34aに蓄積された電荷がデータ配線51に出力される。

30

【0061】

チャージアンプ29bは、データ配線51に出力された電荷を積算して電圧信号に変換する。信号処理部12aは、チャージアンプ29bから出力された電圧信号にA/D変換やゲイン補正処理等を施して画像データを生成する。画像メモリ12bは、フラッシュメモリなどからなり、信号処理部12aにより生成された画像データを記憶する。画像メモリ12bに記憶された画像データは、有線や無線の通信部（図示せず）を介して外部に読み出し可能である。

【0062】

次に、X線画像検出装置10の作用を説明する。X線画像検出装置10を用いて撮影を行うには、図5に示すように、撮影者（例えば、放射線技師）は、X線画像検出装置10上に被写体61を載置し、被写体61に対向するようにX線源60を配置する。

40

【0063】

撮影者は、コンソールを操作してX線源60及びX線画像検出装置10に撮影開始を指示する。そうすると、X線源60からX線が射出され、被写体61を透過したX線がX線画像検出装置10の照射面14aに照射される。照射面14aに照射されたX線は、接着層22、光電変換パネル21を順に通過して、シンチレータ20に入射する。

【0064】

シンチレータ20は、入射したX線を吸収して可視光を発生する。シンチレータ20での可視光の発生は、主に、柱状結晶20a内の非柱状結晶層20b側で生じる。柱状結晶

50

20a 内で発生した可視光は、光ガイド効果により、各柱状結晶 20a 内を伝搬し、非柱状結晶層 20b を通過して光電変換パネル 21 に入射する。また、柱状結晶 20a 内を先端部 20c の方向に伝搬し、先端部 20c から射出された可視光は、保護膜 24 及び光反射膜 25 によって反射されて柱状結晶 20a 内に戻り、非柱状結晶層 20b を通過して光電変換パネル 21 に入射する。

【0065】

光電変換パネル 21 に入射した可視光は、画素 31 毎に P D 33 により電荷に変換され、P D 33 及びキャパシタ 34a に電荷が蓄積される。X 線源 60 からの X 線照射が終了すると、ゲートドライバ 29a により、ゲート配線 50 を介して T F T 32 のゲート電極 32g に順にゲート駆動信号が印加される。これにより、行方向に並んだ T F T 32 が列方向に順にオンとなり、オンとなった T F T 32 を介して P D 33 及びキャパシタ 34a に蓄積された電荷がデータ配線 51 に出力される。10

【0066】

データ配線 51 に出力された電荷は、チャージアンプ 29b により電圧信号に変換されて信号処理部 12a に入力される。信号処理部 12a により、全画素 31 分の電圧信号に基づいて画像データが生成され、画像メモリ 12b に記憶される。

【0067】

この撮影の際に、図 5 において二点鎖線で示すように、X 線画像検出装置 10 が被写体 61 からの荷重によって僅かに撓むことがある。筐体 14 は、モノコック構造であり、軽量化に優れる反面、耐荷重性が低いため、撓みやすい。X 線画像検出装置 10 は、I S S 型であり、光電変換パネル 21 が照射面 14a 側に配置されているため、被写体 61 からの荷重は、筐体 14 を介して光電変換パネル 21 に作用する。20

【0068】

光電変換パネル 21 が撓むとシンチレータ 20 も撓むが、シンチレータ 20 と、これに対向する回路基板 12 の間には、所定の間隔 D の空隙層 27 が設けられているため、シンチレータ 20 は、回路基板 12 に接触して破損されることはない。また、間隔 D は、異常成長結晶 20d の長さも考慮して設定されているため、異常成長結晶 20d の先端部 20e が回路基板 12 により押しつぶされることもない。このように、本実施形態の X 線画像検出装置 10 では、異常成長結晶 20d は先端部 20e が押しつぶされることがないため、画像欠陥の少ない X 線画像が得られる。30

【0069】

なお、上記実施形態では、図 2 に示すように、光電変換パネル 21 の X 線入射側のほぼ全体を、接着層 22 を介して筐体 14 に貼り付けているが、図 6 に示すように、光電変換パネル 21 の X 線入射側の周辺部のみを接着層 70 を介して筐体 14 に貼り付けてもよい。この接着層 70 は、シンチレータ 20 より外側に設けられている。シンチレータ 20 に向かう X 線が接着層 70 で吸収されないため、シンチレータ 20 への X 線入射量が向上する。また、接着層 70 に代えて、ビス等で光電変換パネル 21 を筐体 14 に固定してもよい。

【0070】

また、図 7 に示すように、光電変換パネル 21 と回路基板 12 との間に、ゴム等の弾性体で形成されたスペーサ 71 を設けてもよい。このスペーサ 71 は、シンチレータ 20 の周囲を取り囲むように、光電変換パネル 21 及び回路基板 12 の周縁部に配置されている。スペーサ 71 は、上面及び下面が光電変換パネル 21 及び回路基板 12 のそれぞれに接着されていてもよいし、上面及び下面の一方が非接着であってもよい。いずれの場合においても、スペーサ 71 は、筐体 14 からの荷重による光電変換パネル 21 の撓みを防止する。40

【0071】

スペーサ 71 の上面及び下面を接着した場合には、シンチレータ 20 が、光電変換パネル 21 と回路基板 12 とスペーサ 71 との間で囲まれた空間に封止されるため、シンチレータ 20 の防湿性がさらに向上する。この場合には、封止膜 26 を省略することも可能である。50

る。さらに、この場合には、接着層 22 を省略し、回路基板 12 とスペーサ 71 で光電変換パネル 21 を支持することも可能である。また、スペーサ 71 の上面及び下面の一方を非接着とすることにより、回路基板 12 に反りが生じた場合に、この反りの影響が光電変換パネル 21 に及ぶことを防止することができる。

【0072】

また、上記実施形態では、シンチレータ 20 は、蒸着によって光電変換パネル 21 に保持されているため、その自重によって光電変換パネル 21 から剥がれる恐れがある。このため、図 8 に示すように、シンチレータ 20 と回路基板 12 との間の空隙層 27 に、ゴム等の弾性体で形成されたリブ 72 を設けてもよい。このリブ 72 の下面是、接着剤等で回路基板 12 に固着されており、上面は封止膜 26 に当接してシンチレータ 20 を支持している。リブ 72 は、柱状であり、図 9 に示すように、正方格子状に配列されている。この配列では、リブ 72 は、シンチレータ 20 を均等に支持することができる。リブ 72 は、光電変換パネル 21 からのシンチレータ 20 の剥がれを防止するとともに、衝撃等で筐体 14 に荷重が加わった場合に、空隙層 27 の間隔 D が変化することを防止する。

【0073】

しかし、図 9 の例では、リブ 72 がシンチレータ 20 の中央部にも配置されるため、このリブ 72 が異常成長結晶 20d の先端部 20e に接触して、その周囲の柱状結晶 20a を損傷させた場合には、X 線画像の中央領域で画像欠陥が発生してしまう。このため、図 10 に示すように、シンチレータ 20 の周縁部に位置するようにリブ 73 を設けることも好ましい。この例では、リブ 73 の形状は、壁状である。

【0074】

また、上記実施形態では、光電変換パネル 21 にシンチレータ 20 を直接蒸着しているが、図 11 に示すように、光電変換パネル 21 の放射線入射側とは反対側に透光性基板 80 を貼り付け、この透光性基板 80 上にシンチレータ 20 を蒸着してもよい。透光性基板 80 は、接着層 81 を介して光電変換パネル 21 に貼り付けられている。

【0075】

シンチレータ 20 で発生された可視光は、透光性基板 80 及び接着層 81 を通過して光電変換パネル 21 に入射するため、透光性基板 80 及び接着層 81 は、可視光に対して高い透光性を有することが好ましい。透光性基板 80 の材料として、透明ポリイミド、ポリアルレート樹脂、OPS (Oriented Polystyrene Sheet) フィルム、アラミドなどを用いることができる。また、透光性基板 80 は、シンチレータ 20 の蒸着基板として用いられるため、蒸着温度に耐えうる耐熱性を有するものが好ましい。OPS フィルムは、250

程度の耐熱性を有しているため、透光性基板 80 の材料として最も好ましい。また、接着層 81 の材料としては、透光性のエポキシ樹脂やアクリル樹脂などを用いることができる。

【0076】

接着層 81 は、補修の際などに、光電変換パネル 21 と、シンチレータ 20 が蒸着された透光性基板 80 とを容易に分離可能なように、粘着性であってもよい。さらに、接着層 81 を設けず、透光性基板 80 を光電変換パネル 21 に押し当てた状態として、筐体 14 などに固定してもよい。

【0077】

また、上記実施形態では、シンチレータ 20 の保護膜 24 上に光反射膜 25 を形成し、この光反射膜 25 上に封止膜 26 を形成しているが、これに代えて、保護膜 24 上に封止膜を形成し、この封止膜上に光反射膜を形成してもよい。また、図 12 に示すように、柱状結晶 20a の先端部 20c に、光反射性を有するアルミニウム等の金属薄膜 90 を蒸着し、この金属薄膜 90 が形成された先端部 20c を覆うようにホットメルト樹脂で保護膜 91 を形成してもよい。

【0078】

また、上記実施形態では、空隙層 27 に空気が充填されているが、空気に代えて、窒素、希ガス等の不活性ガスを充填してもよい。さらに、筐体 14 内を減圧し、空隙層 27 を

10

20

30

40

50

真空に近づけてもよい。

【0079】

また、上記実施形態では、回路基板12を固定部28に固着させているが、筐体14内に挿入レールを設け、筐体14の側面に設けられた開口(図示せず)から挿入レールを用いて回路基板12を筐体14内に挿入させ、この挿入レール上の所定位置に回路基板12を固定してもよい。この固定方法として、開口に対向する筐体14内の部分に位置決め部材を設け、この位置決め部材で回路基板12を位置決めしたうえで固定することが好ましい。同様に、光電変換パネル21とシンチレータ20を筐体14内に挿入して固定してもよい。

【0080】

また、上記実施形態では、TFT32の活性層32aをアモルファスシリコンにより形成しているが、これに代えて、非晶質酸化物(例えば、In-O系)、有機半導体材料、カーボンナノチューブなどにより形成してもよい。

【0081】

また、上記実施形態では、PDS3の半導体層33bをアモルファスシリコンにより形成しているが、これに代えて、有機光電変換材料(例えば、キナクリドン系有機化合物やフタロシアニン系有機化合物)により形成してもよい。アモルファスシリコンは、幅広い吸収スペクトルを持つが、有機光電変換材料は、可視域にシャープな吸収スペクトルを持つため、シンチレータ20で発光された可視光以外の電磁波を吸収することが殆どなく、ノイズを抑制することができる。

【0082】

なお、上記した各変形例は、適宜組み合わせて用いてもよい。また、上記実施形態では、放射線としてX線を用いているが、線や線等、X線以外の放射線を用いてもよい。さらに、上記実施形態では、可搬型の放射線画像検出装置である電子カセットを例に挙げて本発明を説明しているが、本発明は、立位型や臥位型の放射線画像検出装置や、マンモグラフィ装置等にも適用可能である。

【符号の説明】

【0083】

- 10 X線画像検出装置
- 20 シンチレータ
- 20a 柱状結晶
- 20b 非柱状結晶層
- 20d 異常成長結晶
- 21 光電変換パネル
- 24 保護膜
- 25 光反射膜
- 26 封止膜
- 27 空隙層
- 28 固定部
- 31 画素
- 71 スペーサ
- 72, 73 リブ
- 80 透光性基板
- 81 接着層

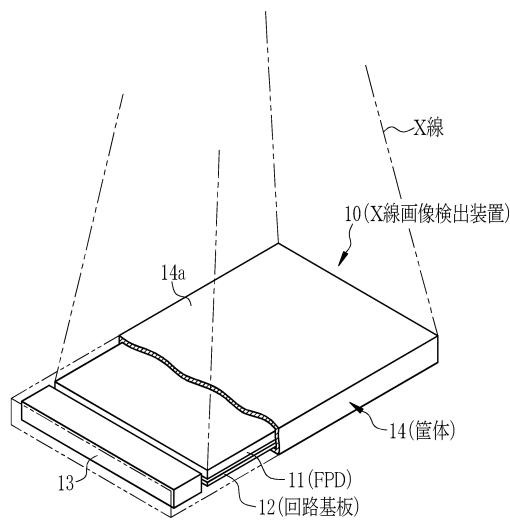
10

20

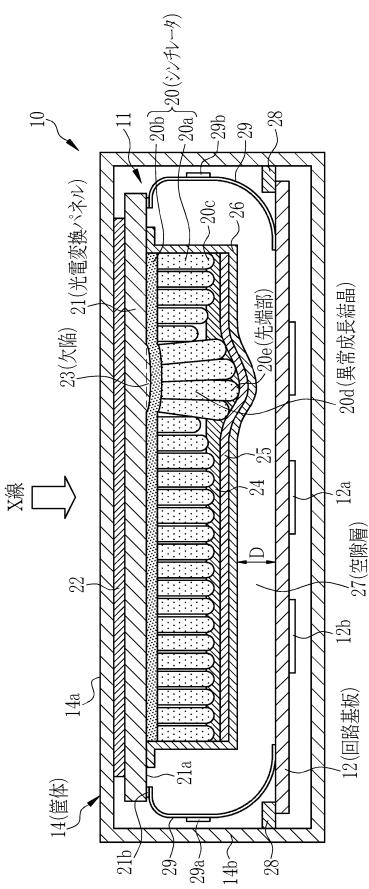
30

40

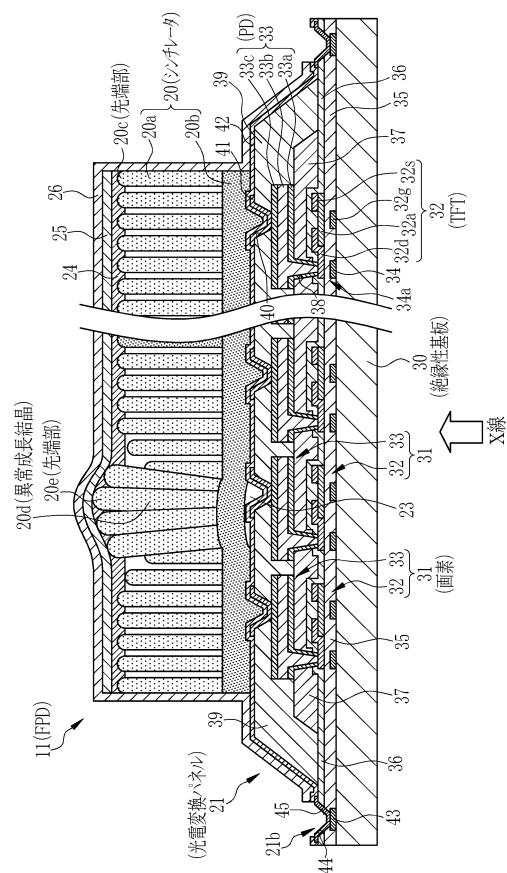
【図1】



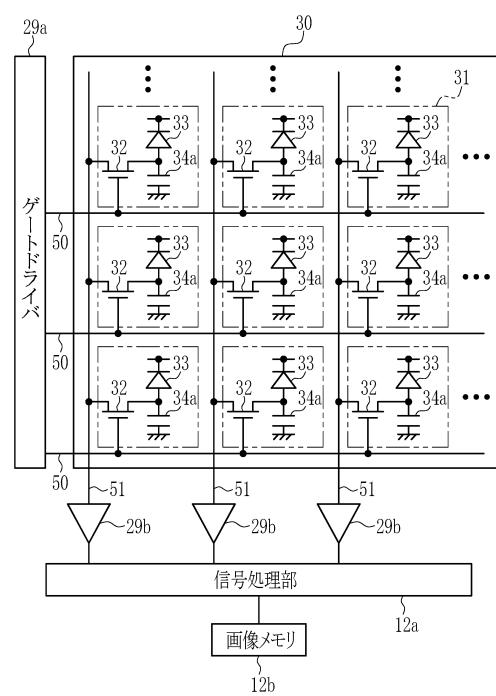
【図2】



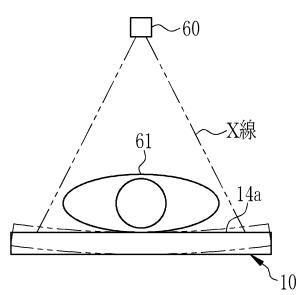
【図3】



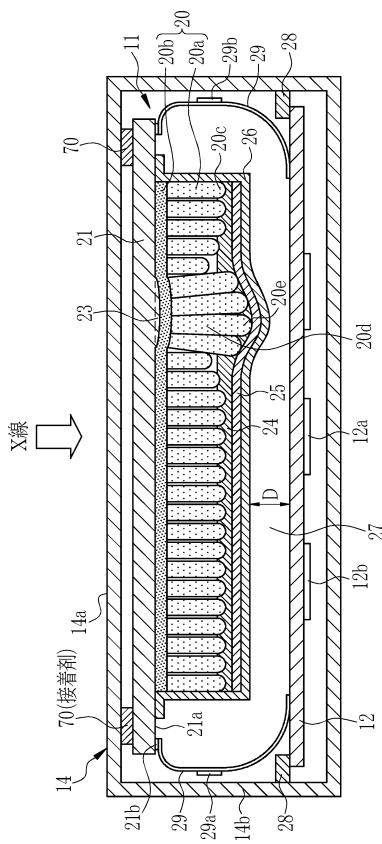
【図4】



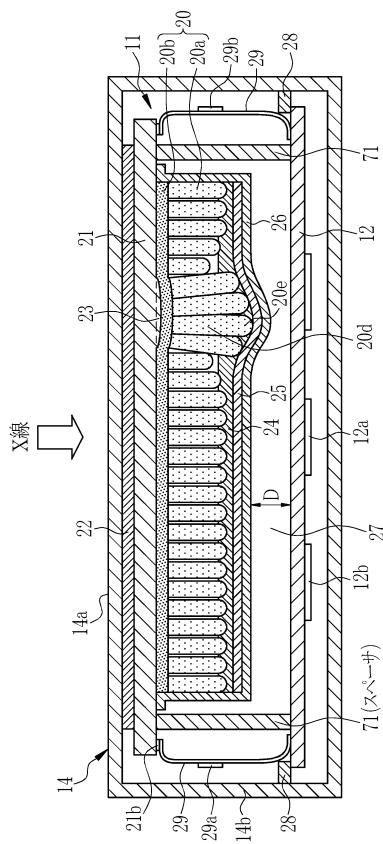
【図5】



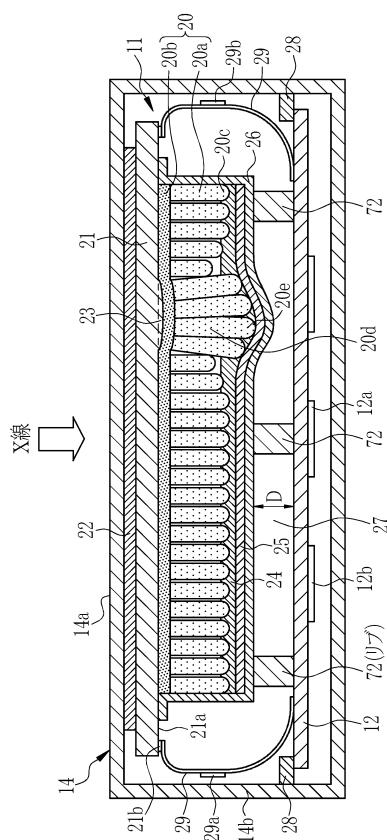
【図6】



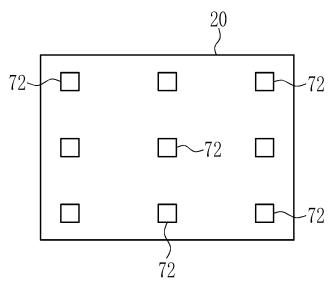
【図7】



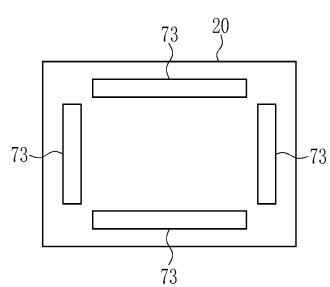
【図8】



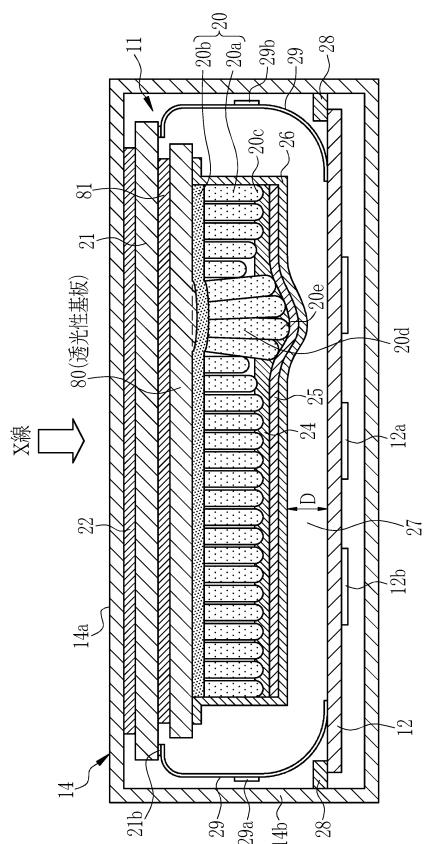
【図 9】



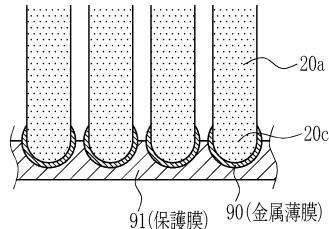
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 渡野 弘隆

神奈川県足柄上郡開成町宮台 798番地 富士フィルム株式会社内

(72)発明者 加藤 宗貴

神奈川県足柄上郡開成町宮台 798番地 富士フィルム株式会社内

(72)発明者 中津川 晴康

神奈川県足柄上郡開成町宮台 798番地 富士フィルム株式会社内

審査官 藤本 加代子

(56)参考文献 特開2012-141291(JP,A)

特開2012-133315(JP,A)

特開2010-237138(JP,A)

特開2000-028735(JP,A)

特開2012-118058(JP,A)

特開2004-321568(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/20

G01T 1/24

G01T 7/00

A61B 6/00