

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光電変換を行うフォトダイオードを含む画素が 2 次元配列された光電変換パネルと、前記各フォトダイオードに対応した位置に開口部が形成された隔壁と、前記各開口部に充填され、放射線を可視光に変換する蛍光体とを有する蛍光体層と、

前記蛍光体層の前記光電変換パネルとは反対側に配置されて、前記蛍光体層を支持する蛍光体支持基板と、

前記蛍光体支持基板に形成された第 1 のアライメントマークと、

前記光電変換パネルに形成された第 2 のアライメントマークと、

を備えることを特徴とする放射線画像検出装置。

10

【請求項 2】

前記蛍光体は、バインダと、このバインダに分散された蛍光体粒子とを含む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 及び第 2 のアライメントマークは、同一形状であり、互いに対応する位置に形成されてい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。

【請求項 4】

一方向に隣接する 2 つの前記開口部の間の前記隔壁の幅は、前記一方向に隣接する 2 つの前記フォトダイオードの間隔より大きい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。

20

【請求項 5】

前記第 1 及び第 2 のアライメントマークの前記一方向への最小線幅は、前記隔壁の幅と前記フォトダイオードの間隔との差より小さいことを特徴とする請求項 4 に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 6】

前記第 1 のアライメントマークは、前記蛍光体支持基板の前記光電変換パネルに対向する面に設けられており、前記第 2 のアライメントマークは、前記光電変換パネルの前記蛍光体支持基板に対向する面に設けられており、前記蛍光体支持基板は透光性を有す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。

【請求項 7】

前記蛍光体層と前記蛍光体支持基板との間に光反射層が形成されていることを特徴とする請求項 6 に記載の放射線画像検出装置。

30

【請求項 8】

前記第 1 のアライメントマークは、前記光反射層と同一の製造工程で形成されたものであることを特徴とする請求項 7 に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 9】

前記各画素は、スイッチング素子を有し、前記第 2 のアライメントマークは、前記スイッチング素子の一部と同一の製造工程で形成されたものであることを特徴とする請求項 8 に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 10】

前記隔壁は、前記蛍光体より屈折率が低いことを特徴とする請求項 1 から 9 いずれか 1 項に記載の放射線画像検出装置。

40

【請求項 11】

前記蛍光体層は、粘着層を介して前記光電変換パネルに貼り合わされていることを特徴とする請求項 1 から 10 いずれか 1 項に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 12】

前記各蛍光体は、前記開口部から前記フォトダイオードに向けて突出し、球面状の表面を有する凸部を有することを特徴とする請求項 1 から 11 いずれか 1 項に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 13】

50

前記光電変換パネル、前記蛍光体層、前記蛍光体支持基板は、撮影時に放射線が入射する側から、前記光電変換パネル、前記蛍光体層、前記蛍光体支持基板の順番に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 12 いずれか 1 項に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 14】

光電変換を行うフォトダイオードを含む画素が 2 次元配列された光電変換パネルと、前記各フォトダイオードに対応した位置に開口部が形成された隔壁と、前記各開口部に充填され、放射線を可視光に変換する蛍光体とを有する蛍光体層と、

前記蛍光体層の前記光電変換パネルとは反対側に配置されて、前記蛍光体層を支持する蛍光体支持基板と、

前記光電変換パネルに形成されたアライメントマークと、

を備えた放射線画像検出装置において、

一方向に隣接する 2 つの前記開口部の間の前記隔壁の幅は、前記一方向に隣接する 2 つの前記フォトダイオードの間隔より大きく、

前記アライメントマークの前記一方向への最小線幅は、前記隔壁の幅と前記フォトダイオードの間隔との差より小さい

ことを特徴とする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、間接変換方式の放射線画像検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野などにおいて、体内を観察するための放射線画像撮影システムが普及している。この放射線画像撮影システムは、放射線源から被写体に向けて X 線などの放射線を放射する放射線源と、被写体を透過した放射線を検出して電荷に変換し、この電荷を電圧に変換して、被写体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とを備えている。

【0003】

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がある。間接変換方式の放射線画像検出装置は、放射線を可視光に変換する蛍光体層（シンチレータ）と、この蛍光体層により生成された可視光を電荷に変換する光電変換パネルとを有する。光電変換パネルには、フォトダイオードを含む画素が 2 次元マトリクス状に複数配列されており、この上に蛍光体層が積層されている。

【0004】

蛍光体層には、GOS (Gd₂O₂S : Tb) 等の粒子状の蛍光体材料（粒状結晶）を有する粒状タイプと、CsI : Tl などの柱状の蛍光体材料（柱状結晶）を有する柱状タイプとが知られている。

【0005】

粒状タイプの蛍光体層は、GOS 等の蛍光体粒子を樹脂などのバインダ（結合剤）に分散させて形成されるため、可撓性を有し、耐衝撃性に優れるといった利点がある。特に、GOS を有する蛍光体層は、GOS に含まれる重金属原子の Gd が、CsI に含まれる重金属原子の Cs より原子番号が大きいいため、耐衝撃性に加えて、放射線の吸収率が高い。しかし、粒状タイプの蛍光体層では、蛍光体粒子から可視光が等方的に放射され、光ガイド効果を有さないため、画像の分解能が低い。放射線の変換効率を高めるには、蛍光体層の膜厚を大きくすればよいが、膜厚が大きいくほど、可視光が光電変換パネルに到達するまでの間での拡散が大きく、分解能が低下する。

【0006】

これに対して、柱状タイプの蛍光体層は、基板上に蛍光体材料を結晶成長させて柱状結晶としたものであり、各柱状結晶が光ガイド効果を有するため、画像の分解能が高い。し

10

20

30

40

50

かし、柱状タイプの蛍光体層では、厚膜化を図ろうとすると、一部の柱状結晶が異常成長して突起が生じたり、隣接する柱状結晶同士が融着するといった欠陥が生じやすいため、厚膜化には限界がある。また、柱状タイプの蛍光体層は、柱状結晶を有することにより耐衝撃性が低い。さらに、柱状タイプの蛍光体層は、材料が高価であり、製造コストが嵩む。

【0007】

そこで、粒状タイプの蛍光体層を有する放射線画像検出装置において、蛍光体層を各フォトダイオードに対応して分離する隔壁を設けることが提案されている（例えば、特許文献1～3参照）。この隔壁には、各フォトダイオードに対応して開口部が設けられている。各開口部内の蛍光体で発生した可視光は、隔壁により拡散が防止され、対応するフォトダイオードに効率よく導かれるため、分解能が向上する。このような隔壁を有する粒状タイプの蛍光体層は、製造コスト、耐衝撃性、かつ分解能に優れる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2002-055165号公報

【特許文献2】特開2004-163169号公報

【特許文献3】特開2002-181940号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0009】

しかしながら、蛍光体層中に隔壁を設ける場合には、隔壁の開口部とフォトダイオードとの間で位置ズレが生じると、開口部内の蛍光体で発生した可視光の一部がフォトダイオード外に漏れ出て、フォトダイオードへの可視光の入射効率が低下する（放射線画像検出装置の感度が低下する）ため、開口部とフォトダイオードとの間の正確な位置合わせが必要である。

【0010】

特許文献1には、光電変換パネルにアライメントマークを設け、このアライメントマークを観察しながら光電変換パネルに蛍光体層を貼り合わせることが記載されているが、アライメントマークが光電変換パネル側にしか設けられておらず、位置合わせ精度が不十分であり、感度の低下が生じる可能性がある。

30

【0011】

本発明は、製造コスト、耐衝撃性、分解能に優れ、感度の低下を防止することを可能とする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】

【0012】

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、光電変換を行うフォトダイオードを含む画素が2次元配列された光電変換パネルと、各フォトダイオードに対応した位置に開口部が形成された隔壁と、各開口部に充填され、放射線を可視光に変換する蛍光体とを有する蛍光体層と、蛍光体層の光電変換パネルとは反対側に配置されて、蛍光体層を支持する蛍光体支持基板と、蛍光体支持基板に形成された第1のアライメントマークと、光電変換パネルに形成された第2のアライメントマークと、を備える。

40

【0013】

蛍光体は、バインダと、このバインダに分散された蛍光体粒子とを含むことが好ましい。

【0014】

第1及び第2のアライメントマークは、同一形状であり、互いに対応する位置に形成されていることが好ましい。

【0015】

一方向に隣接する2つの開口部の間の隔壁の幅は、一方向に隣接する2つのフォトダイ

50

オードの間隔より大きいことが好ましい。第1及び第2のアライメントマークの一方向への最小線幅は、隔壁の幅とフォトダイオードの間隔との差より小さいことが好ましい。

【0016】

第1のアライメントマークは、蛍光体支持基板の光電変換パネルに対向する面に設けられており、第2のアライメントマークは、光電変換パネルの蛍光体支持基板に対向する面に設けられており、蛍光体支持基板は透光性を有することが好ましい。

【0017】

蛍光体層と蛍光体支持基板との間に光反射層が形成されていることが好ましい。第1のアライメントマークは、光反射層と同一の製造工程で形成されたものであることが好ましい。

10

【0018】

各画素は、スイッチング素子を有し、第2のアライメントマークは、スイッチング素子の一部と同一の製造工程で形成されたものであることが好ましい。

【0019】

隔壁は、蛍光体より屈折率が低いことが好ましい。

【0020】

蛍光体層は、粘着層を介して光電変換パネルに貼り合わされていることが好ましい。

【0021】

各蛍光体は、開口部からフォトダイオードに向けて突出し、球面状の表面を有する凸部を有することが好ましい。

20

【0022】

光電変換パネル、蛍光体層、蛍光体支持基板は、撮影時に放射線が入射する側から、光電変換パネル、蛍光体層、蛍光体支持基板の順番に配置されていることが好ましい。

【0023】

また、本発明の放射線画像検出装置は、光電変換を行うフォトダイオードを含む画素が2次元配列された光電変換パネルと、各フォトダイオードに対応した位置に開口部が形成された隔壁と、各開口部に充填され、放射線を可視光に変換する蛍光体とを有する蛍光体層と、蛍光体層の光電変換パネルとは反対側に配置されて、蛍光体層を支持する蛍光体支持基板と、光電変換パネルに形成されたアライメントマークと、を備えた放射線画像検出装置において、一方向に隣接する2つの開口部間の隔壁の幅は、一方向に隣接する2つのフォトダイオードの間隔より大きく、アライメントマークの一方向への最小線幅は、隔壁の幅とフォトダイオードの間隔との差より小さい。

30

【発明の効果】

【0024】

本発明の放射線画像検出装置によれば、蛍光体支持基板に形成された第1のアライメントマークと、光電変換パネルに形成された第2のアライメントマークとを設けることにより、蛍光体とフォトダイオードとの位置合わせ精度が向上するので、感度の低下を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

40

【図1】 X線画像検出装置の一部破断斜視図である。

【図2】 X線画像検出装置の断面図である。

【図3】 隔壁及びフォトダイオードの平面図である。

【図4】 図3のIV-IV線に沿うFPDの断面図である。

【図5】 光電変換パネルの構成を示す回路図である。

【図6】 X線画像検出装置の製造工程を示す図(その1)である。

【図7】 X線画像検出装置の製造工程を示す図(その2)である。

【図8】 カメラにより撮像される第1及び第2アライメントマークの重なり画像を示す図である。

【図9】 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。

50

【図10】FPDの第1変形例を説明する図である。

【図11】FPDの第2変形例を説明する図である。

【図12】FPDの第3変形例を説明する図である。

【図13】FPDの第4変形例を説明する図である。

【図14】FPDの第5変形例を説明する図である。

【図15】FPDの第5変形例を説明する図である。

【図16】第5変形例の効果の説明する図である。

【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：Flat Panel Detector）11と、回路支持基板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XR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。X線画像検出装置10は、可搬型の電子カセットである。

10

【0027】

筐体14の1つの側面には、開口部（図示せず）と、この開口部を塞ぐ蓋部材（図示せず）とが設けられている。X線画像検出装置10の製造時には、開口部からFPD11や制御ユニット13が筐体14内に挿入される。

【0028】

筐体14には、撮影時にX線源80（図9参照）から放射され、被写体（患者）81（図9参照）を透過したX線XRが照射される照射面14aが設けられている。この照射面14aには、被写体81の撮像可能領域とその中心位置とを示すガイド線15が形成されている。ガイド線15の外枠が、撮影可能領域に対応し、ガイド線15が十字状に交差する交点が撮影可能領域の中心位置に対応する。

20

【0029】

筐体14内には、照射面14a側から順に、FPD11、回路支持基板12が配置されている。回路支持基板12は、回路基板30（図2参照）を支持しており、筐体14に固定されている。制御ユニット13は、筐体14内の短手方向に沿った一端側に配置されている。

【0030】

制御ユニット13は、マイクロコンピュータやバッテリー（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、有線または無線により、X線源80に接続されたコンソール（図示せず）と通信して、FPD11の動作を制御する。

30

【0031】

図2において、FPD11は、X線XRを可視光に変換する蛍光体層（シンチレータ）20と、この可視光を電荷に変換する光電変換パネル21を有している。X線画像検出装置10は、ISS（Irradiation Side Sampling）型であり、光電変換パネル21は、蛍光体層20よりX線XRの入射側に配置されている。蛍光体層20は、光電変換パネル21を透過したX線XRを可視光に変換して放出する。光電変換パネル21は、蛍光体層20から放出された可視光を光電変換して電荷に変換する。

40

【0032】

光電変換パネル21は、筐体14の照射面14a側の内面に、エポキシ樹脂等からなる接着層22を介して貼り付けられている。光電変換パネル21の表面21aには、図3に示すように、光電変換を行うフォトダイオード（PD）43が、XY方向に沿って2次元マトリクス状に形成されている。

【0033】

蛍光体層20は、図3に示すように平面形状が正方格子状で、かつ光電変換パネル21の各PD43に対応して開口部23aが設けられた隔壁23と、各開口部23a内に充填された蛍光体24とで構成されている。隔壁23は、ガラス微粒子とバインダとを主成分とするガラスペーストにより形成されている。隔壁23は、蛍光体24より屈折率が低く

50

、蛍光体 24 から隔壁 23 に入射する可視光は、入射角が所定以上の場合に全反射する。また、隔壁 23 に、ガラス微粒子以外に、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウムなどのフィラー粒子を添加することにより、反射率を高めてもよい。

【0034】

蛍光体層 20 は、蛍光体支持基板 25 により支持されており、蛍光体層 20 と蛍光体支持基板 25 との間には、光反射膜 26 が形成されている。蛍光体支持基板 25 は、ガラス等の透明な絶縁性材料で形成されている。光反射膜 26 は、アルミニウム等の金属薄膜により形成されている。

【0035】

蛍光体支持基板 25 の蛍光体層 20 を支持する側の表面 25a には、蛍光体層 20 及び光反射膜 26 の形成領域外に、2つの第1のアライメントマーク 27 が形成されている。各第1のアライメントマーク 27 は、アルミニウムやニッケル等の金属薄膜で形成されている。各第1のアライメントマーク 27 の平面形状は、図3に示すように、十字状である。

10

【0036】

蛍光体層 20 は、光反射膜 26 が形成された面とは反対側が、アクリル系接合剤等からなる粘着層 28 を介して光電変換パネル 21 の表面 21a に貼り合わされている。光電変換パネル 21 の表面 21a には、第1のアライメントマーク 27 に対向する位置に、第2のアライメントマーク 29 が形成されている。各第2のアライメントマーク 29 は、アルミニウム等の金属薄膜により形成され、第1のアライメントマーク 27 と同一形状でかつ

20

【0037】

回路支持基板 12 は、蛍光体支持基板 25 のX線XRの入射側とは反対側に配置されている。回路支持基板 12 と蛍光体支持基板 25 とは、空気層を介して対向している。回路支持基板 12 は、筐体 14 の側部 14b にビス等で固着されている。回路支持基板 12 の蛍光体支持基板 25 とは反対側の下面 12a には、回路基板 30 が接着剤等を介して固定されている。

【0038】

回路基板 30 と光電変換パネル 21 とは、フレキシブルプリント基板 31 を介して電氣的に接続されている。フレキシブルプリント基板 31 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

【0039】

フレキシブルプリント基板 31 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 31a 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 31b が搭載されている。回路基板 30 には、チャージアンプ 31b 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 30a や、画像データを記憶する画像メモリ 30b が搭載されている。信号処理部 30a には、相関二重サンプリング回路、電圧アンプ、マルチプレクサ、A/D変換器等が含まれている。ゲートドライバ 31a、チャージアンプ 31b、信号処理部 30a、画像メモリ 30b は、それぞれ集積回路として構成されている。

40

【0040】

回路支持基板 12 は、X線XRから回路基板 30、信号処理部 30a、及び画像メモリ 30b を保護するために、鉛等のX線遮蔽材料を含むことが好ましい。

【0041】

図3において、各PD43の平面形状はほぼ正方形状(例えば、 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の正方形状)であり、X方向に間隔Dxだけ離して配置されており、Y方向に間隔Dyだけ離して配置されている。間隔Dx、Dyは、5~10 μm 程度である。隔壁23の各

50

開口部 23a は、平面形状がほぼ正方形であり、その中心が各 PD43 の中心とほぼ一致している。開口部 23a は、PD43 よりサイズが小さい。このため、X 方向及び Y 方向への隔壁 23 の幅（開口部 23a の間隔） W_x 、 W_y は、それぞれ PD43 の間隔 D_x 、 D_y より大きい。

【0042】

第 1 及び第 2 のアライメントマーク 27、29 の X 方向への最小線幅 S_x は、PD43 の X 方向への間隔 D_x と、隔壁 23 の X 方向への幅 W_x との差 ($W_x - D_x$) より小さい。同様に、第 1 及び第 2 のアライメントマーク 27、29 の Y 方向への最小線幅 S_y は、PD43 の Y 方向への間隔 D_y と、隔壁 23 の Y 方向への幅 W_y との差 ($W_y - D_y$) より小さい。

10

【0043】

図 4 において、蛍光体 24 は、樹脂等からなるバインダ（結合剤）24a と、このバインダ 24a に分散された複数の蛍光体粒子 24b とで構成されている。蛍光体粒子 24b は、GOS ($Gd_2O_2S : Tb$) 等の粒状結晶であり、X 線 XR を吸収して可視光を発生する。

【0044】

光電変換パネル 21 は、無アルカリガラス等からなる絶縁性基板 40 と、この上に配列された複数の画素 41 とを有する。絶縁性基板 40 は、X 線 XR の透過性を向上させるために、厚みが 0.5 mm 以下であることが好ましい。

【0045】

各画素 41 は、薄膜トランジスタ (TFT) 42 と、この TFT 42 に接続された PD43 とを有する。PD43 は、蛍光体層 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。TFT 42 は、PD43 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。

20

【0046】

TFT 42 は、逆スタガ型であり、ゲート電極 42g、ソース電極 42s、ドレイン電極 42d、及び活性層 42a を有する。ゲート電極 42g は、絶縁性基板 40 上に形成されている。また、絶縁性基板 40 上には、各画素 41 の電荷蓄積容量を増加させるために、電荷蓄積用電極 44 が形成されている。さらに、絶縁性基板 40 上には、第 2 のアライメントマーク 29 が形成されている。第 2 のアライメントマーク 29 は、ゲート電極 42g 及び電荷蓄積用電極 44 とともに、同一の製造工程で形成されることが好ましい。

30

【0047】

絶縁性基板 40 上には、ゲート電極 42g 及び電荷蓄積用電極 44 を覆うように、窒化シリコン (SiN_x) 等からなる絶縁膜 45 が形成されている。この絶縁膜 45 上には、ゲート電極 42g に対向するように、活性層 42a が配置されている。ソース電極 42s 及びドレイン電極 42d は、活性層 42a 上に所定間隔だけ離して配置されている。ドレイン電極 42d は、その一部が絶縁膜 45 上に延在し、絶縁膜 45 を介して電荷蓄積用電極 44 と対向して、キャパシタ 44a を構成している。

【0048】

ゲート電極 42g、ソース電極 42s、ドレイン電極 42d、電荷蓄積用電極 44 は、アルミニウムや銅で形成されている。活性層 42a 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 42s、ドレイン電極 42d、及び活性層 42a を覆うように、絶縁膜 45 上には、窒化シリコン (SiN_x) 等からなる TFT 保護膜 46 が形成されている。

40

【0049】

この TFT 保護膜 46 上には、TFT 42 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 47 が形成されている。この第 1 の平坦化膜 47 は、低誘電率（比誘電率 $\epsilon_r = 2 \sim 4$ ）の感光性の有機材料（例えば、ポジ型感光性アクリル系樹脂：メタクリル酸とグリシジルメタクリレートとの共重合体からなるベースポリマーに、ナフトキノンジアジド系ポジ型感光剤を混合した材料など）を塗布し、 $1 \sim 4 \mu m$ の膜厚に形成したも

50

のである。

【0050】

この第1の平坦化膜47及びTFT保護膜46には、ドレイン電極42dを露出させるコンタクトホール48が形成されている。PD43は、コンタクトホール48を介してTFT42のドレイン電極42dに接続している。PD43は、下部電極43a、半導体層43b、上部電極43cにより形成されている。

【0051】

下部電極43aは、コンタクトホール48内を覆い、かつTFT42上を覆うように、第1の平坦化膜47上に形成されており、ドレイン電極42dに接続されている。この下部電極43aは、アルミニウムや酸化スズインジウムで形成されている。半導体層43bは、下部電極43a上に積層されている。半導体層43b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43cは、半導体層43b上に形成されている。この上部電極43cは、酸化スズインジウムや酸化亜鉛インジウムなどの透光性の高い材料で形成されている。

【0052】

このPD43及び第1の平坦化膜47上には、PD43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49が形成されている。この第2の平坦化膜49は、第1の平坦化膜47と同様の感光性の有機材料を塗布し、1~4μmの膜厚に形成したものである。

【0053】

第2の平坦化膜49には、上部電極43cを露呈させるコンタクトホール50が形成されている。そして、このコンタクトホール50を介して上部電極43cに共通電極配線51が接続されている。共通電極配線51は、各PD43の上部電極43cに共通に接続されており、バイアス電圧を各上部電極43cに印加するために用いられる。共通電極配線51は、アルミニウムや銅で形成されている。

【0054】

第2の平坦化膜49及び共通電極配線51上には、保護絶縁膜52が形成されている。保護絶縁膜52は、TFT保護膜46と同様に、窒化シリコン(SiN_x)等で形成されている。この保護絶縁膜52上に、粘着層28を介して蛍光体層20が貼り合わされている。

【0055】

図5において、画素41は、絶縁性基板40上に2次元マトリクス状に配列されている。各画素41には、前述のように、TFT42、PD43、及びキャパシタ44aが含まれている。各画素41は、TFT42を介してゲート配線60とデータ配線61とに接続されている。ゲート配線60は、X方向に延在し、Y方向に複数配列されている。データ配線61は、Y方向に延在し、ゲート配線60と交わるように、X方向に複数配列されている。ゲート配線60は、TFT42のゲート電極42gに接続されている。データ配線61は、TFT42のドレイン電極42dに接続されている。

【0056】

ゲート配線60の一端は、ゲートドライバ31aに接続されている。データ配線61の一端は、チャージアンプ31bに接続されている。ゲートドライバ31aは、各ゲート配線60に順にゲート駆動電圧を与え、各ゲート配線60に接続されたTFT42をオンさせる。TFT42がオンすると、PD43及びキャパシタ44aに蓄積された電荷がデータ配線61に出力される。

【0057】

チャージアンプ31bは、データ配線61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30aは、チャージアンプ31b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30bは、フラッシュメモリなどからなり、信号処理部30aにより生成された画像データを記憶する。画像メモリ30b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

10

20

30

40

50

み出し可能である。

【0058】

次に、X線画像検出装置10の製造方法を説明する。まず、図6(A)に示すように、ガラス等で形成された蛍光体支持基板25の表面25a上に、周知のフォトリソグラフィやスクリーン印刷等の技術を用いて、アルミニウム等の金属薄膜からなる光反射膜26及び第1のアライメントマーク27を形成する。光反射膜26と第1のアライメントマーク27とは、それぞれ別の製造工程で形成してもよいが、工程数の削減のために、同一の製造工程で形成することも好ましい。

【0059】

図6(B)に示すように、蛍光体支持基板25の表面25a上に、光反射膜26及び第1のアライメントマーク27を覆うように感光性ペースト70を塗布し、これを乾燥した後、フォトマスク71を介して感光性ペースト70を露光する。

【0060】

感光性ペースト70としては、例えば、特開2009-231280号公報に記載された無機微粒子と感光性有機成分を主成分とする材料を用いることができる。この無機微粒子としては、ガラス、セラミック(アルミナやコーディライト)などが好ましく、特に、ガラスが好ましい。前述のように、感光性ペースト70には、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウムなどの粒子を添加することが好ましい。

【0061】

フォトマスク71には、前述の隔壁23の平面形状に対応した開口部71aが形成されており、この開口部71aを通過した露光光EL(例えば、紫外線)が感光性ペースト70に照射される。本実施形態では、感光性ペースト70は、ネガ型である。この感光性ペースト70を、現像することにより感光した部分が残存し、これを焼成することにより、図6(C)に示すように、隔壁23が形成される。隔壁23には、フォトマスク71の開口部71aに対応する位置に開口部23aが形成される。露光時のフォトマスク71の位置は、第1のアライメントマーク27を用いて設定される。このため、隔壁23は、第1のアライメントマーク27に対して、高精度に形成される。

【0062】

そして、バインダ24aの溶液(結合剤溶液)に、GOS等で形成された蛍光体粒子24bを分散させた蛍光体塗布液を隔壁23上に塗布して、蛍光体塗布液を各開口部23aに充填させ、これを乾燥させることにより、図6(D)に示すように、蛍光体24が形成される。

【0063】

結合剤溶液は、例えば、ポリビニルブチラール樹脂、ウレタン樹脂および可塑剤の混合物を、トルエン、2-ブタノールおよびキシレンの混合溶剤に溶解して攪拌することにより作成される。蛍光体粒子24bは、例えば、平均粒子径が約5 μ mのGOS粒子であり、蛍光体塗布液に混合し、ボールミルで分散処理される。この結合剤溶液は、例えば、ドクターブレードを用いて塗布される。

【0064】

以上の工程により、蛍光体層20が完成する。この後、図7に示すように、蛍光体層20上に、アクリル系接合剤等からなる粘着層28を形成し、蛍光体層20を、粘着層28を介して光電変換パネル21の表面21aに貼り合わせる。この貼り合わせは、例えば、光電変換パネル21の裏面21cからローラ(図示)で光電変換パネル21を蛍光体層20に対して押圧することにより行う。光電変換パネル21は、周知の半導体プロセスにより製造されたものである。

【0065】

蛍光体層20と光電変換パネル21との貼り合わせ時には、例えば、蛍光体支持基板25の蛍光体層20とは反対側から、カメラ72を用いて、蛍光体支持基板25を介して第1及び第2のアライメントマーク27, 29を撮像し、第1及び第2のアライメントマーク27, 29との重なり度合いが最も高い位置に蛍光体層20と光電変換パネル21とを

10

20

30

40

50

位置決めした上で、両者を貼り合わせる。この重なり度合いとは、例えば、図 8 に示すように、カメラ 7 2 により撮像される第 1 及び第 2 のアライメントマーク 2 7 , 2 9 の重なり画像（図 8 の斜線によるハッチング部分）の面積であり、その面積が小さいほど重なり度が高い。

【 0 0 6 6 】

以上の工程により F P D 1 1 が完成する。この後、F P D 1 1 を筐体 1 4 内に接着層 2 2 を介して取り付けるとともに、信号処理部 3 0 a や画像メモリ 3 0 b を実装した回路支持基板 1 2、ゲートドライバ 3 1 a やチャージアンプ 3 1 b を実装したフレキシブルプリント基板 3 1、制御ユニット 1 3 を取り付けることにより、X 線画像検出装置 1 0 が完成する。

10

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、第 1 及び第 2 のアライメントマーク 2 7 , 2 9 の最小線幅 S_x , S_y は、前述のように、「 $S_x < W_x - D_x$ 」及び「 $S_y < W_y - D_y$ 」の関係を満たしているため、蛍光体層 2 0 と光電変換パネル 2 1 との位置合わせを高精度に行うことができ、隔壁 2 3 の各開口部 2 3 a に充填された蛍光体 2 4 は、各 P D 4 3 のほぼ中央に位置する（図 3 における 1 ~ 4 が、1 2、3 4 となる）。

【 0 0 6 8 】

仮に、蛍光体層 2 0 と光電変換パネル 2 1 との間で位置ずれが生じ、隔壁 2 3 が P D 4 3 の間を覆わない場合（1 ~ 4 のいずれかが負となる場合）には、蛍光体 2 4 の一部が P D 4 3 外にはみ出て、蛍光体 2 4 で生成された可視光が P D 4 3 外に漏れ出るため、P D 4 3 への可視光の入射効率が低下する（X 線画像検出装置 1 0 の感度が低下する）。本実施形態では、少なくとも隔壁 2 3 が P D 4 3 の間を覆い、各蛍光体 2 4 が各 P D 4 3 に完全に対向するように配置されるため、P D 4 3 への可視光の入射効率の低下（感度の低下）は防止される。

20

【 0 0 6 9 】

次に、X 線画像検出装置 1 0 の作用を説明する。X 線画像検出装置 1 0 を用いて撮影を行うには、図 9 に示すように、撮影者（医師や放射線技師）は、X 線画像検出装置 1 0 上に被写体 8 1 を載置し、被写体 8 1 に対向するように X 線源 8 0 を配置する。

【 0 0 7 0 】

撮影者がコンソールを操作して X 線源 8 0 及び X 線画像検出装置 1 0 に撮影開始を指示すると、X 線源 8 0 から X 線 X R が射出され、被写体 8 1 を透過した X 線 X R が X 線画像検出装置 1 0 の照射面 1 4 a に照射される。照射面 1 4 a に照射された X 線 X R は、筐体 1 4、接着層 2 2、光電変換パネル 2 1、粘着層 2 8 を順に通過して、蛍光体層 2 0 に入射する。

30

【 0 0 7 1 】

蛍光体層 2 0 では、蛍光体 2 4 に含まれる複数の蛍光体粒子 2 4 b が、入射した X 線 X R を吸収して可視光を発生する。蛍光体粒子 2 4 b により発生された可視光は、隔壁 2 3 の開口部 2 3 a 内を伝播する。具体的には、蛍光体粒子 2 4 b での発光は、等方的であり、P D 4 3 の方向に伝播する可視光は、粘着層 2 8 を透過して光電変換パネル 2 1 に入射する。逆に、光反射膜 2 6 の方向に伝播する可視光は、光反射膜 2 6 で反射された後、P D 4 3 の方向に伝播し、同様に光電変換パネル 2 1 に入射する。また、横方向に伝播する可視光は、隔壁 2 3 の表面で反射され、その反射方向に応じて光電変換パネル 2 1 または光反射膜 2 6 の方向へ伝播を行い、最終的に光電変換パネル 2 1 に入射する。このように、各蛍光体 2 4 で発生した可視光は、隔壁 2 3 により拡散が抑えられ、各蛍光体 2 4 に対応する P D 4 3 に効率よく入射する。

40

【 0 0 7 2 】

光電変換パネル 2 1 に入射した可視光は、保護絶縁膜 5 2 及び第 2 の平坦化膜 4 9 を透過して、P D 4 3 に入射する。可視光は、P D 4 3 により電荷に変換され、変換された電荷は、P D 4 3 及びキャパシタ 4 4 a に蓄積される。X 線源 8 0 からの X 線照射が終了すると、ゲートドライバ 3 1 a により、ゲート配線 6 0 を介して T F T 4 2 のゲート電極 4

50

2gに順にゲート駆動電圧が印加される。これにより、行方向に並んだTF T 4 2が列方向に順にオンとなり、オンとなったTF T 4 2を介して、PD 4 3及びキャパシタ4 4 aに蓄積された電荷がデータ配線6 1に出力される。

【0073】

データ配線6 1に出力された電荷は、チャージアンプ3 1 bにより電圧信号に変換されて信号処理部3 0 aに入力される。信号処理部3 0 aにより、全画素4 1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3 0 bに記憶される。

【0074】

なお、上記実施形態では、第1及び第2のアライメントマーク2 7, 2 9の形状を十字状としている。この十字状のアライメントマークに代えて、特開2 0 1 2 - 1 4 0 4 0号公報(第2 1頁、図1 2 (a) ~ (e))に記載された各種アライメントマークを用いてもよい。これらのアライメントマークは、十字状を構成する複数の直線に加えて、それらの直線より短い直線や曲線を含むものであり、視認性が向上する。

10

【0075】

また、上記実施形態では、第1及び第2のアライメントマーク2 7, 2 9をそれぞれ2個ずつ蛍光体支持基板2 5及び光電変換パネル2 1に設けているが、個数は2個に限られず、例えば4個としてもよい。この場合には、第1及び第2のアライメントマーク2 7, 2 9をそれぞれ蛍光体支持基板2 5及び光電変換パネル2 1の四隅に1つずつ設けることが好ましい。

【0076】

また、上記実施形態では、隔壁2 3は、X方向及びY方向への幅 W_x , W_y が、XY平面に直交する方向に均一であるが、特開2 0 1 1 - 2 3 2 1 9 7号公報等に記載されているように、隔壁2 3を、蛍光体支持基板2 5側から光電変換パネル2 1に向けて幅 W_x , W_y が次第に減少するように、テーパ状としてもよい。

20

【0077】

また、上記実施形態では、図3に示すような正方格子状の隔壁2 3を用いているが、X方向またはY方向に平行な溝を有するストライプ状の隔壁を用いてもよい。正方格子状の隔壁2 3の場合には、複数の孤立した開口部2 3 aを有するため、蛍光体塗布液を充填する際に、塗布ムラが生じると、蛍光体塗布液が十分に充填されない開口部2 3 aが生じる恐れがあるが、ストライプ状の隔壁の場合には、蛍光体塗布液を塗布する際に各溝に蛍光体塗布液が流動して一様に満たされるため、充填不良が生じにくいという利点がある。

30

【0078】

また、上記実施形態では、隔壁2 3を、感光性ペーストを用いてフォトリソグラフィ(感光性ペースト法)により形成しているが、特開2 0 0 9 - 2 3 1 2 8 0号公報に記載されているように、サンドブラスト法やスクリーン印刷法を用いて形成することも可能である。また、隔壁2 3は、ガラスペーストに限られず、レジスト材等の他の材料で形成してもよい。さらに、隔壁2 3の側面に、金属等で反射膜を形成してもよい。

【0079】

また、上記実施形態では、図6(D)に示すように、隔壁2 3の各開口部2 3 a内を蛍光体塗布液で満たすことにより、各開口部2 3 a内を蛍光体2 4で完全に埋めているが、図1 0(A)に示すように、隔壁2 3の各開口部2 3 a内を蛍光体2 4で完全には埋めずに、一部に空隙2 3 bを残しておき、図1 0(B)に示すように、この空隙2 3 bを、粘着層2 8の一部で埋めてもよい。空隙2 3 bの深さは、例えば、1 0 ~ 2 0 μm 程度である。これにより、粘着層2 8と蛍光体層2 0との密着性が向上し、蛍光体層2 0を光電変換パネル2 1に貼り合わせる際のズレ等が防止される。

40

【0080】

また、図1 0(A)に示すように空隙2 3 bを形成した後、図1 1(A)に示すように、空隙2 3 bを埋めるように樹脂層9 0を形成することにより、蛍光体層2 0の表面を平坦化し、図1 1(B)に示すように、樹脂層9 0の表面上に粘着層2 8を形成してもよい。この樹脂層9 0の材料としては、蛍光体2 4より粘度が低い熱硬化性樹脂や紫外線硬化

50

性樹脂を用いることが好ましい。また、蛍光体 24 から光電変換パネル 21 側への可視光の射出効率を高める（樹脂層 90 の表面での反射を抑える）ために、樹脂層 90 の屈折率は、蛍光体 24 の屈折率に近く、かつ蛍光体 24 の屈折率より低いことが好ましい。具体的には、蛍光体 25 の屈折率は、バインダ 25 a の屈折率が支配的であるため、樹脂層 90 の屈折率は、バインダ 24 a の屈折率に近く、かつバインダ 24 a の屈折率より低いことが好ましい。これにより、蛍光体 24 から樹脂層 90 への可視光の入射効率が向上する。

【0081】

このように樹脂層 90 を設ける場合には、粘着層 28 を設けず、樹脂層 90 を光電変換パネル 21 に直接当接させてもよい。粘着層 28 を設けない場合には、蛍光体層 20 と光電変換パネル 21 との間の接合力が弱いため、蛍光体支持基板 25 と光電変換パネル 21 との間に端部封止部（図示せず）を設け、この端部封止部を介して両者を接合することが好ましい。この端部封止部は、蛍光体層 20 の外周を囲うように、アクリル樹脂等からなる紫外線硬化性樹脂で形成する。

10

【0082】

また、図 10 (A) に示すように空隙 23 b を形成した後、図 12 (A) に示すように、蛍光体支持基板 25 の表面 25 a からの高さが蛍光体層 20 より高い壁部 91 を、蛍光体層 20 の外周を囲うように形成し、図 12 (B) に示すように、壁部 91 で囲われた蛍光体層 20 上の空間を埋めるように、前述の樹脂層 90 を形成してもよい。これにより、樹脂層 90 の表面の平坦性が向上する。

20

【0083】

この場合、樹脂層 90 の表面上に粘着層 28 を形成し、蛍光体層 20 を、樹脂層 90 及び粘着層 28 を介して光電変換パネル 21 に貼り合わせてもよいが、粘着層 28 を設けず、樹脂層 90 の表面を光電変換パネル 21 に直接接触させてもよい。このように粘着層 28 を設けない場合には、蛍光体支持基板 25 と光電変換パネル 21 との間に、前述の端部封止部を設けることが好ましい。

【0084】

また、図 13 (A) に示すように、隔壁 23 の開口部 23 a のうち、最も外側に位置する開口部 23 a に樹脂を充填することにより、蛍光体層 20 の外周を囲う壁部 92 を形成し、図 13 (B) に示すように、壁部 92 で囲われた蛍光体層 20 上の空間を埋めるように、前述の樹脂層 90 を形成してもよい。この場合も同様に、樹脂層 90 の表面上に粘着層 28 を形成してもよいし、粘着層 28 を形成せずに、樹脂層 90 を光電変換パネル 21 に直接当接させてもよい。

30

【0085】

また、図 10 (A) に示すように空隙 23 b を形成した後、図 14 に示すように、熱により塑性変形するシート状の樹脂層 93 を蛍光体層 20 の表面に押し当て、熱を加えて樹脂層 93 を変形させることにより、樹脂層 93 の一部で空隙 23 b を埋めてもよい。この場合も同様に、樹脂層 93 の表面上に粘着層 28 を形成してもよいし、粘着層 28 を形成せずに、樹脂層 93 を光電変換パネル 21 に直接当接させてもよい。樹脂層 93 は、樹脂層 90 と同様に、その屈折率は、バインダ 24 a の屈折率に近いことが好ましい。

40

【0086】

また、図 10 ~ 図 14 の例では、隔壁 23 の各開口部 23 a 内を蛍光体 24 で完全に埋めずに空隙 23 b を形成しているが、図 15 (A) に示すように、蛍光体塗布液を塗布する際に、蛍光体塗布液を各開口部 23 a から溢れさせ、その表面張力により、開口部 23 a から突出した凸部 24 c を蛍光体 24 に形成することも好ましい。この場合、凸部 24 c の表面は、ほぼ球面状となる。図 15 (B) に示すように、各凸部 24 c を覆うように前述の粘着層 28 を形成し、この粘着層 28 を介して蛍光体層 20 を光電変換パネル 21 に貼り合わせればよい。なお、粘着層 28 に代えて、樹脂層 90 と同様な樹脂層（図示せず）で凸部 24 c の表面を覆ってもよい。この場合には、樹脂層の表面上に粘着層 28 を形成してもよいし、粘着層 28 を形成せずに、樹脂層を光電変換パネル 21 に直接当接さ

50

せてもよい。

【0087】

このように蛍光体24に球面状の表面を有する凸部24cを設けた場合には、蛍光体24から光電変換パネル21側への可視光の射出効率が高まる(樹脂層90の表面での反射が減少する)。これは、例えば、図16(A)に示すように、蛍光体24の表面が平坦な場合に、その表面に、臨界角より大きな入射角 θ_1 で入射する可視光LTは反射されるが、図16(B)に示すように、蛍光体24の表面が球面状の場合には、凸部24cの表面に対する可視光LTの入射角 θ_2 が臨界角より低下し、可視光LTは表面で反射されずに射出されるためである。

【0088】

また、上記実施形態では、蛍光体粒子24bとしてGOS粒子を用いているが、蛍光体粒子24bとして、 $A_2O_2S:X$ (ただし、Aは、Y, La, Gd, Luのうちいずれか1つ、Xは、Eu, Tb, Prのうちいずれか1つ)で表される粒子を用いることが可能である。また、蛍光体粒子24bとして、 $A_2O_2S:X$ に共付活剤としてセリウム(Ce)またはサマリウム(Sm)を含めたものを用いてもよい。

【0089】

また、上記実施形態では、TF T 42の活性層42a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。

【0090】

また、上記実施形態では、PD 43の半導体層43b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、蛍光体層20で生成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。

【0091】

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、 γ 線や β 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】

【0092】

- 10 X線画像検出装置
- 12 回路支持基板
- 20 蛍光体層
- 21 光電変換パネル
- 23 隔壁
- 23a 開口部
- 23b 空隙
- 24 蛍光体
- 24a バインダ
- 24b 蛍光体粒子
- 24c 凸部
- 25 蛍光体支持基板
- 26 光反射膜
- 27 アライメントマーク
- 28 粘着層
- 29 アライメントマーク
- 30 回路基板

10

20

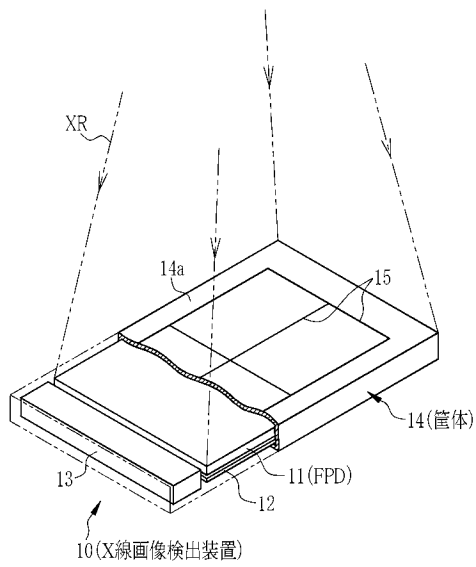
30

40

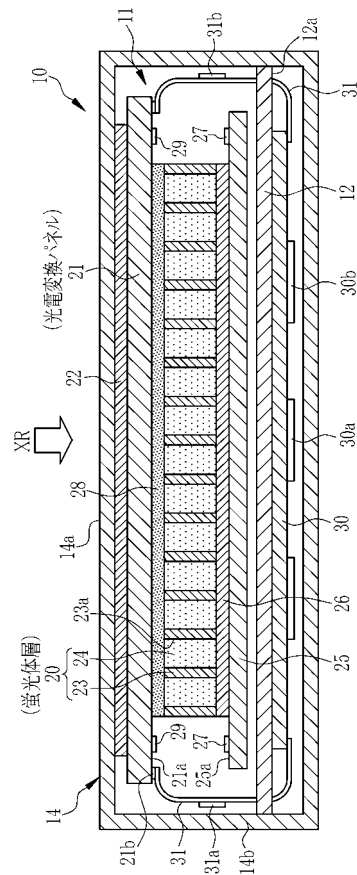
50

- 40 絶縁性基板
- 41 画素
- 43 フォトダイオード

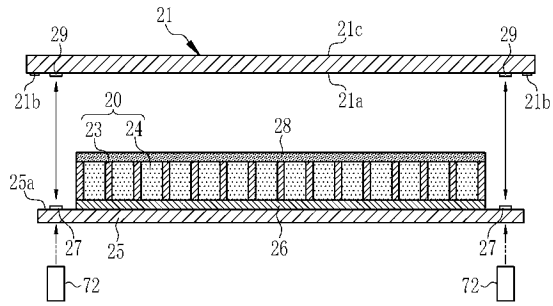
【 図 1 】



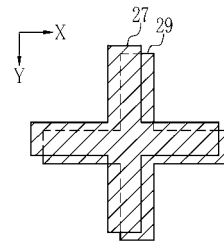
【 図 2 】



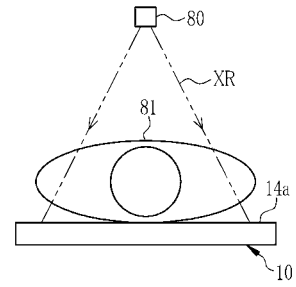
【 図 7 】



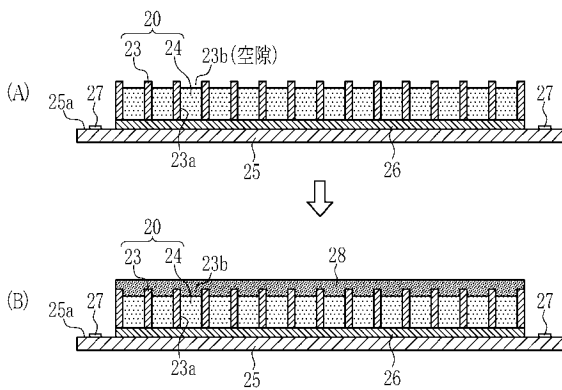
【 図 8 】



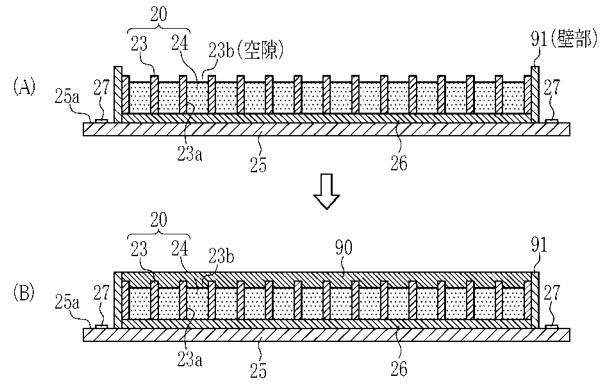
【 図 9 】



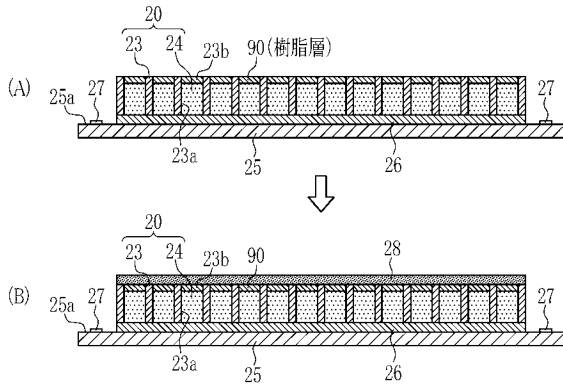
【 図 10 】



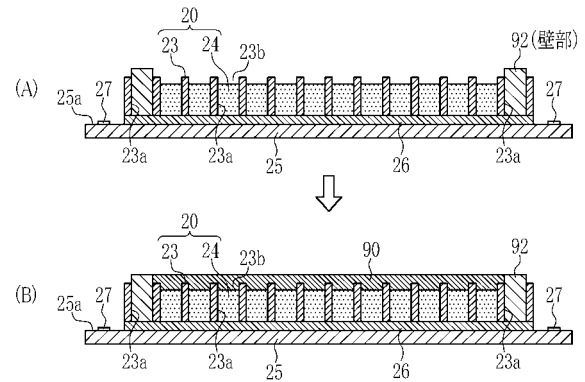
【 図 12 】



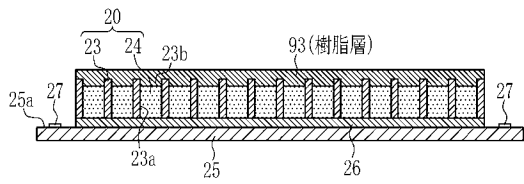
【 図 11 】



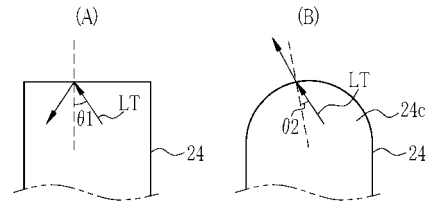
【 図 13 】



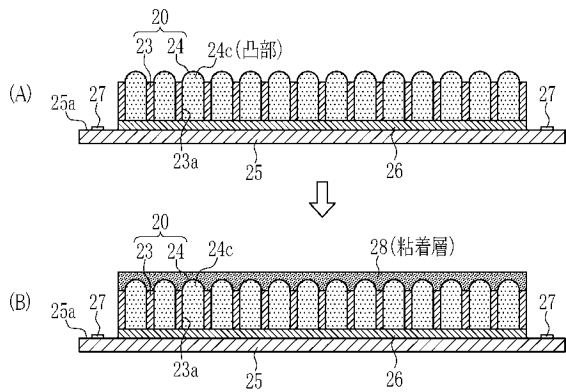
【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(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 富士フイルム株式会社内

Fターム(参考) 2G188 AA03 BB02 CC15 CC16 CC18 CC24 CC25 CC26 DD05 DD10
DD12 DD24 DD25 DD30 DD42 DD43 DD45 DD47 EE32 FF11
FF14 FF16 FF20
4C093 AA01 CA02 CA32 CA38 DA06 EB12 EB17 EB20