

(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2014-182002
(P2014-182002A)

(43) 公開日 平成26年9月29日 (2014.9.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 T 1/20 (2006.01)	G O 1 T 1/20 L	2 G 1 8 8
A 6 1 B 6/00 (2006.01)	G O 1 T 1/20 E	4 C 0 9 3
	G O 1 T 1/20 G	
	G O 1 T 1/20 D	
	A 6 1 B 6/00 3 O O S	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)		

(21) 出願番号	特願2013-56554 (P2013-56554)	(71) 出願人	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成25年3月19日 (2013.3.19)	(74) 代理人	100075281 弁理士 小林 和憲
		(72) 発明者	鈴木 英幹 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
		(72) 発明者	細井 雄一 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
		(72) 発明者	弘中 孝史 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
		最終頁に続く	

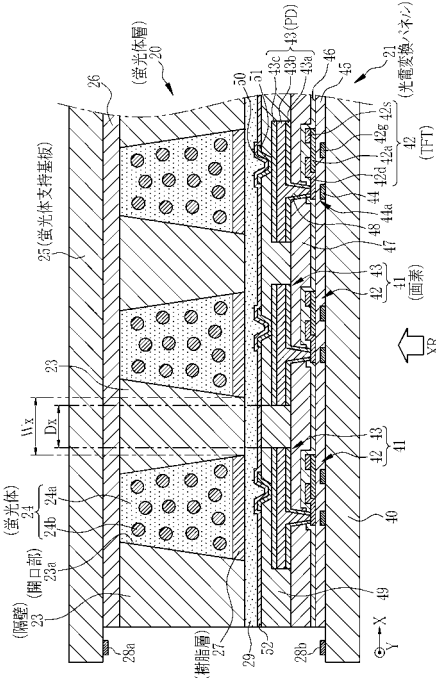
(54) 【発明の名称】 放射線画像検出装置

(57) 【要約】

【課題】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。

【解決手段】 X線画像検出装置10は、光電変換パネル21、蛍光体層20、樹脂層27を備える。光電変換パネル21は、光電変換を行うフォトダイオード(PD)43を含む画素41が2次元マトリクス状に配列された撮像面を有する。蛍光体層20は、各PD43に対応した位置に開口部23aが形成された隔壁23と、各開口部23aに充填され、X線を可視光に変換する蛍光体24とを有する。開口部23aの撮像面に平行な方向の断面積は、光電変換パネル21側のほうが、光電変換パネル21とは反対側より大きい。蛍光体24は、前記各開口部23a内に、光電変換パネル21側に空隙を残して充填されている。この空隙に樹脂層27が形成されている。

【選択図】 図4



【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 次元配列された撮像面を有する光電変換パネルと、

隔壁と蛍光体とを備え、前記隔壁は、前記各フォトダイオードに対応して配置されるとともに、前記撮像面に平行な方向の断面積が、前記光電変換パネル側のほうが、前記光電変換パネルとは反対側より大きい開口部を有し、前記蛍光体は、前記各開口部内に、前記光電変換パネル側に空隙を残して充填され、放射線を可視光に変換する蛍光体層と、

前記空隙に形成された樹脂層と、

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】

前記光電変換パネル及び前記蛍光体層は、前記放射線が入射する側から、前記光電変換パネル、前記蛍光体層の順番に配置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 3】

前記蛍光体層は、前記樹脂層が形成された表面が、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か、または、前記樹脂層が形成された表面が、前記光電変換パネルに直接当接し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】

前記各開口部は、前記光電変換パネルから離れる方向に次第に前記断面積が減少してい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。

20

【請求項 5】

前記蛍光体層の前記光電変換パネルと反対側の表面に、前記可視光を反射する光反射層が形成されていることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 6】

前記蛍光体層は、蛍光体支持基板上に、前記光反射層を介して形成され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。

【請求項 7】

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 3 から 6 いずれか 1 項に記載の放射線画像検出装置。

30

【請求項 8】

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 7 に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 9】

前記隔壁の前記光電変換パネル側の開口率が 85% 以上であることを特徴とする請求項 3 から 8 いずれか 1 項に記載の放射線画像検出装置。

【請求項 10】

前記蛍光体層の厚みが 400 μm 以上であ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。

40

【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。

50

【 0 0 0 3 】

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。

【 0 0 0 4 】

蛍光体層には、 $GOS (Gd_2O_2S : Tb)$ 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。

10

【 0 0 0 5 】

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。

20

【 0 0 0 6 】

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。

【 0 0 0 7 】

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。

30

【 0 0 0 8 】

特許文献１に記載の放射線画像検出装置では、隔壁の開口部の断面積（開口率）は、蛍光体層の厚さ方向に一定である。蛍光体層中に隔壁を設けると、その分だけ蛍光体層での発光量が低下するため、特許文献２、３に記載の放射線画像検出装置では、隔壁の光電変換パネル側の開口率を、光電変換パネルとは反対側の開口率より大きくすることにより、光電変換パネル側での蛍光体層の発光量を高めている。

40

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 0 5 5 1 6 5 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 1 - 2 3 2 1 9 7 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 平 9 - 6 1 5 3 6 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

50

しかしながら、特許文献 2、3 に記載のように、隔壁の光電変換パネル側の開口率を大きくすると、その分だけ光電変換パネル側の隔壁の幅が薄くなり、破損しやすくなる。また、隔壁の高さにばらつきが生じやすくなるので、特許文献 2 に記載のように、隔壁の開口部に、蛍光体を充填することにより蛍光体層を形成した場合には、蛍光体層の光電変換パネル側の表面の平坦性が低く、凹凸が生じ、光電変換パネルと蛍光体層との間に空気層が生じる恐れがある。

【0011】

光電変換パネルと蛍光体層との間に空気層が介在すると、蛍光体と空気層との間の屈折率差が生じ、蛍光体の屈折率が空気層の屈折率より大きいことにより、蛍光体から光電変換パネルに向かう可視光が、蛍光体と空気層との界面で反射されやすくなり、フォトダイ

10

【0012】

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】

【0013】

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 次元配列された撮像面を有する光電変換パネルと、隔壁と蛍光体とを備え、隔壁は、各フォトダイオードに対応して配置されるとともに、撮像面に平行な

20

【0014】

光電変換パネル及び蛍光体層は、放射線が入射する側から、光電変換パネル、蛍光体層の順番に配置されていることが好ましい。

【0015】

蛍光体層は、樹脂層が形成された表面が、粘着層を介して光電変換パネルに貼り合わされているか、または、樹脂層が形成された表面が、光電変換パネルに直接当接していることが好ましい。

30

【0016】

各開口部は、光電変換パネルから離れる方向に次第に断面積が減少していることが好ましい。

【0017】

蛍光体層の光電変換パネルと反対側の表面に、可視光を反射する光反射層が形成されていることが好ましい。この場合、蛍光体層は、蛍光体支持基板上に、光反射層を介して形成されていることが好ましい。

【0018】

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。隔壁は、蛍光体より屈折率が低いことが好ましい。

40

【0019】

隔壁の光電変換パネル側の開口率が 85% 以上であることが好ましい。この場合、蛍光体層の厚みが 400 μm 以上であることが好ましい。

【発明の効果】

【0020】

本発明の放射線画像検出装置によれば、隔壁は、光電変換パネル側のほうが、光電変換パネルとは反対側より断面積が大きい開口部を有し、蛍光体は、各開口部内に、光電変換パネル側に空隙を残して充填され、この空隙に樹脂層が形成されているので、光電変換パネルと蛍光体との間に空気層が介在せず、感度の低下を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 1 】

【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 I V - I V 線に沿う F P D 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】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 9】F P D の第 1 変形例を説明する図である。

10

【図 10】F P D の第 2 変形例を説明する図である。

【図 11】F P D の第 3 変形例を説明する図である。

【図 12】F P D の第 4 変形例を説明する図である。

【図 13】隔壁の第 1 変形例を説明する図である。

【図 14】隔壁の第 2 変形例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

図 1 において、X 線画像検出装置 1 0 は、フラットパネル検出器（F P D : Flat Panel Detector）1 1 と、回路支持基板 1 2 と、制御ユニット 1 3 と、これらを収容する筐体 1 4 により構成されている。筐体 1 4 は、X 線 X R 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 1 0 は、可搬型の電子カセットである。

20

【 0 0 2 3 】

筐体 1 4 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 1 0 の製造時には、開口部から F P D 1 1 や制御ユニット 1 3 が筐体 1 4 内に挿入される。

【 0 0 2 4 】

筐体 1 4 には、撮影時に X 線源 8 0（図 8 参照）から放射され、被写体（患者）8 1（図 8 参照）を透過した X 線 X R が照射される照射面 1 4 a が設けられている。この照射面 1 4 a には、被写体 8 1 の撮像可能領域とその中心位置とを示すガイド線 1 5 が形成されている。ガイド線 1 5 の外枠が、撮影可能領域に対応し、ガイド線 1 5 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。

30

【 0 0 2 5 】

筐体 1 4 内には、照射面 1 4 a 側から順に、F P D 1 1、回路支持基板 1 2 が配置されている。回路支持基板 1 2 は、回路基板 3 0（図 2 参照）を支持しており、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。

【 0 0 2 6 】

制御ユニット 1 3 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 8 0 に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。

40

【 0 0 2 7 】

図 2 において、F P D 1 1 は、X 線 X R を可視光に変換する蛍光体層（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、蛍光体層 2 0 より X 線 X R の入射側に配置されている。蛍光体層 2 0 は、光電変換パネル 2 1 を透過した X 線 X R を可視光に変換して放出する。光電変換パネル 2 1 は、蛍光体層 2 0 から放出された可視光を光電変換して電荷に変換する。

【 0 0 2 8 】

光電変換パネル 2 1 は、筐体 1 4 の照射面 1 4 a 側の内面に、エポキシ樹脂等からなる

50

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。表面 21a のうち、PD 43 が配列された領域が撮像面である。

【0029】

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 PD 43 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、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。

10

【0030】

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。

【0031】

隔壁 23 の各開口部 23a は、平面形状がほぼ PD 43 の形状に対応した四角形である。各開口部 23a の XY 面に平行な方向の断面積は、光電変換パネル 21 から離れる方向に次第に小さくなっている。蛍光体 24 は、各開口部 23a 内に、蛍光体支持基板 25 側から充填されており、光電変換パネル 21 側までは完全には満たされていない。この各開口部 23a の光電変換パネル 21 側には、樹脂層 27 が充填されている。各蛍光体 24 は、テーパ状の 4 つの側面を有する四角錐台 (オベリスク) 形状である。

20

【0032】

各開口部 23a は、蛍光体 24 と樹脂層 27 とで完全に満たされており、各開口部 23a 内には空気層は存在しない。また、樹脂層 27 は、隔壁 23 の光電変換パネル 21 側を保護している。

【0033】

樹脂層 27 の屈折率は、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を高める (樹脂層 27 の表面での反射を抑える) ために、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 24 の屈折率は、バインダ 24a の屈折率が支配的であるため、樹脂層 27 の屈折率は、バインダ 24a の屈折率に近く、かつバインダ 24a 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 27 への可視光の入射効率が向上する。

30

【0034】

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 28a が形成されている。各第 1 のアライメントマーク 28a 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 28a の平面形状は、例えば十字状である。

40

【0035】

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 29 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 28a に対向する位置に、第 2 のアライメントマーク 28b が形成されている。各第 2 のアライメントマーク 28b 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 28a と同一形状でかつ同一サイズである。第 1 及び第 2 のアライメントマーク 28a, 28b は、蛍光体層 20 を光電変換パネル 21 に貼り合わせる際に、PD 43 と隔壁 23 とを位置合わせするために用いられる。

【0036】

50

回路支持基板 12 は、蛍光体支持基板 25 の X 線 X R の入射側とは反対側に配置されている。回路支持基板 12 は、筐体 14 の側部 14 b 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 12 a には、回路基板 30 が接着剤等を介して固定されている。

【0037】

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 T A B (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 21 b に接続されている。

【0038】

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 31 a 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 31 b が搭載されている。回路基板 30 には、チャージアンプ 31 b 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 30 a や、画像データを記憶する画像メモリ 30 b が搭載されている。信号処理部 30 a 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 31 a 、チャージアンプ 31 b 、信号処理部 30 a 、画像メモリ 30 b は、それぞれ集積回路として構成されている。

【0039】

回路支持基板 12 は、X 線 X R から回路基板 30 、信号処理部 30 a 、及び画像メモリ 30 b 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。

【0040】

図 3 において、各 P D 43 の平面形状はほぼ正形状 (例えば、 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の正形状) であり、X 方向に間隔 D_x だけ離して配置されており、Y 方向に間隔 D_y だけ離して配置されている。間隔 D_x , D_y は、 $5 \sim 10\mu\text{m}$ 程度である。隔壁 23 の各開口部 23 a は、その中心が各 P D 43 の中心とほぼ一致している。XY 面に平行な方向における各開口部 23 a の光電変換パネル 21 側の断面積は、P D 43 の面積より小さい。このため、光電変換パネル 21 側における X 方向及び Y 方向への隔壁 23 の幅 (開口部 23 a の間隔) W_x , W_y は、それぞれ P D 43 の間隔 D_x , D_y より大きい。

【0041】

隔壁 23 の光電変換パネル 21 側の開口率は、85% 以上であることが好ましい。この開口率とは、XY 平面における蛍光体層 20 の面積に対する開口部 23 a の面積の割合である。また、この場合、蛍光体層 20 の厚みは、 $400\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

【0042】

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) 24 a と、このバインダ 24 a に分散された複数の蛍光体粒子 24 b とで構成されている。蛍光体粒子 24 b は、G O S (Gd_2O_2S : T b) 等の粒状結晶であり、X 線 X R を吸収して可視光を発生する。

【0043】

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 X R の透過性を向上させるために、厚みが 0.5mm 以下であることが好ましい。

【0044】

各画素 41 は、薄膜トランジスタ (T F T) 42 と、この T F T 42 に接続された P D 43 とを有する。P D 43 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。T F T 42 は、P D 43 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。

【0045】

T F T 42 は、逆スタガ型であり、ゲート電極 42 g 、ソース電極 42 s 、ドレイン電極 42 d 、及び活性層 42 a を有する。ゲート電極 42 g は、絶縁性基板 40 上に形成さ

10

20

30

40

50

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 28 b が形成されている。第 2 のアライメントマーク 28 b は、ゲート電極 42 g 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。

【0046】

絶縁性基板 40 上には、ゲート電極 42 g 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 42 g に対向するように、活性層 42 a が配置されている。ソース電極 42 s 及びドレイン電極 42 d は、活性層 42 a 上に所定間隔だけ離して配置されている。ドレイン電極 42 d 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 44 a を構成している。

10

【0047】

ゲート電極 42 g、ソース電極 42 s、ドレイン電極 42 d、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 42 a 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 42 s、ドレイン電極 42 d、及び活性層 42 a 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。

【0048】

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 ~ 4 μm の膜厚に形成したものである。

20

【0049】

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 42 d を露出させるコンタクトホール 48 が形成されている。PD 43 は、コンタクトホール 48 を介して TFT 42 のドレイン電極 42 d に接続している。PD 43 は、下部電極 43 a、半導体層 43 b、上部電極 43 c により形成されている。

【0050】

下部電極 43 a は、コンタクトホール 48 内を覆い、かつ TFT 42 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 42 d に接続されている。この下部電極 43 a 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 43 b は、下部電極 43 a 上に積層されている。半導体層 43 b 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 43 c は、半導体層 43 b 上に形成されている。この上部電極 43 c 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。

30

【0051】

この PD 43 及び第 1 の平坦化膜 47 上には、PD 43 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 ~ 4 μm の膜厚に形成したものである。

40

【0052】

第 2 の平坦化膜 49 には、上部電極 43 c 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 43 c 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 PD 43 の上部電極 43 c に共通に接続されており、バイアス電圧を各上部電極 43 c 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。

【0053】

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。

50

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 29 を介して蛍光体層 20 が貼り合わされている。各開口部 23a 内に形成された樹脂層 27 は、粘着層 29 に密着している。

【0054】

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、TFT 42、PD 43、及びキャパシタ 44a が含まれている。各画素 41 は、TFT 42 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、TFT 42 のゲート電極 42g に接続されている。データ配線 61 は、TFT 42 のドレイン電極 42d に接続されている。

10

【0055】

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 TFT 42 をオンさせる。TFT 42 がオンすると、PD 43 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。

【0056】

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) を介して外部に読み出し可能である。

20

【0057】

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 28a を形成する。光反射膜 26 と第 1 のアライメントマーク 28a 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。

30

【0058】

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 28a 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。

【0059】

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。

40

【0060】

フォトマスク 71 には、前述の隔壁 23 の開口部 23a の平面形状に対応した透過部 71a が形成されており、この透過部 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。フォトマスク 71 は、いわゆるグレースケールマスクであり、透過部 71a は、露光光 EL に対する透過率が XY 方向に変化している。この透過率は、開口部 23a のテーパ形状に応じて設定されている。

【0061】

本実施形態では、感光性ペースト 70 は、ポジ型である。感光性ペースト 70 を、フォトマスク 71 による露光後、現像することにより感光した部分が残存する。これを焼成す

50

ることにより、図 6 (C) に示すように、隔壁 2 3 が形成される。隔壁 2 3 には、フォトマスク 7 1 の透過部 7 1 a に対応する位置に、テーパ状の側面を有する開口部 2 3 a が形成される。露光時のフォトマスク 7 1 の位置は、第 1 のアライメントマーク 2 8 a を用いて設定される。このため、隔壁 2 3 は、第 1 のアライメントマーク 2 8 a に対して、高精度に形成される。

【 0 0 6 2 】

そして、バインダ 2 4 a の溶液 (結合剤溶液) に、G O S 等で形成された蛍光体粒子 2 4 b を分散させた蛍光体塗布液を隔壁 2 3 上に塗布して、図 6 (D) に示すように、蛍光体塗布液を各開口部 2 3 a に充填させる。このとき、各開口部 2 3 a 内を蛍光体 2 4 で完全には埋めずに、上部に空隙 2 3 b を残しておく。空隙 2 3 b の深さは、例えば、1 0 ~ 2 0 μ m 程度とする。この後、開口部 2 3 a に充填された蛍光体塗布液を乾燥させることにより、蛍光体 2 4 が形成される。

10

【 0 0 6 3 】

結合剤溶液は、例えば、ポリビニルブチラル樹脂、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 2 4 b は、例えば、平均粒子径が約 5 μ m の G O S 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。

【 0 0 6 4 】

そして、図 6 (E) に示すように、空隙 2 3 b に樹脂材を充填することにより、蛍光体 2 4 の表面上に樹脂層 2 7 を形成する。これにより、各開口部 2 3 a 内が、蛍光体 2 4 と樹脂層 2 7 とで完全に充填される。この樹脂材としては、蛍光体塗布液より粘度が低い熱硬化性樹脂や紫外線硬化性樹脂を用いることが好ましい。

20

【 0 0 6 5 】

この後、図 7 に示すように、蛍光体層 2 0 上に、樹脂層 2 7 を介してアクリル系接合剤等からなる粘着層 2 9 を形成し、蛍光体層 2 0 を、樹脂層 2 7 及び粘着層 2 9 を介して光電変換パネル 2 1 の表面 2 1 a 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 2 1 の裏面 2 1 c からローラ (図示) で光電変換パネル 2 1 を蛍光体層 2 0 に対して押圧することにより行う。光電変換パネル 2 1 は、周知の半導体プロセスにより製造されたものである。

30

【 0 0 6 6 】

蛍光体層 2 0 と光電変換パネル 2 1 との貼り合わせ時には、例えば、蛍光体支持基板 2 5 の蛍光体層 2 0 とは反対側から、カメラ 7 2 を用いて、蛍光体支持基板 2 5 を介して第 1 及び第 2 のアライメントマーク 2 8 a , 2 8 b を撮像し、第 1 及び第 2 のアライメントマーク 2 8 a , 2 8 b との重なり度合いが最も高い位置に蛍光体層 2 0 と光電変換パネル 2 1 とを位置決めした上で、両者を貼り合わせる。

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、各開口部 2 3 a 内の表層に樹脂層 2 7 を形成していることにより、粘着層 2 9 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

【 0 0 6 8 】

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。

【 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 8 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。

50

【0070】

撮影者がコンソールを操作してX線源80及びX線画像検出装置10に撮影開始を指示すると、X線源80からX線XRが射出され、被写体81を透過したX線XR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XRは、筐体14、接着層22、光電変換パネル21、粘着層29、樹脂層27を順に通過して、蛍光体層20に入射する。

【0071】

蛍光体層20では、蛍光体24に含まれる複数の蛍光体粒子24bが、入射したX線XRを吸収して可視光を発生する。蛍光体粒子24bにより発生された可視光は、隔壁23の開口部23a内を伝播する。具体的には、蛍光体粒子24bでの発光は、等方的であり、PD43の方向に伝播する可視光は、樹脂層27及び粘着層29を透過して光電変換パネル21に入射する。逆に、光反射膜26の方向に伝播する可視光は、光反射膜26で反射された後、PD43の方向に伝播し、同様に光電変換パネル21に入射する。また、横方向に伝播する可視光は、隔壁23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21または光反射膜26の方向へ伝播を行い、最終的に光電変換パネル21に入射する。このように、各蛍光体24で発生した可視光は、隔壁23により拡散が抑えられ、各蛍光体24に対応するPD43に効率よく入射する。

【0072】

光電変換パネル21に入射した可視光は、保護絶縁膜52及び第2の平坦化膜49を透過して、PD43に入射する。可視光は、PD43により電荷に変換され、変換された電荷は、PD43及びキャパシタ44aに蓄積される。X線源80からのX線照射が終了すると、ゲートドライバ31aにより、ゲート配線60を介してTF42のゲート電極42g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TF42が列方向に順にオンとなり、オンとなったTF42を介して、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。

【0073】

データ配線61に出力された電荷は、チャージアンプ31bにより電圧信号に変換されて信号処理部30aに入力される。信号処理部30aにより、全画素41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30bに記憶される。

【0074】

本実施形態では、隔壁23には、開口率が大きい光電変換パネル21側からX線XRが入射するので、蛍光体24での発光量が大きい。また、各開口部23a内の表層に樹脂層27が形成されていることにより、蛍光体24と光電変換パネル21の間に空気層が介在せず、蛍光体24から光電変換パネル21に向かう可視光が、効率よく光電変換パネル21に入射される。この両者により、X線画像検出装置10の感度が相乗的に向上する。

【0075】

また、本実施形態では、蛍光体支持基板25側の隔壁23の幅が大きいので、蛍光体層20の自重が加わりやすい蛍光体支持基板25側の破損を防止することができる。

【0076】

なお、上記実施形態では、蛍光体層20を、粘着層29を介して光電変換パネル21に貼り合わせているが、粘着層29を設けず、蛍光体層20を光電変換パネル21に直接当接させてもよい。粘着層29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。

【0077】

このように、蛍光体層20を光電変換パネル21に直接当接させ場合には、隔壁23の光電変換パネル21側の幅が小さいため、隔壁23の損傷が懸念されるが、本発明では、隔壁23の光電変換パネル21側は、樹脂層27で保護されているため、損傷が防止され

10

20

30

40

50

る。

【0078】

また、上記実施形態では、隔壁23の各開口部23aの空隙23bに樹脂層27を形成しているが、図9に示すように、樹脂層27を形成せずに、空隙23bを、樹脂材で形成された粘着層29の一部で埋めてもよい。

【0079】

また、上記実施形態では、各開口部23aの空隙23bのみを埋めるように樹脂層27を形成しているが、図10に示すように、蛍光体支持基板25の表面25aからの高さが蛍光体層20より高い壁部90を、蛍光体層20の外周を囲うように形成し、壁部90で囲われた蛍光体層20上の空間（空隙23bを含む）を埋めるように、樹脂層91を形成してもよい。これにより、樹脂層91の表面の平坦性が向上する。

10

【0080】

この場合、樹脂層91の表面上に粘着層29を形成し、蛍光体層20を、樹脂層91及び粘着層29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29を設けず、樹脂層91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29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。

【0081】

また、図11に示すように、隔壁23の開口部23aのうち、最も外側に位置する開口部23a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、壁部92で囲われた蛍光体層20上の空間（空隙23bを含む）を埋めるように、前述の樹脂層91を形成してもよい。この場合も同様に、樹脂層91の表面上に粘着層29を形成してもよいし、粘着層29を形成せずに、樹脂層91を光電変換パネル21に直接当接させてもよい。

20

【0082】

また、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23b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29を形成してもよいし、粘着層29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の屈折率は、蛍光体24の屈折率に近いことが好ましい。

30

【0083】

また、上記実施形態では、XY面に平行な方向における開口部23aの断面積が光電変換パネル21から離れる方向に単調に減少する隔壁23を用いているが、開口部の断面積が、光電変換パネル21側のほうが、光電変換パネル21とは反対側より大きければ（X線入射側の開口率が、X線入射側とは反対側の開口率大きければ）、どのような隔壁を用いてもよい。例えば、図13に示すように、開口部94aの断面積が階段状に変化する隔壁94を用いてもよい。また、図14に示すように、開口部95aの断面積が光電変換パネル21側から離れる方向に所定の位置まで単調に減少し、所定の位置から階段状に変化して一定となる隔壁95を用いてもよい。

【0084】

また、上記実施形態では、隔壁23の蛍光体支持基板25からの高さが一定であるが、これに代えて、X方向に平行な部分とY方向に平行な部分とで、蛍光体支持基板25からの高さが異なる隔壁を用いてもよい。このような隔壁は、プラズマディスプレイパネル用部材として特開2009-231280号公報により知られている。

40

【0085】

また、上記実施形態では、隔壁23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2009-231280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23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23の側面に、金属等で反射膜を形成してもよい。

50

【 0 0 8 6 】

また、上記実施形態では、図 3 に示すように正方格子状の隔壁 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。

【 0 0 8 7 】

また、上記実施形態では、蛍光体粒子 2 4 b として G O S 粒子を用いているが、蛍光体粒子 2 4 b として、 $A_2O_2S : X$ (ただし、A は、Y, L a, G d, L u のうちいずれか 1 つ、X は、E u, T b, P r のうちのいずれか 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 2 4 b として、 $A_2O_2S : X$ に共付活剤としてセリウム (C e) またはサマリウム (S m) を含めたものを用いてもよい。

10

【 0 0 8 8 】

また、上記実施形態では、T F T 4 2 の活性層 4 2 a 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、I n - 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。

【 0 0 8 9 】

また、上記実施形態では、P D 4 3 の半導体層 4 3 b 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 2 0 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。

20

【 0 0 9 0 】

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 α 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 】

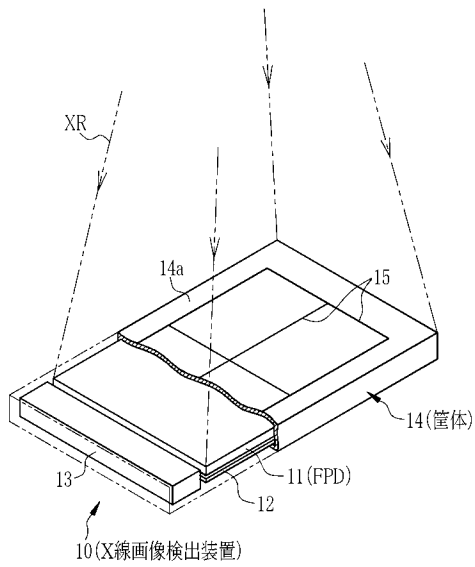
30

【 0 0 9 1 】

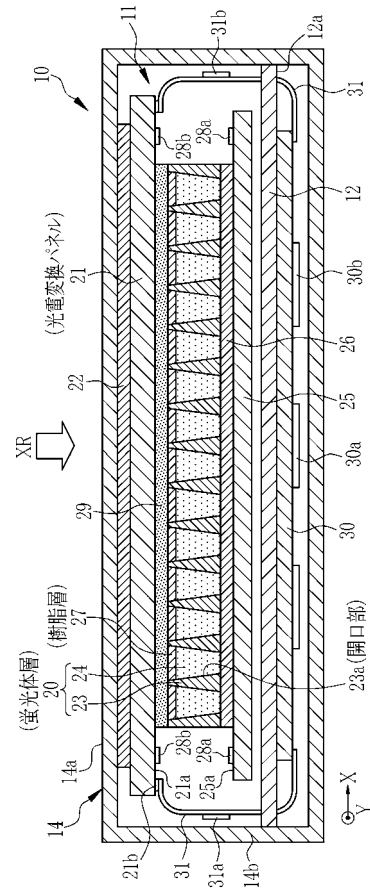
- 1 0 X 線画像検出装置
- 1 2 回路支持基板
- 2 0 蛍光体層
- 2 1 光電変換パネル
- 2 3 隔壁
- 2 3 a 開口部
- 2 3 b 空隙
- 2 4 蛍光体
- 2 4 a バインダ
- 2 4 b 蛍光体粒子
- 2 5 蛍光体支持基板
- 2 6 光反射膜
- 2 7 樹脂層
- 2 9 粘着層
- 4 1 画素
- 4 3 フォトダイオード

40

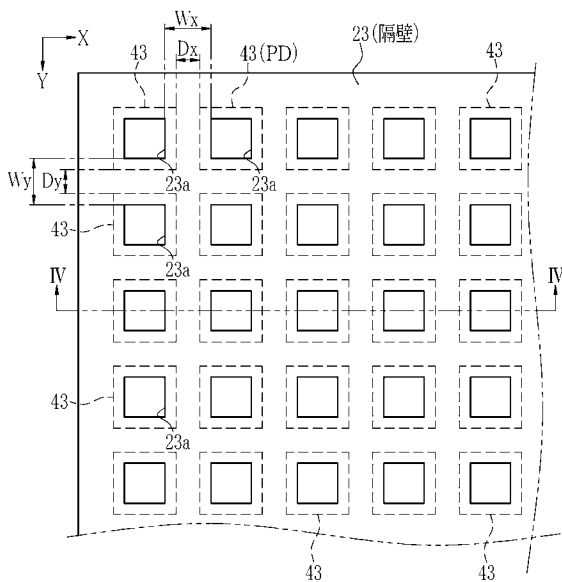
【図 1】



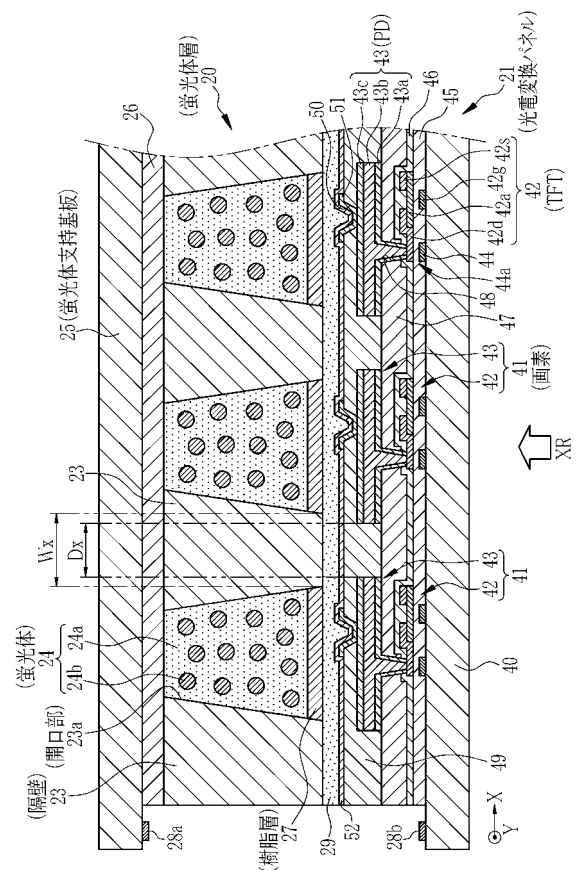
【図 2】



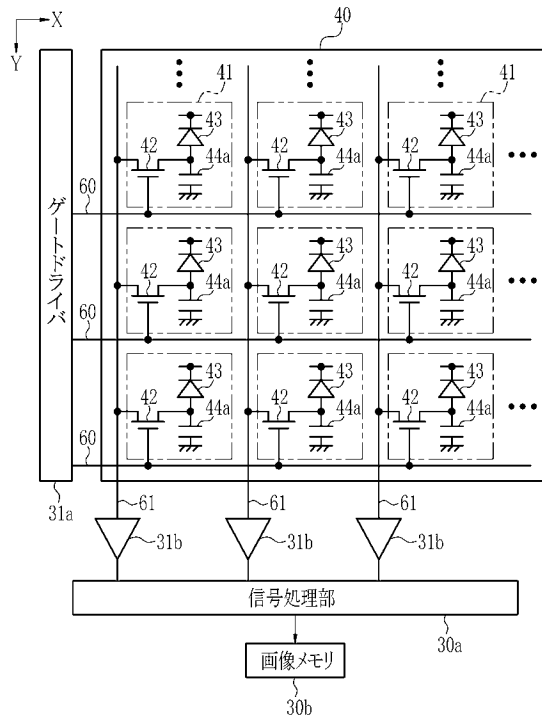
【図 3】



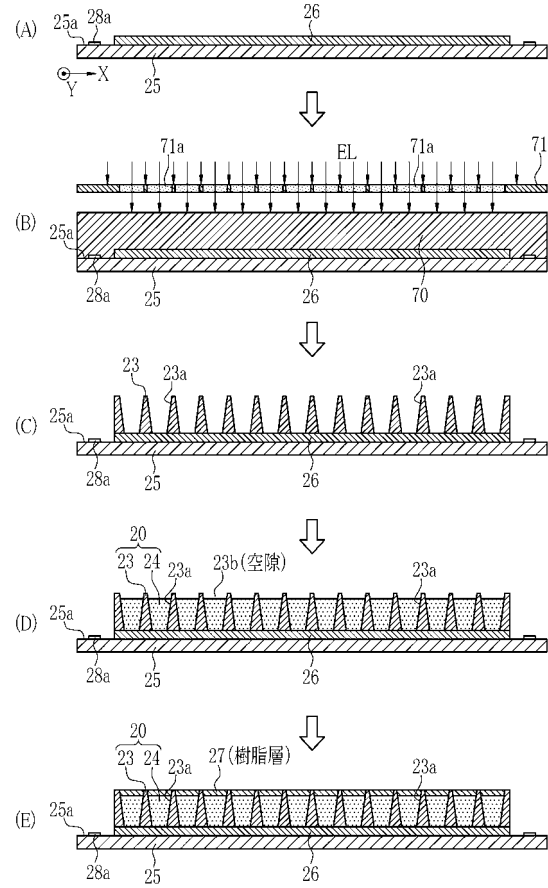
【図 4】



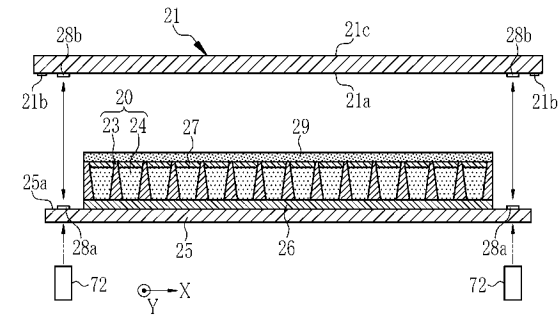
【図 5】



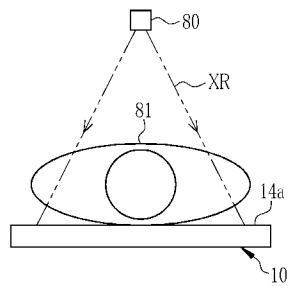
【図 6】



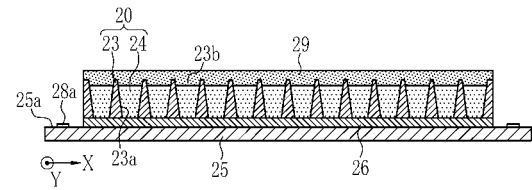
【図 7】



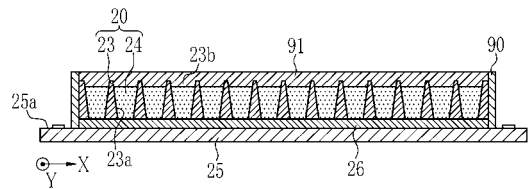
【図 8】



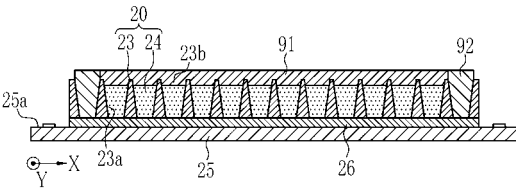
【図 9】



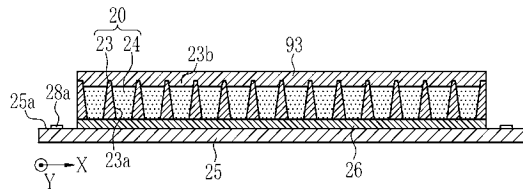
【図 10】



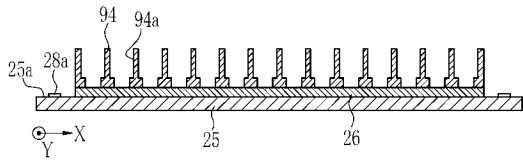
【図 11】



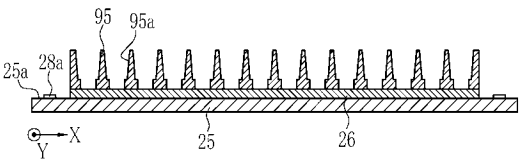
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 岡田 美広
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士フイルム株式会社内
- (72)発明者 渡野 弘隆
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士フイルム株式会社内
- (72)発明者 成行 書史
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士フイルム株式会社内
- (72)発明者 中津川 晴康
神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士フイルム株式会社内

F ターム(参考) 2G188 AA03 BB02 CC12 CC15 CC16 CC18 CC24 CC25 CC26 DD05
DD10 DD12 DD24 DD25 DD42 DD43 DD45 DD47 EE32 FF11
FF14 FF16 FF18 FF20
4C093 AA01 CA02 CA06 CA32 CA38 DA06 EB12 EB20