

【公報種別】特許公報の訂正

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】令和7年3月7日(2025.3.7)

【特許番号】特許第7633021号(P7633021)

【登録日】令和7年2月10日(2025.2.10)

【特許公報発行日】令和7年2月19日(2025.2.19)

【年通号数】登録公報(特許)2025-031

【出願番号】特願2020-217042(P2020-217042)

【訂正要旨】特許権者中、レイエンス カンパニー リミテッド及びバテック イウ ホールディングス カンパニー リミテッドの住所の誤載により、下記のとおり全文を訂正する。

10

【国際特許分類】

G 0 1 T 1/20(2006.01)

G 0 1 T 1/24(2006.01)

H 1 0 F 30/20(2025.01)

H 1 0 F 39/10(2025.01)

H 1 0 F 39/18(2025.01)

H 1 0 F 39/12(2025.01)

【F I】

G 0 1 T 1/20 E

G 0 1 T 1/20 G

G 0 1 T 1/24

H 1 0 F 30/20

H 1 0 F 39/10 K

H 1 0 F 39/18 C

H 1 0 F 39/12 D

20

【記】別紙のとおり

30

40

50

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7633021号
(P7633021)

(45)発行日 令和7年2月19日(2025.2.19)

(24)登録日 令和7年2月10日(2025.2.10)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 1 T	1/20 (2006.01)	G 0 1 T	1/20 E
G 0 1 T	1/24 (2006.01)	G 0 1 T	1/20 G
H 1 0 F	30/20 (2025.01)	G 0 1 T	1/24
H 1 0 F	39/10 (2025.01)	H 1 0 F	30/20
H 1 0 F	39/18 (2025.01)	H 1 0 F	39/10 K
		請求項の数 12 (全18頁) 最終頁に続く	
(21)出願番号	特願2020-217042(P2020-217042)	(73)特許権者	515157611
(22)出願日	令和2年12月25日(2020.12.25)		レイエンス カンパニー リミテッド
(65)公開番号	特開2021-110741(P2021-110741 A)		大韓民国 1 8 4 4 9 キョンギド ファ
(43)公開日	令和3年8月2日(2021.8.2)		ソンシ サムソン 1口 1ギル (ソクウ
審査請求日	令和5年12月21日(2023.12.21)		- ドン) 1 4
(31)優先権主張番号	16/731,007		(Seokwoo - dong) 1 4 , S
(32)優先日	令和1年12月30日(2019.12.30)		amsung 1 - ro 1 - gil H
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		waseong - si Gyeong g
		(73)特許権者	i - do 1 8 4 4 9 KR
			516053154
			パテック イウ ホールディングス カン
			パニー リミテッド
			大韓民国 1 8 4 4 9 ギョンギド ファ
			ソンシ サムスン 1口 2ギル (ソクウ
			- ドン) 1 3
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 X線検出器およびX線検出器の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のフォトダイオードを含むフォトダイオード層と、
ゲート信号を出力するゲート駆動回路と、
前記複数のフォトダイオードに蓄積された電荷が読み出されるデータ駆動回路と、
前記フォトダイオード層上に配置され、前記フォトダイオード層内の2以上のフォトダイオードにそれぞれ接続される複数のピクセル駆動ICとを含み、
前記複数のピクセル駆動ICは、
前記ゲート信号に応答してタイミング信号を生成するタイミング発生器と、
前記2以上のフォトダイオードにそれぞれ接続され、前記各フォトダイオードに蓄積された電荷を前記データ駆動回路に出力する複数のスイッチと、
前記タイミング信号に基づいて前記複数のスイッチを同時または順次にターンオンするピクセル駆動トランジスタとを含む、X線検出器。

【請求項2】

前記複数のピクセル駆動ICは、前記フォトダイオード層とは別に製造され、前記フォトダイオード層上に搭載される、請求項1に記載のX線検出器。

【請求項3】

前記複数のピクセル駆動ICは4つのフォトダイオードに接続される、請求項1に記載のX線検出器。

【請求項4】

前記フォトダイオードはアモルファスまたは多結晶半導体を含み、

前記複数のピクセル駆動 IC は単結晶半導体を含む、請求項 1 に記載の X 線検出器。

【請求項 5】

前記フォトダイオード層の反対側の前記複数のピクセル駆動 IC 上に形成され、X 線を可視光線に変換するシンチレータ層をさらに含む、請求項 1 に記載の X 線検出器。

【請求項 6】

前記複数のピクセル駆動 IC の反対側の前記フォトダイオード層上に形成され、X 線を可視光線に変換するシンチレータ層をさらに含む、請求項 1 に記載の X 線検出器。

【請求項 7】

前記複数のピクセル駆動 IC は、それぞれ、前記フォトダイオード層を貫通する少なくとも一つのコンタクト電極によって前記 2 以上のフォトダイオードに接続される、請求項 1 に記載の X 線検出器。

10

【請求項 8】

絶縁基板に、複数のフォトダイオードを含むフォトダイオード層を形成するステップと、単結晶半導体ウエハに複数のピクセル駆動 IC を形成するステップと、

前記複数のピクセル駆動 IC を前記フォトダイオード層上に搭載し、前記複数のピクセル駆動 IC をそれぞれ前記フォトダイオード層内の 2 以上のフォトダイオードと接続するステップとを含み、

前記複数のピクセル駆動 IC は、

タイミング信号を発生するタイミング発生器と、

20

前記 2 以上のフォトダイオードにそれぞれ接続され、前記各フォトダイオードに蓄積された電荷を読み出す複数のスイッチと、

前記タイミング信号に基づいて前記複数のスイッチを同時または順次にターンオンするピクセル駆動トランジスタとを含み、

前記複数のピクセル駆動 IC を前記フォトダイオード層上に搭載するステップは、

前記複数のピクセル駆動 IC をスタンプに転写するステップと、

前記スタンプで前記複数のピクセル駆動 IC を前記フォトダイオード層上に印刷するステップを含む、X 線検出器の製造方法。

【請求項 9】

前記フォトダイオード層上に接着層を形成するステップをさらに含むことにより、前記複数のピクセル駆動 IC は前記接着層に接着される、請求項 8 に記載の X 線検出器の製造方法。

30

【請求項 10】

前記フォトダイオード層の反対側の前記複数のピクセル駆動 IC 上にシンチレータ層を形成するステップをさらに含む、請求項 8 に記載の X 線検出器の製造方法。

【請求項 11】

前記複数のピクセル駆動 IC の反対側の前記フォトダイオード層上にシンチレータ層を形成するステップをさらに含む、請求項 8 に記載の X 線検出器の製造方法。

【請求項 12】

前記シンチレータ層を形成する前に、前記フォトダイオード層から前記絶縁基板を除去するステップをさらに含む、請求項 10 または 11 に記載の X 線検出器の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、X線検出器およびX線検出器の製造方法に係り、より具体的には、複数のフォトダイオード (photodiode) と、複数のピクセル駆動IC (pixel driving integrated chips) とを含み、それぞれのピクセル駆動ICは複数のフォトダイオードを同時または順次に制御するX線検出器、並びにその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルX線検出器は、医療用または産業用の放射線撮影で広く使用されている。デジタルX線検出器は、一般に、X線検出器または画像検出器と呼ばれる。デジタル検出器は、間接変換方式 (indirect conversion type) と直接変換方式 (direct conversion type) に区分される。間接変換方式のX線検出器は、i) シンチレータ (scintillator) を用いてX線 (例えば、X線光子) を可視光線 (例えば、光量子) に変換し、ii) 可視光線を電気信号に変換する。直接変換方式のX線検出器は、光導電物質 (photoconductive material) を用いてX線を電気信号に直接変換する。

【0003】

X線検出器は、X線源から照射されて撮影対象を透過してX線検出器に到達したX線を検出する。X線検出器は、検出されたX線を電気信号に変換する。X線検出器は、複数のピクセルを含むピクセルアレイパネル (pixel array panel) を含む。各ピクセルは、受光素子 (例えば、フォトコンダクタ (photoconductor) またはフォトダイオード) と、各ピクセルの受光素子を駆動するための駆動素子とを含む。

【0004】

X線検出器は、絶縁基板をベースにした薄膜トランジスタ (TFT、Thin-Film Transistor) 工程または単結晶半導体ウエハ (wafer) をベースにした相補型金属酸化物半導体 (CMOS、Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 工程で製造できる。TFT工程は、低い製造コストで大面積X線検出器を製造する上で有利である。CMOS工程は、高画質X線検出器を製造する上で有利である。これに対し、TFT工程は、アモルファス半導体または多結晶半導体を使用することにより、高画質X線検出器を製造する上で限界があり得る。CMOS工程は、単結晶半導体ウエハのサイズにより、大面積X線検出器を製造する上で制約があり得る。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2018-112434号公報

【文献】特表2018-528408号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、高画質の大面積X線検出器を大量に製造することができる具体的な方案を提示することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明は、複数のフォトダイオードを含むフォトダイオード層と、前記フォトダイオード層上に配置され、前記フォトダイオード層内の2以上のフォトダイオードにそれぞれ接続される複数のピクセル駆動ICとを備える、X線検出器を提供する。

【 0 0 0 8 】

また、本発明は、絶縁基板に、複数のフォトダイオードを含むフォトダイオード層を形成するステップと、単結晶半導体ウエハに複数のピクセル駆動ＩＣを形成するステップと、前記複数のピクセル駆動ＩＣを前記フォトダイオード層上に搭載し、前記複数のピクセル駆動ＩＣをそれぞれ前記フォトダイオード層内の２以上のフォトダイオードに接続するステップとを備える、Ｘ線検出器の製造方法を提供する。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、高画質と大面積のＸ線検出器が提供できる。特に、Ｘ線検出器は、*i*) ピクセル駆動ＩＣとは別に製造され、マトリックス状のピクセルアレイに配列される複数のフォトダイオードを含むフォトダイオード層と、*i i*) フォトダイオード層とは別に製造されてフォトダイオード層上に搭載され、複数のフォトダイオードに接続されて複数のフォトダイオードを同時または順次に制御するピクセル駆動ＩＣとを含むことができる。

10

【 0 0 1 0 】

フォトダイオード層は、ＴＦＴ工程で製造できるため、低い単価で大面積Ｘ線検出器を得る上で有利であり、ピクセル駆動ＩＣは、ＣＭＯＳ工程で製造できるため、高品質のＸ線検出器を得ることができる。

【 0 0 1 1 】

特に、ピクセル駆動ＩＣは、単結晶半導体ウエハに形成され、スタンプに転写されてフォトダイオード層上に搭載できる。

20

【 0 0 1 2 】

従って、本発明に係るＸ線検出器は、高品質と大面積が実現可能である。また、１つのピクセル駆動ＩＣが複数のフォトダイオードを制御するので、本発明によるＸ線検出器は、金属配線などの数を減らして比較的簡単な構造を持つことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図１】本発明の一実施形態に係るＸ線検出器を用いたＸ線撮影を示す図である。

【図２】本発明の一実施形態に係るＸ線検出器の内部構造を示す図である。

【図３】本発明の一実施形態に係るピクセル駆動ＩＣを示す回路図である。

【図４】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器のピクセル領域の断面図である。

30

【図５】本発明の一実施形態に係る背面照射方式のＸ線検出器のピクセル領域の断面図である。

【図６】本発明の一実施形態に係るＸ線検出器の製造方法を示すフローチャートである。

【図７】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図８】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図９】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

40

【図１０】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図１１】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図１２】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図１３】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図１４】本発明の一実施形態に係る前面照射方式のＸ線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

50

【図 1 5】本発明の一実施形態に係る前面照射方式の X 線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図 1 6】本発明の一実施形態に係る前面照射方式の X 線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図 1 7】本発明の一実施形態に係る前面照射方式の X 線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図 1 8】本発明の一実施形態に係る背面照射方式の X 線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図 1 9】本発明の一実施形態に係る背面照射方式の X 線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

10

【図 2 0】本発明の一実施形態に係る背面照射方式の X 線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【図 2 1】本発明の一実施形態に係る X 線検出器のフォトダイオード層に複数のピクセル駆動 IC を搭載する方法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態に係る X 線検出器及びその製造方法について説明する。説明及び理解の便宜のために、X 線検出器は、撮影対象を透過した X 線を受光し、受光された X 線を変換して電気信号を生成する X 線検出器を例として挙げる事ができる。しかし、本発明の実施形態はこれに限定されない。X 線検出器は、画像検出器、イメージセンサ、デジタル検出器などとも呼ばれる。

20

【0015】

図 1 は本発明の一実施形態に係る X 線検出器を用いた X 線撮影を示す図である。

図 1 に示すように、X 線検出器 10 と X 線源 20 は、撮影対象 30 を挟んで互いに向かい合うように配置できる。X 線源 20 は、X 線を生成し、生成された X 線を撮影対象 30 に向かって照射することができる。

【0016】

X 線検出器 10 は、i) X 線源 20 から照射されて撮影対象 30 を透過した X 線を受光し、ii) 受光された X 線を直接または間接的に電気信号に変換する。X 線検出器 10 は、平面の長方形状を持つことができるが、X 線検出器 10 の形状は、これに限定されない。

30

【0017】

一実施形態によれば、X 線検出器 10 は、撮影対象 30 を透過した X 線を受光し、受光された X 線を可視光線に変換する間接変換方式であり得る。この場合、X 線検出器 10 は、X 線を可視光線に変換するシンチレータ層を含むことができる。シンチレータ層は、ヨウ化セシウム (CsI) からなることができるが、本発明はこれに限定されない。例えば、X 線検出器 10 は、X 線を電気信号に直接変換する直接変換方式の X 線検出器であり得る。この場合、X 線検出器からシンチレータ層が省略されてもよい。

【0018】

一実施形態によれば、X 線検出器 10 は、互いに異なる別途の工程で実現されたフォトダイオード層と複数のピクセル駆動 IC とを含むことができ、複数のピクセル駆動 IC は、マイクロ転写印刷 (micro-transfer printing) 技術を用いてフォトダイオード層上に搭載できる。このような X 線検出器 10 の構造は、高品質および大面積を可能にする。

40

【0019】

X 線検出器 10 におけるそれぞれのピクセル駆動 IC は、フォトダイオード層、絶縁層 (ILD、inter-layer dielectric)、コンタクト電極 (contact electrode) と一緒に、所定の 3 次元構造を形成することができる。このような X 線検出器 10 の構造は、フィルファクタ (fill factor) と X 線吸収率を向上させ、撮影対象 30 の X 線露出を最小限に抑えることができる。フィルファクタは、単位ピクセル面積当たりのフォトダイオードの面積比を意味する。

50

【 0 0 2 0 】

一実施形態によれば、X線検出器10は、背面照射方式(BSI、back side illumination type)であり得る。背面照射方式のX線検出器の場合、ピクセル駆動ICを含む駆動層は、フォトダイオード層の下に配置され、フォトダイオード層の下部電極上にシンチレータ層が形成される。したがって、シンチレータ層で変換された光は、ピクセル駆動IC及びコンタクト電極によって遮断されず、フォトダイオード層に到達する。このような背面照射方式のX線検出器10は、フィルファクタをさらに向上させる。

【 0 0 2 1 】

一実施形態によれば、X線検出器10は、i)アモルファスシリコン(a-Si)または多結晶シリコンを含む複数のフォトダイオードが連続した層構造を示すか、或いは島状のアレイ構造で配列されたフォトダイオード層を含むことができる。フォトダイオードが連続した層構造である場合には、製造コストを最小限に抑えることができ、島状のアレイ構造である場合には、隣接するフォトダイオード間のクロストーク(crosstalk)を最小化することができる。

10

【 0 0 2 2 】

一実施形態によれば、X線検出器10は、レーザーリフトオフ技術を利用して絶縁基板、例えばガラス基板を除去することにより、比較的軽く、耐久性が向上することができる。

【 0 0 2 3 】

本発明の一実施形態に係るX線検出器10の構造について、図2を参照してより具体的に説明する。図2は本発明の一実施形態に係るX線検出器の内部構造を示す。

20

【 0 0 2 4 】

図2に示すように、X線検出器10は、ピクセル領域11、ゲート駆動回路12、データ駆動回路13及び制御回路14を含むことができる。ピクセル領域11は、X線を受光し、受光されたX線を可視光線に変換し、可視光線を電気信号に変換するメイン領域であり得る。すなわち、ピクセル領域11は間接変換方式であり得る。しかし、本発明は、これに限定されない。例えば、ピクセル領域11は直接変換方式であってもよい。直接変換方式の場合、ピクセル領域11からシンチレータ層が排除され、ピクセル領域11は光導電層でX線を電気信号に直接変換する。

【 0 0 2 5 】

30

ピクセル領域11は、マトリックス状に配列された複数のピクセルPを含むことができる。各ピクセルPは、入射光を電気信号に変換するフォトダイオードを含むことができる。各ピクセルPは、行方向に延長されたゲートラインGLを介してゲート駆動回路12に接続され、列方向に延長されたデータラインDLを介してデータ駆動回路13に接続されることができる。

【 0 0 2 6 】

一般的なX線検出器は、ピクセル内のフォトダイオードに蓄積された電荷の読み出しのためにそれぞれのピクセルに内蔵され、それぞれのフォトダイオードを制御するピクセル駆動素子を含む。しかし、本発明に係るX線検出器のピクセルは、それぞれのピクセルに内蔵されるピクセル駆動素子の代わりに、フォトダイオード層とは別にマイクロ転写印刷技術でフォトダイオード層上に印刷される複数のピクセル駆動IC1200を含むことができる。

40

【 0 0 2 7 】

特に、本発明に係るX線検出器の複数のピクセル駆動IC1200は、CMOS工程によって単結晶半導体ウエハ上で製造でき、製造された複数のピクセル駆動IC1200は、フォトダイオード層上に搭載できる。

【 0 0 2 8 】

ピクセル駆動IC1200は、それぞれ4つのフォトダイオードに接続され、4つのピクセルを同時または順次に制御することができる。しかし、本発明はこれに限定されない。例えば、一つのピクセル駆動IC1200は、必要に応じて、2つのフォトダイオード

50

、3つのフォトダイオードまたは5つのフォトダイオードに接続できる。つまり、1つのピクセル駆動IC1200は2つ以上のフォトダイオードに接続できる。一つのピクセル駆動IC1200に接続されるフォトダイオードの数は、回路設計の効率性やX線検出器の性能などのさまざまな要因によって変わり得る。

【0029】

ピクセル駆動IC1200は、ゲート駆動回路12のゲート信号に応答して、それぞれに接続された少なくとも2つのフォトダイオードを同時または順次に制御して、少なくとも2つのフォトダイオードのそれぞれに蓄積された電荷をデータ駆動回路13で読み出すことができる。このようなピクセル駆動IC1200に対しては、図3を参照してさらに詳細に説明する。

10

【0030】

再び図2を参照すると、X線検出器10は、ゲート駆動回路12、データ駆動回路13及び制御回路14を含むことができる。制御回路14は、制御信号を生成し、生成された制御信号をゲート駆動回路12及びデータ駆動回路13に伝送して、ゲート駆動回路12及びデータ駆動回路13の動作を制御する。制御回路14は、データ駆動回路13から読み出されたデータをX線検出器10の外部の画像処理回路（図示せず）にフレーム単位で伝達することができる。

【0031】

ゲート駆動回路12は、制御回路14から伝達されるゲート制御信号に基づいて、ゲート信号の出力タイミングを制御することができる。データ駆動回路13は、制御回路14から伝達されるデータ制御信号に基づいて、ピクセルPに蓄積された電荷の読み出しタイミングを制御することができる。

20

【0032】

前述したように、本発明に係るX線検出器10は、それぞれ、少なくとも2つのフォトダイオードに接続され、接続された少なくとも2つのフォトダイオードを同時または順次に制御する複数のピクセル駆動IC1200を含む。このようなピクセル駆動IC1200について、図3を参照して詳細に説明する。

【0033】

図3は本発明の一実施形態に係るピクセル駆動ICを示す回路図である。図3に示すように、ピクセル駆動IC1200は、一例として、4つのピクセルにそれぞれ内蔵された4つの第1乃至第4フォトダイオードPD1、PD2、PD3、PD4に接続され、第1乃至第4フォトダイオードPD1、PD2、PD3、PD4を同時または順次に制御することができる。特に、ピクセル駆動IC1200は、第1乃至第4フォトダイオードPD1、PD2、PD3、PD4を同時または順次にターンオンし、第1乃至第4フォトダイオードPD1、PD2、PD3、PD4にそれぞれ蓄積された電荷をデータ駆動回路へ同時または順次に出力することができる。

30

【0034】

4つのフォトダイオードを同時または順次に制御するために、ピクセル駆動IC1200は、タイミング発生器1210、ピクセル駆動トランジスタ1220、および4つの第1乃至第4スイッチ1231～1234を含むことができる。例えば、ピクセル駆動IC1200は、第1スイッチ1231を介して第1フォトダイオードPD1と電氣的に接続され、第2スイッチ1232を介して第2フォトダイオードPD2と電氣的に接続され、第3スイッチ1233を介して第3フォトダイオードPD3と電氣的に接続され、第4スイッチ1234を介して第4フォトダイオードPD4と電氣的に接続される。

40

【0035】

タイミング発生器1210は、ゲート駆動回路12からクロック信号CLKを受信し、第1乃至第4スイッチ1231～1234を順次スイッチングするためのタイミング信号を発生することができる。少なくとも一実施形態によれば、タイミング発生器1210は、デジタルカウンタまたはシフトレジスタで実現できる。特に、ピクセル駆動ICのサイズを最小化するために、タイミング発生器は、2ビットカウンタを使用することができる。

50

【 0 0 3 6 】

ピクセル駆動トランジスタ 1 2 2 0 は、タイミング発生器 1 2 1 0 のタイミング信号によってターンオンされ、第 1 乃至第 4 フォトダイオード P D 1 ~ P D 4 の少なくとも一つに蓄積された電荷をデータ駆動回路 1 3 に出力することができる。このようなピクセル駆動トランジスタ 1 2 2 0 は、3 トランジスタ (3 T) 構造または 4 トランジスタ (4 T) 構造で実現できる。

【 0 0 3 7 】

以上で説明したように、本発明に係る X 線検出器は、少なくとも 2 つ、例えば、4 つのフォトダイオード P D 1、P D 2、P D 3、P D 4 が一つのピクセル駆動 I C 1 2 0 0 によって制御される。このような X 線検出器 1 0 の構造は、ピクセル及びドライバ回路に結合される金属配線の数を最小限に抑える。よって、充電率を向上させ、製造工程を単純化するうえ、製造コストを減らすことができる。

10

【 0 0 3 8 】

図 4 は本発明の一実施形態に係る X 線検出器のピクセル領域の断面図である。

図 4 は本発明の一実施形態に係る前面照射方式 (front side illumination type) の X 線検出器のピクセル領域を示す。図 4 に示すように、X 線検出器のピクセル領域は、3 つの主要層として、フォトダイオード層 1 0 0、駆動層 2 0 0、シンチレータ層 3 0 0 を含むことができる。

【 0 0 3 9 】

一実施形態によれば、フォトダイオード層 1 0 0 は、絶縁基板 7 1 0 上に形成された共通の下部電極 7 2 0、下部電極 7 2 0 上にマトリックス状に配置された複数のフォトダイオード 7 3 0、及び上部電極 7 4 0 を含むことができる。一例として、絶縁基板 7 1 0 はガラス基板であり得る。

20

【 0 0 4 0 】

複数のフォトダイオード 7 3 0 は、それぞれ可視光線を電気信号に変換することができる。このようなフォトダイオード 7 3 0 は、P + 型領域 (例えば、高濃度 P 型)、I 型領域及び N 型領域を含む P I N ダイオード構造を持つことができる。

【 0 0 4 1 】

フォトダイオード層 1 0 0 は、T F T 工程で製造できる。よって、フォトダイオード層 1 0 0 は、相対的に低廉な費用で大面積に製造できる。フォトダイオード層 1 0 0 は、複数のフォトダイオード 7 3 0 が連続的に配列された連続層構造を示すことができる。この場合、製造コストはさらに節減できる。または、フォトダイオード層 1 0 0 は、複数のフォトダイオード 7 3 0 が島状に配列された島状のアレイ構造を示すことができる。この場合、隣接するフォトダイオード 7 3 0 間のクロストークを最小化することができる。

30

【 0 0 4 2 】

駆動層 2 0 0 は、それぞれ少なくとも 2 つのフォトダイオードを制御する複数のピクセル駆動 I C 1 2 0 0、及び複数のピクセル駆動 I C 1 2 0 0 を対応する少なくとも 2 つのフォトダイオード 7 3 0 に接続するコンタクト電極 1 4 0 0 を含むことができる。本発明の一実施形態において、一つのピクセル駆動 I C 1 2 0 0 は、同時または順次に 4 つのフォトダイオード 7 3 0 を制御する。しかし、本発明はこれに限定されない。一つのピクセル駆動 I C 1 2 0 0 によって制御されるフォトダイオード 7 3 0 の数は、X 線検出器の設計及び機能に関連するさまざまな要因によって変わり得る。

40

【 0 0 4 3 】

特に、複数のピクセル駆動 I C 1 2 0 0 は、フォトダイオード層 1 0 0 とは別に製造されてフォトダイオード層 1 0 0 上に搭載され、コンタクト電極などを介して少なくとも 2 つのフォトダイオードに接続される。複数のピクセル駆動 I C 1 2 0 0 は、C M O S 工程で製造され、マイクロ転写印刷 (micro - transfer printing) 技術でフォトダイオード層 1 0 0 上に搭載できる。したがって、ピクセル駆動 I C 1 2 0 0 は、高品質の半導体素子の特性を示すことができる。

【 0 0 4 4 】

50

シンチレータ層 300 は駆動層 200 上に形成できる。シンチレータ層 300 は X 線を見可視光線に変換することができる。シンチレータ層 300 はフレキシブルな特性を持つことができる。シンチレータ層 300 は、CsI または Gadox (Gd₂O₂:Tb) で形成できる。

【0045】

図 5 は本発明の一実施形態に係る X 線検出器のピクセル領域の断面図である。

図 5 は本発明の一実施形態に係る背面照射方式の X 線検出器のピクセル領域を示す。図 5 に示すように、X 線検出器のピクセル領域は、駆動層 200-1、フォトダイオード層 100-1 及びシンチレータ層 300-1 を含むことができる。背面照射方式の X 線検出器の駆動層 200-1、フォトダイオード層 100-1 及びシンチレータ層 300-1 のそれぞれは、前面照射方式の X 線検出器の該当層と類似する構造を持つことができる。

10

【0046】

一方、図 5 に示すように、背面照射方式の X 線検出器のフォトダイオード層 100-1 は、駆動層 200-1 上に位置することができる。つまり、図 5 の駆動層 200-1 とフォトダイオード層 100-1 は、図 4 とは上下対称構造であり得る。例えば、駆動層 200-1 をフォトダイオード層 100-1 上に形成し、駆動層 200-1 及びフォトダイオード層 100-1 が形成された結果物を覆す。次いで、駆動層 200-1 の外面は、キャリア層 1920 に接着物質 1910 で接着される。

【0047】

図 5 に示すように、背面照射方式の X 線検出器の金属コンタクトとピクセル駆動 IC は、フォトダイオード 730 を遮らない。したがって、背面照射方式の X 線検出器は、損失なしに光をフォトダイオード 730 に伝達することができる。すなわち、フィルファクタが最大となる。

20

【0048】

また、駆動層 200-1 及びフォトダイオード層 100-1 の結果物を覆す前に、レーザーリフトオフ (laser lift off) 技術を用いて絶縁基板 710 を除去することができる。柔軟性を持つ材料からなるバリア層 1820 及びシンチレータ層 1720 がフォトダイオード層 100-1 上に形成される。これにより、X 線検出器の耐久性と柔軟性が向上することができる。

【0049】

前面照射方式の X 線検出器と同様に、フォトダイオード層 100-1 は TFT 工程で製造できる。したがって、フォトダイオード層 100-1 は、相対的に低廉な費用で大面積 X 線検出器に製造できる。また、フォトダイオード層 100-1 は、複数のフォトダイオードが連続的に配列された連続層構造を示すことができる。この場合、製造コストはさらに節減できる。または、フォトダイオード層 100-1 は、複数のフォトダイオードが島状に配列された島状のアレイ構造を示すことができ、この場合、隣接するフォトダイオード間のクロストークを最小化することができる。

30

【0050】

前面照射方式の X 線検出器と同様に、駆動層 200-1 は、それぞれ少なくとも 2 つのフォトダイオードを制御する複数のピクセル駆動 IC と、複数のピクセル駆動 IC をそれぞれ対応するフォトダイオード 730 に接続するコンタクト電極とを含むことができる。本実施形態において、一つのピクセル駆動 IC 1200 は、4 つのフォトダイオードを順次または同時に制御する。ところが、本発明はこれに限定されない。一つのピクセル駆動 IC 1200 によって制御されるフォトダイオードの数は、X 線検出器に関連する様々な要因によって変わり得る。

40

【0051】

特に、複数のピクセル駆動 IC 1200 は、フォトダイオード層 100 とは別に製造されてフォトダイオード層 100 上に搭載され、コンタクト電極などを介して少なくとも 2 つのフォトダイオードに接続される。複数のピクセル駆動 IC 1200 は、CMOS 工程で製造されてマイクロ転写印刷技術でフォトダイオード層 100 上に搭載できる。したが

50

って、ピクセル駆動IC1200は、高品質の半導体素子特性を示すことができる。

【0052】

フォトダイオード層100-1は、前面照射方式のX線検出器と同様に、共通の下部電極720、マトリックス状に下部電極720上に配置された複数のフォトダイオード730、及び上部電極740を含むことができる。複数のフォトダイオード730は、可視光線を電気信号に変換することができる。このようなフォトダイオード730は、P+型領域（例えば、高濃度P型）、I型領域及びN型領域を含むPINダイオード構造を持つことができる。

【0053】

前面照射方式のX線検出器とは異なり、フォトダイオード層100-1上にシンチレータ層300-1が形成できる。このようなシンチレータ層300-1は、X線を可視光線に変換することができる。シンチレータ層300-1は、シンチレータ層1720及びバリア層1820を含むことができ、これらは、フレキシブルな特性を有する物質で製作できる。シンチレータ層1720は、CsIまたはGadox（Gd₂O₂:Tb）で形成できる。

【0054】

以下、図6乃至図20を参照して本発明の一実施形態に係るX線検出器の製造方法を説明する。

図6は本発明の一実施形態に係るX線検出器の製造方法を示すフローチャートである。図7乃至図17は本発明の一実施形態に係る前面照射方式のX線検出器の製造方法を説明するための断面図である。図18乃至図20は本発明の一実施形態に係る背面照射方式のX線検出器の製造方法を説明するための断面図である。

【0055】

図6を参照すると、S6010ステップでフォトダイオード層100を形成することができる。特に、S6010ステップでは、絶縁基板710上に複数のフォトダイオード730を形成することができる。図7は本発明の一実施形態に係るフォトダイオード層を形成するステップを例示する。

【0056】

図7に示すように、絶縁基板710上に共通の下部電極720が形成できる。絶縁基板710は、柔軟性を有する物質からなることができる。下部電極720は、インジウムスズ酸化物（ITO）またはインジウム亜鉛酸化物（IZO）からなることができるが、本発明はこれに限定されるものではない。特に、下部電極720は、背面照射方式のX線検出器の場合に透明層であり得る。しかし、下部電極720は、前面照射方式のX線検出器の場合には不透明層であり得る。下部電極720上には複数のフォトダイオード730が形成される。フォトダイオード730は、アモルファスシリコン（a-Si）または多結晶シリコンを含むことができる。フォトダイオード730は、下部電極720上にi-Si層を形成し、i-Si層上にp-Si層を形成し、p-Si層上にn-Si層を形成することにより形成できる。

【0057】

上部電極740はフォトダイオード730上に形成できる。上部電極740は、インジウムスズ酸化物（ITO）またはインジウム亜鉛酸化物（IZO）で製造できるが、本発明はこれに限定されるものではない。特に、上部電極740は、前面照射方式のX線検出器の場合に透明層であり得る。これに対し、上部電極740は、背面照射方式のX線検出器の場合には不透明層であり得る。前述したように、フォトダイオード層100はTFT工程で製造できる。フォトダイオード層100は、連続した層構造で形成されて製造コストを最小限に抑えることができる。また、フォトダイオード層100は、図示の如く、島状のマトリックスアレイ構造で形成され、隣接するフォトダイオード間のクロストークを最小化することができる。

【0058】

図6に示すように、ステップS6020乃至S6050で、フォトダイオード層100

10

20

30

40

50

上に駆動層 200 が形成できる。図 8 乃至図 14 は、本発明の一実施形態によってフォトダイオード層 100 上に駆動層 200 を形成する過程を示す図であって、図 6 と一緒に参照する。

【0059】

ステップ S6020 で、図 8 に示すように、すべてのフォトダイオード 730 及びそれらの間のギャップを覆うように第 1 絶縁層 810 が形成でき、第 1 絶縁層 810 には、複数の第 1 コンタクトホール 820 が形成できる。第 1 絶縁層 810 にはピクセル別の一つの第 1 コンタクトホール 820 が形成され、対応するフォトダイオードの上部電極 740 をそれぞれ露出させることができる。

【0060】

ステップ S6030 で、図 9 に示すように、第 1 コンタクト電極 910 が第 1 コンタクトホール 820 を充填し、第 1 絶縁層 810 の上面に沿って所定の長さに延長されるように形成できる。

【0061】

ステップ S6040 で、図 10 に示すように、第 2 絶縁層 (ILD2) 1010 が第 1 コンタクト電極 910 及び第 1 絶縁層 810 上に形成でき、第 2 絶縁層 1010 には複数の第 2 コンタクトホール 1020 が形成できる。第 2 絶縁層 1010 には、ピクセル別の一つの第 2 コンタクトホール 1020 が形成され、対応する第 1 コンタクト電極 910 をそれぞれ外部に露出させる。

【0062】

ステップ S6050 で、図 11 に示すように、接着層 1110 が第 2 絶縁層 1010 及び第 2 コンタクトホール 1020 上に形成できる。接着層 1101 は、所定の樹脂物質からなり、約 1.2 μm の厚さを示すことができる。接着層 1101 は、その上部にピクセル駆動 IC 1200 が搭載されるようにするためのものである。

【0063】

ステップ S6061 で、図 12 に示すように、ピクセル駆動 IC 1200 が接着層 1100 上に搭載できる。ピクセル駆動 IC は、マイクロ転写印刷方法で搭載できる。各ピクセル駆動 IC 1200 は、断面上には 2 つ、3 次元的には 4 つの隣接するフォトダイオードの間に位置することができる。本発明の好適な例において、ピクセル駆動 IC 1200 は、少なくとも 4 つのフォトダイオードを同時または順次に制御することができる位置

【0064】

以下、図 21 を参照してマイクロ転写印刷過程を説明する。図 21 はフォトダイオード層上に複数のピクセル駆動 IC を搭載するためのマイクロ転写印刷過程を示す図であって、図 6 と一緒に参照する。

【0065】

ステップ S6061 で、図 21 に示すように、ピクセル駆動 IC 1200 は、高い画像品質のために単結晶半導体ウエハ 2510 上で CMOS 工程によって製造できる。したがって、ピクセル駆動 IC は単結晶半導体を含むことができる。その次のステップ S6062 で、単結晶半導体ウエハ 2510 上のピクセル駆動 IC 1200 はスタンプ 2520 に転写できる。一例として、スタンプは、弾性と柔軟性を持つエラストマー材質であり得る。ステップ S6063 で、ピクセル駆動 IC 1200 は、スタンプとフォトダイオード層 100 の圧着によってフォトダイオード層 100 上の接着層 1101 に印刷できる。ステップ S6064 で、ピクセル駆動 IC の印刷後に、スタンプ 2520 は除去できる。

【0066】

再び図 6 と一緒に別途言及される図面を参照する。

図 12 を参照すると、一例として、各ピクセル駆動 IC の高さは、約 10 μm よりも小さいことができる。また、下部電極 720 から接着層 1110 までの厚さは約 5 μm より小さいことができる。

【0067】

10

20

30

40

50

ステップS6070で、図13に示すように、第1コンタクト電極910が外部に露出するように、各ピクセル駆動IC1200の隣接する位置に、第2コンタクトホール1020に接続される第3コンタクトホール1300を形成することができる。

【0068】

ステップS6080で、図14に示すように、第3コンタクトホール1300を充填しながら、ピクセル駆動IC1200と第1コンタクト電極とを接続する第2コンタクト電極1400を形成することができる。したがって、ピクセル駆動IC1200は、対応するフォトダイオード730に接続できる。

【0069】

本発明の他の実施形態によれば、図15に示すように、ピクセル駆動IC1200は、第1絶縁層810上に直接形成され、第2絶縁層2020及び接着層1110なしに、対応するフォトダイオード730に接続され得る。この場合、製造方法がさらに単純化できる。

10

【0070】

本発明の別の実施形態によれば、図16に示すように、ピクセル駆動IC1200は、第2絶縁層1010上に直接形成され、接着層1110なしに、対応するフォトダイオード720に接続できる。この場合、製造方法が相対的に単純化できる。

【0071】

再び図6と図17を参照すると、接着層1110及びピクセル駆動IC1200上に保護層1710を形成する(S6090)。そして、S6100ステップで、シンチレータ層1720が保護層1710上に形成できる。

20

【0072】

ピクセル駆動IC1200及び保護層1710の上にシンチレータ層1720を形成することにより、前面照射方式のX線検出器10のピクセル領域が完成できる。X線検出器10は、他の実施形態によって、背面照射方式のX線検出器で製造されることも可能である。以下では、図6と一緒に図18乃至図20を参照して、背面照射方式のX線検出器のピクセル領域を製造する方法について説明する。

【0073】

図18乃至図20は本発明の一実施形態に係る背面照射方式のX線検出器の製造過程を示す断面図である。

30

図18に示すように、絶縁基板710上に犠牲層1810を形成し、犠牲層1810上にバリア層1820を形成する(S6010)。犠牲層1810は、レーザーリフトオフ(LLO)のために形成される。バリア層1820は、一例として、ポリイミドなどの樹脂材質からなる。バリア層1820を形成した後、図14乃至図17に示されているのと同様に、バリア層1820上にフォトダイオード層100及び駆動層200を形成することができる。

【0074】

ステップS6080でフォトダイオード層100及び駆動層200を形成した後、ステップS6110で、図18に示すように、絶縁基板710及び犠牲層1810を除去するためのレーザーリフトオフ工程が行われ得る。

40

【0075】

図19に示すように、レーザーリフトオフ工程(S6110)の後、フォトダイオード層100と駆動層200からなる結果物を覆すフリップング工程(ステップS6120)を行い、ステップS6130で、例えばカーボンなどからなるキャリア層1920に接着物質1910を用いて駆動層200を接着する。

【0076】

ステップS6140で、図20に示すように、シンチレータ層1720はバリア層1820上に形成される。バリア層1820上にシンチレータ層1720を形成することにより、背面照射方式のX線検出器のピクセル領域を完成することができる。

【0077】

50

本発明の実施形態が説明されたが、前述した実施形態は、例示に過ぎず、本発明の技術思想を制限するものと解釈されてはならない。本明細書に開示された技術思想の範囲内で多くの変形が可能であるが、それらの変形も本発明の権利範囲に属すれば本発明に含まれるものと解釈されるべきである。

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

1 0	X線検出器	
3 0 0	シンチレータ層	
7 1 0	絶縁基板	
7 2 0、PD1～PD4	フォトダイオード	10
1 1 1 0	接着層	
1 2 0 0	ピクセル駆動IC	
1 2 1 0	タイミング発生器	
1 2 2 0	ピクセル駆動トランジスタ	
1 2 3 1～1 2 3 4	スイッチ	
2 5 1 0	単結晶半導体ウエハ	
2 5 2 0	スタンプ	

20

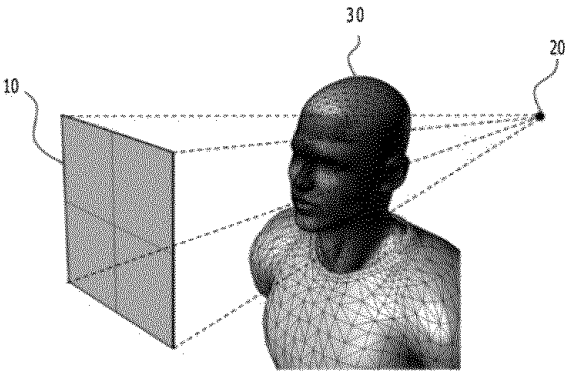
30

40

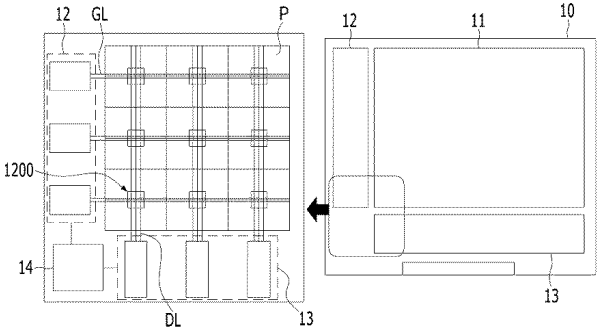
50

【図面】

【図 1】

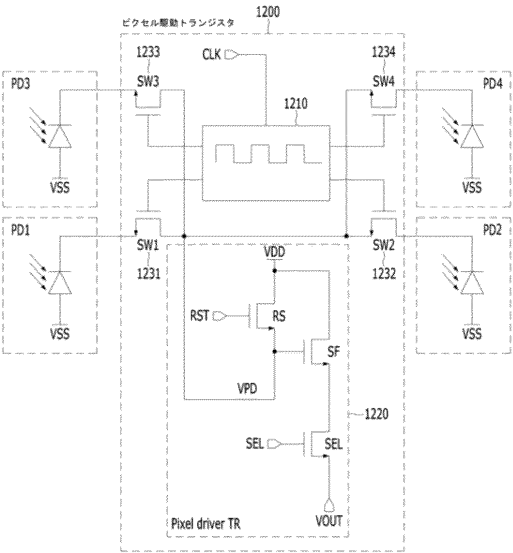


【図 2】

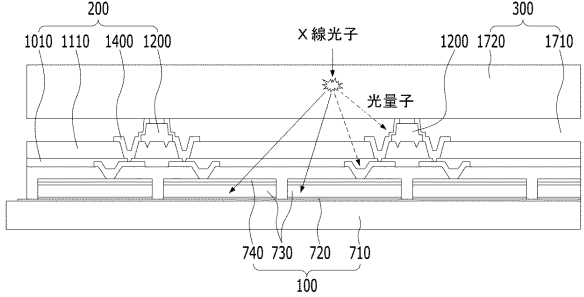


10

【図 3】



【図 4】



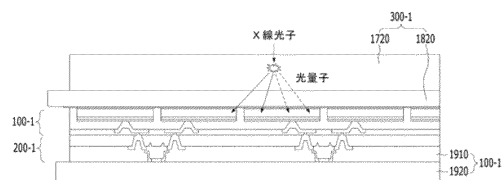
20

30

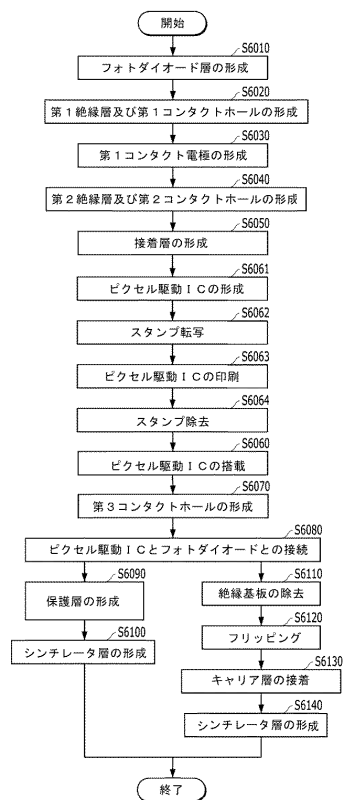
40

50

【 図 5 】



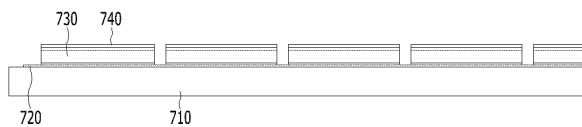
【 図 6 】



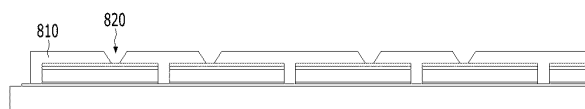
10

20

【圖 7】



【圖 8】

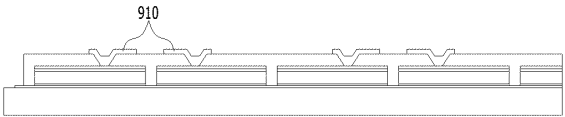


30

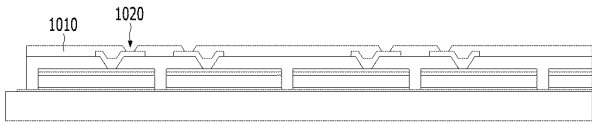
40

50

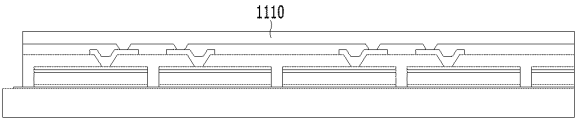
【図 9】



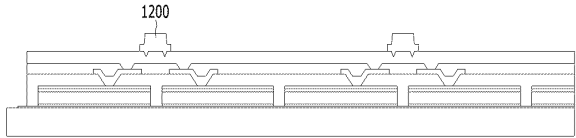
【図 10】



【図 11】

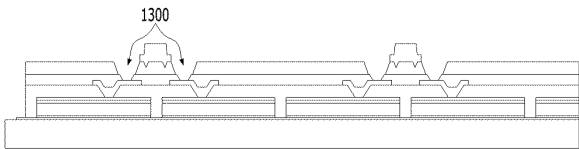


【図 12】

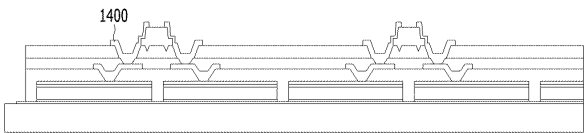


10

【図 13】

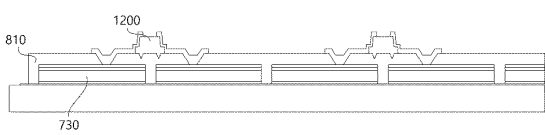


【図 14】

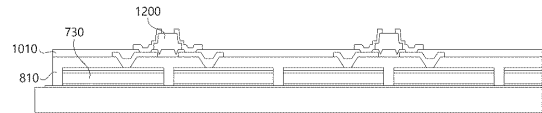


20

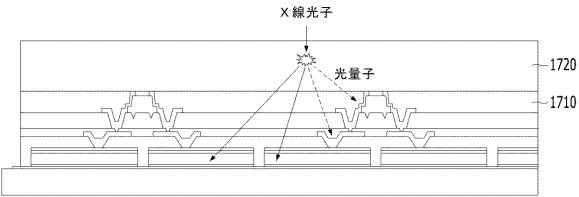
【図 15】



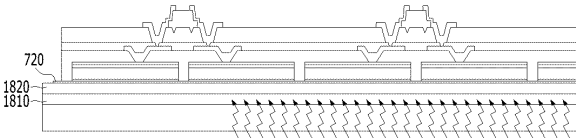
【図 16】



【図 17】



【図 18】

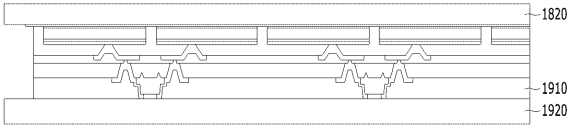


30

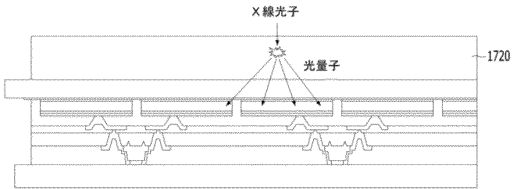
40

50

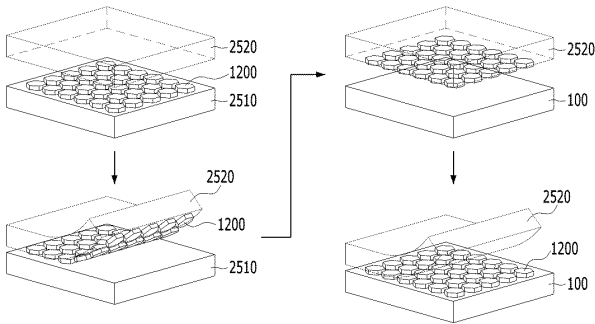
【図 19】



【図 20】



【図 21】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

H 1 0 F 39/12 (2025.01)

F I

H 1 0 F

39/18

C

H 1 0 F

39/12

D

(Seokwoo - dong) 13, Samsung 1 - ro 2 - gil Hwaseong
- si Gyeonggi - do 18449 KR

(73)特許権者 520513325

キューピックス ソリューションズ インク

Qpix solutions Inc.

アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 ダーラム スイート 3100 メリディアン パークウェイ
2530

2530 MERIDIAN PARKWAY, SUITE 3100 DURHAM, NORTH
CAROLINA, USA

(74)代理人 110003199

弁理士法人高田・高橋国際特許事務所

(72)発明者 ユン スンマン

アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 ダーラム スイート 3100 メリディアン パークウェイ
2530

(72)発明者 イ ホ ソク

大韓民国 18449 ギョンギド ファソンシ サムスン 1ロ 1ギル 14

(72)発明者 ジョン ジン ウン

大韓民国 18449 ギョンギド ファソンシ サムスン 1ロ 1ギル 14

審査官 藤本 加代子

(56)参考文献

特表2005 - 501417 (JP, A)

米国特許出願公開第2016 / 0099274 (US, A1)

米国特許第09368683 (US, B1)

特開2009 - 094273 (JP, A)

特開2016 - 039203 (JP, A)

特開2007 - 173861 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 0 1 T 1 / 2 0

G 0 1 T 1 / 2 4

H 1 0 F 3 0 / 2 0

H 1 0 F 3 9 / 1 0

H 1 0 F 3 9 / 1 8

H 1 0 F 3 9 / 1 2