

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5244076号
(P5244076)

(45) 発行日 平成25年7月24日(2013.7.24)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(51) Int. Cl.		F I		
GO 1 S	7/481	(2006.01)	GO 1 S	7/481 Z
GO 1 S	17/89	(2006.01)	GO 1 S	17/89
HO 1 L	27/146	(2006.01)	HO 1 L	27/14 A

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-266562 (P2009-266562)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成21年11月24日(2009.11.24)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2011-112385 (P2011-112385A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成23年6月9日(2011.6.9)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成24年9月10日(2012.9.10)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100092657
			弁理士 寺崎 史朗
		(74) 代理人	100124291
			弁理士 石田 悟
		(72) 発明者	鈴木 高志
			静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
			浜松ホトニクス株式会社内
		(72) 発明者	間瀬 光人
			静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
			浜松ホトニクス株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 距離センサ及び距離画像センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入射光に応じて電荷を発生し、且つその平面形状が互いに対向する第1及び第2長辺と互いに対向する第1及び第2短辺とを有する光感応領域と、

前記第1及び第2長辺の対向方向で前記光感応領域を挟んで対向して配置され、前記光感応領域からの信号電荷を収集する少なくとも二対の信号電荷収集領域と、

異なる位相の電荷転送信号が与えられ、前記信号電荷収集領域と前記光感応領域との間にそれぞれ設けられた転送電極と、

前記第1及び第2長辺の対向方向で前記光感応領域を挟んで対向し且つ前記第1及び第2短辺の対向方向において前記信号電荷収集領域の間に配置され、前記光感応領域からの不要電荷を収集する不要電荷収集領域と、

前記不要電荷収集領域と前記光感応領域との間にそれぞれ設けられ、前記光感応領域から前記不要電荷収集領域への不要電荷の流れの遮断及び開放を選択的に行う不要電荷収集ゲート電極と、を備えることを特徴とする距離センサ。

【請求項2】

前記転送電極の前記第1及び第2長辺方向の長さ寸法は、前記不要電荷収集ゲート電極の前記第1及び第2長辺方向の長さ寸法よりも大きいことを特徴とする請求項1記載の距離センサ。

【請求項3】

前記転送電極は、異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第1転送電極及び複数

の第 2 転送電極を有し、

前記複数の第 1 転送電極は、前記光感応領域の前記第 1 長辺側において該第 1 長辺に沿って前記複数の信号電荷収集領域と前記光感応領域との間に配置され、

前記複数の第 2 転送電極は、前記光感応領域の前記第 1 長辺に対向する前記第 2 長辺側において該第 2 長辺に沿って前記複数の信号電荷収集領域と前記光感応領域との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の距離センサ。

【請求項 4】

前記転送電極は、異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第 1 転送電極及び複数の第 2 転送電極を有し、

前記複数の第 1 転送電極は、前記第 1 及び第 2 長辺の対向方向で前記光感応領域を挟んで前記複数の信号電荷収集領域と前記光感応領域との間に配置され、

前記複数の第 2 転送電極は、前記第 1 及び第 2 長辺の対向方向で前記光感応領域を挟んで前記複数の信号電荷収集領域と前記光感応領域との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の距離センサ。

【請求項 5】

前記転送電極は、異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第 1 転送電極及び複数の第 2 転送電極を有し、

前記複数の第 1 転送電極と前記複数の第 2 転送電極とは、前記第 1 及び第 2 長辺の対向方向において前記光感応領域を挟んで前記複数の信号電荷収集領域と前記光感応領域との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の距離センサ。

【請求項 6】

一次元又は二次元に配置された複数のユニットからなる撮像領域を半導体基板上に備え、前記ユニットから出力される電荷量に基づいて、距離画像を得る距離画像センサにおいて、

1 つの前記ユニットは、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載の距離センサであることを特徴とする距離画像センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、距離センサ及び距離画像センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来のアクティブ型の光測距センサは、LED (Light Emitting Diode) などの投光用の光源から対象物に光を照射し、対象物における反射光を光検出素子で検出することで、対象物までの距離に応じた信号を出力するものとして知られている。PSD (Position Sensitive Detector) などは、対象物までの距離を簡易に測定することができる光三角測量型の光測距センサとして知られているが、近年、より精密な距離測定を行うため、光TOF (Time-Of-Flight) 型の光測距センサの開発が期待されている。

【0003】

距離情報と画像情報を同時に、同一チップで取得できるイメージセンサが車載用、工場の自動製造システム用などにおいて求められている。画像情報とは別に、単一の距離情報又は複数の距離情報からなる距離画像を取得するイメージセンサが期待されている。このような測距センサにはTOF法を用いることが好ましい。

【0004】

上記TOF法による距離画像センサとして、例えば、特許文献1に記載された固体撮像装置が知られている。特許文献1に記載された距離画像センサは、二次元に配列された各画素が、矩形の電荷生成領域と、電荷生成領域の一組の対向する2辺に沿ってそれぞれ設けられた転送ゲート電極と、転送ゲート電極により転送された信号電荷をそれぞれ蓄積する浮遊ドレイン領域と、電荷生成領域の異なる一組の対向する2辺に沿ってそれぞれ設け

10

20

30

40

50

られ、電荷生成領域から背景光電荷を排出する排出ゲート電極と、排出ゲート電極により排出された背景光電荷をそれぞれ受け入れる排出ドレイン領域と、を備えて構成されている。この距離画像センサでは、浮遊ドレイン領域内に振り分けられた電荷量に基づいて、対象物までの距離が演算される。また、電荷生成領域にて生成された背景光電荷が排出されるため、背景光の影響が低減され、ダイナミックレンジが向上する。

【0005】

上述のような距離画像センサにおいては、高感度化すなわち信号雑音(S/N)比の向上が望まれている。そこで、高感度化を実現するための対応の一つとして、電荷生成領域の面積比率(以下、開口率)を高くすることが挙げられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】国際公開第2007/026779号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記特許文献1に記載の距離画像センサにおいては、電荷生成領域を囲うように転送ゲート電極及び排出ゲート電極が配置されているため、開口率の向上を図るべく受光ゲート電極を拡大した場合には、転送ゲート電極と受光ゲート電極の中心、又は排出ゲート電極と受光ゲート電極の中心との間の距離が大きくなり、高速転送が困難になるといった問題が生じる。

【0008】

本発明は、上記課題解決のためになされたものであり、開口率の向上を図ることができ、S/N比の良い距離画像を得ることができる距離センサ及び距離画像センサ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】

【0009】

上記課題解決を解決するために、本発明に係る距離センサは、入射光に応じて電荷を発生し、且つその平面形状が互いに対向する第1及び第2長辺と互いに対向する第1及び第2短辺とを有する光感応領域と、第1及び第2長辺の対向方向で光感応領域を挟んで対向して配置され、光感応領域からの信号電荷を収集する少なくとも二対の信号電荷収集領域と、異なる位相の電荷転送信号が与えられ、信号電荷収集領域と記光感応領域との間にそれぞれ設けられた転送電極と、第1及び第2長辺の対向方向で光感応領域を挟んで対向し且つ第1及び第2短辺の対向方向において信号電荷収集領域の間に配置され、光感応領域からの不要電荷を収集する不要電荷収集領域と、不要電荷収集領域と光感応領域との間にそれぞれ設けられ、光感応領域から不要電荷収集領域への不要電荷の流れの遮断及び開放を選択的に行う不要電荷収集ゲート電極と、を備えることを特徴とする。

【0010】

この距離センサでは、第1及び第2長辺の対向方向において光感応領域を挟んで対向する信号電荷収集領域が少なくとも二対配置され、この信号電荷収集領域と光感応領域との間に転送電極がそれぞれ設けられている。また、第1及び第2長辺の対向方向で光感応領域を挟んで対向し且つ第1及び第2短辺の対向方向において信号電荷収集領域の間に不要電荷収集領域が配置され、この不要電荷収集領域と光感応領域との間にそれぞれ不要電荷収集ゲート電極が設けられている。このような配置により、光感応領域で発生した信号電荷及び不要電荷は、転送電極及び不要電荷収集ゲート電極により第1及び第2長辺の対向方向に転送される。そのため、光感応領域を第1及び第2短辺の対向方向に拡大して形成した場合であっても、第1及び第2長辺の対向方向の距離は一定に保たれるので、転送電極及び不要電荷収集ゲート電極における電荷の転送速度を十分に確保することができる。従って、転送速度を確保しつつ、開口率の向上を図ることができる。その結果、S/N比の良い距離画像を得ることが可能となる。

10

20

30

40

50

【0011】

また、転送電極の第1及び第2長辺方向の長さ寸法は、不要電荷収集ゲート電極の第1及び第2長辺方向の長さ寸法よりも大きくしてもよい。このように、転送電極の第1及び第2長辺方向の長さ寸法、すなわち転送電極のゲート幅を不要電荷収集ゲート電極のゲート幅よりも長くすることにより、転送電極における信号電荷の転送速度の向上を図ることができる。

【0012】

また、転送電極は、異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第1転送電極及び複数の第2転送電極を有し、複数の第1転送電極は、光感応領域の第1長辺側において第1長辺に沿って複数の信号電荷収集領域と光感応領域との間に配置され、複数の第2転送電極は、光感応領域の第1長辺に対向する第2長辺側において第2長辺に沿って複数の信号電荷収集領域と光感応領域との間に配置されてもよい。

10

【0013】

また、転送電極は、異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第1転送電極及び複数の第2転送電極を有し、複数の第1転送電極は、第1及び第2長辺の対向方向で光感応領域を挟んで複数の信号電荷収集領域と光感応領域との間に配置され、複数の第2転送電極は、第1及び第2長辺の対向方向で光感応領域を挟んで複数の信号電荷収集領域と光感応領域との間に配置されてもよい。

【0014】

また、転送電極は、異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第1転送電極及び複数の第2転送電極を有し、複数の第1転送電極と複数の第2転送電極とは、第1及び第2長辺の対向方向において光感応領域を挟んで複数の信号電荷収集領域と光感応領域との間に配置されてもよい。

20

【0015】

また、本発明に係る距離画像センサは、一次元又は二次元に配置された複数のユニットからなる撮像領域を半導体基板上に備え、ユニットから出力される電荷量に基づいて、距離画像を得る距離画像センサにおいて、1つのユニットは、上記距離センサであることを特徴とする。本発明に係る距離画像センサは、上記距離センサを備えることで、開口率の向上を図ることができ、S/N比の良い距離画像を得ることができる。

【発明の効果】

30

【0016】

本発明によれば、開口率の向上を図ることができ、S/N比の良い距離画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に係る距離画像センサの撮像領域の概略平面図である。

【図2】図1におけるII-II線に沿った断面構成を示す図である。

【図3】図1におけるIII-III線に沿った断面構成を示す図である。

【図4】半導体基板の第2主面近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。

【図5】半導体基板の第2主面近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。

40

【図6】各種信号のタイミングチャートである。

【図7】撮像デバイスの全体の断面図である。

【図8】各種信号のタイミングチャートである。

【図9】距離画像測定装置の全体構成を示す図である。

【図10】変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。

【図11】変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。

【図12】変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。

50

【図 1 3】変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。

【図 1 4】変形例に係る各種信号のタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0019】

図 1 は、本発明の一実施形態に係る距離画像センサの撮像領域の概略平面図である。図 2 は、撮像領域のII-II線に沿った断面構成を示す図であり、図 3 は、撮像領域のIII-III線に沿った断面構成を示す図である。

10

【0020】

距離画像センサRSは、互いに対向する第1及び第2主面1a, 1bを有する半導体基板1を備えている。半導体基板1は、第1主面1a側に位置するp型の第1半導体領域3と、第1半導体領域3よりも不純物濃度が低く且つ第2主面1b側に位置するp⁻型の第2半導体領域5と、からなる。半導体基板1は、例えば、p型の半導体基板上に、当該半導体基板よりも不純物濃度が低いp⁻型のエピタキシャル層を成長させることにより得ることができる。半導体基板1の第2主面1b(第2半導体領域5)上には、絶縁層7が形成されている。

20

【0021】

絶縁層7上には、複数のフォトゲート電極PGが、空間的に離間して一次元状に配置されている。フォトゲート電極PGは、平面視で矩形状を呈している。本実施形態では、フォトゲート電極PGは、長方形状を呈している。すなわち、フォトゲート電極PGは、フォトゲート電極PGの配置方向と平行で且つ互いに対向する第1及び第2長辺L1, L2と、第1及び第2の長辺L1, L2に直交し且つ互いに対向する第1及び第2短辺S1, S2とを有する平面形状を有している。半導体基板1(第2半導体領域5)におけるフォトゲート電極PGに対応する領域(図2及び図3において、フォトゲート電極PGの下方に位置する領域)は、入射光に応じて電荷が発生する電荷発生領域(光感応領域)として機能する。

30

【0022】

第2半導体領域5には、フォトゲート電極PGの配置方向に直交する方向にフォトゲート電極から離れて位置する領域それぞれに、不純物濃度が高いn型の第3半導体領域(信号電荷収集領域)9a, 9bが対向して形成されている。すなわち、第3半導体領域9a, 9bは、第1及び第2長辺L1, L2の対向方向でフォトゲート電極PGを挟んで対向して配置されている。本実施形態では、第3半導体領域9a, 9bは、二対形成されている。第3半導体領域9aは、フォトゲート電極PGの四辺のうち当該フォトゲート電極PGの配置方向に平行な第1長辺L1側でこの第1長辺L1に沿って配置され、第3半導体領域9bは、フォトゲート電極PGの四辺のうち第3半導体領域9aが配置された第1長辺L1に対向する第2長辺L2側でこの第2長辺L2に沿って配置されている。第3半導体領域9a, 9bは、平面視で矩形状を呈している。本実施形態では、第3半導体領域9a, 9bは、正方形状を呈している。

40

【0023】

第2半導体領域5には、フォトゲート電極PGの配置方向に直交する方向にフォトゲート電極から離れて位置する領域それぞれに、不純物濃度が高いn型の第4半導体領域(不要電荷収集領域)11a, 11bが形成されている。第4半導体領域11aは、フォトゲート電極PGの四辺のうち当該フォトゲート電極PGの配置方向に平行な第1長辺L1側において第3半導体領域9a, 9aの間に配置され、第4半導体領域11bは、フォトゲート電極PGの四辺のうち第4半導体領域11aが配置された側の第1長辺L1に対向する第2長辺L2側において第3半導体領域9b, 9bの間に配置されている。第4半導体

50

領域 11a, 11b は、平面視で矩形状を呈している。本実施形態では、第 4 半導体領域 11a, 11b は、正方形を呈している。

【0024】

本実施形態では、「不純物濃度が高い」とは例えば不純物濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度以上のことであって、「+」を導電型に付けて示す。一方、「不純物濃度が低い」とは例えば $10 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 程度以下のことであって、「-」を導電型に付けて示す。

【0025】

各半導体領域の厚さ / 不純物濃度は以下の通りである。

第 1 半導体領域 3 : 厚さ $10 \sim 1000 \mu\text{m}$ / 不純物濃度 $1 \times 10^{12} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 10

第 2 半導体領域 5 : 厚さ $1 \sim 50 \mu\text{m}$ / 不純物濃度 $1 \times 10^{12} \sim 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

第 3 半導体領域 9a, 9b 及び第 4 半導体領域 11a, 11b : 厚さ $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ / 不純物濃度 $1 \times 10^{18} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$

【0026】

半導体基板 1 (第 1 及び第 2 半導体領域 3, 5) には、バックゲート又は貫通電極などを介してグランド電位などの基準電位が与えられる。

【0027】

絶縁層 7 上には、各フォトゲート電極 PG に対応して、第 1 転送電極 TX1 及び第 2 転送電極 TX2 がそれぞれ配置されている。本実施形態では、第 1 転送電極 TX1 及び第 2 転送電極 TX2 とは、それぞれ 6 つ配置されている。第 1 転送電極 TX1 は、フォトゲート電極 PG の配置方向に平行な第 1 長辺 L1 側において第 1 長辺 L1 に沿ってフォトゲート電極 PG と第 3 半導体領域 9a との間に位置し、フォトゲート電極 PG から離れて配置されている。第 2 転送電極 TX2 は、第 1 長辺 L1 に対向する第 2 長辺 L2 側において第 2 長辺 L2 に沿ってフォトゲート電極 PG と第 3 半導体領域 9b との間に位置し、フォトゲート電極 PG から離れて配置されている。第 1 転送電極 TX1 と第 2 転送電極 TX2 とは、平面視で矩形状を呈している。本実施形態では、第 1 転送電極 TX1 と第 2 転送電極 TX2 とは、フォトゲート電極 PG の配置方向を長辺方向とする長形状を呈している。 20

【0028】

絶縁層 7 上には、第 1 転送電極 TX1 と第 2 転送電極 TX2 との間に、不要電荷収集ゲート電極として機能する第 3 転送電極 TX3 がそれぞれ配置されている。本実施形態では、第 3 転送電極 TX3 は、6 つ配置されている。第 3 転送電極 TX3 は、フォトゲート電極 PG と第 4 半導体領域 11a, 11b との間に位置し、フォトゲート電極 PG から離れて配置されている。すなわち、第 3 転送電極 TX3 は、第 1 及び第 2 短辺 S1, S2 の対向方向において、第 1 転送電極 TX1 と第 2 転送電極 TX2 との間に配置されている。第 3 転送電極 TX3 は、平面視で矩形状を呈している。本実施形態では、第 3 転送電極 TX3 は、フォトゲート電極 PG の配置方向を長辺方向とする長形状を呈しており、第 1 及び第 2 転送電極 TX1, TX2 と同形状を成している。 30

【0029】

本実施形態では、一つのフォトゲート電極 PG、半導体基板 1 におけるフォトゲート電極 PG に対応する領域 (光感応領域)、二対の第 1 転送電極 TX1 及び第 2 転送電極 TX2、二対の第 3 半導体領域 9a, 9b、一対の第 3 転送電極 TX3、及び、一対の第 4 半導体領域 11a, 11b が、距離画像センサ RS における一つの画素 (距離センサ) を構成している。 40

【0030】

絶縁層 7 には、第 1 半導体領域 3 の表面を露出させるためのコンタクトホールが設けられている。コンタクトホール内には、第 3 半導体領域 9a, 9b 及び第 4 半導体領域 11a, 11b を外部に接続するための導体 13 が配置される。

【0031】

半導体基板は Si からなり、絶縁層 7 は SiO_2 からなり、フォトゲート電極 PG 及び 50

第1～3転送電極 $T X 1 \sim T X 3$ はポリシリコンからなるが、これらは他の材料を用いてもよい。

【0032】

第3半導体領域 $9 a, 9 b$ は、光の入射に応じて半導体基板1における光感応領域で発生した信号電荷を収集するものである。第1転送電極 $T X 1$ に印加される電荷転送信号の位相と第2転送電極 $T X 2$ に印加される電荷転送信号の位相とは、 180 度ずれている。1つの画素に入射した光は、半導体基板1(第2半導体領域5)内において電荷に変換され、このようにして発生した電荷のうち一部の電荷が、信号電荷として、フォトゲート電極 $P G$ 並びに第1及び第2転送電極 $T X 1, T X 2$ に印加される電圧により形成されるポテンシャル勾配にしたがって、第1転送電極 $T X 1$ 又は第2転送電極 $T X 2$ の方向、すなわちフォトゲート電極 $P G$ の第1及び第2短辺 $S 1, S 2$ に平行な方向に走行する。

10

【0033】

第1又は第2転送電極 $T X 1, T X 2$ に、正電位を与えると、第1又は第2転送電極 $T X 1, T X 2$ の下のポテンシャルがフォトゲート電極 $P G$ の下の部分の半導体基板1(第2半導体領域5)のポテンシャルより電子に対して低くなり、負の電荷(電子)は、第1又は第2転送電極 $T X 1, T X 2$ の方向に引き込まれ、第3半導体領域 $9 a$ 又は第3半導体領域 $9 b$ によって形成されるポテンシャル井戸内に蓄積される。n型の半導体は、正にイオン化したドナーを含んでおり、正のポテンシャルを有し、電子を引き付ける。第1又は第2転送電極 $T X 1, T X 2$ に、上記正電位よりも低い電位(グランド電位)を与えると、第1又は第2転送電極 $T X 1, T X 2$ によるポテンシャル障壁が生じ、半導体基板1

20

【0034】

第4半導体領域 $11 a, 11 b$ は、光の入射に応じて半導体基板1における光感応領域で発生した不要電荷を収集するものである。1つの画素に入射した光は、半導体基板1(第2半導体領域5)内で発生した電荷のうち一部の電荷が、不要電荷として、フォトゲート電極 $P G$ 及び第3転送電極 $T X 3$ に印加される電圧により形成されるポテンシャル勾配にしたがって、第3転送電極 $T X 3$ の方向に走行する。

【0035】

第3転送電極 $T X 3$ に、正電位を与えると、第3転送電極 $T X 3$ によるゲートの下のポテンシャルがフォトゲート電極 $P G$ の下の部分の半導体基板1(第2半導体領域5)のポ

30

【0036】

図4は、信号電荷の蓄積動作を説明するための、半導体基板1の第2主面 $1 b$ 近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。図5は、不要電荷の排出動作を説明するための、半導体基板1の第2主面 $1 b$ 近傍におけるポテンシャル分布を示す図である。図4及び図5では、下向きがポテンシャルの正方向である。図4において、(a)及び(b)は、図2の横方向の断面の横方向に沿ったポテンシャル分布を示し、(c)は、図3の横方向の断面の横方向に沿ったポテンシャル分布を示す。図5において、(a)は、図2の横方向の断面の横方向に沿ったポテンシャル分布を示し、(b)は、図3の横方向の断面の横方向に沿ったポテンシャル分布を示す。

40

【0037】

図4及び図5には、第1転送電極 $T X 1$ の直下の領域のポテンシャル $T X 1$ 、第2転送電極 $T X 2$ の直下の領域のポテンシャル $T X 2$ 、第3転送電極 $T X 3$ の直下の領域のポテンシャル $T X 3$ 、フォトゲート電極 $P G$ 直下の光感応領域のポテンシャル $P G$ 、第3半導体領域 $9 a$ のポテンシャル $F D 1$ 、第3半導体領域 $9 b$ のポテンシャル $F D 2$ 、第4半導体領域 $11 a$ のポテンシャル $O F D 1$ 、第4半導体領域 $11 b$ のポテンシ

50

ヤル ϕ_{FD2} が示されている。

【0038】

フォトゲート電極 PG の直下の領域（光感応領域）のポテンシャル ϕ_{PG} は、無バイアス時における隣接する第1～第3転送電極 TX1～TX3 直下の領域のポテンシャル（ ϕ_{TX1} 、 ϕ_{TX2} 、 ϕ_{TX3} ）を基準電位とすると、この基準電位よりも高く設定されている。この光感応領域のポテンシャル ϕ_{PG} はポテンシャル ϕ_{TX1} 、 ϕ_{TX2} 、 ϕ_{TX3} よりも高くなり、この領域のポテンシャル分布は図面の下向きに凹んだ形状となる。

【0039】

図4を参照して、信号電荷の蓄積動作を説明する。

【0040】

第1転送電極 TX1 に印加される電荷転送信号の位相が0度するとき、第1転送電極 TX1 には正の電位が与えられ、第2転送電極 TX2 には、逆相の電位、すなわち位相が180度の電位（グラウンド電位）が与えられる。この場合、図4（a）に示されるように、光感応領域で発生した負の電荷 e は、第1転送電極 TX1 直下の半導体のポテンシャル ϕ_{TX1} が下がることにより、第3半導体領域 9a のポテンシャル井戸内に流れ込む。

【0041】

一方、第2転送電極 TX2 直下の半導体のポテンシャル ϕ_{TX2} は下がらず、第3半導体領域 9b のポテンシャル井戸内には、電荷は流れ込まない。第3半導体領域 9a、9b では、n型の不純物が添加されているため、正方向にポテンシャルが凹んでいる。

【0042】

第2転送電極 TX2 に印加される電荷転送信号の位相が0度するとき、第2転送電極 TX2 には正の電位が与えられ、第1転送電極 TX1 には、逆相の電位、すなわち位相が180度の電位（グラウンド電位）が与えられる。この場合、図4（b）に示されるように、光感応領域で発生した負の電荷 e は、第2転送電極 TX2 直下の半導体のポテンシャル ϕ_{TX2} が下がることにより、第3半導体領域 9b のポテンシャル井戸内に流れ込む。一方、第1転送電極 TX1 直下の半導体のポテンシャル ϕ_{TX1} は下がらず、第3半導体領域 9a のポテンシャル井戸内には、電荷は流れ込まない。これにより、信号電荷が第3半導体領域 9b のポテンシャル井戸に収集されて、蓄積される。

【0043】

第1及び第2転送電極 TX1、TX2 に位相が180度ずれた電荷転送信号が印加されている間、第3転送電極 TX3 にはグラウンド電位が与えられている。このため、図4（c）に示されるように、第3転送電極 TX3 直下の半導体のポテンシャル ϕ_{TX3} は下がらず、第4半導体領域 11 のポテンシャル井戸内には、電荷は流れ込まない。

【0044】

以上により、信号電荷が第3半導体領域 9a、9b のポテンシャル井戸に収集されて、蓄積される。第3半導体領域 9a、9b のポテンシャル井戸に蓄積された信号電荷は、外部に読み出される。

【0045】

図5を参照して、不要電荷の排出動作を説明する。

【0046】

第1及び第2転送電極 TX1、TX2 には、グラウンド電位が与えられている。このため、図5（a）に示されるように、第1及び第2転送電極 TX1、TX2 直下の半導体のポテンシャル ϕ_{TX1} 、 ϕ_{TX2} は下がらず、第3半導体領域 9a、9b のポテンシャル井戸内には、電荷は流れ込まない。一方、第3転送電極 TX3 には正の電位が与えられる。この場合、図5（b）に示されるように、光感応領域で発生した負の電荷 e は、第3転送電極 TX3 直下の半導体のポテンシャル ϕ_{TX3} が下がることにより、第4半導体領域 11a、11b のポテンシャル井戸内に流れ込む。以上により、不要電荷が第4半導体領域 11a、11b のポテンシャル井戸に収集される。第4半導体領域 11a、11b のポテンシャル井戸に収集された不要電荷は、外部に排出される。

【0047】

10

20

30

40

50

図6は、各種信号のタイミングチャートである。

【0048】

後述の光源の駆動信号 S_D 、光源が対象物に当たって撮像領域まで戻ってきたときの反射光の強度信号 L_p 、第1転送電極 $TX1$ に印加される電荷転送信号 S_1 、及び、第2転送電極 $TX2$ に印加される電荷転送信号 S_2 が示されている。電荷転送信号 S_1 は、駆動信号 S_D に同期しているため、反射光の強度信号 L_p の電荷転送信号 S_1 に対する位相が、光の飛行時間であり、これはセンサから対象物までの距離を示している。反射光の強度信号 L_p と第1転送電極 $TX1$ に印加される電荷転送信号 S_1 の重なり合った部分が第3半導体領域9aで収集される電荷量 Q_1 に当たり、反射光の強度信号 L_p と第2転送電極 $TX2$ に印加される電荷転送信号 S_2 の重なり合った部分が第3半導体領域9bで収集される電荷量 Q_2 に当たる。ここでは、各電荷転送信号 S_1 、 S_2 の印加時に、第3半導体領域9a、9bで収集された電荷量 Q_1 、 Q_2 の比率を用いて、距離 d を演算する。すなわち、駆動信号の1つのパルス幅を T_p とすると、距離 $d = (c / 2) \times (T_p \times Q_2 / (Q_1 + Q_2))$ で与えられる。なお、 c は光速である。

10

【0049】

図7は、撮像デバイスの全体の断面図である。

【0050】

撮像デバイスIMは、距離画像センサRSと、配線基板WBと、を備えている。距離画像センサRSは、裏面照射型の距離画像センサである。距離画像センサRSは、その中央部が周辺部と比較して薄化されており、薄化された領域が撮像領域となり、対象物からの反射光が入射する。距離画像センサRSでは、電荷発生部の光入射側に電極が存在しないので、S/N比の高い距離出力及び距離画像を得ることができる。

20

【0051】

距離画像センサRSは、半導体基板1の第2主面1b側を配線基板WBに対向させた状態で、多層配線基板M1と接着剤FLとを介して配線基板WBに貼り付けられている。多層配線基板M1の内部には、各半導体領域9a、9b、11a、11b、各転送電極 $TX1 \sim TX3$ 、及びフォトゲート電極PG等にそれぞれ電気的に接続された貫通電極（不図示）が設けられている。貫通電極は、配線基板WBと多層配線基板M1との間に介在するバンプ電極（不図示）を介して、配線基板WBの貫通電極（不図示）に接続されており、配線基板WBの貫通電極は配線基板WBの裏面に露出している。配線基板WBを構成する絶縁基板における接着剤FLとの界面側の表面には、遮光層（不図示）が形成されており、距離画像センサRSを透過した光の配線基板WBへの入射を抑制している。

30

【0052】

図8は、実際の各種信号のタイミングチャートである。

【0053】

1フレームの期間 T_F は、信号電荷を蓄積する期間（蓄積期間） T_{acc} と、信号電荷を読み出す期間（読み出し期間） T_r と、からなる。1つの画素に着目すると、蓄積期間 T_{acc} において、複数のパルスをもつ駆動信号 S_D が光源に印加され、これに同期して、電荷転送信号 S_1 、 S_2 が互いに逆位相で第1及び第2転送電極 $TX1$ 、 $TX2$ に印加される。なお、距離測定に先立って、リセット信号 $reset$ が第3半導体領域9a、9bに印加され、内部に蓄積された電荷が外部に排出される。本例では、リセット信号 $reset$ が一瞬ONし、続いてOFFした後、複数の駆動振動パルスが逐次印加され、更に、これに同期して電荷転送が逐次的に行われ、第3半導体領域9a、9b内に信号電荷が積算して蓄積される。

40

【0054】

その後、読み出し期間 T_r において、第3半導体領域9a、9b内に蓄積された信号電荷が読み出される。このとき、第3転送電極 $TX3$ に印加される電荷転送信号 S_3 がONして、第3転送電極 $TX3$ に正の電位が与えられ、不要電荷が第4半導体領域11a、11bのポテンシャル井戸に収集される。

【0055】

50

図9は、距離画像測定装置の全体構成を示す図である。

【0056】

対象物OJまでの距離dは、距離画像測定装置によって測定される。上述のように、LEDなどの光源LSには、駆動信号S_Dが印加され、対象物OJで反射された反射光像の強度信号L_pが距離画像センサRSの光感応領域に入射する。距離画像センサRSからは、画素毎に、電荷転送信号S₁、S₂に同期して収集された電荷量Q₁、Q₂が出力され、これは駆動信号S_Dに同期して演算回路ARTに入力される。演算回路ARTでは、上述のように画素毎に距離dを演算し、演算結果を制御部CONTに転送する。制御部CONTは、光源LSを駆動する駆動回路DRVを制御すると共に、電荷転送信号S₁、S₂、S₃を出力し、演算回路ARTから入力された演算結果を表示器DSPに表示する。

10

【0057】

以上説明したように、距離画像センサRSでは、第1及び第2長辺L₁、L₂の対向方向においてフォトゲート電極PGを挟んで対向する第3半導体領域9a、9bが二対配置され、この第3半導体領域9a、9bとフォトゲート電極PGとの間に第1及び第2転送電極TX₁、TX₂がそれぞれ設けられている。また、第1及び第2長辺L₁、L₂の対向方向でフォトゲート電極PGを挟んで対向し且つ第1及び第2短辺S₁、S₂の対向方向において第3半導体領域9a、9bの間に第4半導体領域11a、11bが配置され、この第4半導体領域11a、11bとフォトゲート電極PGとの間にそれぞれ第3転送電極TX₃が設けられている。

【0058】

20

このような配置により、光感応領域で発生した信号電荷及び不要電荷は、第1～第3転送電TX₁～TX₃により第1及び第2長辺L₁、L₂の対向方向に転送される。そのため、光感応領域(フォトゲート電極PG)を第1及び第2短辺S₁、S₂の対向方向に拡大して形成した場合であっても、第1及び第2長辺L₁、L₂の対向方向の距離は一定に保たれるので、第1～第3転送電極TX₁～TX₃における電荷の転送速度を十分に確保することができる。従って、転送速度を確保しつつ、開口率の向上を図ることができる。その結果、S/N比の良い距離画像を得ることができる。

【0059】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では、第1長辺L₁側において第1長辺L₁に沿って第1転送電極TX₁が配置されており、第1長辺L₁に対向する第2長辺L₂側において第2長辺L₂に沿って第2転送電極TX₂が配置されているが、第1及び第2転送電極TX₁、TX₂は、図10に示すように配置されてもよい。

30

【0060】

図10は、変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。同図に示すように、画素(距離センサ)G₁では、第3半導体領域9a、9bとフォトゲート電極PGとの間に第1転送電極TX₁がフォトゲート電極PGを挟んで対向して配置されていると共に、第3半導体領域9a、9bとフォトゲート電極PGとの間に第2転送電極TX₂がフォトゲート電極PGを挟んで対向して配置されている。このような構成の画素G₁を備える距離画像センサであっても、上記の距離画像センサRSと同様の作用・効果を得ることができる。

40

【0061】

また、上記実施形態では、一つのフォトゲート電極PG、半導体基板1におけるフォトゲート電極PGに対応する光感応領域、二対の第1転送電極TX₁及び第2転送電極TX₂、二対の第3半導体領域9a、9b、一对の第3転送電極TX₃、及び、一对の第4半導体領域11a、11bが、距離画像センサRSにおける一つの画素を構成しているが、画素は図11に示すような構成であってもよい。

【0062】

図11は、変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。同図に示すように、画素G₂は、一つのフォトゲート電極PG、フォトゲート電極

50

P Gに対応する光感応領域、三対の第1転送電極 T X 1 及び第2転送電極 T X 2、三対の第3半導体領域 9 a, 9 b、二対の第3転送電極 T X 3、及び、二対の第4半導体領域 1 1 a, 1 1 bによって構成されている。第1転送電極 T X 1は、第1長辺 L 1側において第1長辺 L 1に沿って第3半導体領域 9 aとフォトゲート電極 P Gとの間に配置され、第2転送電極 T X 2は、第1長辺 L 1に対向する第2長辺 L 2側において第2長辺 L 2に沿って第3半導体領域 9 aとフォトゲート電極 P Gとの間に配置されている。そして、第1転送電極 T X 1の間に第3転送電極 T X 3が配置され、第2転送電極 T X 2の間に第3転送電極 T X 3が配置されている。このような構成の画素 G 2を備える距離画像センサであっても、上記の距離画像センサ R Sと同様の作用・効果を得ることができる。

【0063】

また、図11の構成において、第1及び第2転送電極 T X 1, T X 2は、図12に示すような配置であってもよい。すなわち、図12に示すように、画素 G 3では、第1長辺 L 1側において第1長辺 L 1に沿って、第1転送電極 T X 1、第2転送電極 T X 2、第1転送電極 T X 1がこの順に配置されている。そして、第1転送電極 T X 1と第2転送電極 T X 2との間に、第3転送電極 T X 3が配置されている。また、画素 G 3では、第2長辺 L 2側において第2長辺 L 2に沿って、第2転送電極 T X 2、第1転送電極 T X 1、第2転送電極 T X 2がこの順に配置されている。そして、第1転送電極 T X 1と第2転送電極 T X 2との間に、第3転送電極 T X 3が配置されている。このような構成の画素 G 3を備える距離画像センサであっても、上記の距離画像センサ R Sと同様の作用・効果を得ることができる。

【0064】

また、上記実施形態では、第1～第3転送電極 T X 1～T X 3の第1及び第2長辺 L 1, L 2方向の長さ寸法が全て同等(第1～第3転送電極 T X 1～T X 3が同形状)となっているが、例えば図13に示すような構成であってもよい。

【0065】

図13は、変形例に係る距離画像センサの撮像領域を構成する画素を示す概略平面図である。同図に示すように、画素 G 4では、第1及び第2転送電極 T X 1, T X 2の第1及び第2長辺 L 1, L 2方向の長さ寸法、すなわちゲート幅 D 1が、第3転送電極 T X 3の第1及び第2長辺 L 1, L 2方向のゲート幅 D 2よりも大きくなっている。この場合には、第1及び第2転送電極 T X 1, T X 2における信号電荷の転送速度の向上を図ることができる。

【0066】

図14は、変形例に係る各種信号のタイミングチャートである。

【0067】

本変形例では、駆動信号 S_Dに関し、上記実施形態に比して、デューティ比(単位時間に対するON時間)が大きくなっている。これにより、光源 L S(図9参照)の駆動パワーが増加し、S/N比がより一層向上する。本変形例では、駆動信号 S_Dの一つのパルス毎に、第1～第3転送電極 T X 1～T X 3の一つのパルスをそれぞれ発生させており、光源 L Sの駆動パワーを増加させた場合でも、不要電荷を排出して、距離検出精度を向上することができる。もちろん、開口率も改善される。

【0068】

なお、上記実施形態では、複数のフォトゲート電極 P Gが空間的に離間して一次元状に配置、つまり画素が一次元状に配置されている様態を示したが、もちろん二次元状に配置されてもよい。

【符号の説明】

【0069】

9 a, 9 b...第3半導体領域(信号電荷収集領域)、1 1 a, 1 1 b...第4半導体領域(不要電荷収集領域)、G 1, G 2, G 3, G 4...画素(距離センサ)、L 1...第1長辺、L 2...第2長辺、R S...距離画像センサ、S 1...第1短辺、S 2...第2短辺、S₁、S₂...電荷転送信号、T X 1...第1転送電極、T X 2...第2転送電極、T X 3...第3転送電

10

20

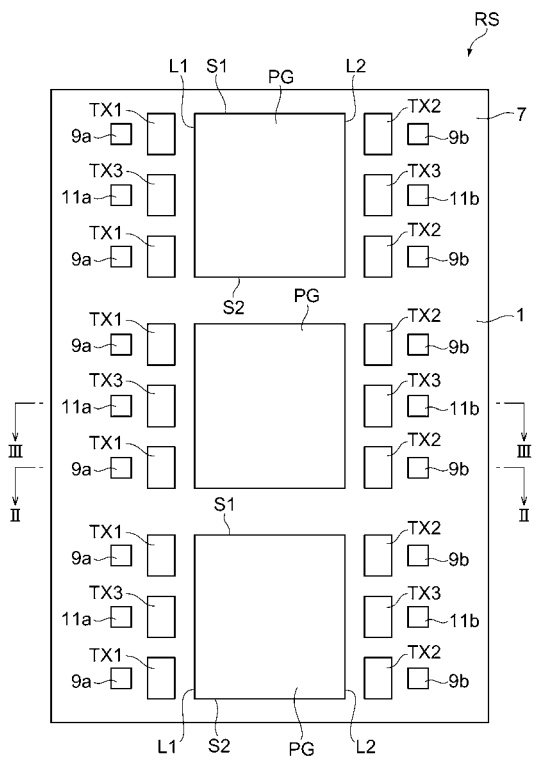
30

40

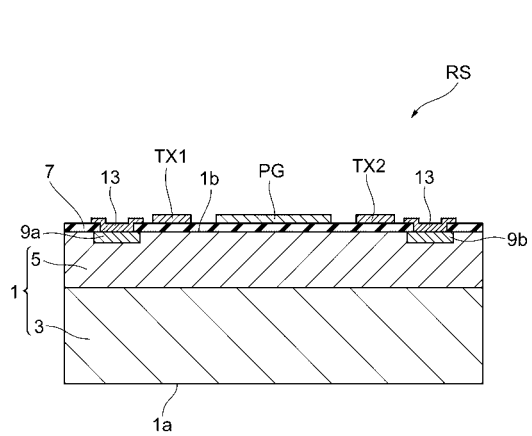
50

極（不要電荷収集ゲート電極）。

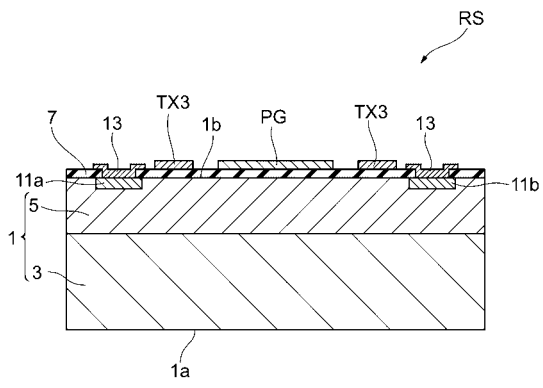
【図1】



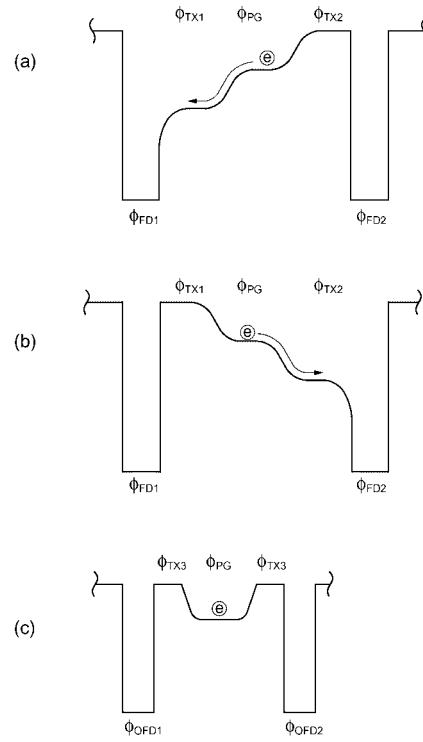
【図2】



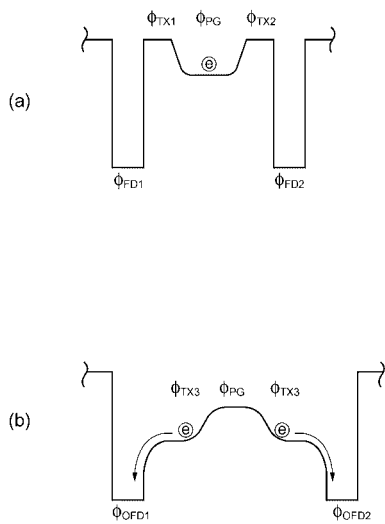
【 図 3 】



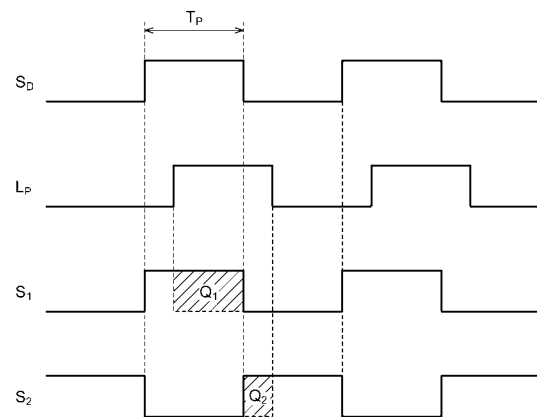
【 図 4 】



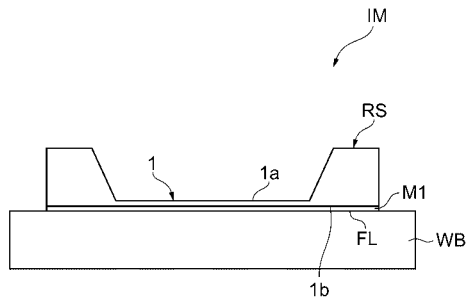
【 図 5 】



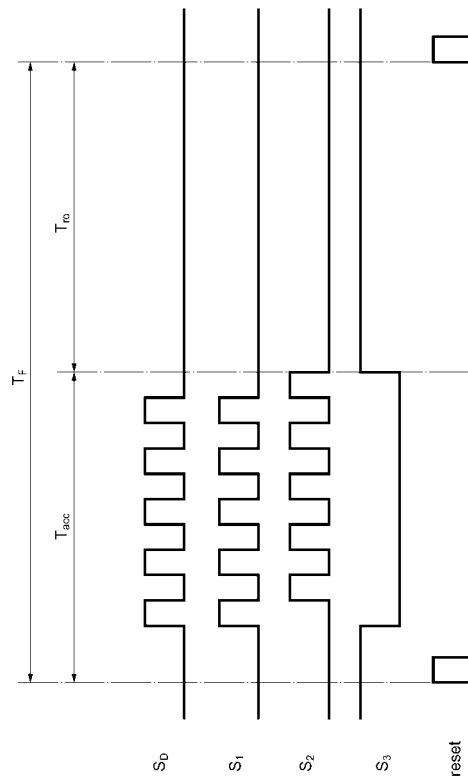
【 図 6 】



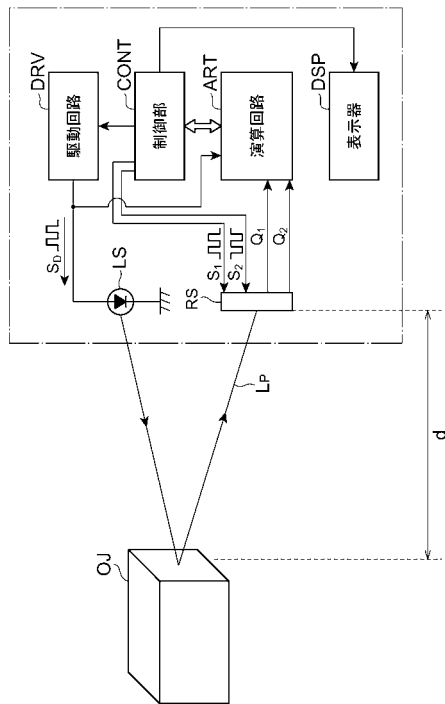
【図7】



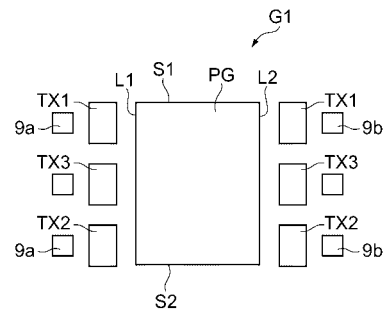
【図8】



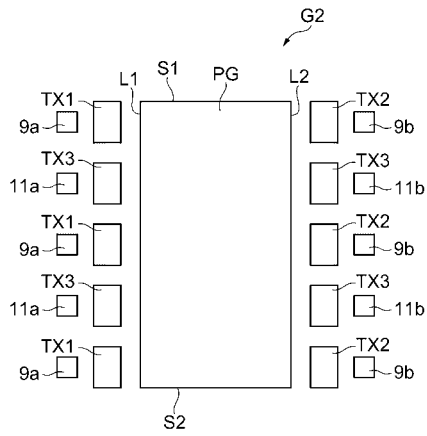
【図9】



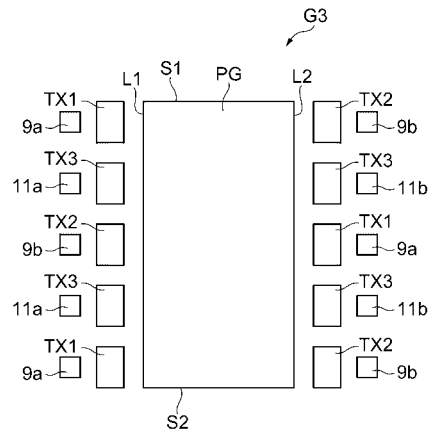
【図10】



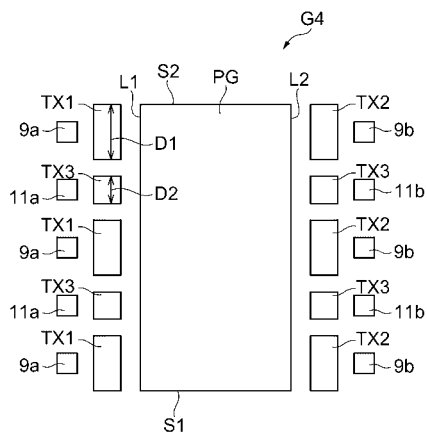
【図 1 1】



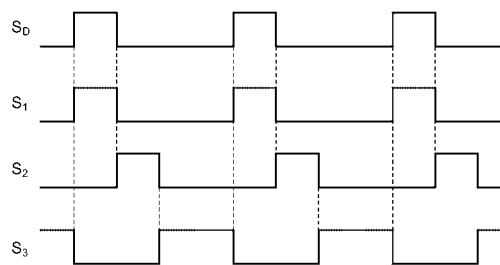
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

審査官 中村 説志

- (56)参考文献 国際公開第2007/119626(WO, A1)
特開2004-294420(JP, A)
特開2008-8700(JP, A)
特開2007-150008(JP, A)
国際公開第2010/013811(WO, A1)
国際公開第2011/065280(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/48 - 7/51
G01S17/00 - 17/95
G01B11/00 - 11/30
G01C 3/00 - 3/32
H01L21/339
H01L27/14 - 27/148
H01L29/762
H04N 5/30 - 5/335