

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-19558
(P2022-19558A)

(43)公開日 令和4年1月27日(2022.1.27)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 S 7/4861(2020.01)	G 0 1 S 7/4861	4 M 1 1 8
H 0 1 L 27/146(2006.01)	H 0 1 L 27/146 A	5 J 0 8 4
	H 0 1 L 27/146 D	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全35頁)	
(21)出願番号 特願2021-88741(P2021-88741)	(71)出願人 390019839
(22)出願日 令和3年5月26日(2021.5.26)	三星電子株式会社
(31)優先権主張番号 10-2020-0087667	S a m s u n g E l e c t r o n i c s
(32)優先日 令和2年7月15日(2020.7.15)	C o . , L t d .
(33)優先権主張国・地域又は機関 韓国(KR)	大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129
(特許庁注：以下のものは登録商標)	129, S a m s u n g - r o , Y e o
1. FRAM	n g t o n g - g u , S u w o n - s i
	, G y e o n g g i - d o , R e p u b
	l i c o f K o r e a
	(74)代理人 100107766
	弁理士 伊東 忠重
	(74)代理人 100070150
	弁理士 伊東 忠彦
	(74)代理人 100135079
	最終頁に続く

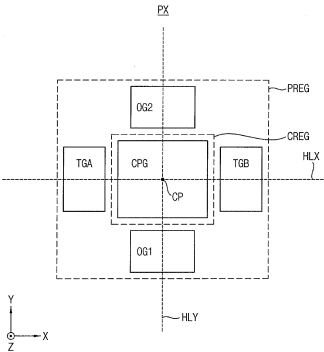
(54)【発明の名称】 マルチタブ構造を有する距離ピクセル及びこれを含むタイムオブフライトセンサ

(57)【要約】

【課題】距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサを提供すること。

【解決手段】タイムオブフライトセンサの距離ピクセルは、共通フォトゲートと、複数のフローティング拡散領域と、複数の復調転送ゲートと、複数のオーバーフローゲートとを含む。共通フォトゲートは、距離ピクセルの中心領域に配置され、複数のフローティング拡散領域は、中心領域を取り囲む外郭領域に配置される。複数の復調転送ゲートは、共通フォトゲートにより収集された光電荷を、複数のフローティング拡散領域にそれぞれ伝達するように、距離ピクセルの中心を通り、互いに垂直な第1の水平ライン及び第2の水平ラインのそれぞれに対して、対称的に外郭領域に配置される。複数のオーバーフローゲートは、共通フォトゲートにより収集された光電荷を排出するように、第1の水平ライン及び第2の水平ラインのそれぞれに対して、対称的に外郭領域に配置される。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

距離ピクセルの中心領域に配置される共通フォトゲートと、
前記中心領域を取り囲む外郭領域に配置される複数のフローティング拡散領域と、
前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域にそれぞれ伝達するように、前記距離ピクセルの中心を通り、互いに垂直な第 1 の水平ライン及び第 2 の水平ラインのそれぞれに対して対称的に、前記外郭領域に配置される複数の復調転送ゲートと、
前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を排出するように、前記第 1 の水平ライン及び前記第 2 の水平ラインのそれぞれに対して対称的に、前記外郭領域に配置される複数のオーバーフローゲートとを含む、タイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

10

【請求項 2】

集光区間の間に前記共通フォトゲートに与えられるフォトゲート電圧は、前記光電荷を収集するための DC 電圧レベルを有し、
前記集光区間の間に前記複数のオーバーフローゲートに与えられるオーバーフローゲート電圧は、前記光電荷の排出を遮断するためのターンオフ電圧レベルを有し、
前記集光区間の間に前記複数の復調転送ゲートには、互いに異なる位相を有する複数の復調信号がそれぞれ与えられることを特徴とする、請求項 1 に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

20

【請求項 3】

前記距離ピクセルを初期化するためのリセット区間、及び前記集光区間の間に収集された光電荷の量を測定するための読出区間の間に、前記オーバーフローゲート電圧は、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を排出するためのターンオン電圧レベルを有することを特徴とする、請求項 2 に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項 4】

前記距離ピクセルを初期化するためのリセット区間、及び前記集光区間の間に収集された光電荷の量を測定するための読出区間の間の前記フォトゲート電圧の DC 電圧レベルは、前記集光区間の間の前記フォトゲート電圧の DC 電圧レベルと同一であることを特徴とする、請求項 2 に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項 5】

前記距離ピクセルを初期化するためのリセット区間、及び前記集光区間の間に収集された光電荷の量を測定するための読出区間の間の前記フォトゲート電圧の DC 電圧レベルは、前記集光区間の間の前記フォトゲート電圧の DC 電圧レベルと互いに異なることを特徴とする、請求項 2 に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

30

【請求項 6】

前記共通フォトゲートは、
半導体基板の上面と平行に板状に形成され、前記半導体基板の上部に配置される水平フォトゲートを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項 7】

前記水平フォトゲートの下面は、入射光の反射及び散乱を誘導するための凹凸構造を有することを特徴とする、請求項 6 に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

40

【請求項 8】

前記共通フォトゲートは、
半導体基板の上面と垂直な垂直方向に延設され、前記半導体基板の上部領域に形成された 1 つ以上のトレンチの内部に配置される 1 つ以上の垂直フォトゲートを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項 9】

前記共通フォトゲートは、
半導体基板の上面と平行に板状に形成され、前記半導体基板の上部に配置される水平フォ

50

トゲートと、

前記水平フォトゲートの下面に接続され、前記半導体基板の上面と垂直な垂直方向に延設され、前記半導体基板の上部領域に形成された１つ以上のトレンチの内部に配置される１つ以上の垂直フォトゲートを含むことを特徴とする、請求項１に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項１０】

更に、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域に伝達する前に一時的に保存するために、前記複数のフローティング拡散領域及び前記複数の復調転送ゲートの間で、前記外郭領域にそれぞれ配置される電荷保存構造物を含むことを特徴とする、請求項１に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

10

【請求項１１】

更に、光が入射される半導体基板の下面に隣接して配置される反射防止膜と、前記反射防止膜の下面に隣接して配置される平坦化膜と、前記平坦化膜の下面に隣接して配置されるマイクロレンズと、他のピクセルからの光を遮断するために、前記半導体基板の下面と垂直な垂直方向に延設され、前記他のピクセルとの境界領域に形成されるピクセル分離構造物とを含むことを特徴とする、請求項１に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項１２】

更に、前記反射防止膜の上面に隣接して配置され、光の反射及び散乱を誘導するための凹凸構造物を含むことを特徴とする、請求項１１に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

20

【請求項１３】

更に、前記反射防止膜の下面に隣接して配置され、特定の偏光軸を有する光を選択的に透過させるための偏光構造物を含むことを特徴とする、請求項１１に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項１４】

前記距離ピクセルは、前記複数の復調転送ゲートが、第１の復調転送ゲート及び第２の復調転送ゲートを含む２タブ構造を有し、

集光区間の間に前記第１の復調転送ゲートには、第１の復調信号が与えられ、前記第２の復調転送ゲートには、前記第１の復調信号と１８０度の位相差を有する第２の復調信号が与えられ、

30

前記第１の復調転送ゲート及び前記第２の復調転送ゲートは、前記距離ピクセルの中心に対して対称であることを特徴とする、請求項１に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項１５】

前記距離ピクセルは、前記複数の復調転送ゲートが、第１の復調転送ゲート、第２の復調転送ゲート、第３の復調転送ゲート、及び第４の復調転送ゲートを含む４タブ構造を有し、

集光区間の間に前記第１の復調転送ゲートには、第１の復調信号が与えられ、前記第２の復調転送ゲートには、前記第１の復調信号と９０度の位相差を有する第２の復調信号が与えられ、前記第３の復調転送ゲートには、前記第１の復調信号と１８０度の位相差を有する第３の復調信号が与えられ、前記第４の復調転送ゲートには、前記第１の復調信号と２７０度の位相差を有する第４の復調信号が与えられ、

40

前記第１の復調転送ゲート及び前記第３の復調転送ゲートは、前記距離ピクセルの中心に対して対称であり、前記第２の復調転送ゲート及び前記第４の復調転送ゲートは、前記距離ピクセルの中心に対して対称であることを特徴とする、請求項１に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【請求項１６】

前記複数のフローティング拡散領域の中より少なくとも２つのフローティング拡散領域は、互いに電氣的に接続されることを特徴とする、請求項１に記載のタイムオブフライトセ

50

ンサの距離ピクセル。

【請求項 17】

変調された送信光を被写体に照射する光源と、
1つ以上の距離ピクセルを含み、前記被写体から反射した受信光に基づいて、タイムオブフライトセンサから前記被写体までの距離情報を提供する感知部と、
前記光源及び前記感知部を制御する制御部とを含み、
前記距離ピクセルのそれぞれは、
距離ピクセルの中心領域に配置される共通フォトゲートと、
前記中心領域を取り囲む外郭領域に配置される複数のフローティング拡散領域と、
前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域にそれぞれ伝達するように、前記距離ピクセルの中心を通り、互いに垂直な第1の水平ライン及び第2の水平ラインのそれぞれに対して対称的に、前記外郭領域に配置される複数の復調転送ゲートと、
前記共通フォトゲートにより収集された光電荷が排出するように、前記第1の水平ライン及び前記第2の水平ラインのそれぞれに対して対称的に、前記外郭領域に配置される複数のオーバーフローゲートとを含むことを特徴とする、タイムオブフライトセンサ。

10

【請求項 18】

互いに隣接する4つの距離ピクセルは、1つのフローティング拡散領域を共有することを特徴とする、請求項 17に記載のタイムオブフライトセンサ。

20

【請求項 19】

距離ピクセルの中心領域に配置され、半導体基板の上面と垂直な垂直方向に延設され、前記半導体基板の上部領域に形成された1つ以上のトレンチの内部に配置される1つ以上の垂直フォトゲートを含む共通フォトゲートと、
前記中心領域を取り囲む外郭領域に配置される複数のフローティング拡散領域と、
前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域にそれぞれ伝達するように、前記外郭領域に配置される複数の復調転送ゲートと、
前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を排出するように、前記外郭領域に配置される1つ以上のオーバーフローゲートとを含むことを特徴とする、タイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

30

【請求項 20】

前記複数の復調転送ゲートは、前記距離ピクセルの中心を通り、互いに垂直な第1の水平ライン及び第2の水平ラインのそれぞれに対して、対称的に配置され、
前記複数のオーバーフローゲートは、前記第1の水平ライン及び前記第2の水平ラインのそれぞれに対して、対称的に配置されることを特徴とする、請求項 19に記載のタイムオブフライトセンサの距離ピクセル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体集積回路に関し、より詳しくは、マルチタブ構造を有する距離ピクセル及び該距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサに関する。

40

【背景技術】

【0002】

最近、物体の立体情報を獲得する3次元感知に対する関心が高まるにつれ、多様な3次元カメラが開発されている。様々な方式の3次元カメラの中でも、タイムオブフライト(ToF、Time of Flight)方式のカメラが、回路の複雑度が低く、距離分解能に優れていることから、多く使用されている。

【0003】

タイムオブフライトセンサは、距離情報を抽出するために、別のレーザ又は発光ダイオード(LED)と光源を用いて、変調された送信光を被写体に照射した後、反射して出る反射光の時間差もしくは位相差を測定して、距離を計算する。物体に反射して戻った信号は、復

50

調信号を使って測定される。タイムオブフライトセンサをモバイル装置のような様々な電子装置に適用するために、タイムオブフライトセンサのサイズ及び消費電力を減少することが求められる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

前記のような問題点を解決するための本発明の目的は、効率的な測距を行うことができる距離ピクセル、及び該距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

前記の目的を達成するために、本発明の実施例によるタイムオブフライトセンサの距離ピクセルは、共通フォトゲートと、複数のフローティング拡散領域と、複数の復調転送ゲートと、複数のオーバーフローゲートとを含む。

前記共通フォトゲートは、距離ピクセルの中心領域に配置され、前記複数のフローティング拡散領域は、前記中心領域を取り囲む外郭領域に配置される。前記複数の復調転送ゲートは、前記共通フォトゲートにより収集（集光）された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域にそれぞれ伝達するように、前記距離ピクセルの中心を通り、互いに垂直な第1の水平ライン及び第2の水平ラインのそれぞれに対して対称的に、前記外郭領域に配置される。前記複数のオーバーフローゲートは、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を排出（drain）するように、前記第1の水平ライン及び前記第2の水平ラインのそれぞれに対して対称的に、前記外郭領域に配置される。

【0006】

また、前記の目的を達成するために、本発明の実施例によるタイムオブフライトセンサは、変調された送信光を被写体に照射する光源と、1つ以上の距離ピクセルを含み、前記被写体から反射した受信光に基づいて、タイムオブフライトセンサから前記被写体までの距離情報を提供する感知部と、前記光源及び前記感知部を制御する制御部とを含む。前記距離ピクセルのそれぞれは、距離ピクセルの中心領域に配置される共通フォトゲートと、前記中心領域を取り囲む外郭領域に配置される複数のフローティング拡散領域と、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域にそれぞれ伝達するように、前記距離ピクセルの中心を通り、互いに垂直な第1の水平ライン及び第2の水平ラインのそれぞれに対して対称的に、前記外郭領域に配置される複数の復調転送ゲートと、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷が排出するように、前記第1の水平ライン及び前記第2の水平ラインのそれぞれに対して対称的に、前記外郭領域に配置される複数のオーバーフローゲートとを含む。

【0007】

更に、前記の目的を達成するために、本発明の実施例によるタイムオブフライトセンサの距離ピクセルは、距離ピクセルの中心領域に配置される共通フォトゲートと、前記中心領域を取り囲む外郭領域に配置される複数のフローティング拡散領域と、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域にそれぞれ伝達するように、前記外郭領域に配置される複数の復調転送ゲートと、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域に伝達する前に一時的に（temporarily）保存するために、前記複数のフローティング拡散領域及び前記複数の復調転送ゲートの間で、前記外郭領域にそれぞれ配置される電荷保存（storing：蓄積）構造物、及び前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を排出するように、前記外郭領域に配置される複数のオーバーフローゲートとを含む。

【0008】

前記の目的を達成するために、距離ピクセルの中心領域に配置され、半導体基板の上面と垂直な垂直方向に延設され、前記半導体基板の上部領域に形成された1つ以上のトレンチの内部に配置される1つ以上の垂直フォトゲートを含む共通フォトゲートと、前記中心領

10

20

30

40

50

域を取り囲む外郭領域に配置される複数のフローティング拡散領域と、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を、前記複数のフローティング拡散領域にそれぞれ伝達するように、前記外郭領域に配置される複数の復調転送ゲートと、前記共通フォトゲートにより収集された光電荷を排出するように、前記外郭領域に配置される１つ以上のオーバーフローゲートとを含む。

【発明の効果】

【０００９】

本発明の実施例による距離ピクセルは、１つの共通フォトゲートを適用することで、距離ピクセル及び該距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサの消費電力及びサイズを減少することができる。

【００１０】

また、本発明の実施例による距離ピクセルは、対称構造及び共通フォトゲートの変形構造により、センシング精度及びセンシング感度を増加することで、距離ピクセル及び該距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサの性能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図２a】本発明の実施例による距離ピクセルの垂直構造を示す断面図である。

【図２b】本発明の実施例による距離ピクセルの垂直構造を示す断面図である。

【図３a】本発明の実施例による距離ピクセルの垂直構造を示す断面図である。

【図３b】本発明の実施例による距離ピクセルの垂直構造を示す断面図である。

【図４】本発明の実施例による２タブ構造を有する距離ピクセルを示す回路図である。

【図５】図４の２タブ構造を有する距離ピクセルのレイアウトの一実施例を示す図である。

。

【図６】図４の２タブ構造を有する距離ピクセルの動作の実施例を示すタイミング図である。

【図７】図４の２タブ構造を有する距離ピクセルの動作の実施例を示すタイミング図である。

【図８】個別的なフォトゲートを適用した２タブ構造を有する距離ピクセルを示す回路図である。

【図９】図８の２タブ構造を有する距離ピクセルの動作を示すタイミング図である。

【図１０】本発明の実施例によるタイムオブフライトセンサを示すブロック図である。

【図１１】タイムオブフライトセンサにおいて、被写体の距離の測定及び計算の一例を説明するための図である。

【図１２】タイムオブフライトセンサにおいて、被写体の距離の測定及び計算の一例を説明するための図である。

【図１３】本発明の実施例による４タブ構造を有する距離ピクセルを示す回路図である。

。

【図１４】図１３の４タブ構造を有する距離ピクセルのレイアウトの一実施例を示す図である。

【図１５】図１３の４タブ構造を有する距離ピクセルの動作の一実施例を示すタイミング図である。

【図１６】本発明の実施例による距離ピクセルのフローティング拡散領域の共有に関する実施例を示す図である。

【図１７】本発明の実施例による距離ピクセルのフローティング拡散領域の共有に関する実施例を示す図である。

【図１８a】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図１８b】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図１８c】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図１９a】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 19 b】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図 19 c】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図 20】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 21 a】図 20 の距離ピクセルに含まれる共通フォトゲートの実施例を示す斜視図である。

【図 21 b】図 20 の距離ピクセルに含まれる共通フォトゲートの実施例を示す斜視図である。

【図 22】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 23 a】図 22 の距離ピクセルに含まれる共通フォトゲートの実施例を示す斜視図である。

【図 23 b】図 22 の距離ピクセルに含まれる共通フォトゲートの実施例を示す斜視図である。

【図 24】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図 25】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図 26】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図 27】本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【図 28】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 29】図 28 の距離ピクセルに含まれる共通フォトゲートの一実施例を示す斜視図である。

【図 30 a】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 30 b】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 30 c】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 31 a】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 31 b】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 31 c】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 32】本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。

【図 33 a】図 32 の距離ピクセルに含まれる偏光構造物の実施例を示す図である。

【図 33 b】図 32 の距離ピクセルに含まれる偏光構造物の実施例を示す図である。

【図 34】本発明のイメージセンサをコンピュータシステムに応用した例を示すブロック図である。

【図 35】図 34 のコンピュータシステムで用いられるインタフェースの一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付の図面を参照して、本発明の好適な実施例をより詳しく説明する。図面上の同一の構成要素に対しては、同一の図面符号を付し、同一の構成要素に関する重複した説明は省略する。

【0013】

図 1 は、本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図であり、図 2 a 及び図 2 b は、本発明の実施例による距離ピクセルの垂直構造を示す断面図であり、図 3 a 及び図 3 b は、本発明の実施例による距離ピクセルの垂直構造を示す断面図である。

【0014】

以下、基板上面に平行で且つ互いに交差する 2 つの方向をそれぞれ、第 1 の水平方向(X)及び第 2 の水平方向(Y)と定義し、基板上面に実質的に垂直な方向を垂直方向(Z)と定義する。第 1 の水平方向(X)は、行方向に相当し、第 2 の水平方向(Y)は、列方向に相当する。

【0015】

図 1 乃至図 3 に示しているように、距離ピクセル(PX)は、共通フォトゲート(CPG)、複数のフローティング拡散領域(FDA、FDB)、複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)、及び複数のオーバーフローゲート(OG1、OG2)を含む。図 1 乃至図 3 には、図示及び説明の

10

20

30

40

50

便宜のため、２タブ構造に相当する２つのフローティング拡散領域(FDA、FDB)、及び２つの復調転送ゲート(TGA、TGB)を示しているが、本発明の実施例がこれに限定されるものではない。復調転送ゲート及びフローティング拡散領域の数は、距離ピクセル(PX)のタブの数によって、様々に変更される。また、オーバーフローゲートの数も様々に変更される。

【００１６】

共通フォトゲート(CPG)は、距離ピクセル(PX)の中心領域(CREG)に配置され、複数のフローティング拡散領域(FDA、FDB)、複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)、及び複数のオーバーフローゲート(OG1、OG2)は、中心領域(CREG)を取り囲む外郭領域(PREG)に配置される。

10

【００１７】

複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)は、共通フォトゲート(CPG)により収集された光電荷を、複数のフローティング拡散領域(FDA、FDB)へ伝達し、複数のオーバーフローゲート(OG1、OG2)は、共通フォトゲート(CPG)により収集された光電荷を排出する。距離ピクセル(PX)の動作については、図６及び図７を参照して後述する。

【００１８】

複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)は、距離ピクセル(PX)の中心(CP)を通し、互いに垂直な第１の水平ライン(HLX)及び第２の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して対称的に、外郭領域(PREG)に配置される。また、複数のオーバーフローゲート(OG1、OG2)は、第１の水平ライン(HLX)及び第２の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して対称的に、外郭領域(PREG)に配置される。

20

【００１９】

一実施例において、図４及び図５を参照して後述するように、距離ピクセル(PX)は、複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)及び複数のフローティング拡散領域(FDA、FDB)の間にそれぞれ配置される電荷保存構造物を更に含む。前記電荷保存構造物は、共通フォトゲート(CPG)により収集された光電荷を複数のフローティング拡散領域(FDA、FDB)に伝達する前に、一時的に保存することができる。

【００２０】

一般に、距離ピクセルは、複数のフォトゲートを含み、入射光の強さを感知するための集光区間(integration period)の間に、互いに異なる位相を有する複数の復調信号を、前記複数のフォトゲートにそれぞれ与える。一方、本発明の実施例による距離ピクセル(PX)は、中心領域(CREG)に配置される１つの共通フォトゲート(CPG)を含む。図６及び図７を参照して後述するように、前記集光区間の間に、複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)には、互いに異なる位相を有する複数の復調信号がそれぞれ与えられる。前記集光区間の間に共通フォトゲート(CPG)に与えられるフォトゲート電圧(VPG)は、光電荷を収集するためのＤＣ電圧レベルを有し、前記集光区間の間に複数のオーバーフローゲートに与えられるオーバーフローゲート電圧は、前記光電荷の排出を遮断するためのターンオフ電圧レベルを有する。

30

【００２１】

図２a及び図２bに示しているように、距離ピクセル(PX)は、半導体基板１０に形成されるフローティング拡散領域(FDA、FDB)とドレイン領域(DR1、DR2)、及び半導体基板１０上に形成される共通フォトゲート(CPG)、復調転送ゲート(TGA、TGB)、及びオーバーフローゲート(OG1、OG2)を含む。フローティング拡散領域(FDA、FDB)、ドレイン領域(DR1、DR2)、共通フォトゲート(CPG)、復調転送ゲート(TGA、TGB)、及びオーバーフローゲート(OG1、OG2)は、ピクセルの中心(CP)を通す垂直ライン(VLZ)に対して対称的に配置される。

40

【００２２】

フローティング拡散領域(FDA、FDB)とドレイン領域(DR1、DR2)は、半導体基板１０の上面１１へのイオン注入工程などにより、半導体基板１０に形成され、共通フォトゲート(CPG)、復調転送ゲート(TGA、TGB)、及びオーバーフローゲート(OG1、OG2)は、

50

蒸着工程、エッチング工程などにより、半導体基板10と離隔して形成される。半導体基板10の上面11とゲート(CPG、TGA、TGB、OG1、OG2)の間には、酸化膜のような絶縁層(DL)が介在される。

【0023】

ゲート(CPG、TGA、TGB、OG1、OG2)は、ポリシリコンを含むか、透明導電性酸化物(transparent conducting oxide、TCO)を含む。例えば、ゲート(CPG、TGA、TGB、OG1、OG2)は、インジウム錫酸化物(ITO)、インジウム亜鉛酸化物(IZO)、亜鉛酸化物(ZnO)、チタン酸化物(TiO₂)、又はこれらの組み合わせを含む。

【0024】

距離ピクセル(PX)に入射される光は、半導体基板10の上部表面から入射され、この場合、ゲート(CPG、TGA、TGB、OG1、OG2)は、透明導電性酸化物を含んで形成される。一方、距離ピクセル(PX)に入射される光は、半導体基板10の下面から入射され、この場合、ゲート(CPG、TGA、TGB、OG1、OG2)は、不透明導電性酸化物を含んでも構わない。

10

【0025】

距離ピクセル(PX)は、半導体基板10と反対導電型の不純物でドーブされ、共通フォトゲート(CPG)の下の半導体基板10に形成されるフォトダイオードのような光電荷保存領域(PD)を更に含む。すなわち、光電荷保存領域(PD)は、フローティング拡散領域(FDA、FDB)及びドレイン領域(DR1、DR2)と離隔するように、共通フォトゲート(CPG)の下部に形成され得る。一実施例において、半導体基板10は、P型基板であり、光電荷保存領域(PD)は、N型不純物でドーブされる。他の実施例において、半導体基板10は、N型半導体基板やP型基板に形成されたN型ウェルであり、光電荷保存領域(PD)は、P型不純物でドーブされる。

20

【0026】

共通フォトゲート(CPG)には、フォトゲート電圧(VPG)が与えられ、復調転送ゲート(TGA、TGB)には、復調信号(STGA、STGB)がそれぞれ与えられる。復調信号(STGA、STGB)は、互いに異なる位相を有し、集光周期の間に、復調信号(STGA、STGB)の位相に相当する光電荷が、フローティング拡散領域(FDA、FDB)にそれぞれ伝達される。

【0027】

オーバーフローゲート(OG1、OG2)には、オーバーフローゲート電圧(VOG)が与えられ、ドレイン領域(DR1、DR2)には、電源電圧(VDD)が与えられる。集光区間の間に、オーバーフローゲート電圧(VOG)は、共通フォトゲート(CPG)により収集された光電荷の排出を遮断するためのターンオフ電圧レベルを有し、集光区間以外の区間では、オーバーフローゲート電圧(VOG)は、前記光電荷を排出するためのターンオン電圧レベルを有する。集光区間以外の区間では、前記ターンオン電圧レベルにより、光電荷保存領域(PD)とドレイン領域(DR1、DR2)の間の半導体基板10にチャンネルが形成され、収集された光電荷が電源電圧(VDD)の端子に排出される。このようなオーバーフローゲート(OG1、OG2)を用いて、グローバルシャッター機能を具現化することができる。

30

【0028】

TOF(Time-Of-Flight)光感知装置では、被写体までの距離を算出するために、被写体により反射して入射する光を測定する。このために、一般に互いに異なる位相に相当する2つのタブ(2-tap)又は4つのタブ(4-tap)を用いたロックイン型の検出方式が多く利用される。

40

【0029】

一般に、ロックイン型の検出において、このようなタブは、被写体に照射される送信光と180度(2タブの場合)又は90度(4タブの場合)の位相差を有し、正弦波又はデューティ比50%のパルストレイン信号が用いられる。そして、ロックイン型の検出のためには、光電荷保存領域及び/又は光電荷生成領域が複数のフローティング拡散領域により共有されるマルチタブ構造の距離ピクセルが用いられる。

【0030】

50

図 2 a 及び図 2 b の垂直構造と比較して、図 3 a 及び図 3 b の垂直構造では、半導体基板 10 は、不純物が互いに異なる濃度及び/又は異なる導電型でドーピングして区別される複数の領域 13、14、15 を含む。例えば、半導体基板 10 が P タイプの導電型である場合、半導体基板 10 は、上から順次、N-領域 13、P-領域 14、及び P+領域 15 を含む。P-領域 14 は、N-領域 13 と反対導電型の不純物でドーピングされたことを示し、P+領域 15 は、P-領域 14 よりも不純物濃度が高いことを示す。700 nm~850 nm の波長を有する近赤外線(NIR: Near Infrared Radiation)がタイムオブフライトセンサの送信光として用いられる場合、N 型半導体基板よりは、P 型半導体基板が利用可能である。

【0031】

距離ピクセル(PX)に入射された光子は、P-領域 14 に浸透して、電子正孔対を生成する。すなわち、P-領域 14 は、主たる光電荷生成領域に該当する。生成された少数キャリアとしての光電子は、N-領域 13 と P-領域 14 の境界に該当する N-P 接合の空乏領域へ移動し、共通フォトゲート(CPG)により収集される。この時、P-領域 14 の下部に、不純物濃度がより大きい P+領域 15 が位置することで、P-領域 14 と P+領域 15 の境界付近に生成された光電子は、N-P 接合領域に移動しようとする傾向が大きくなる。

【0032】

実施例によって、N-領域 13 は、P 領域に置換可能である。P-領域 14 よりも高い濃度を形成して、ゲート(CPG、TGA、TGB、OG1、OG2)がターンオフ状態であるとき、光電子をよりよく遮断し、ゲート(CPG、TGA、TGB、OG1、OG2)がターンオン状態でのみ伝送されるように設定することもできる。

【0033】

このように不純物が互いに異なる濃度でドーピングして区別される複数の光電荷生成領域 13、14、15 を、半導体基板 10 に形成することで、単位ピクセル 100b の感度をより一層向上させることができる。一方、複数の光電荷生成領域 13、14、15 に加えて、前述したようなフォトダイオードのような光電荷保存領域(PD)がさらに形成される。

【0034】

図 4 は、本発明の実施例による 2 タブ構造を有する距離ピクセルを示す回路図であり、図 5 は、図 4 の 2 タブ構造を有する距離ピクセルのレイアウトの一実施例を示す図である。以下、図 1 ~ 図 3 の説明と重複する説明は、省略する。

【0035】

図 4 及び図 5 に示しているように、距離ピクセル(PX1)は、第 1 のタブ(TA)に相当するトランジスタ(TMA、TS、TT)、第 2 のタブ(TB)に相当するトランジスタ(TMB、TS、TT)、読出回路に相当するトランジスタ(TRS、TSF、TSL)、及び共有回路に相当する共通フォトゲート(CPG)、オーバーフローゲート(OG1、OG2)、及びフォトダイオード(PD)を含む。

【0036】

トランジスタ(TMA、TMB、TS、TT、TRS)のそれぞれは、半導体基板の上部に配置されるゲート、及び前記ゲートの両側面の半導体基板の上部に形成されるソース領域及びドレイン領域を含む。トランジスタ(TMA、TMB、TS、TT、TRS)のゲートはそれぞれ、第 1 の復調転送ゲート(TGA)、第 2 の復調転送ゲート(TGB)、ストレージゲート(SG)、FD 転送ゲート(TG)、及びリセットゲート(RG)に該当する。

【0037】

共通フォトゲート(CPG)には、フォトゲート電圧(VPG)が与えられ、オーバーフローゲート(OG1、OG2)には、オーバーフローゲート電圧(VOG)が与えられ、ストレージゲート(SG)には、ストレージ制御信号(SSG)が与えられ、FD 転送ゲート(TG)には、FD 転送制御信号(STG)が与えられ、リセットゲート(RG)には、リセット信号(SRG)が与えられ、選択トランジスタ(TSL)のゲートには、選択信号(SEL)が与えられる。第 1 の復調転送ゲート(TGA)及び第 2 の復調転送ゲート(TGB)には、互いに異なる位相を有する第 1

10

20

30

40

50

の復調信号(STGA)及び第2の復調信号(STGB)がそれぞれ与えられる。

【0038】

フォトゲート電圧(VPG)、オーバーフローゲート電圧(VOG)、ストレージ制御信号(SSG)、FD転送制御信号(STG)、リセット信号(SRG)、選択信号(SEL)、復調信号(STGA、STGB)は、図10における制御部150の制御によって、ロウ(row)走査回路130から提供される。

【0039】

ストレージゲート(SG)は、電荷保存構造物の1つとして、復調転送ゲート(TGA、TGB)を介して、電荷をフローティング拡散領域(FDA、FDB)へ伝達する前に、電荷を一時的に保存することができる。一実施例において、電荷保存構造物は、ストレージゲート(SG)単独で具現化される。他の実施例において、電荷保存構造物は、ストレージゲート(SG)の下部の半導体基板内にストレージダイオードが更に形成された構造でも具現化可能である。このように、距離ピクセル(PX1)内に電荷保存構造物が含まれることで、正確なCDS(Correlated Double Sampling)動作が可能となつて、読出ノイズを最小化する。実施例により、FD転送ゲート(TG)及び/又はストレージゲート(SG)は、省略可能である。

10

【0040】

フローティング拡散領域(FDA、FDB)に保存された電荷は、ソースフォロワバッファアンプの役割を果たすトランジスタ(TSF)及び選択トランジスタ(TSL)を介して、出力信号(VOUTA、VOUTB)として提供される。

20

【0041】

図5に示しているように、1つの共通フォトゲート(CPG)が中心領域に配置され、復調転送ゲート(TGA、TGB)及びオーバーフローゲート(OG1、OG2)は、共通フォトゲート(CPG)に対して、対称構造を有する。復調転送ゲート(TGA、TGB)は、距離ピクセル(PX1)の中心(CP)を通し、互いに垂直な第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して対称的に配置される。換言すると、第1の復調転送ゲート(TGA)及び第2の復調転送ゲート(TGB)は、距離ピクセル(PX1)の中心に対して、対称である。また、オーバーフローゲート(OG1、OG2)は、第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して対称的に配置される。このような対称構造により、複数のタブ間の特性偏差を減少させ、距離ピクセルのセンシング精度を向上させることができる。

30

【0042】

図6及び図7は、図4の2タブ構造を有する距離ピクセルの動作の実施例を示すタイミング図である。

【0043】

図4乃至図7に示しているように、集光区間(TINT)の間に、共通フォトゲート(CPG)に与えられるフォトゲート電圧(VPG)は、光電荷を収集するためのDC電圧レベル(VDC)を有し、集光区間(TINT)の間にオーバーフローゲート(OG1、OG2)に与えられるオーバーフローゲート電圧(VOG)は、前記光電荷の排出を遮断するためのターンオフ電圧レベル(VOFF)を有する。また、集光区間(TINT)の間に、第1の復調転送ゲート(TGA)及び第2の復調転送ゲート(TGB)には、互いに異なる位相を有する第1の復調信号(STGA)及び第2の復調信号(STGB)がそれぞれ与えられる。第1の復調信号(STGA)の位相は、送信光(TL)の位相に同期化する。一実施例において、第1の復調信号(STGA)及び第2の復調信号(STGB)の位相差は、180度である。このように、互いに異なる位相差を有する復調信号を用いた測距方法については、図10乃至図12を参照して後述する。

40

【0044】

集光区間(TINT)以外の区間、例えば、距離ピクセルを初期化するためのリセット区間(TRST)、及び集光区間(TINT)の間に収集された光電荷の量を測定するための読出区間(TRD)の間に、オーバーフローゲート電圧(VOG)は、共通フォトゲート(CPG)により収集された光電荷を排出するためのターンオン電圧レベル(VON)を有する。このように、集光

50

区間(TINT)以外の区間で、オーバーフローゲート(OG1、OG2)を用いて電荷を排出することで、グローバルシャッターの機能を具現化することができる。

【0045】

一実施例において、図6に示しているように、リセット区間(TRST)及び読出区間(TRD)の間のフォトゲート電圧(VPG)の第1のDC電圧レベル(VDC)は、集光区間(TINT)の間のフォトゲート電圧(VPG)の第2のDC電圧レベル(VDC')と同一である。DC電圧レベル(VDC)は、復調信号(STGA、STGB)の高電圧レベル(VH)及び低電圧レベル(VL)間の電圧レベルである。他の実施例において、図7に示しているように、リセット区間(TRST)及び読出区間(TRD)の間のフォトゲート電圧(VPG)の第2のDC電圧レベル(VDC')は、集光区間(TINT)の間のフォトゲート電圧(VPG)の第1のDC電圧レベル(VDC)と互いに異なることができる。集光区間(TINT)の間の第1のDC電圧レベル(VDC)は、復調信号(STGA、STGB)の高電圧レベル(VH)及び低電圧レベル(VL)の間の電圧レベルである。集光区間(TINT)以外の区間では、収集された光電荷の排出のために、オーバーフローゲート(OG1、OG2)がターンオンした状態であるので、半導体基板に形成されたチャンネル上のポテンシャル分布を考えて、第2のDC電圧レベル(VDC')が適宜設定される。図7には、第2のDC電圧レベル(VDC')が第1のDC電圧レベル(VDC)よりも高いことを示しているが、実施例によって、第2のDC電圧レベル(VDC')は、第1のDC電圧レベル(VDC)よりも低いこともできる。

10

【0046】

図8は、個別的なフォトゲートを適用した2タブ構造を有する距離ピクセルを示す回路図であり、図9は、図8の2タブ構造を有する距離ピクセルの動作を示すタイミング図である。図8の距離ピクセル(PX1')は、図4の距離ピクセル(PX1)と同様であるので、図4乃至図7と重複する説明を省略し、相違点について説明する。

20

【0047】

図8に示しているように、距離ピクセル(PX1')は、図4の共通フォトゲート(CPG)を代替した第1のタブ(TA)に相当する第1のフォトゲート(PGA)、及び第2のタブ(TB)に相当する第2のフォトゲート(PGB)を含む。

【0048】

図8及び図9に示しているように、集光区間(TINT)の間に、第1のフォトゲート(PGA)及び第2のフォトゲート(PGB)には、互いに異なる位相を有する第1の復調信号(SPGA)及び第2の復調信号(SPGB)がそれぞれ与えられる。集光区間(TINT)の間に、第1の転送ゲート(TGA)及び第2の転送ゲート(TGB)には、一定の電圧レベルを有する第1の転送制御信号(STGA)及び第2の転送制御信号(STGB)がそれぞれ与えられる。

30

【0049】

このように、図8の距離ピクセル(PX1')は、複数のタブに相当する複数のフォトゲート(PGA、PGB)にトグリングする復調信号(SPGA、SPGB)が与えられる。一般に、フォトゲートは、収集される光電荷の量を増加してセンシング感度を増加するように、大きなサイズを有する。そこで、大面積を有するフォトゲートにトグリングする復調信号(SPGA、SPGB)を与える場合、消耗電力が増加する。一方、本発明の実施例による図4の距離ピクセル(PX1)は、共通フォトゲート(CPG)には一定のDC電圧が与えられ、相対的に小さい面積を有する復調転送ゲート(TGA)には復調信号(STGA、STGB)が与えられることで、図8の距離ピクセル(PX1')と比較して、消耗電力を減少することができる。

40

【0050】

一方、図8の距離ピクセル(PX1')は、フォトゲートの数に比例して、フォトゲートを駆動するための信号ラインの数が増加する。信号ラインの数の増加は、製造工程上の制約で作用し、このような制約により、距離ピクセルのサイズを減少することが制限される。一方、本発明の実施例による図4の距離ピクセル(PX1)は、共通フォトゲート(CPG)を適用することで、タブ数によらず、共通フォトゲート(CPG)を駆動するための1つの信号ラインが求められるので、製造工程上の制約を緩和して、距離ピクセルのサイズを減少することができる。

50

【0051】

このように、本発明の実施例による距離ピクセルは、1つの共通フォトゲートを適用することで、距離ピクセル、及び前記距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサの消費電力及びサイズを減少することができる。

【0052】

図10は、本発明の実施例によるタイムオブフライトセンサを示すブロック図である。

【0053】

図10に示しているように、タイムオブフライトセンサ100は、感知部と、制御部150と、光源モジュール200とを含む。前記感知部は、ピクセルアレイ110と、アナログ・デジタル変換(ADC)部120と、ロウ(row)走査回路130と、カラム(column)走査回路140とを含む。

10

【0054】

ピクセルアレイ110は、光源モジュール200より送信された光(TL)が、被写体(OBJ)から反射して受信された光(RL)を、電気的な信号に変換する距離ピクセル(depth pixel)を含む。前記距離ピクセルは、モノクロ画像情報と共に、タイムオブフライトセンサ100から被写体(OBJ)の距離に関する情報を提供することができる。

【0055】

ピクセルアレイ110は、カラー画像情報を提供するカラーピクセルを更に含む。この場合、タイムオブフライトセンサ100は、前記カラー画像情報及び前記距離情報を同時に提供する3次元カラーイメージセンサである。一実施例において、赤外線(又は、近赤外線)フィルタが、前記距離ピクセル上に形成され、カラーフィルタ(例えば、赤、緑、青フィルタ)が、前記カラーピクセル上に形成される。実施例によって、前記距離ピクセルと前記カラーピクセルの数の比は、変更することができる。

20

【0056】

ADC部120は、ピクセルアレイ110から出力されるアナログ信号を、デジタル信号へ変換する。実施例によって、ADC部120は、各カラムライン毎に接続されたアナログ・デジタル変換器を用いて、アナログ信号を並列に変換するカラムADCを行うか、単一のアナログ・デジタル変換器を用いて、前記アナログ信号を順次変換する単一ADCを行う。

【0057】

実施例によって、ADC部120は、有効信号成分を抽出するための相関二重サンプリング(CDS)部を含む。一実施例において、前記CDS部は、リセット成分を示すアナログリセット信号と、信号成分を示すアナログデータ信号との差に基づいて、前記有効信号成分を抽出するアナログ二重サンプリングを行う。

30

【0058】

他の実施例において、前記CDS部は、前記アナログリセット信号と前記アナログデータ信号をデジタル信号へそれぞれ変換した後、前記有効信号成分として、2つのデジタル信号の差を抽出するデジタル二重サンプリングを行う。

【0059】

また、他の実施例において、前記CDS部は、前記アナログ二重サンプリング及び前記デジタル二重サンプリングをいずれも行うデュアル相関二重サンプリングを行うことができる。

40

【0060】

ロウ走査回路130は、制御部150から制御信号を受信して、ピクセルアレイ110のロウアドレス及びロウ走査を制御する。ロウ走査回路130は、ロウラインから該当ロウラインを選択するために、該当ロウラインを活性化させる信号を、ピクセルアレイ110に与える。一実施例において、ロウ走査回路130は、ピクセルアレイ110内のロウラインを選択するロウデコードと、選択されたロウラインを活性化させる信号を供給するロウドライバとを含む。

【0061】

50

カラム走査回路 140 は、制御部 150 から制御信号を受信して、ピクセルアレイ 110 のカラムアドレス及びカラム走査を制御する。カラム走査回路 140 は、A D C 部 120 より出力されるデジタル出力信号、すなわち、サンプルデータ(SDATA)を、デジタル信号処理回路(図示せず)、又は外部のホスト(図示せず)へ出力する。例えば、カラム走査回路 140 は、水平走査制御信号を A D C 部 120 に出力することで、A D C 部 120 内の複数のアナログ・デジタル変換器を順次選択することができる。

【0062】

一実施例において、カラム走査回路 140 は、複数のアナログ・デジタル変換器の中の 1 つを選択するカラムデコーダと、選択されたアナログ・デジタル変換器の出力を水平転送線に誘導するカラムドライバとを含む。一方、前記水平転送線は、前記デジタル出力信号を出力するためのビット幅を有する。

10

【0063】

制御部 150 は、A D C 部 120、ロウ走査回路 130、カラム走査回路 140、及び光源モジュール 200 を制御する。制御部 150 は、A D C 部 120、ロウ走査回路 130、カラム走査回路 140、及び光源モジュール 200 の動作に要求されるクロック信号、タイミングコントロール信号などのような制御信号を供給する。一実施例において、制御部 150 は、ロジック制御回路、位相固定ループ(PLL)回路、タイミング制御回路、及び通信インタフェース回路などを含む。

【0064】

光源モジュール 200 は、所定の波長を有する光(例えば、赤外線又は近赤外線)を出力する。光源モジュール 200 は、光源 210 と、レンズ 220 とを含む。光源 210 は、制御部 150 で制御されることで、強さが周期的に変わる光(TL)を出力することができる。

20

【0065】

例えば、光(TL)の強さは、連続したパルスを含むパルス波、正弦波、余弦波などのような形態を有するように変調される。光源 210 は、発光ダイオード(LED)、レーザダイオードなどで具現化することができる。

【0066】

以下、本発明の実施例によるタイムオブフライトセンサ 100 の動作を説明する。

【0067】

制御部 150 は、周期的に変わる強さを有する光(TL)を出力するように、光源モジュール 200 を制御する。光源モジュール 200 より放出された光(TL)は、被写体(OBJ)で反射され、受信光(RL)として、前記距離ピクセルに入射される。前記距離ピクセルは、ロウ走査回路 130 により活性化され、受信光(RL)に相当するアナログ信号を出力する。A D C 部 120 は、前記距離ピクセルから出力されたアナログ信号を、デジタルデータ、すなわち、サンプルデータ(SDATA)に変換することができる。サンプルデータ(SDATA)は、カラム走査回路 140 により、制御部 150 に提供することもできる。

30

【0068】

制御部 150 又は外部のプロセッサは、サンプルデータ(SDATA)に基づいて、タイムオブフライトセンサ 100 から、被写体(OBJ)の距離、被写体(OBJ)の水平位置、被写体(OBJ)の垂直位置及び/又は被写体(OBJ)の面積などを計算する。制御部 150 は、測定された被写体(OBJ)の距離、水平位置、垂直位置及び/又は面積に基づいて、光源モジュール 200 より放出される光(TL)の拡散角、照射位置などを制御する。例えば、制御部 150 は、光源 210 とレンズ 220 の間隔、光源 210 とレンズ 220 の相対的位置、レンズ 220 の屈折率、レンズ 220 の曲率などを調節する。

40

【0069】

被写体(OBJ)に相当する領域に照射された光(TL)は、被写体(OBJ)より反射して、前記距離ピクセルに再度入射される。前記距離ピクセルは、受信光(RL)に相当するアナログ信号を出力し、A D C 部 120 は、前記距離ピクセルから出力されたアナログ信号を、デジタルデータ、すなわちサンプルデータ(SDATA)に変換する。サンプルデータ(SDATA)は、制御部 150 又は外部のプロセッサにより、距離情報に変換され、前記距離情報は、

50

デジタル信号処理回路又は外部のホストへ提供される。実施例によって、ピクセルアレイ 110 は、カラーピクセルを含み、前記デジタル信号処理回路又は前記ホストには、前記距離情報と共に、カラー画像情報が提供される。

【0070】

図 11 及び図 12 は、タイムオブフライトセンサにより、被写体の距離の測定及び計算の一例を説明するための図である。

【0071】

図 10 及び図 11 に示しているように、光源モジュール 200 より放出された光(TL)は、周期的に変わる強さを有する。例えば、放出された光(TL)の強さ(すなわち、単位面積当たりの光子の数)は、正弦波の形状を有する。

【0072】

光源モジュール 200 より放出された光(TL)は、被写体(OBJ)より反射して、受信光(RL)としてピクセルアレイ 110 に入射される。ピクセルアレイ 110 は、受信光(RL)を周期的にサンプリングする。実施例によって、ピクセルアレイ 110 は、受信光(RL)の各周期(すなわち、放出された光(TL)の周期)毎に、180度の位相差を持つ2つのサンプリングポイント、それぞれ90度の位相差を持つ4つのサンプリングポイント、又はそれ以上のサンプリングポイントで、受信光(RL)をサンプリングする。例えば、ピクセルアレイ 110 は、周期毎に放出された光(TL)の90度、180度、270度、及び360度の位相で、受信光(RL)のサンプル(A0、A1、A2、A3)を抽出する。サンプル(A0、A1、A2、A3)に基づいて、送信光(TL)及び受信光(RL)の位相差を計算し、前記位相差に基づいて、被写体までの距離を計算することができる。

【0073】

受信光(RL)は、更なる背景光、ノイズなどにより、光源モジュール 200 より放出された光(TL)のオフセットと異なるオフセット(B)を有する。受信光(RL)のオフセット(B)は、数式 1 のように計算される。

【0074】

【数 1】

$$B = \frac{A0 + A1 + A2 + A3}{4}$$

【0075】

ここで、A0 は、放出された光(TL)の90度の位相でサンプリングされた受信光(RL)の強さ、A1 は、放出された光(TL)の180度の位相でサンプリングされた受信光(RL)の強さ、A2 は、放出された光(TL)の270度の位相でサンプリングされた受信光(RL)の強さ、A3 は、放出された光(TL)の360度の位相でサンプリングされた受信光(RL)の強さを表す。

【0076】

受信光(RL)は、光ロスにより、光源モジュール 200 より放出された光(TL)の振幅よりも小さい振幅(A)を有する。受信光(RL)の振幅(A)は、数式 2 のように計算される。

【0077】

【数 2】

$$A = \frac{\sqrt{(A0 - A2)^2 + (A1 - A3)^2}}{2}$$

【0078】

ピクセルアレイ 110 に含まれた距離ピクセルのそれぞれに対する受信光(RL)の振幅(A)に基づいて、被写体(OBJ)に対するモノクロ画像情報が提供される。

【0079】

受信光(RL)は、放出された光(TL)に対して、タイムオブフライトセンサ 100 から被写

体(OBJ)の距離の2倍に相当する位相差(ϕ)だけ遅延される。放出された光(TL)に対する受信光(RL)の位相差(ϕ)は、数式3のように計算される。

【0080】

【数3】

$$\phi = \arctan\left(\frac{A0-A2}{A1-A3}\right)$$

【0081】

放出された光(TL)に対する受信光(RL)の位相差(ϕ)は、光のタイムオブフライト(ToF)に相当する。タイムオブフライトセンサ100から被写体(OBJ)の距離は、数式“ $R = c * ToF / 2$ ”(ここで、 R は、被写体(OBJ)の距離、 c は、光の速度を表す)を用いて計算される。また、タイムオブフライトセンサ100から被写体(OBJ)の距離は、受信光(RL)の位相差(ϕ)を用いて、数式4のように計算される。

【0082】

【数4】

$$R = \frac{c}{4\pi f} \phi$$

【0083】

ここで、 f は、変調周波数、すなわち、放出された光(TL)(又は、受信光(RL))の周波数を表す。

【0084】

図11には、正弦波の形状を有するように変調された光(TL)を用いた例が示されているが、実施例によって、タイムオブフライトセンサ100は、様々な形態の変調した光(TL)を利用することができる。また、タイムオブフライトセンサ100は、光(TL)の強さの波形、距離ピクセルの構造などによって、様々な方式で距離情報を抽出することができる。

【0085】

図12は、4タブ構造を有する距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサのタイミング図である。図12は、タイムオブフライトセンサにおいて、変調タイミングと復調タイミング、すなわち、復調信号の制御タイミング動作を説明するために使用され、タイムオブフライトセンサの動作は、様々な方式に変更される。

【0086】

図12に示しているように、光源から出力される送信光(TL)は、図10の制御部150から提供される信号に同期して出力される。第1乃至第4の復調信号(DEM1~DEM4)は、制御部150から提供される信号に同期して出力される。第1乃至第4の復調信号(DEM1~DEM4)はそれぞれ、送信光(TL)と0度、90度、180度、270度の位相差を有する。結果として、このような第1乃至第4の復調信号(DEM1~DEM4)を用いて、図11を参照して説明したように、送信光(TL)の90度、180度、270度、及び360度の位相より、受信光(RL)のサンプル(A0、A1、A2、A3)を抽出することができる。

【0087】

図12には、復調信号の位相、すなわち、第1の復調信号(DEM1)の位相が、送信光(TL)の位相と同一である場合が示されている。本発明の実施例により、第1乃至第4の復調信号(DEM1~DEM4)は、共通フォトゲート(CPG)を中心に対称的に配置される第1乃至第4の復調転送ゲートにそれぞれ与えられる。

【0088】

図11及び図12は、本発明の実施例によるタイムオブフライトセンサの距離測定の原理を説明するためのものであり、本発明の実施例がこれに限定されるのではない。送信光(

10

20

30

40

50

TL)のデューティ比、及び復調信号(DEM1~DEM4)の数、位相差、及びデューティ比は、様々に変更可能である。

【0089】

図13は、本発明の実施例による4タブ構造を有する距離ピクセルを示す回路図であり、図14は、図13の4タブ構造を有する距離ピクセルのレイアウトの一実施例を示す図である。

【0090】

図13及び図14に示しているように、距離ピクセル(PX2)は、第1のタブ(TA)に相当するトランジスタ(TMA、TS1、TT1)、第2のタブ(TB)に相当するトランジスタ(TMB、TS1、TT1)、第3のタブ(TC)に相当するトランジスタ(TMC、TS2、TT2)、第4のタブ(TD)に相当するトランジスタ(TMD、TS2、TT2)、読出回路に相当するトランジスタ(TRS1、TRS2、TSF1、TSF2、TSL1、TSL2)、及び共有回路に相当する共通フォトゲート(CPG)、オーバーフローゲート(OG1、OG2)、及びフォトダイオード(PD)を含む。

10

【0091】

トランジスタ(TMA、TMB、TMC、TMD、TS1、TS2、TT1、TT2、TRS1、TRS2)のそれぞれは、半導体基板の上部に配置されるゲート、及び前記ゲートの両側面の半導体基板の上部に形成されるソース領域及びドレイン領域を含む。トランジスタ(TMA、TMB、TMC、TMD、TS1、TS2、TT1、TT2、TRS1、TRS2)のゲートはそれぞれ、第1の復調転送ゲート(TGA)、第2の復調転送ゲート(TGB)、第3の復調転送ゲート(TGC)、第4の復調転送ゲート(TGD)、ストレージゲート(SG1、SG2)、FD転送ゲート(TG1、TG2)、及びリセットゲート(RG1、RG2)に該当する。

20

【0092】

共通フォトゲート(CPG)には、フォトゲート電圧(VPG)が与えられ、オーバーフローゲート(OG1、OG2)には、オーバーフローゲート電圧(VOG)が与えられ、ストレージゲート(SG1、SG2)には、ストレージ制御信号(SSG1、SSG2)が与えられ、FD転送ゲート(TG1、TG2)には、FD転送制御信号(STG1、STG2)が与えられ、リセットゲート(RG1、RG2)には、リセット信号(RG1、RG2)が与えられ、選択トランジスタ(TSL1、TSL2)のゲートには、選択信号(SEL1、SEL2)が与えられる。第1の復調転送ゲート(TGA)、第2の復調転送ゲート(TGB)、第3の復調転送ゲート(TGC)、及び第4の復調転送ゲート(TGD)には、互いに異なる位相を有する第1の復調信号(STGA)、第2の復調信号(STGB)、第3の復調信号(STGC)、及び第4の復調信号(STGD)がそれぞれ与えられる。

30

【0093】

フォトゲート電圧(VPG)、オーバーフローゲート電圧(VOG)、ストレージ制御信号(SSG1、SSG2)、FD転送制御信号(STG1、STG2)、リセット信号(RG1、RG2)、選択信号(SEL1、SEL2)、復調信号(STGA、STGB、STGC、STGD)は、図10の制御部150の制御により、ロウ走査回路130から提供される。

【0094】

ストレージゲート(SG1、SG2)は、電荷保存構造物の1つであって、復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGCD)を介して、電荷をフローティング拡散領域(FDA、FDB、FDC、FDD)へ伝達する前に、電荷を一時的に保存することができる。一実施例において、電荷保存構造物は、ストレージゲート(SG1、SG2)単独で具現化可能である。他の実施例において、電荷保存構造物は、ストレージゲート(SG1、SG2)の下部の半導体基板内に、ストレージダイオードが更に形成された構造としても具現化可能である。このように、距離ピクセル(PX2)内に電荷保存構造物が含まれることで、正確なCDS動作が可能となり、読出ノイズを最小化する。実施例によって、FD転送ゲート(TG1、TG2)及び/又はストレージゲート(SG1、SG2)は、省略可能である。

40

【0095】

フローティング拡散領域(FDA、FDB、FDC、FDD)に保存された電荷は、ソースフォロワバッファアンプの役割を果たすトランジスタ(TSF1、TSF2)、及び選択トランジスタ(

50

TSL1、TSL2)を介して、出力信号(VOUTA、VOUTB、VOUTC、VOUTD)として提供される。

【0096】

図14に示しているように、1つの共通フォトゲート(CPG)が中心領域に配置され、復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGD)、及びオーバーフローゲート(OG1、OG2)は、共通フォトゲート(CPG)に対して、対称構造を有する。復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGD)は、距離ピクセル(PX2)の中心(CP)を通し、互いに垂直な第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して、対称的に配置される。換言すると、第1の復調転送ゲート(TGA)及び第3の復調転送ゲート(TGC)は、距離ピクセル(PX2)の中心に対して対称であり、第2の復調転送ゲート(TGB)及び第4の復調転送ゲート(TGD)は、距離ピクセル(PX2)の中心に対して、対称である。また、オーバーフローゲート(OG1、OG2)は、第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して、対称的に配置される。このような対称構造により、複数のタブ間の特性偏差を減少させ、距離ピクセルのセンシング精度を向上させることができる。

10

【0097】

図15は、図13の4タブ構造を有する距離ピクセルの動作の一実施例を示すタイミング図である。

【0098】

図13乃至図15に示しているように、集光区間(TINT)の間に、共通フォトゲート(CPG)に与えられるフォトゲート電圧(VPG)は、光電荷を収集するためのDC電圧レベル(VDC)を有し、集光区間(TINT)の間に、オーバーフローゲート(OG1、OG2)に与えられるオーバーフローゲート電圧(VOG)は、前記光電荷の排出を遮断するためのターンオフ電圧レベル(VOFF)を有する。また、集光区間(TINT)の間に、第1の復調転送ゲート(TGA)、第2の復調転送ゲート(TGB)、第3の復調転送ゲート(TGC)、及び第4の復調転送ゲート(TGD)には、互いに異なる位相を有する第1の復調信号(STGA)、第2の復調信号(STGB)、第3の復調信号(STGC)、及び第4の復調信号(STGD)がそれぞれ与えられる。第1の復調信号(STGA)の位相は、送信光(TL)の位相に同期化される。一実施例において、第1の復調信号(STGA)及び第2の復調信号(STGB)の位相差は、90度であり、第1の復調信号(STGA)及び第3の復調信号(STGC)の位相差は、180度であり、第1の復調信号(STGA)及び第4の復調信号(STGD)の位相差は、270度である。このように互いに異なる位相差を有する復調信号を用いた測距方法については、図10乃至図12を参照して説明した方法と同様である。

20

30

【0099】

集光区間(TINT)以外の区間、例えば、距離ピクセルを初期化するためのリセット区間(TRST)、及び集光区間(TINT)の間に収集された光電荷の量を測定するための読出区間(TRD)の間にオーバーフローゲート電圧(VOG)は、共通フォトゲート(CPG)により収集された光電荷を排出するためのターンオン電圧レベル(VON)を有する。このように、集光区間(TINT)以外の区間で、オーバーフローゲート(OG1、OG2)を用いて電荷を排出することで、グローバルシャッター機能を具現化することができる。

【0100】

一実施例において、図15に示しているように、リセット区間(TRST)及び読出区間(TRD)の間のフォトゲート電圧(VPG)のDC電圧レベル(VDC)は、集光区間(TINT)の間のフォトゲート電圧(VPG)のDC電圧レベル(VDC)と同一である。DC電圧レベル(VDC)は、復調信号(STGA、STGB)の高電圧レベル(VH)及び低電圧レベル(VL)の間の電圧レベルである。他の実施例において、図7を参照して説明したように、リセット区間(TRST)及び読出区間(TRD)の間のフォトゲート電圧(VPG)の第2のDC電圧レベル(VDC')は、集光区間(TINT)の間のフォトゲート電圧(VPG)の第1のDC電圧レベル(VDC)と互いに異なる。集光区間(TINT)の間の第1のDC電圧レベル(VDC)は、復調信号(STGA、STGB)の高電圧レベル(VH)及び低電圧レベル(VL)の間の電圧レベルである。集光区間(TINT)以外の区間では、収集された光電荷の排出のために、オーバーフローゲート(OG1、OG

40

50

2)がターンオンされた状態であるので、半導体基板に形成されたチャンネル上のポテンシャル分布を考えて、第2のDC電圧レベル($V_{DC'}$)が適宜設定される。

【0101】

図16及び図17は、本発明の実施例による距離ピクセルのフローティング拡散領域の共有に対する実施例を示す図である。

【0102】

図16の距離ピクセル(PX3)は、図13及び図14を参照して説明した4タブ構造を有する距離ピクセル(PX2)とレイアウトが異なることを除き、実質的に同一であるので、重複する説明は省略する。

【0103】

距離ピクセル(PX3)は、1つの共通フォトゲート(CPG)が中心領域に配置され、復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGD)及びオーバーフローゲート(OG1、OG2)は、共通フォトゲート(CPG)に対して、対称構造を有する。復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGD)は、距離ピクセル(PX3)の中心(CP)を通し、互いに垂直な第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して、対称的に配置される。換言すると、第1の復調転送ゲート(TGA)及び第3の復調転送ゲート(TGC)は、距離ピクセル(PX3)の中心に対して対称であり、第2の復調転送ゲート(TGB)及び第4の復調転送ゲート(TGD)は、距離ピクセル(PX3)の中心に対して対称である。また、オーバーフローゲート(OG1、OG2)は、第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して、対称的に配置される。このような対称構造により、複数のタブ間の特性偏差を減少させ、距離ピクセルのセンシング精度を向上させることができる。

【0104】

図16に示しているように、第1のタブに相当する第1のフローティング拡散領域(FDA)、及び第2のタブに相当する第2のフローティング拡散領域(FDB)は、導電経路(LN1)を介して、互いに電氣的に接続され、第3のタブに相当する第3のフローティング拡散領域(FDC)、及び第4のタブに相当する第4のフローティング拡散領域(FDD)は、導電経路(LN2)を介して、互いに電氣的に接続される。導電経路(LN1、LN2)は、半導体基板上部の導電層に形成される導電ライン及びビアのような垂直コンタクトを含む。

【0105】

この場合、第1のタブに相当する第1の復調転送ゲート(TGA)、及び第2のタブに相当する第2の復調転送ゲート(TGB)には、第1の位相を有する同一の復調信号が与えられ、第3のタブに相当する第3の復調転送ゲート(TGC)、及び第4のタブに相当する第4の復調転送ゲート(TGD)には、前記第1の位相と異なる第2の位相を有する同一の復調信号が与えられる。このように、複数のフローティング拡散領域のうち、少なくとも2つのフローティング拡散領域を互いに電氣的に接続することで、距離ピクセルのセンシング感度を増加することができる。

【0106】

図17には、図示の便宜のために、第1の水平方向(X)及び第2の水平方向(Y)に隣接する4つの距離ピクセル(PXa、PXb、PXc、PXd)を示しているが、図10のピクセルアレイ110には、より多くの距離ピクセルが同一方式で配列され得る。

【0107】

図17に示しているように、互いに隣接する4つの距離ピクセル(PXa、PXb、PXc、PXd)は、1つの共有フローティング拡散領域を共有することができる。例えば、第2のタブに相当する1つのフローティング拡散領域(FDB)に隣接し、4つの距離ピクセル(PXa、PXb、PXc、PXd)にそれぞれ含まれるタブはいずれも、同一位相の復調信号に相当するタブである。換言すると、4つの距離ピクセル(PXa、PXb、PXc、PXd)にそれぞれ含まれる4つの第2の復調転送ゲート(TGB)には、同一位相を有する第2の復調信号が与えられ、4つの距離ピクセル(PXa、PXb、PXc、PXd)により収集された第2の復調信号に相当する光電荷が、中央のフローティング拡散領域(FDB)に合わせられる。このような方式で、第1のタブに相当する第1の共有フローティング拡散領域(FDA)、第2の

10

20

30

40

50

タブに相当する第2の共有フローティング拡散領域(FDB)、第3のタブに相当する第3の共有フローティング拡散領域(FDC)、第4のタブに相当する第4の共有フローティング拡散領域(FDD)のそれぞれには、隣接する4つのピクセルにより収集された光電荷が合わせられる。このように、複数の距離ピクセルがフローティング拡散領域を共有する構造により、距離ピクセルのセンシング感度を増加させる。

【0108】

図18乃至図19は、本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【0109】

図18a乃至図18cに示しているように、4タブ構造を有する距離ピクセル(PX4、PX5、PX6)は、中心領域に配置される共通フォトゲート(CPG)と第1乃至第4のタブにそれぞれ相当する第1乃至第4の復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGD)、及び複数のオーバーフローゲート(OG)を含む。図示の便宜のために、その他の構成要素は、省略している。

10

【0110】

第1乃至第4の復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGD)は、距離ピクセルの中心(CP)を通し、互いに垂直な第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して、対称的に配置される。また、複数のオーバーフローゲート(OG)は、第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して、対称的に配置される。このような対称構造により、複数のタブ間の特性偏差を減少させ、距離ピクセルのセンシング精度を向上させることができる。

20

【0111】

図18a乃至図18cに示しているように、共通フォトゲート(CPG)の形態は、様々に変更される。共通フォトゲート(CPG)の形態によって、第1乃至第4の復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGD)が対称構造を有するように、適切な位置に配置され、様々な個数の複数のオーバーフローゲート(OG)が対称構造を有するように、適切な位置に配置される。

【0112】

図19a乃至図19cに示しているように、2タブ構造を有する距離ピクセル(PX7、PX8、PX9)は、中心領域に配置される共通フォトゲート(CPG)と第1及び第2のタブにそれぞれ相当する第1及び第2の復調転送ゲート(TGA、TGB)、及び複数のオーバーフローゲート(OG)を含む。図示の便宜のために、その他の構成要素は、省略している。

30

【0113】

第1乃至第2の復調転送ゲート(TGA、TGB)は、距離ピクセルの中心(CP)を通し、互いに垂直な第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して、又は中心(CP)に対して、対称的に配置される。また、複数のオーバーフローゲート(OG)は、第1の水平ライン(HLX)及び第2の水平ライン(HLY)のそれぞれに対して、対称的に配置される。このような対称構造により、複数のタブ間の特性偏差を減少させ、距離ピクセルのセンシング精度を向上させることができる。

【0114】

図19a乃至図19cに示しているように、共通フォトゲート(CPG)の形態は、様々に変更可能である。共通フォトゲート(CPG)の形態により、第1及び第2の復調転送ゲート(TGA、TGB)が対称構造を有するように、適切な位置に配置され、様々な個数の複数のオーバーフローゲート(OG)が対称構造を有するように、適切な位置に配置される。

40

【0115】

図20は、本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図であり、図21a及び21bは、図20の距離ピクセルに含まれる共通フォトゲートの実施例を示す斜視図である。以下、前述した説明と重複する説明を省略し、共通フォトゲート(CPG)の構造について説明する。

【0116】

図20、図21a、及び図21bに示しているように、距離ピクセル(PX10)は、中心領

50

域に配置される共通フォトゲート(CPG)と、共通フォトゲート(CPG)に対して対称的に配置される複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)とを含む。

【0117】

共通フォトゲート(CPG)は、水平フォトゲート(PPG)、及び1つ以上の垂直フォトゲート(ZPG)を含む。水平フォトゲート(PPG)は、半導体基板(SUB)の上面と平行に板状に形成され、半導体基板(SUB)の上部に配置される。垂直フォトゲート(ZPG)は、水平フォトゲート(PPG)の下面に接続され、半導体基板(SUB)の上面と垂直な垂直方向(Z)に長く延設される。垂直フォトゲート(ZPG)は、半導体基板(SUB)の深い位置に形成されるフォトダイオード(PD)に近接する位置まで延在する。垂直フォトゲート(ZPG)は、半導体基板(SUB)の上部領域に形成された1つ以上のトレンチ(TRC)の内部に配置される。トレンチ(TRC)の内部は、誘電体物質で充填される。

10

【0118】

このように、半導体基板(SUB)及び共通フォトゲート(CPG)の表面積を増加させ、垂直フォトゲート(ZPG)を深い位置に形成されるフォトダイオード(PD)に近接するように延在することで、光電荷の収集を促進することができる。特に、図21に示しているような複数の垂直フォトゲート(ZPG)を有する構造の場合は、トレンチ(TRC)間の電界が強化されて、光電荷の収集をより促進することができる。

【0119】

図22は、本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図であり、図23a及び図23bは、図22の距離ピクセルに含まれる共通フォトゲートの実施例を示す斜視図である。

20

【0120】

図22、図23a及び図23bに示しているように、距離ピクセル(PX11)は、中心領域に配置される共通フォトゲート(CPG)と、共通フォトゲート(CPG)に対して対称的に配置される複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)とを含む。

【0121】

共通フォトゲート(CPG)は、半導体基板(SUB)の上面と垂直な垂直方向に長く延設され、前記半導体基板の上部領域に形成された1つ以上のトレンチ(TRC)の内部に配置される1つ以上の垂直フォトゲート(ZPG)を含む。図22の距離ピクセル(PX11)は、図20の距離ピクセル(PX10)と比較して、水平フォトゲート(PPG)が省略したことを除き、実質的に同一であるので、重複する説明を省略する。

30

【0122】

図23bの場合のように、共通フォトゲート(CPG)が水平フォトゲートなしに、複数の垂直フォトゲート(ZPG)を含む場合、複数の垂直フォトゲート(ZPG)は、半導体基板(SUB)上部の導電層に形成される導電ライン及びビアのような垂直コンタクトを介して、互いに電氣的に接続される。

【0123】

図24乃至図27は、本発明の実施例による距離ピクセルのレイアウトを示す図である。

【0124】

図24には、4タブ構造を有し、共通フォトゲートが水平フォトゲート(PPG)、及び1つ以上の垂直フォトゲート(ZPG)を含む距離ピクセル(PX21~PX24)が示されている。図25には、2タブ構造を有し、共通フォトゲートが水平フォトゲート(PPG)及び1つ以上の垂直フォトゲート(ZPG)を含む距離ピクセル(PX25~PX28)が示されている。

40

【0125】

図26には、4タブ構造を有し、共通フォトゲートが水平フォトゲート(PPG)を除き、1つ以上の垂直フォトゲート(ZPG)だけを含む距離ピクセル(PX31~PX33)が示されている。図27には、2タブ構造を有し、共通フォトゲートが水平フォトゲート(PPG)を除き、1つ以上の垂直フォトゲート(ZPG)だけを含む距離ピクセル(PX34~PX36)が示されている。

【0126】

図24乃至図27に示しているように、共通フォトゲートの形態は、様々に変更される。

50

共通フォトゲート、又は共通フォトゲートが形成される中心領域の形態によって、復調転送ゲート(TGA、TGB、TGC、TGD)が対称構造を有するように、適切な位置に配置され、様々な個数の垂直フォトゲート(ZPG)が前記中心領域内に対称構造を有するように、適切な位置に配置される。

【0127】

図28は、本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図であり、図29は、図28の距離ピクセルに含まれる共通フォトゲートの一実施例を示す斜視図である。以下、前述した説明と重複する説明を省略し、共通フォトゲート(CPG)の構造について説明する。

【0128】

図28及び図29に示しているように、距離ピクセル(PX10)は、中心領域に配置される共通フォトゲート(CPG)と、共通フォトゲート(CPG)に対して対称的に配置される複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)とを含む。

10

【0129】

共通フォトゲート(CPG)は、半導体基板(SUB)の上面と平行に板状に形成され、半導体基板(SUB)の上部に配置される水平フォトゲート(PPG)を含む。

【0130】

一実施例において、水平フォトゲート(PPG)の下面は、入射光の反射及び散乱を誘導するための凹凸構造(CRSTR)を有する。凹凸構造(CRSTR)を用いて、入射光の反射及び散乱を誘導することができ、光を半導体基板(SUB)に更に留まるようにして、センシング感度を向上させることができる。

20

【0131】

図30a乃至図32は、本発明の実施例による距離ピクセルを示す断面図である。図30a乃至図32には、半導体基板(SUB)の下面12を介して、光が入射される裏面照射(BSI、backside illumination)に相当する構造が示されている。

【0132】

図30a乃至図31cに示しているように、距離ピクセル(PX51~PX56)はそれぞれ、半導体基板(SUB)の上面11に隣接して配置される共通フォトゲート(CPG)、及び複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)を含む。共通フォトゲート(CPG)及び複数の復調転送ゲート(TGA、TGB)は、前述した構成と同様であるので、重複する説明を省略する。

【0133】

距離ピクセル(PX51~PX56)はそれぞれ、反射防止膜(RFL)、平坦化膜(PNL)、及びマイクロレンズ(MLN)を更に含む。

30

【0134】

反射防止膜(RFL)は、光が入射される半導体基板(SUB)の下面12に隣接して配置される。反射防止膜(RFL)は、半導体基板(SUB)の内部で散乱又は反射した光を再度反射して、光を半導体基板(SUB)に更に留まるようにして、センシング感度を向上させることができる。例えば、反射防止膜(RFL)は、固定電荷膜及び酸化膜が積層された積層構造となり、ALD(Atomic Layer Deposition)法による高誘電率(High-k)の絶縁薄膜を用いて形成される。例えば、酸化ハフニウム(HfO₂)や、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、酸化チタン(TiO₂)、STO(Strontium Titan Oxide)などを用いることができる。

40

【0135】

平坦化膜(PNL)は、反射防止膜(RFL)の下面に隣接して配置される。例えば、平坦化膜(PNL)は、酸化シリコン(SiO₂)、窒化シリコン(SiN)、酸窒化シリコン(SiON)などの絶縁膜、又は、樹脂などの有機材料によって形成される。

【0136】

マイクロレンズ(MLN)は、平坦化膜(PNL)の下面に隣接して配置される。マイクロレンズ(MLN)により集光された光は、フォトダイオード(PD)に集中する。例えば、マイクロレンズ(MLN)は、スチレン系樹脂、アクリル系樹脂、スチレンアクリル共重合系樹脂、又はシロキサン系樹脂などの樹脂系材料から形成される。

【0137】

50

また、距離ピクセル(PX51~PX56)はそれぞれ、他のピクセルからの光を遮断するために、前記半導体基板の下面12と垂直な垂直方向(Z)に長く延設され、前記他のピクセルとの境界領域に形成されるピクセル分離構造物を更に含む。

【0138】

一実施例において、図30aに示しているように、距離ピクセル(PX51)は、半導体基板(SUG)の下面12から垂直方向(Z)に長く延在したバックサイド分離構造物(PSSTR1)を含む。所定の深さまでトレンチ(TRC1)が形成され、トレンチ(TRC1)の内部に側壁(SWL1)が形成される。側壁(SWL1)は、入射光が隣接した距離ピクセルで貫通することを防止し、隣接するピクセルから入射光が貫通することを防止する。例えば、側壁(SWL1)は、反射防止膜(RFL)と同様な物質から形成される。トレンチ(TRC1)の内部は、誘電体物質で充填される。

10

【0139】

他の実施例において、図30bに示しているように、距離ピクセル(PX52)は、半導体基板(SUG)の上面11から垂直方向(Z)に長く延在し、トレンチ(TRC2)及び側壁(SWL2)を含むフロントサイド分離構造物(PSSTR2)を含む。また、他の実施例において、図30cに示しているように、距離ピクセル(PX53)は、半導体基板(SUG)の上面11から下面12まで垂直方向(Z)に長く延在し、トレンチ(TRC3)及び側壁(SWL3)を含むフル分離構造物(PSSTR3)を含む。

【0140】

また、図31a乃至図31cに示しているように、距離ピクセル(PX54~PX56)は、反射防止膜(RFL)の上面に隣接して配置され、半導体基板(SUB)の内部からの光の反射及び散乱を誘導するための凹凸構造物を更に含む。

20

【0141】

図31aに示しているように、凹凸構造物(CRSTR1)は、トレンチ(TRC)内に形成される1つの凹凸(CR)を含むこともでき、図31bに示しているように、凹凸構造物(CRSTR2)は、同一の長さを有する複数の凹凸(CR1、CR2、CR3)を含むこともできる。実施例によって、図31cに示しているように、凹凸構造物(CRSTR3)は、様々な長さを有する複数の凹凸(CR1、CR2、CR3)を含むこともできる。

【0142】

図32に示しているように、距離ピクセル(PX61)は、反射防止膜(RFL)の下面に隣接して配置され、特定の偏光軸を有する光を選択的に透過させるための偏光構造物(PLSTR)を更に含む。偏光構造物(PLSTR)は、メタルパターン(PTN1)及び誘電体パターン(PTN2)の積層構造を有する。

30

【0143】

図33a及び33bは、図32の距離ピクセルに含まれる偏光構造物の実施例を示す図である。

【0144】

図33aに示しているように、第1の水平方向(X)及び第2の水平方向(Y)に隣接する4つの距離ピクセル(PXa、PXb、PXc、PXd)は、45度ずつ回転する偏光パターン(PLPTN)を含む偏光構造物をそれぞれ含む。図33bに示しているように、隣接する4つの距離ピクセル(PXa、PXb、PXc、PXd)のうち、一部の距離ピクセル(PXa、PXd)だけが、偏光パターン(PLPTN)を含む偏光構造物を含み、一部の距離ピクセル(PXb、PXc)は、偏光パターン(PLPTN)を含まないことができる。

40

【0145】

図34は、本発明のイメージセンサをコンピュータシステムに応用した例を示すブロック図である。

【0146】

図34に示しているように、コンピュータシステム1000は、プロセッサ1010、メモリ装置1020、保存装置1030、入出力装置1040、パワーサプライ1050、及びタイムオブフライトセンサ100を含む。一方、図34には示していないが、コンピ

50

ュータシステム１０００は、ビデオカード、サウンドカード、メモリカード、ＵＳＢ装置などと通信するか、又は他の電子機器と通信可能なポートを更に含む。

【０１４７】

プロセッサ１０１０は、特定の計算又はタスクを行うことができる。実施例によって、プロセッサ１０１０は、マイクロプロセッサ、中央処理装置(CPU)である。プロセッサ１０１０は、アドレスバス、制御バス、及びデータバスを介して、メモリ装置１０２０、保存装置１０３０、及び入出力装置１０４０と通信を行うことができる。

【０１４８】

実施例によって、プロセッサ１０１０は、周辺機器相互接続(Peripheral Component Interconnect: PCI)バスのような拡張バスにも接続可能である。メモリ装置１０２０は、コンピュータシステム１０００の動作に必要なデータを保存することができる。

10

【０１４９】

例えば、メモリ装置１０２０は、ＤＲＡＭ、モバイルＤＲＡＭ、ＳＲＡＭ、ＰＲＡＭ、ＦＲＡＭ、ＲＲＡＭ及び/又はＭＲＡＭで具現化可能である。保存装置１０３０は、ソリッドステートドライブ、ハードディスクドライブ、ＣＤ－ＲＯＭなどを含む。入出力装置１０４０は、キーボード、キーパッド、マウスなどのような入力手段、及びプリンタ、ディスプレイなどのような出力手段を含む。パワーサプライ１０５０は、電子機器１０００の動作に必要な動作電圧を供給する。

【０１５０】

タイムオブフライトセンサ１００は、前記バス又は他の通信リンクを介して、プロセッサ１０１０と接続して通信を行うことができる。前述したように、タイムオブフライトセンサ１００は、前述したように、共通フォトゲートを中心とした対称構造を有する少なくとも１つの距離ピクセルを含む。タイムオブフライトセンサ１００は、プロセッサ１０１０と共に、１つのチップに集積されることもでき、互いに異なるチップにそれぞれ集積することもできる。

20

【０１５１】

図３５は、図３４のコンピュータシステムで使われるインタフェースの一例を示すブロック図である。

【０１５２】

図３５に示しているように、コンピュータシステム１１００は、ＭＩＰＩインタフェースを使用又は支援可能なデータ処理装置で具現化可能であり、アプリケーションプロセッサ１１１０、タイムオブフライトセンサ１１４０、及びディスプレイ１１５０などを含む。

30

【０１５３】

アプリケーションプロセッサ１１１０のＣＳＩホスト１１１２は、カメラシリアルインタフェース(CSI)を介して、タイムオブフライトセンサ１１４０のＣＳＩ装置１１４１とシリアル通信を行うことができる。

【０１５４】

一実施例において、ＣＳＩホスト１１１２は、デシリアライザ(DES)を含み、ＣＳＩ装置１１４１は、ジリアライザ(SER)を含む。アプリケーションプロセッサ１１１０のＤＳＩホスト１１１１は、ディスプレイシリアルインタフェース(DSI)を介して、ディスプレイ１１５０のＤＳＩ装置１１５１とシリアル通信を行うことができる。

40

【０１５５】

一実施例において、ＤＳＩホスト１１１１は、シリアライザ(SER)を含み、ＤＳＩ装置１１５１は、デシリアライザ(DES)を含む。更に、コンピュータシステム１１００は、アプリケーションプロセッサ１１１０と通信を行うことができるＲＦ(Radio Frequency)チップ１１６０を更に含む。

【０１５６】

コンピュータシステム１１００のＰＨＹ１１１３とＲＦチップ１１６０のＰＨＹ１１６１とは、ＭＩＰＩ(Mobile Industry Processor Interface)DigRFにより、データ送受信を行うことができる。また、アプリケーションプロセッサ１１１０は、ＰＨＹ

50

1161のMIPI DigRFによるデータ送受信を制御するDigRFマスター114を更に含む。

【0157】

一方、コンピュータシステム1100は、GPS1120、ストレージ1170、マイク1180、DRAM1185、及びスピーカー1190を含む。また、コンピュータシステム1100は、超広帯域(Ultra WideBand; UWB)1210、無線ラン(WLAN)1220、及びWIMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)1230などを用いて、通信を行うことができる。但し、コンピュータシステム1100の構造及びインタフェースは、1つの例示であり、これに限定されるものではない。

【0158】

以上で説明したように、本発明の実施例による距離ピクセルは、1つの共通フォトゲートを適用することで、距離ピクセル、及び前記距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサの消費電力及びサイズを減少することができる。また、本発明の実施例による距離ピクセルは、対称構造及び共通フォトゲートの変形構造により、センシング精度及びセンシング感度を増加することで、距離ピクセル、及び前記距離ピクセルを含むタイムオブフライトセンサの性能を向上させることができる。

【産業上の利用可能性】

【0159】

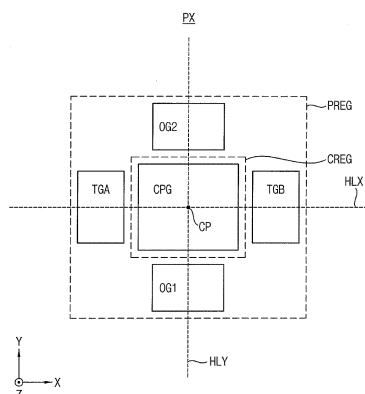
本発明の実施例は、タイムオブフライトセンサを含む装置及びシステムに有用に利用可能である。例えば、本発明の実施例は、コンピュータ、ノート型パソコン、携帯電話、スマートフォン、PDA(Personal Digital Assistants)、PMP(Portable Multimedia Player)、デジタルTV、デジタルカメラ、ポータブルゲームコンソール、ナビゲーション機器、ウェアラブル機器、IoT(internet of things;)機器、IoE(internet of everything;)機器、e-ブック(e-book)、VR(virtual reality)機器、AR(augmented reality)機器、車両用ナビゲーション、ビデオフォン、監視システム、オートフォーカスシステム、追跡システム、動作感知システムなどのような電子機器に更に有用に適用可能である。

【0160】

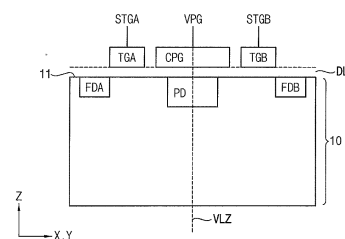
前記では、本発明が好適な実施例を参照して説明したが、当該技術分野の熟練した当業者は、下記の特許請求の範囲に記載された本発明の思想及び領域から逸脱しない範囲内で、本発明を様々に修正及び変更できることを理解するだろう。

【図面】

【図1】



【図2a】



10

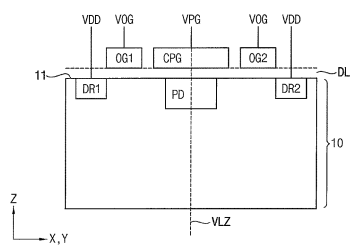
20

30

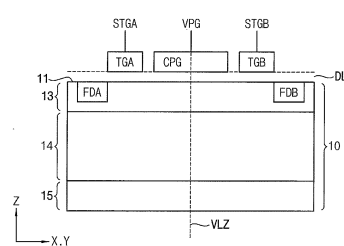
40

50

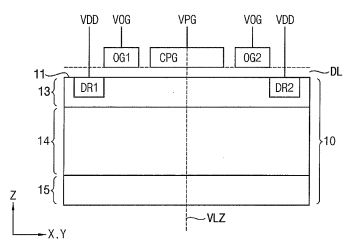
【図 2 b】



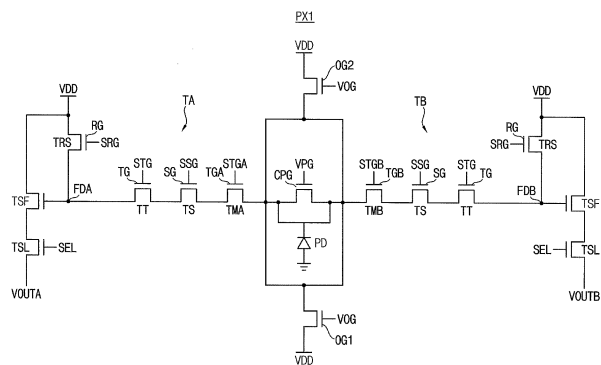
【図 3 a】



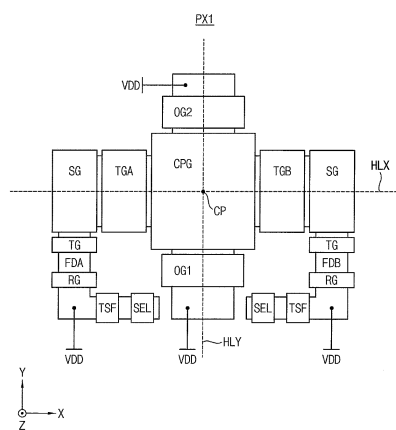
【図 3 b】



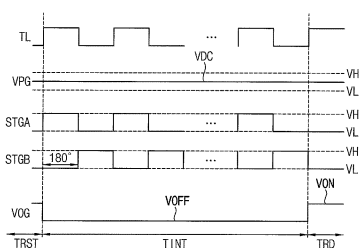
【図 4】



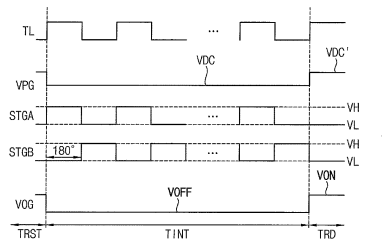
【図 5】



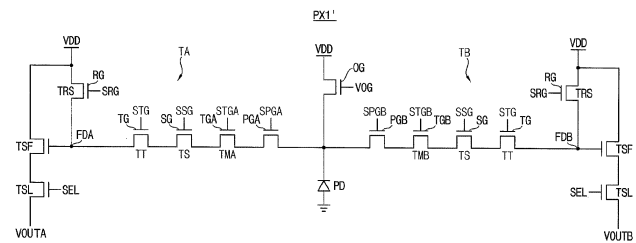
【図 6】



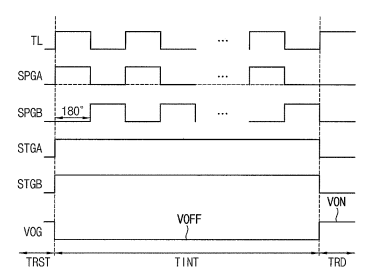
【図 7】



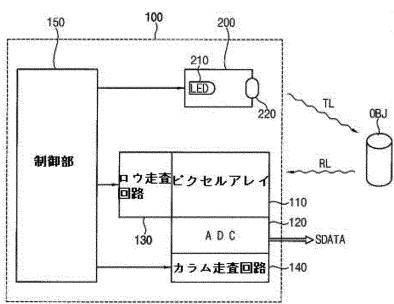
【図 8】



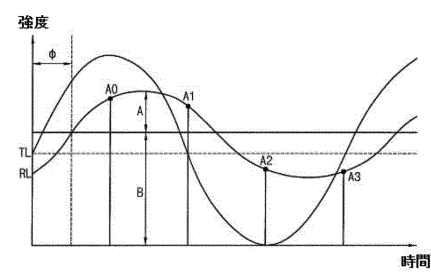
【図 9】



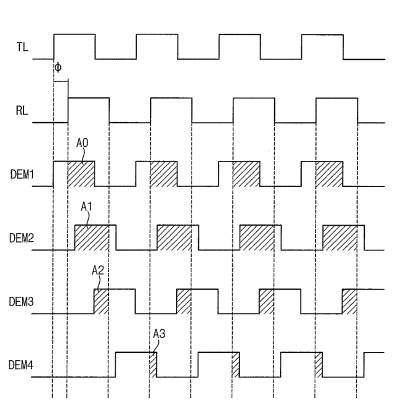
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

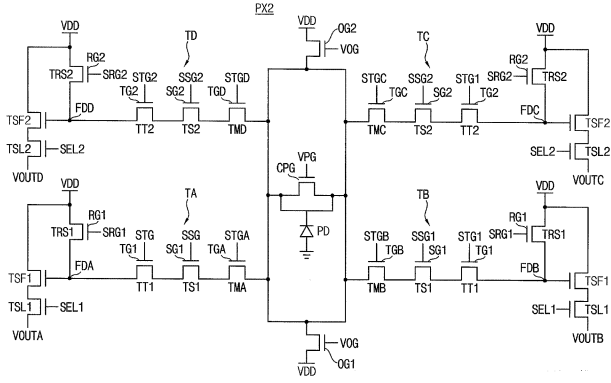
20

30

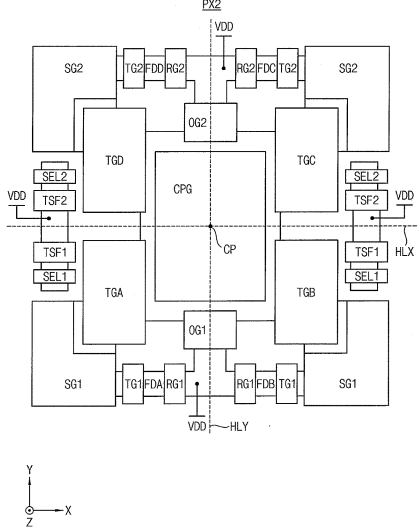
40

50

【図 13】

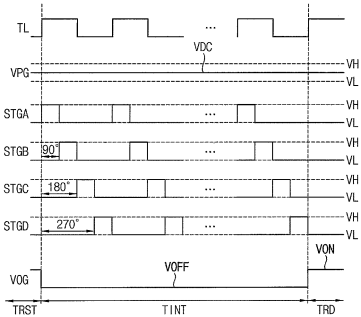


【図 14】

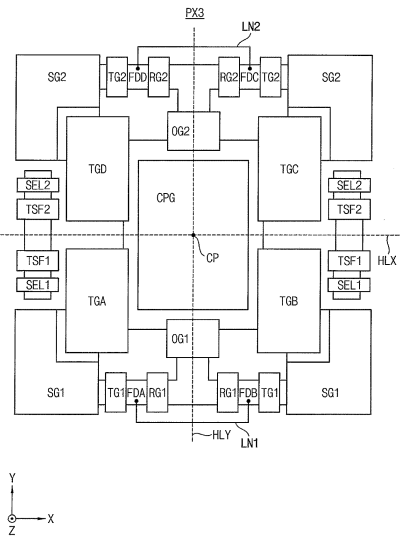


10

【図 15】



【図 16】



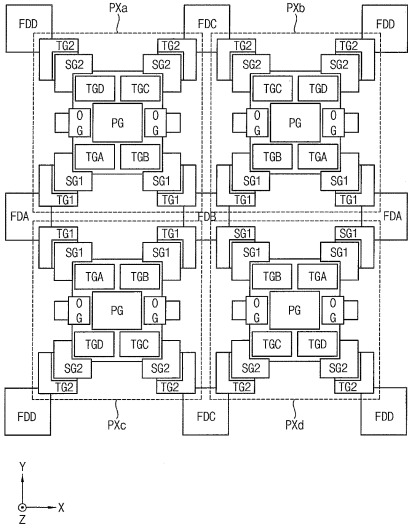
20

30

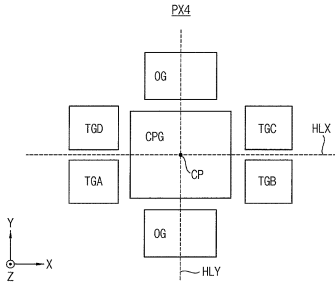
40

50

【図 17】

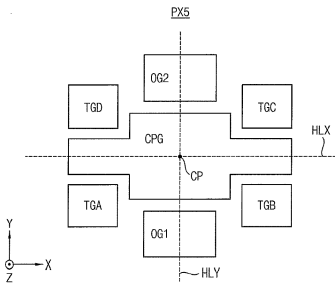


【図 18 a】

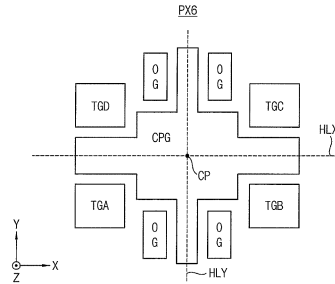


10

【図 18 b】

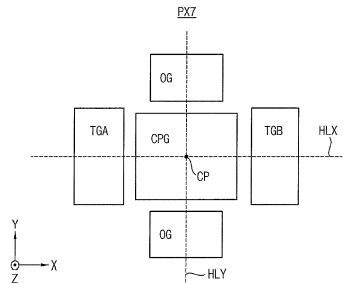


【図 18 c】

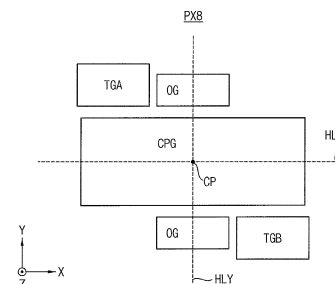


20

【図 19 a】



【図 19 b】

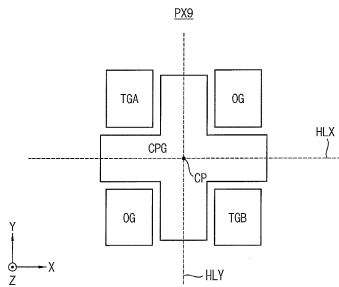


30

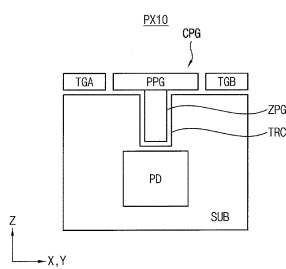
40

50

【図 19 c】

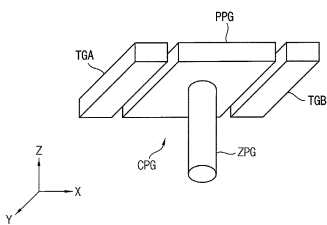


【図 20】

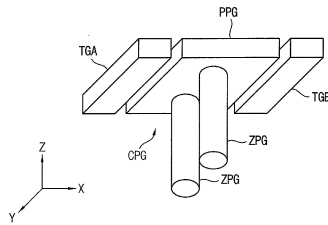


10

【図 21 a】

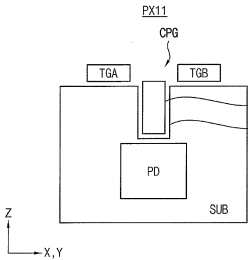


【図 21 b】

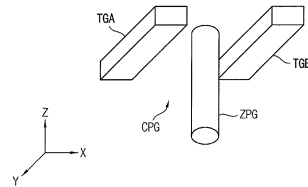


20

【図 22】



【図 23 a】

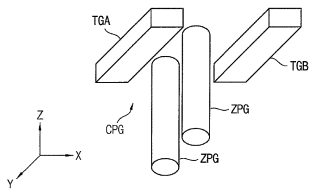


30

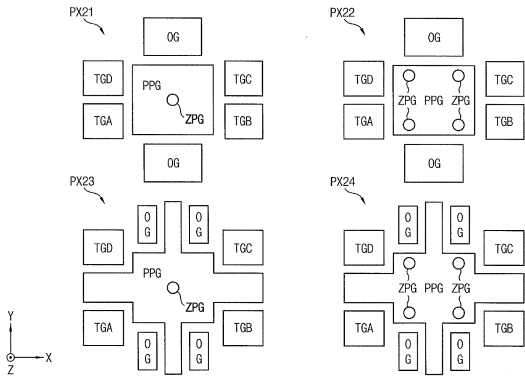
40

50

【図 23 b】

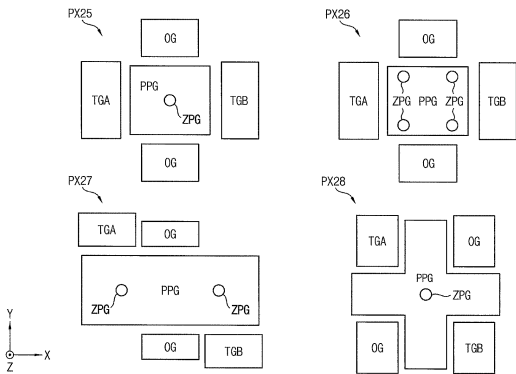


【図 24】

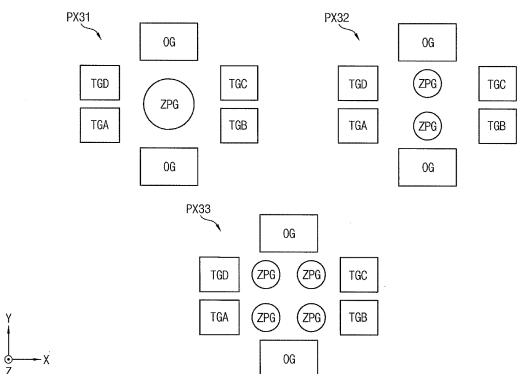


10

【図 25】

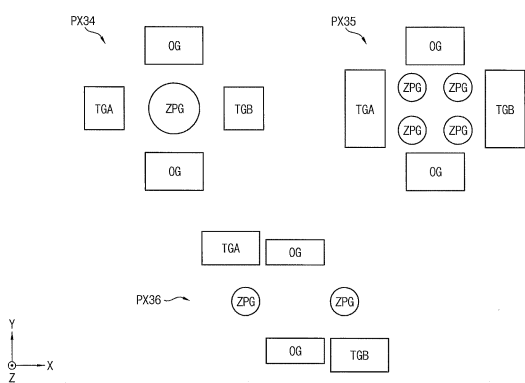


【図 26】

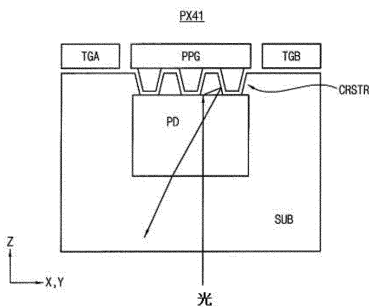


20

【図 27】



【図 28】

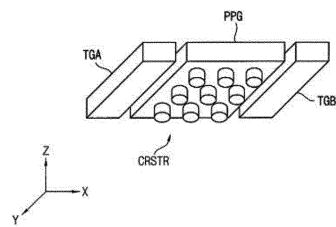


30

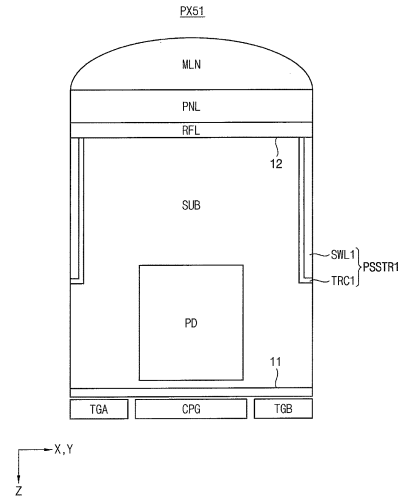
40

50

【図 29】

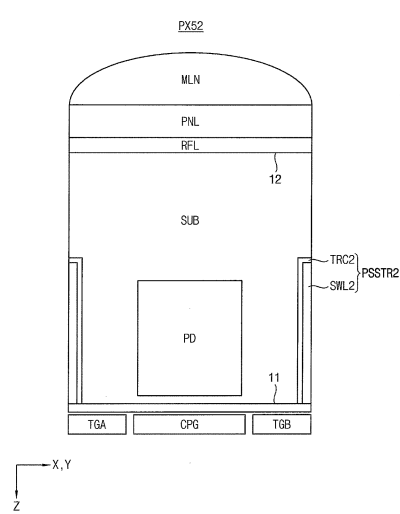


【図 30 a】

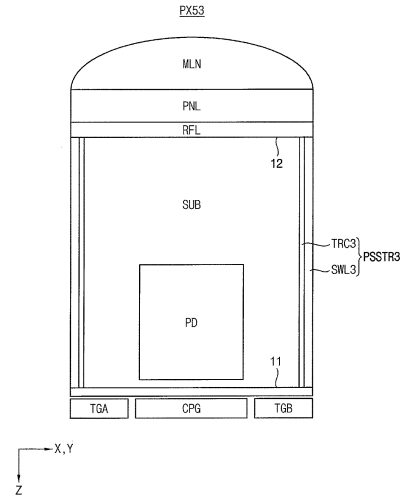


10

【図 30 b】



【図 30 c】



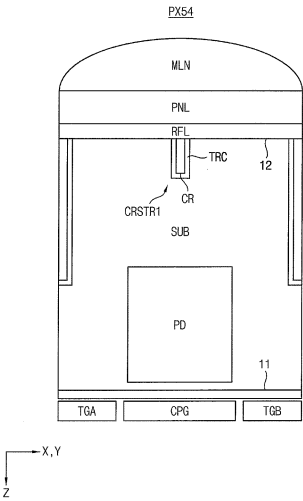
20

30

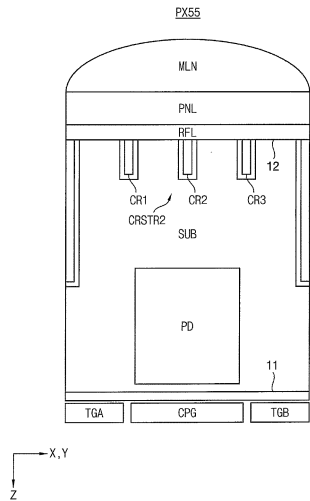
40

50

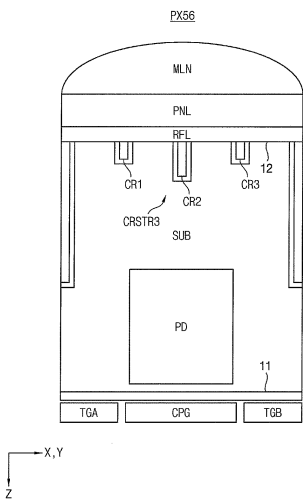
【図 3 1 a】



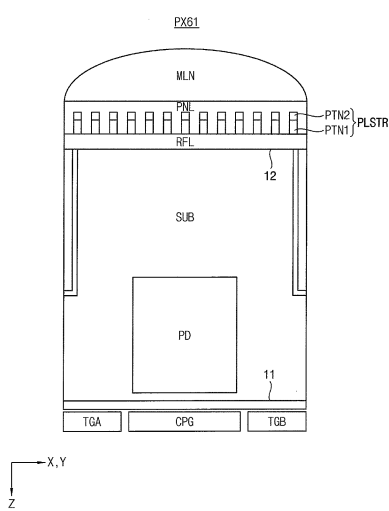
【図 3 1 b】



【図 3 1 c】



【図 3 2】



10

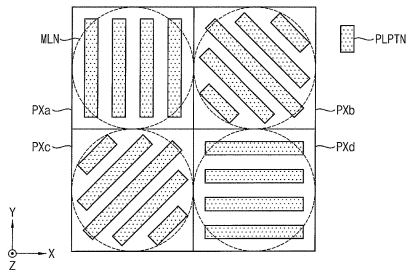
20

30

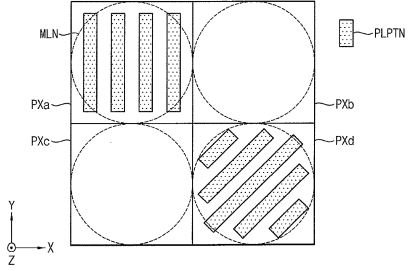
40

50

【図 3 3 a】

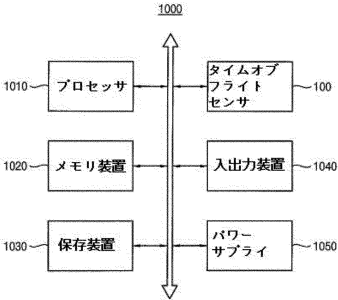


【図 3 3 b】

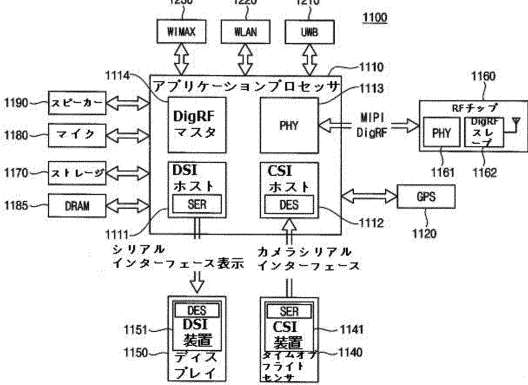


10

【図 3 4】



【図 3 5】



20

30

40

50

フロントページの続き

弁理士 宮崎 修

(72)発明者 陳 暎究

大韓民国京畿道水原市靈通区三星路 1 2 9

(72)発明者 金 永燦

大韓民国京畿道水原市靈通区三星路 1 2 9

(72)発明者 吳 暎宣

大韓民国京畿道水原市靈通区三星路 1 2 9

F ターム (参考) 4M118 AA04 AA10 AB01 AB03 BA09 CA03 CA07 CA22 CA34 CB13
DD04 FA06 FA27 FA28 FA33 FA38 GA02 GC08 GC20 GD04
5J084 AA05 AC02 AD02 BA04 BA36 BA40 BB02 CA10