



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 距離センサ及び距離画像センサ

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光感応領域との間にそれぞれ設け

られた複数の転送電極と、第 1 及び第 2 長辺の対向方向で光感应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、光感应領域からの不要電荷を収集する複数の不要電荷収集領域と、複数の不要電荷収集領域と光感应領域との間にそれぞれ設けられ、光感应領域から複数の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複数の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应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应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应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应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、光感应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、光感应領域を第 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。

[0011] また、複数の転送電極の第 1 及び第 2 長辺方向の長さ寸法は、複数の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、複数の転送電極は、同一の位相の電荷転送信号が与えられる複数の第 1 転送電極及び電荷転送信号とは異なる位相の電荷転送信号が与えられる

複数の第2転送電極を有し、複数の第1転送電極は、光感应領域の第1長辺側において該第1長辺に沿って複数の信号電荷収集領域と光感应領域との間に配置され、複数の第2転送電極は、光感应領域の第1長辺に対向する第2長辺側において該第2長辺に沿って複数の信号電荷収集領域と光感应領域との間に配置されてもよい。

[0013] また、複数の転送電極は、同一の位相の電荷転送信号が与えられる複数の第1転送電極及び電荷転送信号とは異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第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应領域を挟んで複数の信号電荷収集領域と光感应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应領域を挟んで複数の信号電荷収集領域と光感应領域との間に配置されてもよい。

[0014] また、複数の転送電極は、同一の位相の電荷転送信号が与えられる複数の第1転送電極及び電荷転送信号とは異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第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应領域を挟んで複数の信号電荷収集領域と光感应領域との間に配置されてもよい。

[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る、S/N比の良い距離画像を得ることができる。

発明の効果

[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] 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] 図2は、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3は、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] 図4は、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] 図5は、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6] 図6は、各種信号のタイミングチャートである。

[図7] 図7は、撮像デバイスの全体の断面図である。

[図8] 図8は、各種信号のタイミングチャートである。

[図9] 図9は、距離画像測定装置の全体構成を示す図である。

[図10] 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。

[図11] 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。

[図12] 図12は、図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13] 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。

[図14] 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。

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。

[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 1 a 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 1 b 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 1 b（第 2 半導体領域 5）上には、絶縁層 7 が形成されている。

[0021] 絶縁層 7 上には、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されている。フォトゲート電極 P G 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 P G は、長方形状を呈している。すなわち、フォトゲート電極 P G は、フォトゲート電極 P G 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 P G 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 P G 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。

[0022] 第 2 半導体領域 5 には、フォトゲート電極 P G 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）9 a、9 b が対向して形成されている。すなわち、第 3 半導体領域 9 a、9 b 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 P G 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 9 a、9 b は、二対形成されている。第 3 半導体領域 9 a は、フォトゲート電極 P G の四辺のうち当該フォトゲート電極 P G 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 9 b は、フォトゲート電極 P G の四辺のうち第 3 半導体領域 9 a 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 9 a、9 b 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、正方形形状を呈している。

[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、正方形形状を呈している。

[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 $1 \times 10^{12} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$

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方形状を呈している。

[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方形状を呈しており、第1及び第2転送電極TX1, TX2と同形状を成している。

[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。

[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S i からなり、絶縁層7はS i O₂からなり、フォトゲート電極P G及び第1～3転送電極T X 1～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。

[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（グラウンド電位）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で発生した電荷は、第3半導体領域9 a又は第3半導体領域9 bには引き込まれない。

[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 3 転送電極 T X 3 の方向に引き込まれ、第 4 半導体領域 1 1 a, 1 1 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。第 3 転送電極 T X 3 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 3 転送電極 T X 3 によるポテンシャル障壁が生じ、半導体基板 1 で発生した電荷は、第 4 半導体領域 1 1 a, 1 1 b 内には引き込まれない。

[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。

[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 ϕ_{TX1} 、第 2 転送電極 T X 2 の直下の領域のポテンシャル ϕ_{TX2} 、第 3 転送電極 T X 3 の直下の領域のポテンシャル ϕ_{TX3} 、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 ϕ_{PG} 、第 3 半導体領域 9 a のポテンシャル ϕ_{FD1} 、第 3 半導体領域 9 b のポテンシャル ϕ_{FD2} 、第 4 半導体領域 1 1 a のポテンシャル ϕ_{OFD1} 、第 4 半導体領域 1 1 b のポテンシャル ϕ_{OFD2} が示されている。

[0038] フォトゲート電極 P G 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 T X 1 ～ T X 3 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。この光感应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度のとき、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、光感应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度のとき、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、光感应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、光感應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] 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 に同期しているので、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。

[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。

[0051] 距離画像センサ RS は、半導体基板 1 の第 2 主面 1 b 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 等にそれぞれ電氣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。

[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。

[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] 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 S_1 , S_2 に同期して収集された電荷量 Q_1 , Q_2 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 S_1 , S_2 , S_3 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。

[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] 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転送電極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。

[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。

[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 1 1 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 2 は、一つのフォトゲート電極 P G、フォトゲート電極 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 1 1 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 1 2 に示すような配置であってもよい。すなわち、図 1 2 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 1 3 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G4では、第1及び第2転送電極TX1、TX2の第1及び第2長辺L1、L2方向の長さ寸法、すなわちゲート幅D1が、第3転送電極TX3の第1及び第2長辺L1、L2方向のゲート幅D2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TX1、TX2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LS（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TX1～TX3の一つのパルスをそれぞれ発生させており、光源LS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PG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] 9a, 9b…第3半導体領域（信号電荷収集領域）、11a, 11b…第4半導体領域（不要電荷収集領域）、G1, G2, G3, G4…画素（距離センサ）、L1…第1長辺、L2…第2長辺、RS…距離画像センサ、S1…第1短辺、S2…第2短辺、S1、S2…電荷転送信号、TX1…第1転送電極、TX2…第2転送電極、TX3…第3転送電極（不要電荷収集ゲート電極）。

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複数の転送電極と、

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複数の不要電荷収集領域と、

前記複数の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複数の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複数の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] 前記複数の転送電極の前記第1及び第2長辺方向の長さ寸法は、前記複数の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] 前記複数の転送電極は、同一の位相の電荷転送信号が与えられる複数の第1転送電極及び前記電荷転送信号とは異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第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] 前記複数の転送電極は、同一の位相の電荷転送信号が与えられる複数の第 1 転送電極及び前記電荷転送信号とは異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第 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。

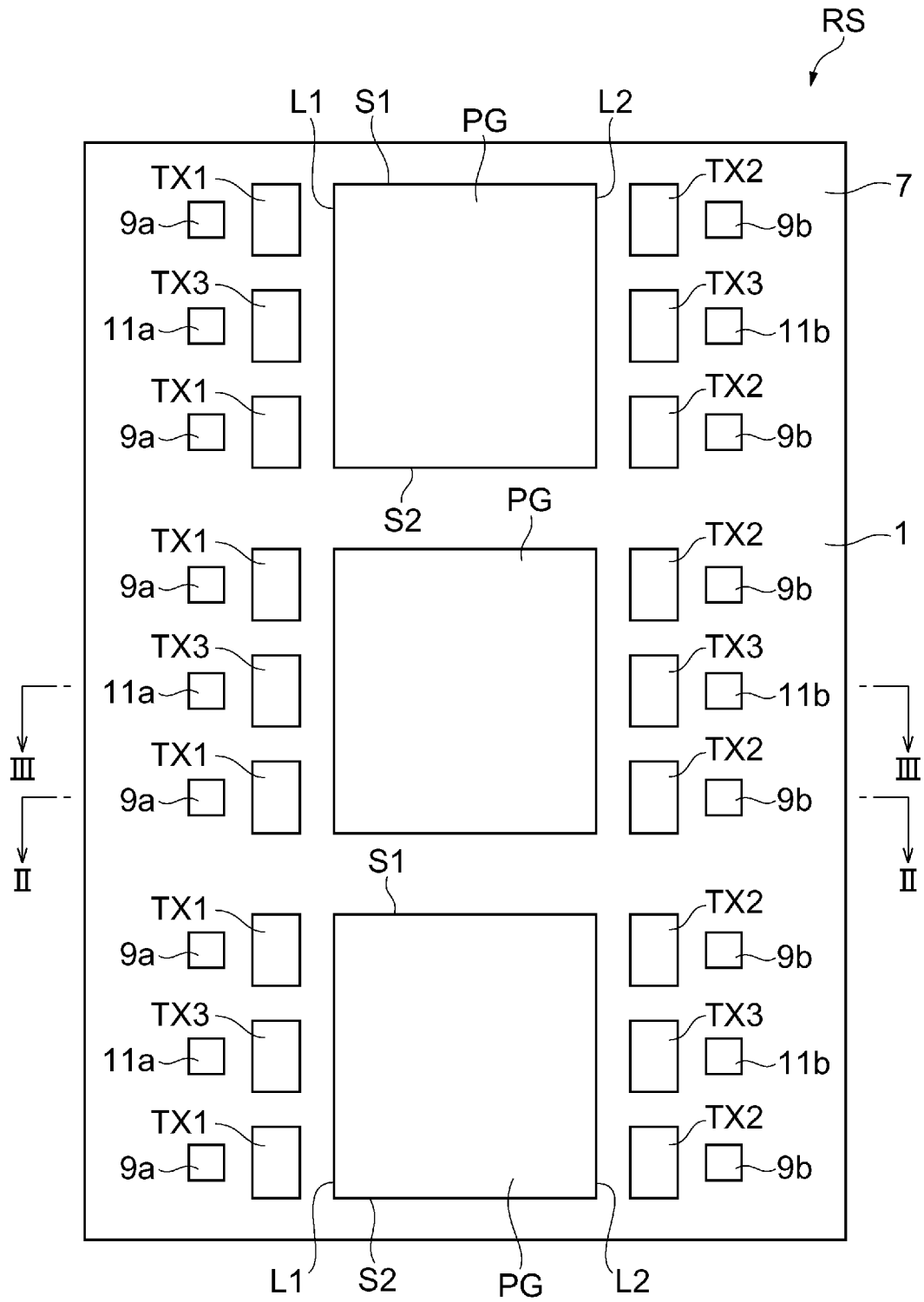
[請求項5] 前記複数の転送電極は、同一の位相の電荷転送信号が与えられる複数の第 1 転送電極及び前記電荷転送信号とは異なる位相の電荷転送信号が与えられる複数の第 2 転送電極を有し、

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。

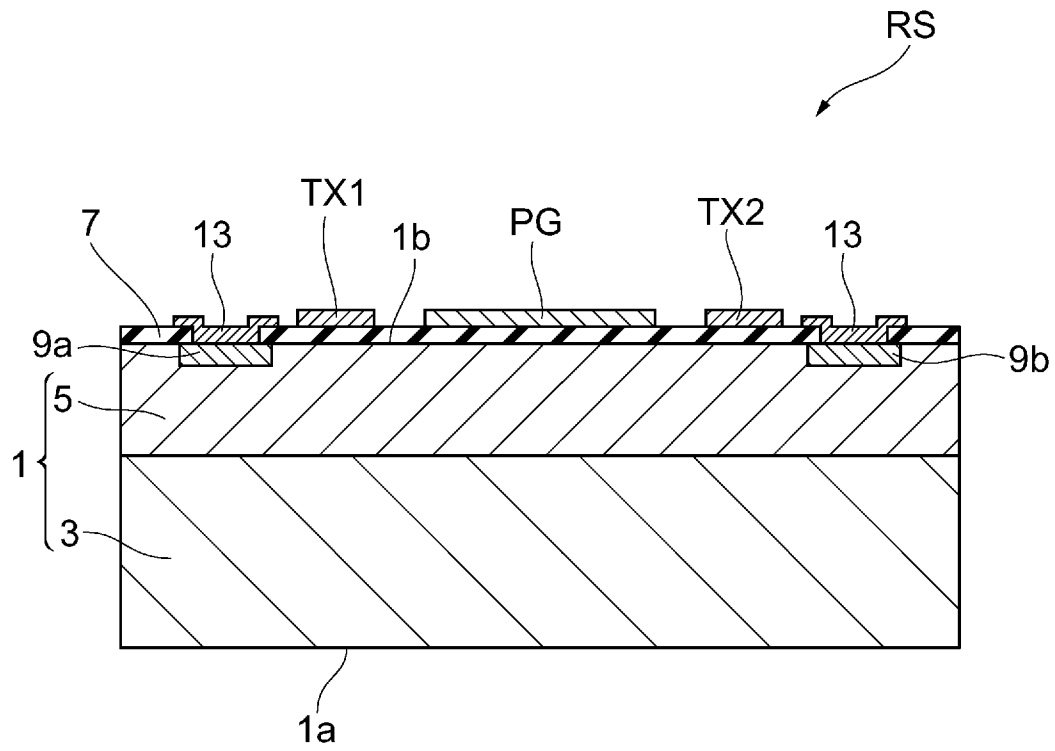
[請求項6] 一次元又は二次元に配置された複数のユニットからなる撮像領域を半導体基板上に備え、前記ユニットから出力される電荷量に基づいて、距離画像を得る距離画像センサにおいて、

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。

[図1]

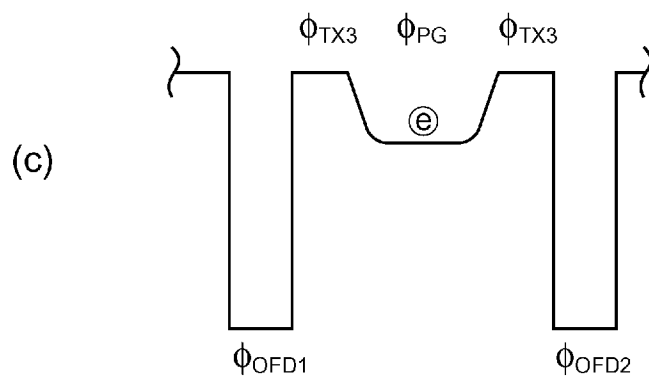
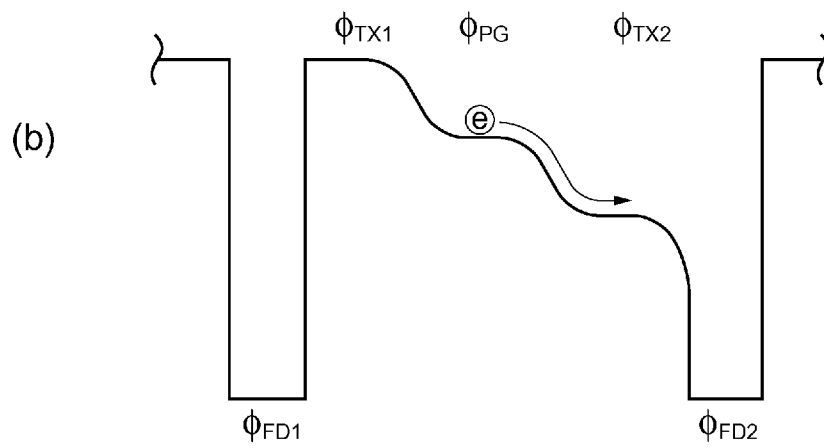
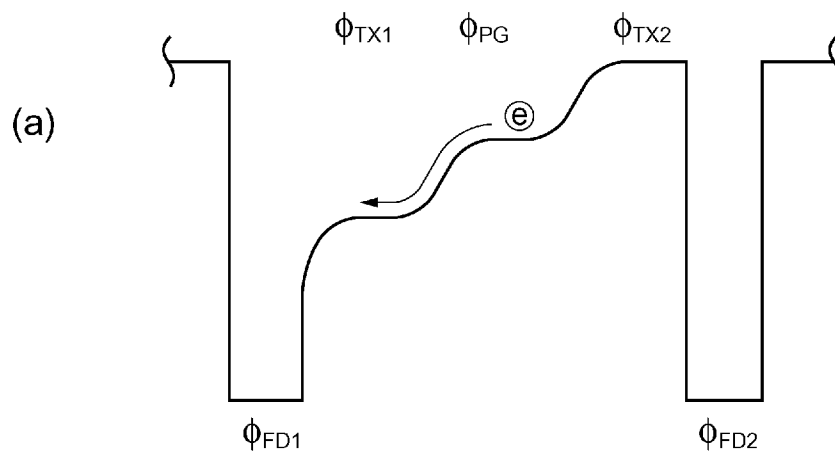


[図2]

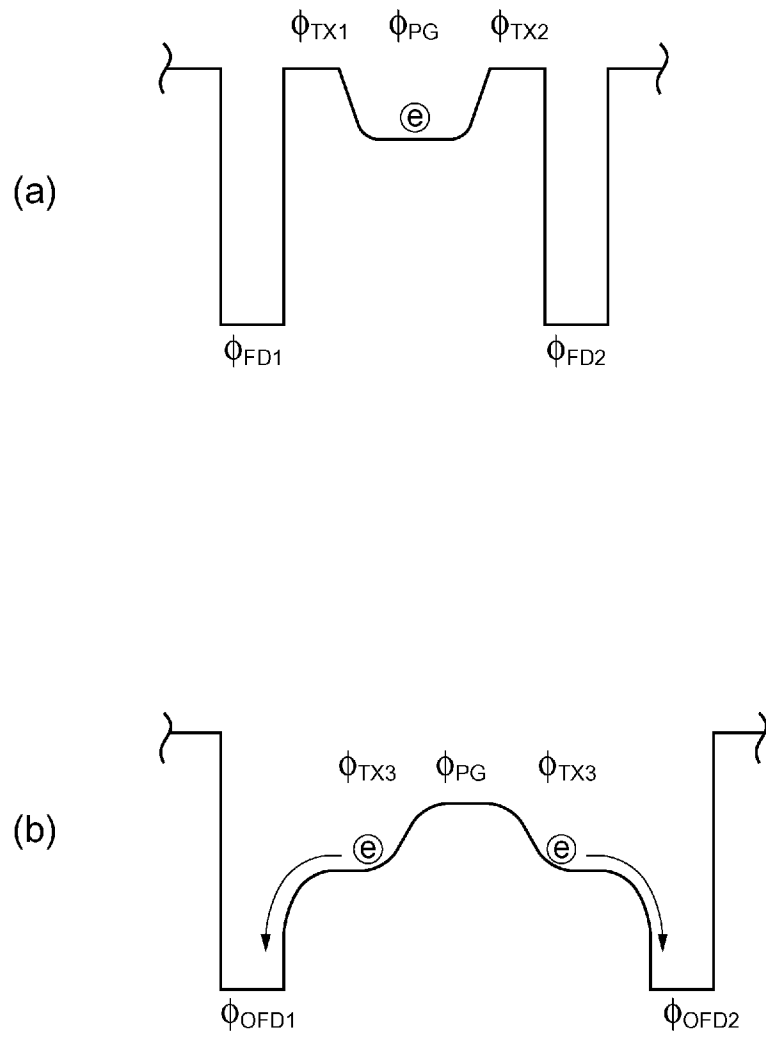


A cross-sectional view of a semiconductor device 1. The device consists of a substrate 3 with a top surface 1a and a bottom surface 1b. A layer 5 is formed on the top surface 1a. On top of layer 5, there are several components: a gate 7, two pairs of side gates 13, a central gate PG, and two transmission gates TX3. The side gates 13 and transmission gates TX3 are formed on top of the gate 7. The device is shown in a cross-section along a line RS.

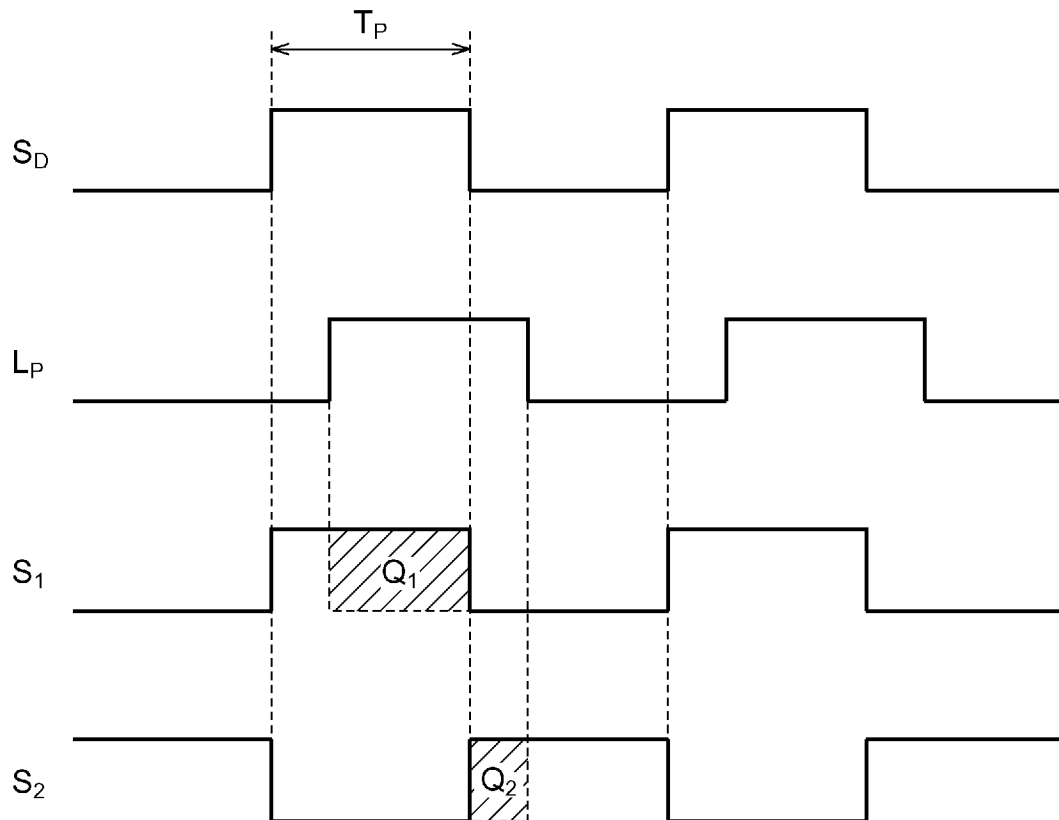
[図4]



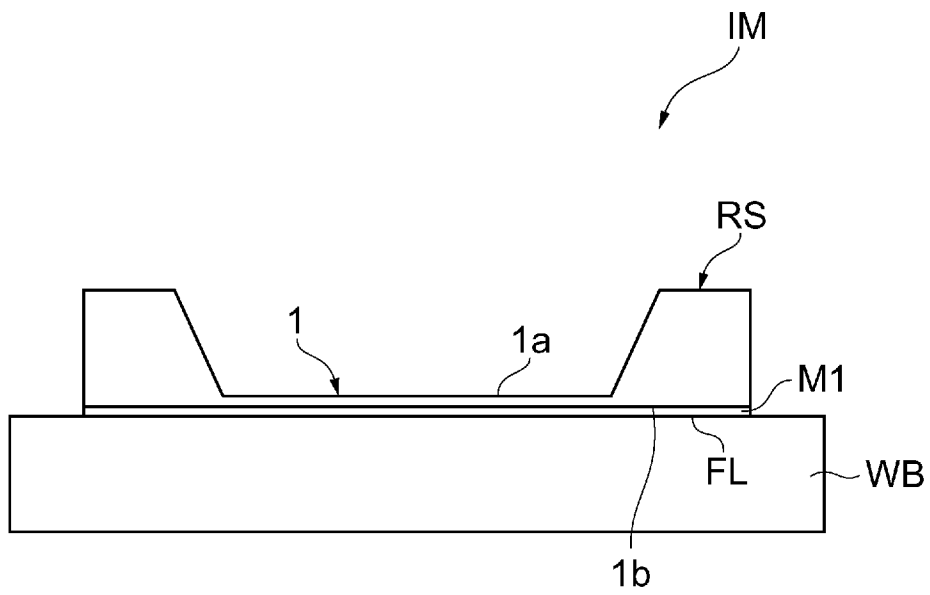
[図5]



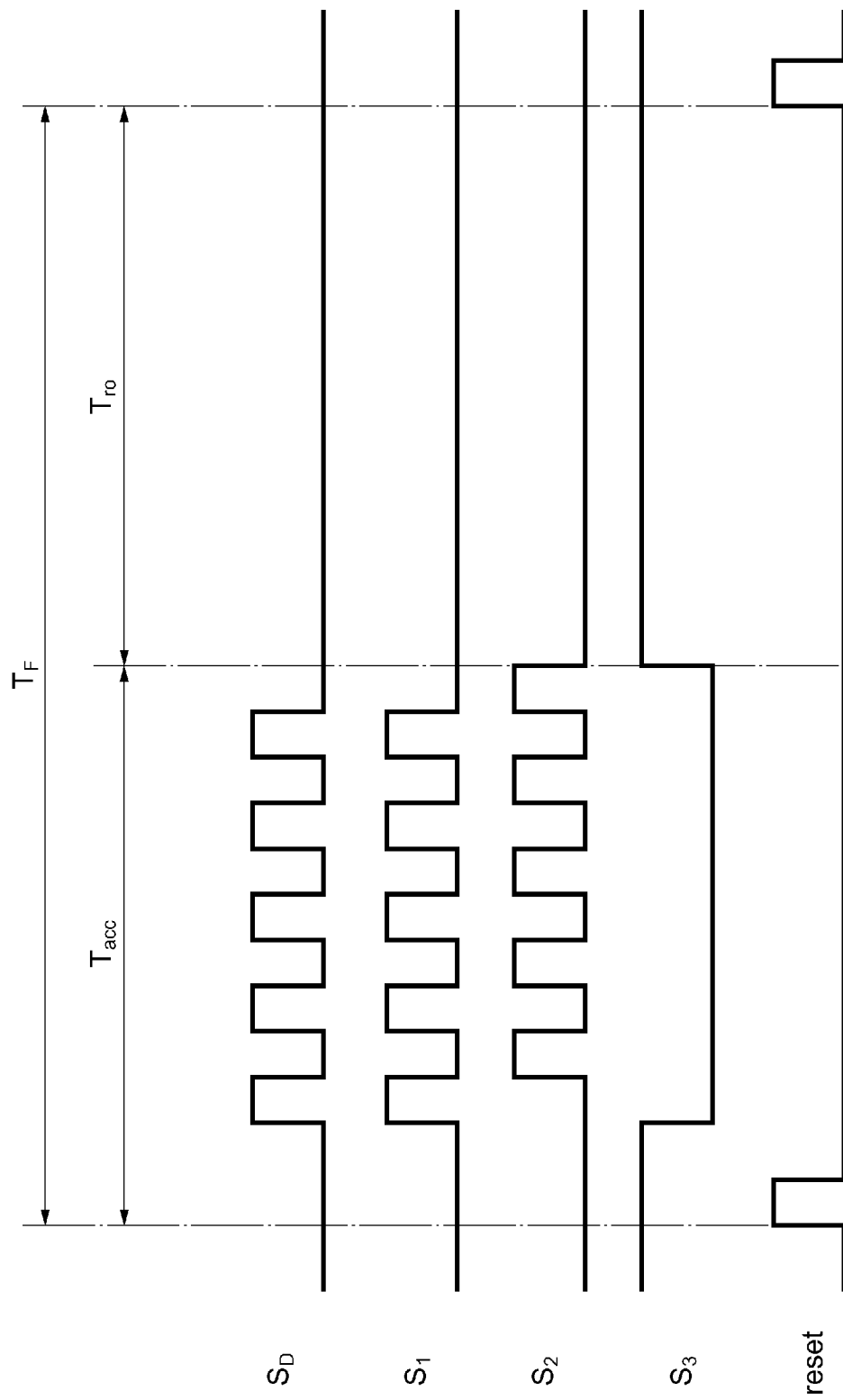
[図6]



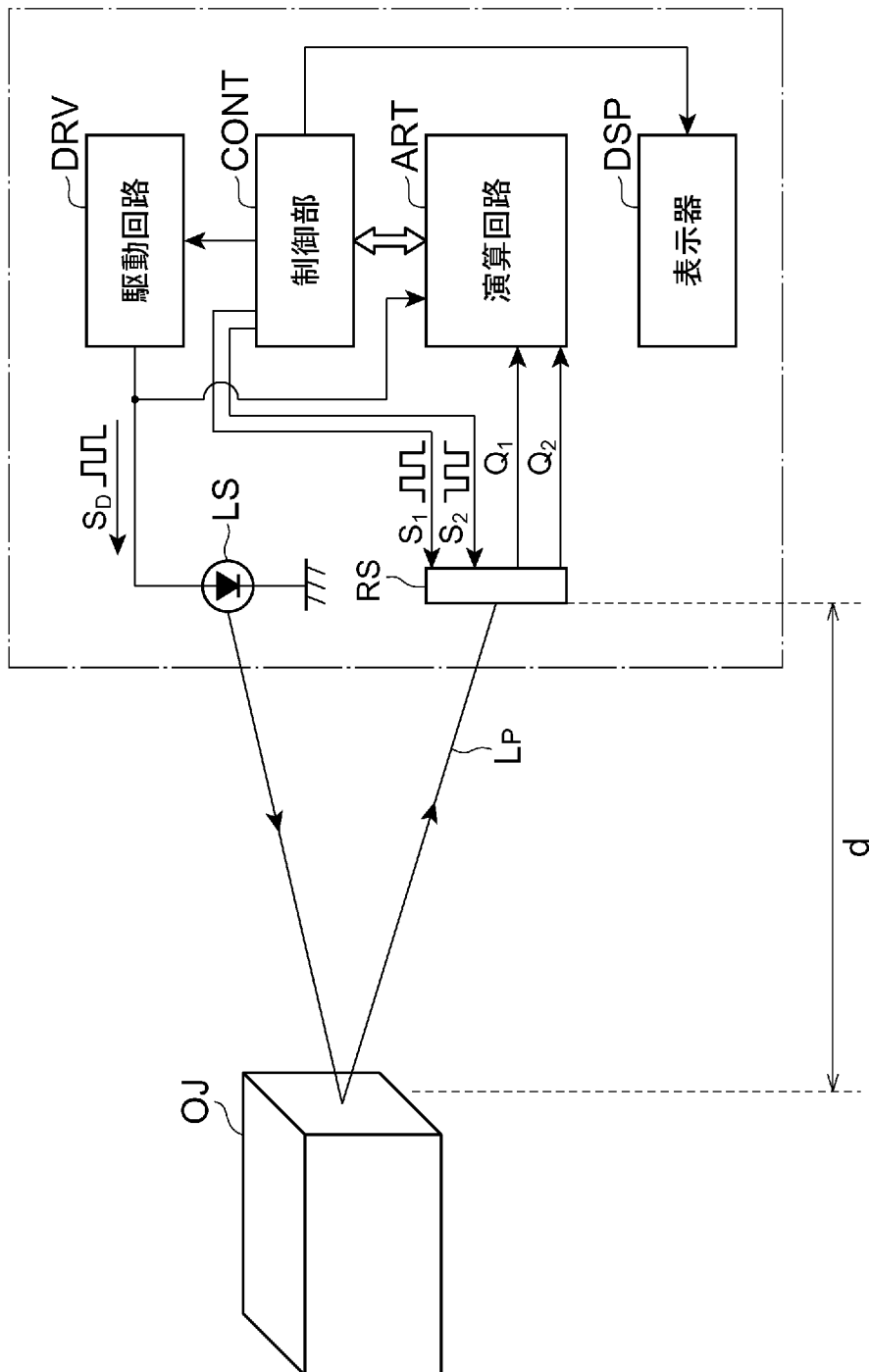
[図7]



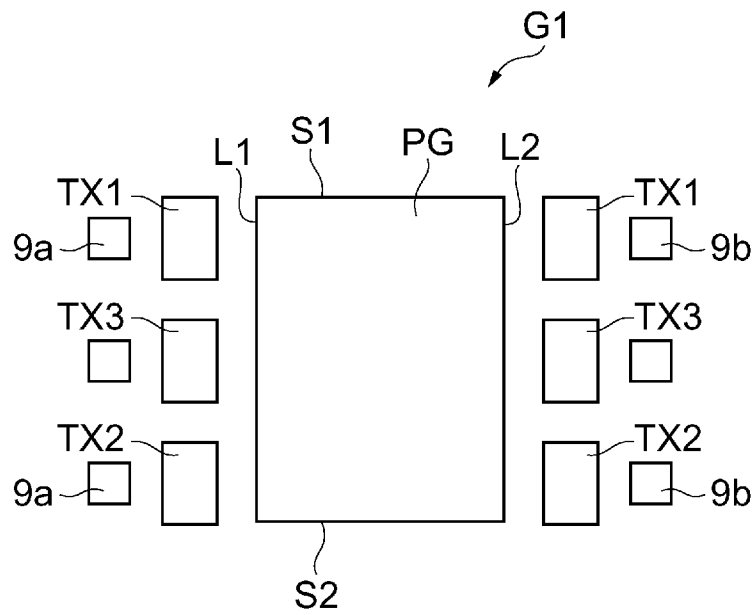
[図8]



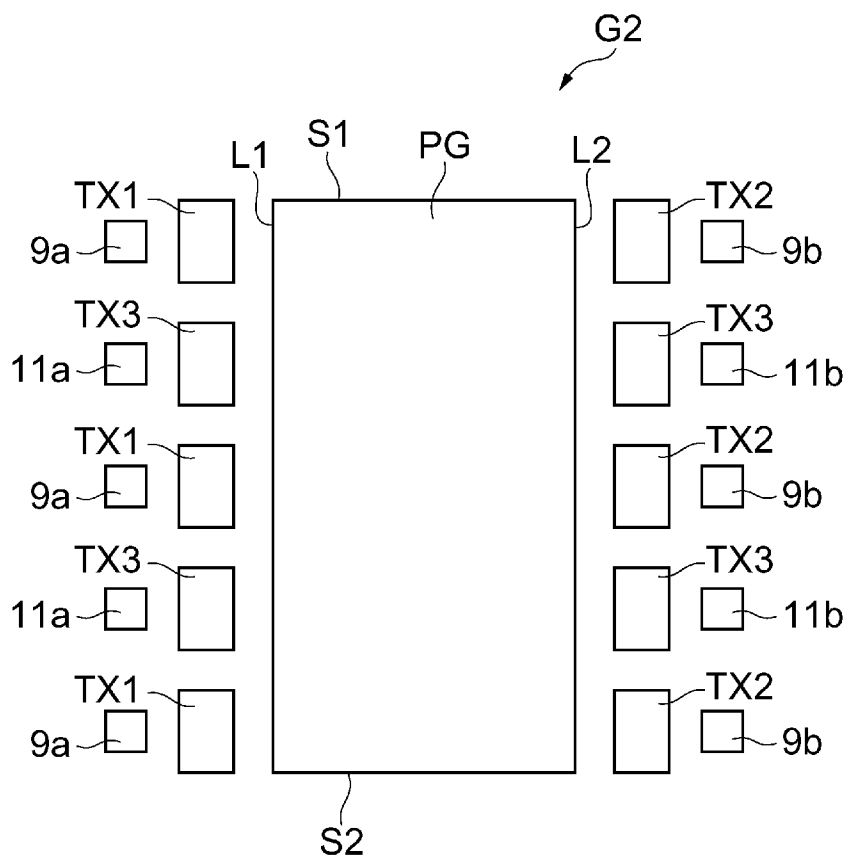
[図9]



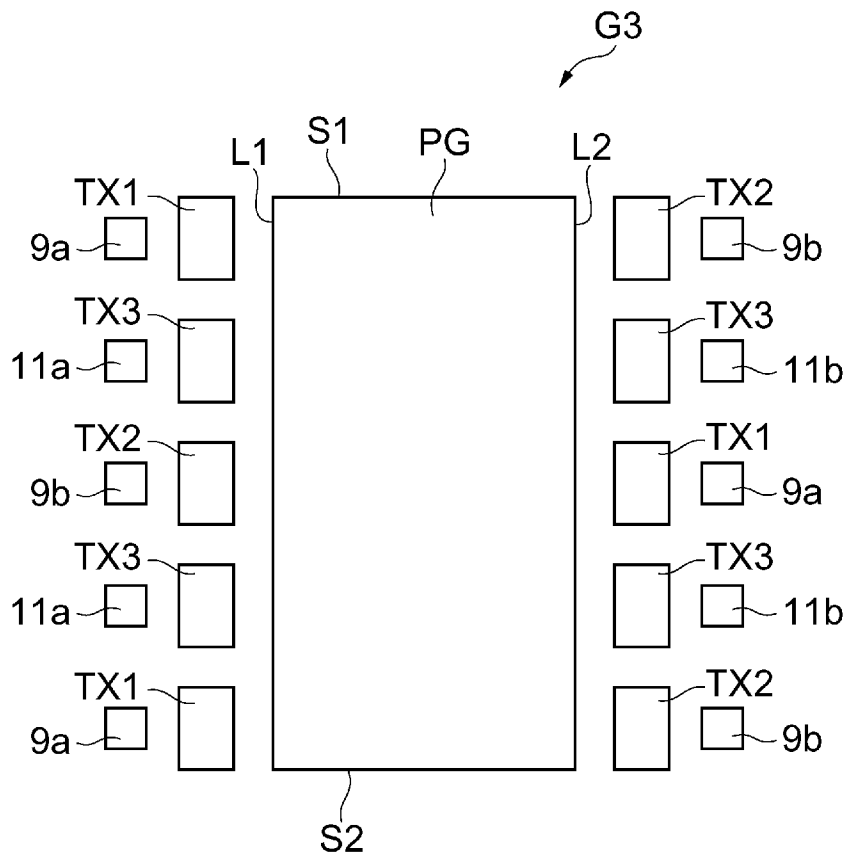
[図10]



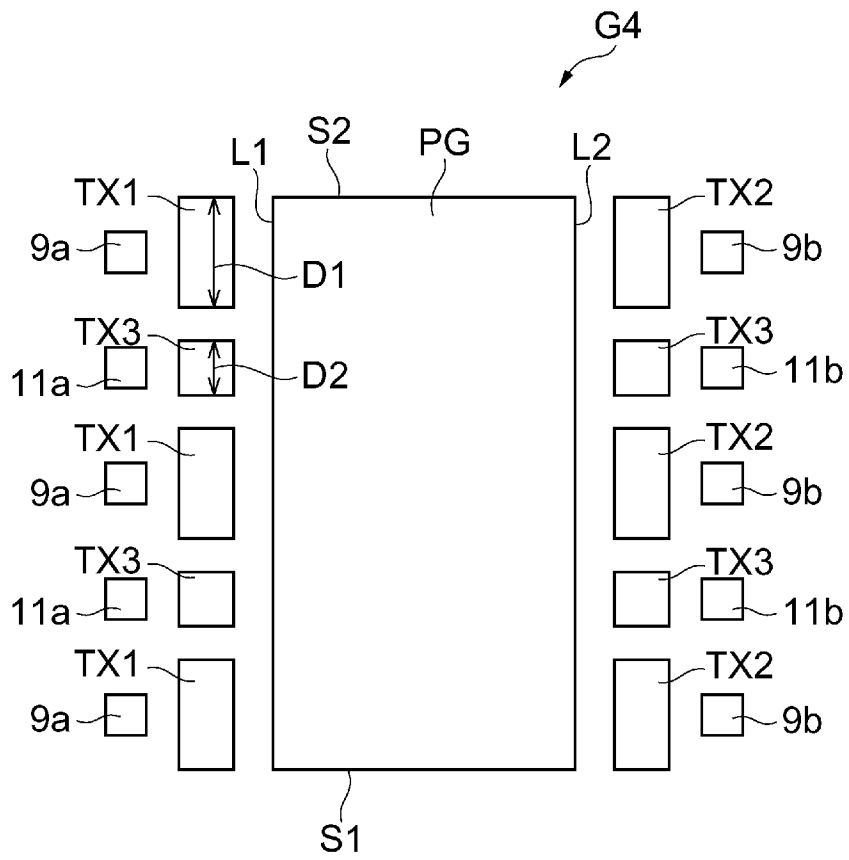
[図11]



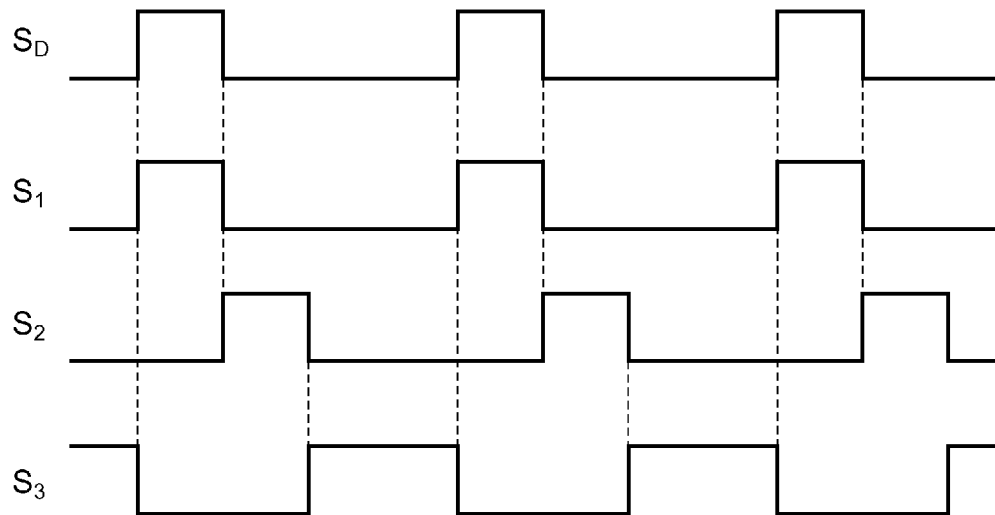
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/070601

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S17/89(2006.01) i, G01S17/10(2006.01) i, H01L27/146(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S17/89, G01S17/10, H01L27/146

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2007/119626 A1 (National University Corporation Shizuoka University), 25 October 2007 (25.10.2007), paragraphs [0118] to [0137]; fig. 14 & US 2009/0114919 A1	1-6
A	JP 2004-294420 A (Shoji KAWAHITO), 21 October 2004 (21.10.2004), paragraphs [0012] to [0013], [0022] to [0028]; fig. 6 & US 2006/0192938 A1 & WO 2004/070313 A1	1-6
A	JP 2008-8700 A (Fujifilm Corp.), 17 January 2008 (17.01.2008), paragraphs [0019] to [0024]; fig. 2 to 3 & US 2008/0122933 A1	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 December, 2010 (03.12.10)

Date of mailing of the international search report

14 December, 2010 (14.12.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/070601

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-150008 A (Nikon Corp.), 14 June 2007 (14.06.2007), paragraphs [0005] to [0011], [0027] to [0045]; fig. 2 (Family: none)	1-6
P, A	WO 2010/013811 A1 (National University Corporation Shizuoka University), 04 February 2010 (04.02.2010), paragraph [0024]; fig. 2 & JP 2010-40594 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S17/89(2006.01)i, G01S17/10(2006.01)i, H01L27/146(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S17/89, G01S17/10, H01L27/146

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2007/119626 A1（国立大学法人静岡大学）2007.10.25, 段落 0118-0137, 図 14 & US 2009/0114919 A1	1 - 6
A	JP 2004-294420 A（川人祥二）2004.10.21, 段落 0012-0013, 0022-0028, 図 6 & US 2006/0192938 A1 & WO 2004/070313 A1	1 - 6
A	JP 2008-8700 A（富士フイルム株式会社）2008.01.17, 段落 0019-0024, 図 2-3 & US 2008/0122933 A1	1 - 6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 3 . 1 2 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 4 . 1 2 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

中村 説志

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

2 S

3 2 0 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-150008 A (株式会社ニコン) 2007.06.14, 段落 0005-0011, 0027-0045, 図 2 (ファミリーなし)	1 - 6
P, A	WO 2010/013811 A1 (国立大学法人静岡大学) 2010.02.04, 段落 0024, 図 2 & JP 2010-40594 A	1 - 6