

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年9月1日(01.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/105438 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/89 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/054006
- (22) 国際出願日: 2011年2月23日(23.02.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-043467 2010年2月26日(26.02.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社(HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 高志 (SUZUKI Takashi) [JP/JP]; 〒4358558 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 Shizuoka (JP). 間瀬 光人(MASE Mitsuhiro) [JP/JP]; 〒4358558 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 Shizuoka (JP). 山崎 智浩(YAMAZAKI Tomohiro) [JP/JP]; 〒4358558 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 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiaki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: RANGE IMAGE SENSOR

(54) 発明の名称: 距離画像センサ

[図2]

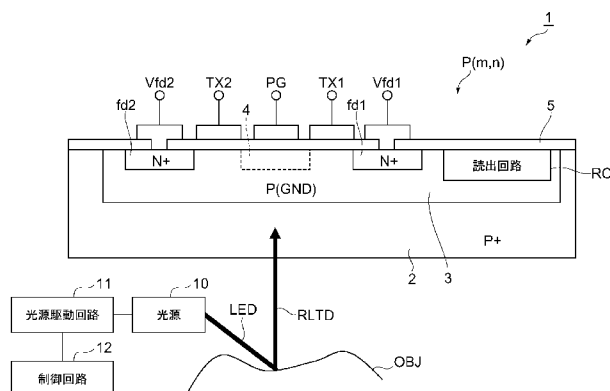


FIG. 2:
RC READ OUT CIRCUIT
10 LIGHT SOURCE
11 LIGHT SOURCE DRIVE CIRCUIT
12 CONTROL CIRCUIT

(57) Abstract: Disclosed is a range image sensor wherein since accumulation regions (fd1, fd2) are connected only to a single capacitor (C1), the size of pixels is decreased and space resolution is improved, and wherein electric charges transferred to the accumulation regions (fd1, fd2) are temporally accumulated, so the signal-to-noise ratio is improved. A drive circuit (DRV) performs dummy switching such that the switching frequency of a first and a second switch ($\Phi 1$, $\Phi 2$) after the completion of reset period in one cycle is equalized, whereby offset is canceled out, and a more accurate range image can be obtained.

(57) 要約: 蓄積領域 f d 1、f d 2 は単一のキャパシタ C 1 にしか接続されていないため、画素の大きさを小さくして空間分解能を向上させ、蓄積領域内 f d 1、f d 2 に転送された電荷を一旦蓄積するため、信号雑音比が向上する。駆動回路 D R V は、一周期におけるリセット期間終了時以後の第 1 及び第 2 のスイッチ $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ のスイッチング回数が等しくなるように、ダミースイッチン

グを行うことで、オフセットが相殺され、更に正確な距離画像を得ることができる。



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： 距離画像センサ

技術分野

[0001] 本発明は、距離画像センサに関する。

背景技術

[0002] 従来、対象物の距離画像を得ることができるイメージセンサが期待されている。測定対象物の実際の画像と、距離画像を同一チップで求めることも期待されている。このような距離画像センサは、種々の技術への応用が期待されている。例えば、距離画像センサを船舶や自動車或いは航空機などの移動体に搭載すれば、移動体周囲の対象物の距離画像を得ることができるため、得られた対象物の距離画像に基づいて、移動体の挙動制御などを行うことができる。ファクトリーオートメーション（FA）においては、対象物の距離画像が得られると、これを利用した対象物の検査／制御が可能となる。

[0003] 距離を計測する手法として、TOF法（Time-Of-Flight）があり、この方式では光源（パルスレーザーや発光ダイオード（LED）など）及び受光素子が必要となる。電荷振り分け構造を用いる距離画像センサにおいては、ある周期で振り分けられた蓄積電荷と、それとは位相の異なる蓄積電荷の比率によって距離を算出する。すなわち、出射光の位相に対する反射戻り光の位相のずれを、対象物までの距離として捉え、戻り光に呼応して発生する電荷を、出射光の変調周期に同期して振り分け、当該位相のずれ量を、振り分けられた電荷量の比率を用いて算出する。

[0004] この方式では電荷の蓄積が必要となるため、背景光が強い状況下で使用する、信号を読み出す前に、蓄積容量が飽和してしまい、算出した距離の劣化の原因になる。そのため、背景光（外乱光）の影響を低減させながら電荷を蓄積する必要がある。

[0005] 特許文献1では、2つの受光部と2つの蓄積容量により、電荷を分配している。全体の撮像領域は、複数の画素が2次元配列されており、各画素において

求められる対象物までの距離情報が二次元的に出力される。これらの文献に記載の構造においては、1画素内において少なくとも2つのキャパシタを備えており、これら2つのキャパシタを用いて背景光由来の電荷を相殺している。

- [0006] 特許文献2に記載の時間相関検出型イメージセンサにおいては、1画素内に1つのキャパシタを備えており、振り分けられた信号を一对のスイッチのみを介してそれぞれキャパシタの両電極端子に異なる時間に電流を積分することで、当該キャパシタに流入する電荷を制御し、背景光由来の電流を相殺している。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：米国特許6919549号明細書（特表2006-523074号公報）

特許文献2：特開平10-281868号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] しかしながら、二次元のセンサや一次元のラインセンサを作製することを考慮すると、上記特許文献1に記載の距離画像センサでは、キャパシタ数が多いため、1画素の寸法が大きくなり、空間分解能を向上することができない。また、キャパシタやスイッチ等の回路素子が多い場合には、寄生容量が増大し、出力のリニアリティが低下するという問題もある。一方、特許文献2に記載の時間相関検出型イメージセンサでは、キャパシタ数を減少させることにより、空間分解能は増加するが、スイッチング回路が増えることでスイッチング・ノイズが信号に重畳するため、正確に距離を演算することができない。したがって、いずれの従来技術においても、正確な距離画像を得ることはできないという問題がある。

- [0009] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、正確な距離画像

を得ることが可能な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

[0010] 上述の課題を解決するため、第1の発明に係る距離画像センサは、対象物への出射光の反射光を受光する撮像領域と、前記撮像領域を駆動する駆動回路と、を備えた距離画像センサであって、前記撮像領域は、半導体基板上に一次元又は二次元状に配置された複数の画素を備え、個々の画素は、受光領域と、前記受光領域に隣接した第1及び第2の蓄積領域と、前記第1及び第2の蓄積領域への電荷の流入をそれぞれ制御する第1及び第2の転送電極と、前記第1及び第2の蓄積領域間に電氣的に接続されたキャパシタと、前記キャパシタの第1端子と前記第1の蓄積領域との間に介在する第1のスイッチ（ $\Phi 1$ ）と、前記キャパシタの第2端子と前記第2の蓄積領域との間に介在する第2のスイッチ（ $\Phi 2$ ）と、前記キャパシタの前記第2端子と基準電位との間に介在する第3のスイッチ（ $\Phi 1r$ ）と、前記キャパシタの前記第1端子と前記基準電位との間に介在する第4のスイッチ（ $\Phi 2r$ ）と、を備え、前記駆動回路は、前記第1、第2、第3及び第4のスイッチを一周期の初めの時刻において全てONさせるリセット期間を設定し、一周期において、第1の期間及び第2の期間を交互に設定し、前記第1の期間では、前記第1及び第3のスイッチの双方をONし、第2及び第4スイッチの双方をOFFし、前記第2の期間では、前記第1及び第3のスイッチの双方をOFFし、第2及び第4スイッチの双方をONし、前記一周期において、前記第1及び第2の転送電極に、前記出射光の変調信号に同期し、互いに逆相の変調信号を与える、ことを特徴とする。

[0011] 光の量子性に基づくノイズ（フォトンショットノイズ）は、露光光量の2乗根で増加し、信号成分は比例で増加するので、露光時間を増加させるほど信号成分の割合が増加し、信号雑音比は向上する。したがって、第1及び第2の転送電極によって、第1及び第2の蓄積領域内に振り分けられた電荷を積分するほど、信号雑音比が改善し、正確な距離画像を得ることができる。すなわち、転送電極に変調信号を与えることで、第1及び第2の蓄積領域に

において、一定期間の電荷積分を行い、これと同時に或いは積分後に、第 1 の蓄積領域で積分された電荷を、第 1 の期間では、キャパシタの第 1 端子に接続し、第 2 の蓄積領域で積分された電荷を、第 2 の期間では、キャパシタの第 2 端子に接続し、キャパシタ内において、双方の蓄積領域に含まれる電荷成分、すなわち、背景光成分を相殺する。

[0012] ここで、それぞれの蓄積領域は単一のキャパシタにしか接続されていないため、画素の大きさを小さくして空間分解能を向上させることができ、また、本発明では、第 1 及び第 2 蓄積領域内に転送された電荷を積分するため、信号雑音比が向上すると共に、第 1 及び第 2 のスイッチのキャパシタへの電荷転送時のスイッチング回数が減少するため、スイッチング・ノイズも低減し、キャパシタ内に距離に応じた電荷が蓄積され、かかる電荷量（これに応じた電圧）を検出することで、正確な距離を算出することができる。また、本願では、光電流を電荷として所定期間積分した後、振分け動作を行うため、特許文献 2 のように光電流を直接容量にスイッチで振り分けるものに比べて、ノイズが少ない。

[0013] しかしながら、蓄積領域に積分した電荷のキャパシタへの転送時のスイッチング回数に差があると、片側の接続回数が多いことによって生じるオフセットを相殺することができず、更に正確な距離画像を得ることが困難である。

[0014] そこで、第 2 の発明に係る距離画像センサにおいては、前記駆動回路は、前記一周期内における前記リセット期間終了時以後の第 1 及び第 2 のスイッチのスイッチング回数が等しくなるように、第 1 又は第 2 のスイッチを付加的にスイッチングすることとした。この場合、付加的なスイッチング（以下、ダミースイッチング）を行うことで、上記スイッチング回数が等しくなり、オフセットが相殺されるので、更に正確な距離画像を得ることができる。

[0015] また、第 3 の発明に係る距離画像センサにおいては、前記駆動回路は、（a）特定の一周期内において、前記出射光の変調信号と 0° の位相差を有するタイミングで、前記第 1 の転送電極に変調信号を与え、前記第 2 の転送電

極に、前記第 1 の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、(b) 別の一周期内において、前記出射光の変調信号と 90° の位相差を有するタイミングで、前記第 1 の転送電極に変調信号を与え、前記第 2 の転送電極に、前記第 1 の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、(c) 更に別の一周期内において、前記出射光の変調信号と 180° の位相差を有するタイミングで、前記第 1 の転送電極に変調信号を与え、前記第 2 の転送電極に、前記第 1 の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、(d) 上記とは異なる別の一周期内において、前記出射光の変調信号と 270° の位相差を有するタイミングで、前記第 1 の転送電極に変調信号を与え、前記第 2 の転送電極に、前記第 1 の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、前記 (a) ~ (d) の一周期内における前記第 1 の期間と前記第 2 の期間の順序は同一であることを特徴とする。

[0016] ダミースイッチングを用いない場合、キャパシタに転送される電荷のスイッチング回数がキャパシタの各端子において異なるが、この発明では、上記 (a) ~ (d) の 4 つの位相において、各蓄積領域に蓄積された電荷（に応じた電圧）の差分をとることで、背景光成分と共にオフセット成分を相殺することができる。これにより、正確な距離を算出することができる。

[0017] また、第 4 の発明に係る距離画像センサにおいては、前記駆動回路は、(a) 特定の一周期内において、前記出射光の変調信号と 0° の位相差を有するタイミングで、前記第 1 の転送電極に変調信号を与え、前記第 2 の転送電極に、前記第 1 の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、(b) 別の一周期内において、前記出射光の変調信号と 90° の位相差を有するタイミングで、前記第 1 の転送電極に変調信号を与え、前記第 2 の転送電極に、前記第 1 の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、(c) 更に別の一周期内において、前記出射光の変調信号と 0° の位相差を有するタイミングで、前記第 1 の転送電極に変調信号を与え、前記第 2 の転送電極に、前記第 1 の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調

信号を与え、(d) 上記とは異なる別の一周期において、前記出射光の変調信号と 90° の位相差を有するタイミングで、前記第 1 の転送電極に変調信号を与え、前記第 2 の転送電極に、前記第 1 の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、前記 (a) 及び (b) の一周期における前記第 1 の期間と前記第 2 の期間の順序は同一であり、前記 (c) 及び (d) の一周期における前記第 1 の期間と前記第 2 の期間の順序は、前記 (a) 及び (b) の場合とは逆である、ことを特徴とする。

[0018] この発明では、上記 (a)、(b) の 2 つの位相と、これとはキャパシタへの電荷転送の順番が異なる (c)、(d) の場合の位相において、各蓄積領域に蓄積された電荷（に応じた電圧）の差分をとることで、背景光成分と共にオフセット成分を相殺することができる。これにより、正確な距離を算出することができる。

[0019] 上述のように、各画素において正確な距離を算出することができるので、本発明の距離画像センサでは、正確な距離画像を得ることができる。

発明の効果

[0020] 本発明の距離画像センサによれば、正確な距離画像を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1] 図 1 は、実施の形態に係る距離画像センサの平面図である。

[図2] 図 2 は、図 1 に示した距離画像センサの各画素の断面構成と光源ユニットを示す図である。

[図3] 図 3 は、図 2 に示した距離画像センサの画素毎の回路図である。

[図4] 図 4 は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図である。

[図5] 図 5 は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図である。

[図6] 図 6 は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図である。

[図7] 図 7 は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図である。

[図8] 図 8 は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図である。

[図9] 図 9 は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図である。

[図10] 図 10 は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図である。

[図11] 図 1 1 は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図である。

[図12] 図 1 2 は、実施の形態に係る距離画像センサの第1のタイミングチャートである。

[図13] 図 1 3 は、実施の形態に係る距離画像センサの第2のタイミングチャートである。

[図14] 図 1 4 は、」実施の形態に係る距離画像センサの第3のタイミングチャートである。

[図15] 図 1 5 は、実施の形態に係る距離画像センサの第4のタイミングチャートである。

[図16] 図 1 6 は、実施の形態に係る距離画像センサの第5のタイミングチャートである。

[図17] 図 1 7 は、実施の形態に係る距離画像センサの第6のタイミングチャートである。

[図18] 図 1 8 は、実施の形態に係る距離画像センサの第7のタイミングチャートである。

[図19] 図 1 9 は、実施の形態に係る距離画像センサの第8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

[0022] 以下、実施の形態に基づく距離画像センサについて説明する。同一要素には、同一符号を用い、重複する説明は省略する。

[0023] 図 1 は、実施の形態に係る距離画像センサの平面図である。

[0024] この距離画像センサ 1 は、半導体基板 2 上に形成された撮像領域 I MR と、撮像領域 I MR を駆動するセンサ駆動回路 D RV と、撮像領域 I MR の出力を増幅する増幅回路 A MP とを備えている。撮像領域 I MR は、半導体基板 2 上に一次元又は二次元状に配置された複数の画素 P (m, n) を備えている。同図では、m 行 n 列の画素 P (m, n) が示されている (m, n は自然数)。撮像領域 I MR は、対象物への出射光の反射光を画素毎に検出するものであり、出射光と反射光の画素毎の位相差から、対象物の画像の画素毎

の距離が求められる。この距離画像センサ 1 は、電荷振り分け型の距離画像センサであり、距離に対応した位相差を、各画素内で 2 箇所に分けられた電荷量の比率に応じて求めるものである。

[0025] 図 2 は、図 1 に示した距離画像センサの各画素の断面構成と光源ユニットを示す図である。

[0026] 光源ユニットは、レーザや発光ダイオードなどの光源 10 と、光源 10 を高周波駆動する光源駆動回路 11 と、光源駆動回路 11 の駆動クロックを出力する制御回路 12 とを備えている。光源 10 からは、方形波又は正弦波の光強度変調が行われた変調信号が出射される。なお、制御回路 12 からの駆動クロックに同期して、図 1 に示したセンサ駆動回路 DRV からも方形波又は正弦波の変調信号が出力され、センサ駆動回路 DRV からの変調信号が互いに逆相で転送電極 TX1, TX2 に与えられる。

[0027] 光源 10 からの出射光 LED は、対象物 OBJ に照射され、対象物 OBJ の表面で反射されて、反射光 RLTD として、距離画像センサ 1 の撮像領域 IMR 内の各画素 P (m, n) に基板裏面側から入射する。なお、光入射面の手前には図示しない結像レンズが配置される。また、本例では、半導体基板 2 は薄板化され、好適には $50\mu\text{m}$ 以下の厚みであり、裏面入射型の距離画像センサを構成されている。もちろん、半導体基板 2 の厚みを薄板化せずに、本発明を表面入射型の距離画像センサ 1 に適用することも可能である。

[0028] 距離画像センサ 1 の各画素 P (m, n) は、高濃度の P 型（第 2 導電型）の半導体基板 2 の表面領域に半導体基板より低濃度で形成された P 型（第 2 導電型）の半導体領域 3 と、半導体領域 3 の表面側に形成された一対の高濃度の N 型（第 1 導電型）の半導体領域（電荷蓄積領域：フローティングディフュージョン領域）fd1, fd2 を有している。また、半導体基板表面には絶縁層 5 が形成されており、蓄積領域 fd1, fd2 の間の P 型半導体領域 3 上にはフォトゲート電極 PG が絶縁層 5 を介して形成され、半導体領域 3 内のフォトゲート電極直下は光検出領域 4 としてはたらく。光検出領域 4 のポテンシャルは、フォトゲート電極 PG への印加電圧によって制御するこ

とができる。

[0029] 信号取出電極 V_{fd1} 、 V_{fd2} は、それぞれ蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} 上に電氣的に接続して設けられている。また、フォトゲート電極 PG と、各信号取出電極 V_{fd1} 、 V_{fd2} との間には、転送電極 $TX1$ 、 $TX2$ が位置している。N型の半導体は、電氣的に中性な状態で電子をキャリアとして有しており、キャリアが抜けた場合には、正にイオン化する。すなわち、高濃度のN型の蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} は、大きく下向きに凹む形となり、ポテンシャル井戸を構成する。

[0030] フォトゲート電極 PG には、必要に応じて若干の正の直流電位を印加しておく。受光領域としての光検出領域4では、光の入射に応じて正孔電子対が発生するが、ゲート電極として機能する転送電極 $TX1$ 、 $TX2$ に正の電位を与えた場合には、 $TX1$ 、 $TX2$ の直下の領域のポテンシャルが、光検出領域4のポテンシャルと蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} のポテンシャルの中間の値となり、光検出領域4から蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} へのポテンシャルの階段が形成され、蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} のポテンシャル井戸内に電子が落ちて蓄積される。

[0031] なお、本構造では、蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} 上に電極を設けて信号を取り出す構造を採用しているが、蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} の隣に信号取出用の高濃度領域を別途設け、これらと蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} との間の領域上に別の転送電極を配置し、かかる高濃度領域上に電極を設けて、信号を取り出すことも可能である。

[0032] なお、以下の説明では、説明の明瞭化を目的として、符号 V_{fd1} 、 V_{fd1} は、信号取出電極であると共に、これらの電極とグランド電位との間に加えられる電圧も示すこととし、符号 $TX1$ 、 $TX2$ は転送電極であると共に、これらとグランド電位との間に加えられる転送電圧も示すこととする。また、符号 PG はフォトゲート電極であると共に、これらとグランド電位との間に加えられる直流電圧も示すこととする。なお、半導体領域3は、グランド電位に接続されている。信号取出電極 V_{fd1} 、 V_{fd2} から取り出さ

れた電荷は、半導体領域 3 内に形成された読出回路 RC によって読み出される。読み出し回路は、半導体領域 3 に限らず、半導体基板 2 に形成されていてもよい。

[0033] 図 3 は、図 2 に示した距離画像センサの画素毎の回路図である。

[0034] 個々の画素 P (m, n) は、反射光の入射に応じて電荷を発生する受光領域 (フォトダイオード PD) と、フォトダイオード PD に隣接した第 1 の蓄積領域 f d 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 2 を備えている。第 1 の転送電極 T X 1 及び第 2 の転送電極 T X 2 は、それぞれ第 1 の蓄積領域 f d 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 2 への電荷の流入をそれぞれ制御している。第 1 及び第 2 の蓄積領域 f d 1, f d 2 の電極 V f d 1, V f d 2 間には、トランジスタからなるスイッチ $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ をそれぞれ介して、キャパシタ C 1 が電氣的に接続されている。

[0035] 第 1 のスイッチ $\Phi 1$ は、キャパシタ C 1 の第 1 端子 (図面の右側端子: 節点 V A) と第 1 の蓄積領域 f d 1 との間に介在し、第 2 のスイッチ $\Phi 2$ は、キャパシタ C 1 の第 2 端子 (図面の左側端子: 節点 V B) と第 2 の蓄積領域 f d 2 との間に介在している。また、キャパシタ C 1 の第 2 端子 (図面左側端子: 節点 V B) と正の基準電位 V_r との間には、トランジスタからなる第 3 のスイッチ $\Phi 1_r$ が介在している。キャパシタ C 1 の第 1 端子 (図面の右側端子: 節点 V A) と基準電位 V_r との間には、第 4 のスイッチ $\Phi 2_r$ が介在している。これらの素子より、1 つの画素 P (m, n) 内に図 2 に示した読出回路 RC が構成されている。ここでいう基準電位とは、電源電位でもよいし、電源電位から作られた電位でもよい。

[0036] なお、説明の明瞭化を目的として、符号 $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 1_r$ 、 $\Phi 2_r$ は、スイッチを示すと共に、各スイッチとグランド間に与えられる電圧も示すものとする。また、符号 V A, V B は、節点を示すと共に、キャパシタ C 1 の両端に位置するこれらの節点とグランド電位との間の電圧も示すものとする。

[0037] 蓄積領域 f d 1, f d 2 には、寄生容量 C f d 1, C f d 2 がグランド電

位との間に介在している。センサ駆動回路DRVからは、各種の信号電圧 $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ 、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ 、TX1、TX2、PGが出力されている。信号電圧 $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ 、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ は、それぞれ、トランジスタからなるスイッチ $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ 、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ の制御端子（電界効果トランジスタにあってはゲート電極、バイポーラトランジスタにあってはベース電極）に印加される。逆相信号である転送電圧TX1、TX2は、MOSトランジスタのゲート電極を構成する転送電極TX1、TX2にそれぞれ与えられる。直流電圧PGは、フォトゲート電極PGに与えられる。転送電圧TX1、TX2がハイレベルの場合、転送電極直下にはフォトゲート電極PG直下の光検出領域4よりもポテンシャルが低い領域が形成されるので、転送電極直下の領域よりもポテンシャルが低い蓄積領域fd1、fd2には、フォトダイオードPDで発生した電子が転送されて流入する。

[0038] 蓄積領域fd1、fd2内に、電荷が蓄積されると、この電荷は、キャパシタC1に転送される。蓄積領域fd1、fd2には、背景光由来の電荷も蓄積されているが、背景光由来の電荷量は、双方の蓄積領域fd1、fd2内において同一であると見做せるので、これをキャパシタC1の両端子にそれぞれ転送した場合には、これらの電荷は相殺される。したがって、信号成分の電荷量を求めるためには、単一のキャパシタC1に、蓄積領域fd1、fd2で蓄積された電荷を転送すればよい。

[0039] キャパシタC1の両端子の電圧VA、VBは、増幅回路AMPに入力され、増幅回路AMPの出力は制御回路12に入力される。増幅回路AMP又は制御回路12では、入力された電圧VA、VBの差分VOUT（= $VA - VB = V_{fd1} - V_{fd2}$ ）を演算する。この差分は、出射タイミングから遅れて戻ってくること、振り分け比率が変更した蓄積電荷量の比率、すなわち、対象物までの距離に比例する。

[0040] 次に、回路動作について説明する。

[0041] 図4～図11は、実施の形態に係る距離画像センサの動作説明図であり、動作説明に必要な箇所のみを模式的に示してある。

[0042] 図4は、リセット後に全てのスイッチが $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ 、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ がOFFしている状態を示しており、画素内には如何なる電荷も存在していない。

[0043] 図5は、フォトゲート電極PGの直下に光が入射し、キャリアとしての電子が発生した場合に、スイッチ $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ をONし、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ をOFFした状態を示している。図中の黒丸は右側の蓄積領域fd1に流れ込む電子を示し、図中の白丸は左側の蓄積領域fd2に流れ込む電子を示している。同図では、出射タイミングよりも戻り光のタイミングが遅延したため、右側には12個の電荷が、左側には6個の電荷が流れ込んだとする。なお、これらの電荷量は、背景光由来の成分も含んでいる。右側の蓄積領域fd1に流入した電荷は、スイッチ $\Phi 1$ を介して、キャパシタC1の一方の端子にも流れ込み、電荷が分割されることになる。この状態で、図6に示すように、全てのスイッチ $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ 、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ をOFFし、キャパシタC1の一方の端子に電荷を残留させる。

[0044] 図7は、その後、スイッチ $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ をOFFし、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ をONした状態を示している。左側の蓄積領域fd2に蓄積されていた電荷は、分割されてキャパシタC1の他方の端子に流れ込み、電荷が分割されることになる。キャパシタC1の右側に蓄積されていた電荷は、逆の端子に蓄積された逆極性の電荷となる。すなわち、図8に示すように、キャパシタC1の右側に蓄積されていた電荷と、左側の蓄積領域fd2に蓄積されていた電荷は相殺して消滅し、右側の蓄積領域fd1に6個の電荷のみが残留する。

[0045] 図9は、その後、光の入射に応じて、右側の蓄積領域fd1に追加で12個の電荷が流れ込み、左側の蓄積領域fd2に6個の電荷が流れ込んだ状態を示している。右側の合計蓄積電荷数は18個になっている。スイッチ $\Phi 2$ は接続されているので、電荷は分割され、3個の電荷がキャパシタC1の左側の端子に流れ込む。図10は、図9の状態からスイッチ $\Phi 2r$ をOFFした状態を示しており、図9の状態が保持されている。図11は、その後、スイッチ $\Phi 1$ 及び $\Phi 2$ をONし、右側の蓄積領域fd1に蓄積された電荷を、

キャパシタ C 1 に転送した状態を示しており、蓄積電荷量が、キャパシタ容量に応じて再配分されている。同図では、左側と右側の電荷量の比率は 2 : 6 になっている。この状態で、キャパシタ C 1 の両端の電圧 V_A , V_B (V_{fd1} , V_{fd2}) をそれぞれ読み出す。各キャパシタ C 1, C_{fd1}, C_{fd2} の容量が等しい (容量 = C) とし、T 秒間の間に、右の蓄積領域 fd 1 に蓄積された電荷量を Q_1 、左の蓄積領域 fd 2 に蓄積された電荷量を Q_2 とすると、 $n \times T$ 秒間後のこれらの電圧は以下の式で与えられる。但し、 $n = 2m$ とし、 m は自然数であるとする。

$$\cdot V_{fd1} = (1 / (3 \times C)) \cdot ((5 / 2) \times Q_1 + 2 \times Q_2)$$

$$\cdot V_{fd2} = (1 / (3 \times C)) \cdot ((1 / 2) \times Q_1 + 4 \times Q_2)$$

$$\cdot V_{OUT} = V_{fd1} - V_{fd2} = n (Q_1 - Q_2) / 3C$$

[0046] 図 12 は、実施の形態に係る距離画像センサの第 1 のタイミングチャートである。

[0047] 今回のリセット開始時刻 t_1 から、次回のリセットの開始時刻 t_9 までの期間を、1 単位の検出期間 (1 Phase) とする。時刻 $t_1 \sim t_2$ の間において、全てのスイッチ Φ_{1r} 、 Φ_{2r} 、 Φ_1 、 Φ_2 が ON され、キャパシタ C 1 及び蓄積領域 fd 1、fd 2 が初期状態にリセットが行われる。

[0048] しかる後、時刻 t_2 以降、時刻 t_5 までの間を、キャパシタへの一転送期間 T とし、逆相の方形波からなる転送電圧 TX_1 、 TX_2 を転送電極 TX_1 、 TX_2 に印加しながら、スイッチ Φ_{1r} 、 Φ_1 を ON (ハイレベル) とし、スイッチ Φ_{2r} 、 Φ_2 を OFF (ローレベル) とすることで、右側の蓄積領域 fd 1 に蓄積された電荷をキャパシタ C 1 の右側の端子に転送する。次に、時刻 t_5 以降、時刻 t_6 までの転送期間 T においても、逆相の方形波からなる転送電圧 TX_1 、 TX_2 を転送電極 TX_1 、 TX_2 に印加しながら、スイッチ Φ_{1r} 、 Φ_1 を OFF (ローレベル) とし、スイッチ Φ_{2r} 、 Φ_2 を ON (ハイレベル) とすることで、左側の蓄積領域 fd 2 に蓄積された電荷をキャパシタ C 1 の他方の端子に転送する。なお、このスイッチの切り替えの際に、重複する電荷成分は相殺される。

[0049] 以下、同様に、時刻 $t_6 \sim t_7$ までの転送期間 T 、時刻 $t_7 \sim t_8$ までの転送期間 T において、キャパシタ C_1 への電荷転送を行った後、時刻 $t_8 \sim t_9$ の期間において、信号の読出しを行い、次の時刻 $t_9 \sim t_{10}$ において再びリセットを行う。信号の読出しにおいては、スイッチ Φ_1 及び Φ_2 を ON しておき、 Φ_{1r} 、 Φ_{2r} を OFF しておく。

[0050] なお、同図には、光源からの出射光の強度信号 LED と、反射光の強度信号 $RLTD$ が示されている。なお、同図では簡略化のため、これらの波形を方形波で示す。出射光に対する反射光の遅延時間が、対象物までの距離に相当する。すなわち、時刻 $t_2 \sim t_3$ までの期間が、光源から対象物までの距離の往復距離を光が進む時間である。もちろん、光源への駆動信号は方形波であり、その立ち上がり及び立ち下がり時刻は、転送電圧 TX_1 の立ち上がり及び立ち下がり時刻に一致している。

[0051] 転送電圧 TX_1 がハイレベルの期間に右側の蓄積領域 f_{d1} 内に転送された電荷量を Q_1 とし、転送電圧 TX_2 がハイレベルの期間に左側の蓄積領域 f_{d2} 内に転送された電荷量を Q_2 とすると、全体の電荷量 ($Q_1 + Q_2$) に対する電荷量 Q_2 の比率分だけ、出射光と反射光の間に遅延時間が生じており、これが対象物までの距離 L の 2 倍に相当する。電荷の積分によって検出精度は向上する。

[0052] なお、全電荷量 $Q_1 + Q_2$ (積分した場合を含む) は、各画素における輝度に比例するため、制御回路によって $V_{f_{d1}} + V_{f_{d2}}$ ($= V_A + V_B$) を求めれば、通常の輝度画像を得ることができる。

[0053] ここで、駆動回路 DRV は、スイッチ (Φ_1 、 Φ_2 、 Φ_{1r} 、 Φ_{2r}) を一周期 (1 Phase) の初めの時刻において全て ON させるリセット期間 (時刻 $t_1 \sim t_2$) を設定しており、一周期 (1 Phase) 内において、第 1 の期間 (時刻 $t_2 \sim t_5$ 、時刻 $t_6 \sim t_7$: T_1 とする) 及び第 2 の期間 (時刻 $t_5 \sim t_6$ 、時刻 $t_7 \sim t_8$: T_2 とする) を交互に設定している。

[0054] そして、第 1 の期間 (T_1) では、スイッチ (Φ_1 、 Φ_{1r}) の双方を ON

Nし、スイッチ（ $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ ）の双方をOFFし、第2の期間（ $T2$ ）では、スイッチ（ $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ ）の双方をOFFし、第2及び第4スイッチ（ $\Phi 2$ 、 $\Phi 2r$ ）の双方をONし、一周期（1Phase）内において、転送電極TX1、TX2に、出射光の変調信号LEDに同期し、互いに逆相の変調信号TX1、TX2を与えている。

[0055] 光の量子性に基づくノイズ（フォトンショットノイズ）は、露光光量の2乗根で増加し、信号成分は比例で増加するので、露光時間を増加させるほど信号成分の割合が増加し、信号雑音比は向上する。したがって、転送電極TX1、TX2によって、第1及び第2の蓄積領域fd1、fd2内に振り分けられた電荷を積分するほど、信号雑音比が改善し、正確な距離画像（輝度画像）を得ることができる。転送電極TX1、TX2に変調信号TX1、TX2を与えることで、蓄積領域fd1、fd2において、一定期間の電荷積分を行い、これと同時に或いは積分後に、蓄積領域fd1で積分された電荷を、第1の期間（ $T1$ ）では、キャパシタC1の右側の端子VAに接続し、蓄積領域fd2で積分された電荷を、第2の期間（ $T2$ ）では、キャパシタC1の左側の端子VBに接続し、キャパシタC1内において、双方の蓄積領域fd1、fd2に含まれる電荷成分、すなわち、背景光成分を相殺している。

[0056] ここで、それぞれの蓄積領域fd1、fd2は単一のキャパシタC1にし、接続されていないため、画素の大きさを小さくして空間分解能を向上させることができ、また、蓄積領域fd1、fd2内に転送された電荷は積分されているため、信号雑音比が向上すると共に、スイッチQ1、Q2のキャパシタC1への電荷転送時のスイッチング回数が減少するため、スイッチング・ノイズも低減し、キャパシタC1内に距離に応じた電荷が蓄積され、かかる電荷量（これに応じた電圧）を検出することで、正確な距離を算出することができる。

[0057] 図13は、実施の形態に係る距離画像センサの第2のタイミングチャートである。このタイミングチャートでは、信号の読出しを、時刻t9と時刻

t 1 0 との間の期間に行っており、その他の構成は、第 1 のタイミングチャートと同一である。すなわち、信号の読出しを、全てのスイッチ $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ 、 $\Phi 1 r$ 、 $\Phi 2 r$ を OFF した状態で、行っている。

[0058] 図 1 4 は、実施の形態に係る距離画像センサの第 3 のタイミングチャートである。

[0059] このタイミングチャートでは、転送電圧 $T X 1$ 、 $T X 2$ の双方を OFF する期間を、時刻 t 8 と時刻 t 9 の間に設定し、この期間に、信号の読出しを行うものであり、その他の構成は、第 1 のタイミングチャートと同一である。

[0060] 図 1 5 は、実施の形態に係る距離画像センサの第 4 のタイミングチャートである。このタイミングチャートは、第 1 のタイミングチャートの変形であり、ダミースイッチング期間を備えている。

[0061] 上述の距離画像センサでは、蓄積領域 $f d 1$ 、 $f d 2$ に積分した電荷のキャパシタ $C 1$ への転送時のスイッチング回数に差がある。この場合、片側の接続回数が多いことによって生じるオフセットを十分に相殺することができない。

[0062] そこで、駆動回路 $D R V$ が、一周期 (1 Phase) 内におけるリセット期間終了時以後の期間 (時刻 t 2 から時刻 t 1 1) の第 1 及び第 2 のスイッチ ($\Phi 1$ 、 $\Phi 2$) のスイッチング回数が等しくなるように、第 1 又は第 2 のスイッチ ($\Phi 1$ 、 $\Phi 2$) を付加的にスイッチングすることとした (本例では、時刻 t 9、時刻 t 1 0 において、スイッチ $\Phi 1$ を OFF, ON している)。この場合、付加的なスイッチング (以下、ダミースイッチング) を行うことで、上記スイッチング回数が等しくなり、オフセットが相殺されるので、更に正確な距離画像を得ることができる。

[0063] 同様に、一周期 (1 Phase) 内におけるリセット期間終了時以後の期間 (時刻 t 2 から時刻 t 1 1) の第 3 及び第 4 のスイッチ ($\Phi 1 r$ 、 $\Phi 2 r$) のスイッチング回数が等しくなるように、第 3 又は第 4 のスイッチ ($\Phi 1 r$ 、 $\Phi 2 r$) を付加的にスイッチングしている (本例では、時刻 t 8、時刻 t 9

において、スイッチ $\Phi 1r$ をON, OFFしている)。この場合、付加的なスイッチング（以下、ダミースイッチング）を行うことで、上記スイッチング回数が等しくなり、オフセットが相殺されるので、更に正確な距離画像を得ることができる。

[0064] 図16は、実施の形態に係る距離画像センサの第5のタイミングチャートである。このタイミングチャートは、第2のタイミングチャートの変形であり、ダミースイッチング期間を備えている。

[0065] 上記と同様に、駆動回路DRVが、一周期（1Phase）内におけるリセット期間終了時以後の期間（時刻 t_2 から時刻 t_{10} ）の第1及び第2のスイッチ（ $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ ）のスイッチング回数が等しくなるように、第1又は第2のスイッチ（ $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ ）を付加的にスイッチングすることとした（本例では、時刻 t_9 、時刻 t_{10} において、スイッチ $\Phi 1$ をOFF, ONしている）。この場合、付加的なスイッチング（以下、ダミースイッチング）を行うことで、上記スイッチング回数が等しくなり、オフセットが相殺されるので、更に正確な距離画像を得ることができる。

[0066] 図17は、実施の形態に係る距離画像センサの第6のタイミングチャートである。このタイミングチャートは、第1のタイミングチャートの変形であり、ダミースイッチング期間を備えている。

[0067] 上記と同様に、駆動回路DRVが、一周期（1Phase）内におけるリセット期間終了時以後の期間（時刻 t_2 から時刻 t_9 ）の第1及び第2のスイッチ（ $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ ）のスイッチング回数が等しくなるように、第1又は第2のスイッチ（ $\Phi 1$ 、 $\Phi 1r$ ）を付加的にスイッチングすることとした（本例では、リセット期間（ $t_1 \sim t_2$ ）の直後の時刻において、スイッチ $\Phi 1$ と $\Phi 1r$ をOFF, ONしている）。この場合、付加的なスイッチング（以下、ダミースイッチング）を行うことで、上記スイッチング回数が等しくなり、オフセットが相殺されるので、更に正確な距離画像を得ることができる。なお、時刻 $t_8 \sim t_9$ は信号の読出し期間、時刻 $t_9 \sim t_{10}$ は次のリセット期間であり、最初に全てのスイッチをリセットしてから蓄積を開始する

。

[0068] 図18は、実施の形態に係る距離画像センサの第7のタイミングチャートであり、時刻 $t_1 \sim t_2$ 、 $t_5 \sim t_6$ 、 $t_9 \sim t_{10}$ 、 $t_{13} \sim t_{14}$ 、 $t_{17} \sim t_{18}$ がリセット期間であり、時刻 $t_4 \sim t_5$ 、 $t_8 \sim t_9$ 、 $t_{12} \sim t_{13}$ 、 $t_{16} \sim t_{17}$ が信号の読出期間である。

[0069] ダミースイッチングを用いない場合、キャパシタC1に転送される電荷のスイッチング回数がキャパシタC1の各端子において異なるが、この発明では、以下の(a)～(d)の4つの位相において、各蓄積領域 f_{d1} 、 f_{d2} に蓄積された電荷（に応じた電圧）の差分をとることで、背景光成分と共にオフセット成分を相殺することができる。これにより、正確な距離を算出することができる。

[0070] すなわち、この距離画像センサにおいては、駆動回路DRVは、以下のよう

[0071] (a) 特定の一周期（時刻 $t_1 \sim t_5$ ）内において、出射光の変調信号LEDと 0° の位相差を有するタイミングで、第1の転送電極に変調信号TX1を与え、第2の転送電極に、第1の転送電極に与えられる変調信号TX1とは逆相の変調信号TX2を与えている。

(b) 別の一周期（時刻 $t_5 \sim t_9$ ）内において、出射光の変調信号LEDと 90° の位相差を有するタイミングで、第1の転送電極に変調信号TX1を与え、第2の転送電極に、第1の転送電極に与えられる変調信号TX1とは逆相の変調信号TX2を与えている。

(c) 更に別の一周期（時刻 $t_9 \sim t_{13}$ ）内において、出射光の変調信号LEDと 180° の位相差を有するタイミングで、第1の転送電極に変調信号TX1を与え、第2の転送電極に、第1の転送電極に与えられる変調信号TX1とは逆相の変調信号TX2を与えている。

(d) 上記とは異なる別の一周期（時刻 $t_{13} \sim t_{17}$ ）内において、出射光の変調信号LEDと 270° の位相差を有するタイミングで、第1の転送電極に変調信号TX1を与え、第2の転送電極に、第1の転送電極に与え

られる変調信号 $TX1$ とは逆相の変調信号 $TX2$ を与えている。

[0072] なお、上記 (a) ~ (d) の一周期における第1の期間 ($T1 : \Phi1$ 、 $\Phi1r$ が ON となる期間) と第2の期間 ($T2 : \Phi2$ 、 $\Phi2r$ が ON となる期間) の順序は同一である。

[0073] このように、4つの位相 (0° 、 90° 、 180° 、 270°) と、各位相における電圧 $Vfd1$ 、 $Vfd2$ (VA 、 VB) を用いることで、オフセットをキャンセルして距離を求めることができる。すなわち、各位相の電圧 $Vfd1$ 、 $Vfd2$ に、同量のオフセットが重畳しているとすると、電圧 $Vfd1$ 同士、 $Vfd2$ 同士の差を取れば、オフセットの影響を低減できる。

[0074] 各位相における電圧 $Vfd1$ 、 $Vfd2$ を、 $Vfd1$ (位相)、 $Vfd2$ (位相) として示すと、オフセットと直流成分を除去するため、以下のような差分値を求める。

$$Vfd(0^\circ) = Vfd1(0^\circ) - Vfd1(180^\circ)$$

$$Vfd(90^\circ) = Vfd1(90^\circ) - Vfd1(270^\circ)$$

$$Vfd(180^\circ) = Vfd2(0^\circ) - Vfd2(180^\circ)$$

$$Vfd(270^\circ) = Vfd2(90^\circ) - Vfd2(270^\circ)$$

[0075] また、 $Vfd1$ と $Vfd2$ のばらつきを除去するため、以下のように、差分値を求める。

$$V1 = |Vfd(0^\circ) - Vfd(180^\circ)|$$

$$V2 = |Vfd(90^\circ) - Vfd(270^\circ)|$$

信号の総量 $Vtotal$ を $V1 + V2$ として、4つの位相を含む期間 ($t1 \sim t17$) に光が進む距離は $V1 / Vtotal$ で与えられる。

[0076] 図19は、実施の形態に係る距離画像センサの第8のタイミングチャートであり、時刻 $t1 \sim t2$ 、 $t5 \sim t6$ 、 $t9 \sim t10$ 、 $t13 \sim t14$ 、 $t17 \sim t18$ がリセット期間であり、時刻 $t4 \sim t5$ 、 $t8 \sim t9$ 、 $t12 \sim t13$ 、 $t16 \sim t17$ が信号の読出期間である。このタイミングチャートでは、 0° と 90° の2つの位相差のみを用いるが、 $\Phi1$ 、 $\Phi2$ の順序が検出期間 ($t1 \sim t18$) の前半と後半で逆転している。

[0077] すなわち、この距離画像センサの駆動回路DRVは、以下のように信号を与えている。

(a) 特定の一周期（時刻 $t_1 \sim t_5$ ）内において、出射光の変調信号LEDと 0° の位相差を有するタイミングで、第1の転送電極に変調信号TX1を与え、第2の転送電極に、第1の転送電極に与えられる変調信号TX1とは逆相の変調信号TX2を与えている。

(b) 別の一周期（時刻 $t_5 \sim t_9$ ）内において、出射光の変調信号LEDと 90° の位相差を有するタイミングで、第1の転送電極に変調信号TX1を与え、第2の転送電極に、第1の転送電極に与えられる変調信号TX1とは逆相の変調信号TX2を与えている。

(c) 更に別の一周期（時刻 $t_9 \sim t_{13}$ ）内において、出射光の変調信号LEDと 0° の位相差を有するタイミングで、第1の転送電極に変調信号TX1を与え、第2の転送電極に、第1の転送電極に与えられる変調信号TX1とは逆相の変調信号TX2を与えている。

(d) 上記とは異なる別の一周期（時刻 $t_{13} \sim t_{17}$ ）内において、出射光の変調信号LEDと 90° の位相差を有するタイミングで、第1の転送電極に変調信号TX1を与え、第2の転送電極に、第1の転送電極に与えられる変調信号TX1とは逆相の変調信号TX2を与えている。

[0078] そして、本例では、上記(a)及び(b)の一周期内における第1の期間($T_1 : \Phi_1$ 、 Φ_{1r} がONの期間)と第2の期間($T_2 : \Phi_2$ 、 Φ_2 がONの期間)の順序は同一であり、上記(c)及び(d)の一周期内における第1の期間 T_1 と第2の期間 T_2 の順序は、上記(a)及び(b)の場合とは逆である。

[0079] この発明では、上記(a)、(b)の2つの位相と、これとはキャパシタC1への電荷転送の順番が異なる(c)、(d)の場合の位相において、各蓄積領域に蓄積された電荷(に応じた電圧)の差分をとることで、背景光成分と共にオフセット成分を相殺することができる。これにより、正確な距離を算出することができる。

[0080] 上述のように、各画素において正確な距離を算出することができるので、本発明の距離画像センサでは、正確な距離画像を得ることができる。

[0081] 各位相における電圧 V_{fd1} 、 V_{fd2} を、 V_{fd1} （位相）、 V_{fd2} （位相）として示すと、これらのばらつきと直流成分を除去するため、以下のような差分値を求める。なお、 V_{fd1} 、 V_{fd2} は前半の期間（a）、（b）における電圧を示し、 V_{fd1}' 、 V_{fd2}' は後半の期間（c）、（d）におけるこれらの電圧を示すものとする。

$$V_{fd}(0^\circ) = V_{fd1}(0^\circ) - V_{fd2}(0^\circ)$$

$$V_{fd}(90^\circ) = V_{fd1}(90^\circ) - V_{fd2}(90^\circ)$$

$$V_{fd}'(0^\circ) = V_{fd1}'(0^\circ) - V_{fd2}'(0^\circ)$$

$$V_{fd}'(90^\circ) = V_{fd1}'(90^\circ) - V_{fd2}'(90^\circ)$$

[0082] 4つの位相を含む期間（ $t_1 \sim t_{17}$ ）に光が進む距離は、以下の距離 L_1 、 L_2 の平均（ $= (L_1 + L_2) / 2$ ）で与えられる。

$$L_1 = V_{fd}(0^\circ) / (V_{fd}(0^\circ) + V_{fd}(90^\circ))$$

$$L_2 = V_{fd}'(0^\circ) / (V_{fd}'(0^\circ) + V_{fd}'(90^\circ))$$

符号の説明

[0083] 1・・・距離画像センサ、IMR・・・撮像領域、PD・・・受光領域、 f_{d1} 、 f_{d2} ・・・蓄積領域、TX1、TX2・・・転送電極、C1・・・キャパシタ、 Φ_1 ・・・第1のスイッチ、 Φ_2 ・・・第2のスイッチ、 Φ_{1r} ・・・第3のスイッチと、 Φ_{2r} ・・・第4のスイッチ、DRV・・・駆動回路。

請求の範囲

[請求項1]

対象物への出射光の反射光を受光する撮像領域と、前記撮像領域を駆動する駆動回路と、を備えた距離画像センサであって、

前記撮像領域は、

半導体基板上に一次元又は二次元状に配置された複数の画素を備え

、

個々の画素は、

受光領域と、

前記受光領域に隣接した第1及び第2の蓄積領域と、

前記第1及び第2の蓄積領域への電荷の流入をそれぞれ制御する第1及び第2の転送電極と、

前記第1及び第2の蓄積領域間に電氣的に接続されたキャパシタと

、

前記キャパシタの第1端子と前記第1の蓄積領域との間に介在する第1のスイッチと、

前記キャパシタの第2端子と前記第2の蓄積領域との間に介在する第2のスイッチと、

前記キャパシタの前記第2端子と基準電位との間に介在する第3のスイッチと、

前記キャパシタの前記第1端子と前記基準電位との間に介在する第4のスイッチと、を備え、

前記駆動回路は、

前記第1、第2、第3及び第4のスイッチを一周期の初めの時刻において全てONさせるリセット期間を設定し、一周期において、第1の期間及び第2の期間を交互に設定し、

前記第1の期間では、前記第1及び第3のスイッチの双方をONし、第2及び第4スイッチの双方をOFFし、

前記第2の期間では、前記第1及び第3のスイッチの双方をOFF

し、第2及び第4スイッチの双方をONし、

前記一周期において、前記第1及び第2の転送電極に、前記出射光の変調信号に同期し、互いに逆相の変調信号を与える、ことを特徴とする距離画像センサ。

[請求項2] 前記駆動回路は、前記一周期における前記リセット期間終了時以後の第1及び第2のスイッチのスイッチング回数が等しくなるように、第1又は第2のスイッチを付加的にスイッチングすることを特徴とする請求項1に記載の距離画像センサ。

[請求項3] 前記駆動回路は、

(a) 特定の一周期において、前記出射光の変調信号と 0° の位相差を有するタイミングで、前記第1の転送電極に変調信号を与え、前記第2の転送電極に、前記第1の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、

(b) 別の一周期において、前記出射光の変調信号と 90° の位相差を有するタイミングで、前記第1の転送電極に変調信号を与え、前記第2の転送電極に、前記第1の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、

(c) 更に別の一周期において、前記出射光の変調信号と 180° の位相差を有するタイミングで、前記第1の転送電極に変調信号を与え、前記第2の転送電極に、前記第1の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、

(d) 上記とは異なる別の一周期において、前記出射光の変調信号と 270° の位相差を有するタイミングで、前記第1の転送電極に変調信号を与え、前記第2の転送電極に、前記第1の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、

前記(a)～(d)の一周期における前記第1の期間と前記第2の期間の順序は同一である、ことを特徴とする請求項1に記載の距離画像センサ。

[請求項4]

前記駆動回路は、

(a) 特定の一周期内において、前記出射光の変調信号と 0° の位相差を有するタイミングで、前記第1の転送電極に変調信号を与え、前記第2の転送電極に、前記第1の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、

(b) 別の一周期内において、前記出射光の変調信号と 90° の位相差を有するタイミングで、前記第1の転送電極に変調信号を与え、前記第2の転送電極に、前記第1の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、

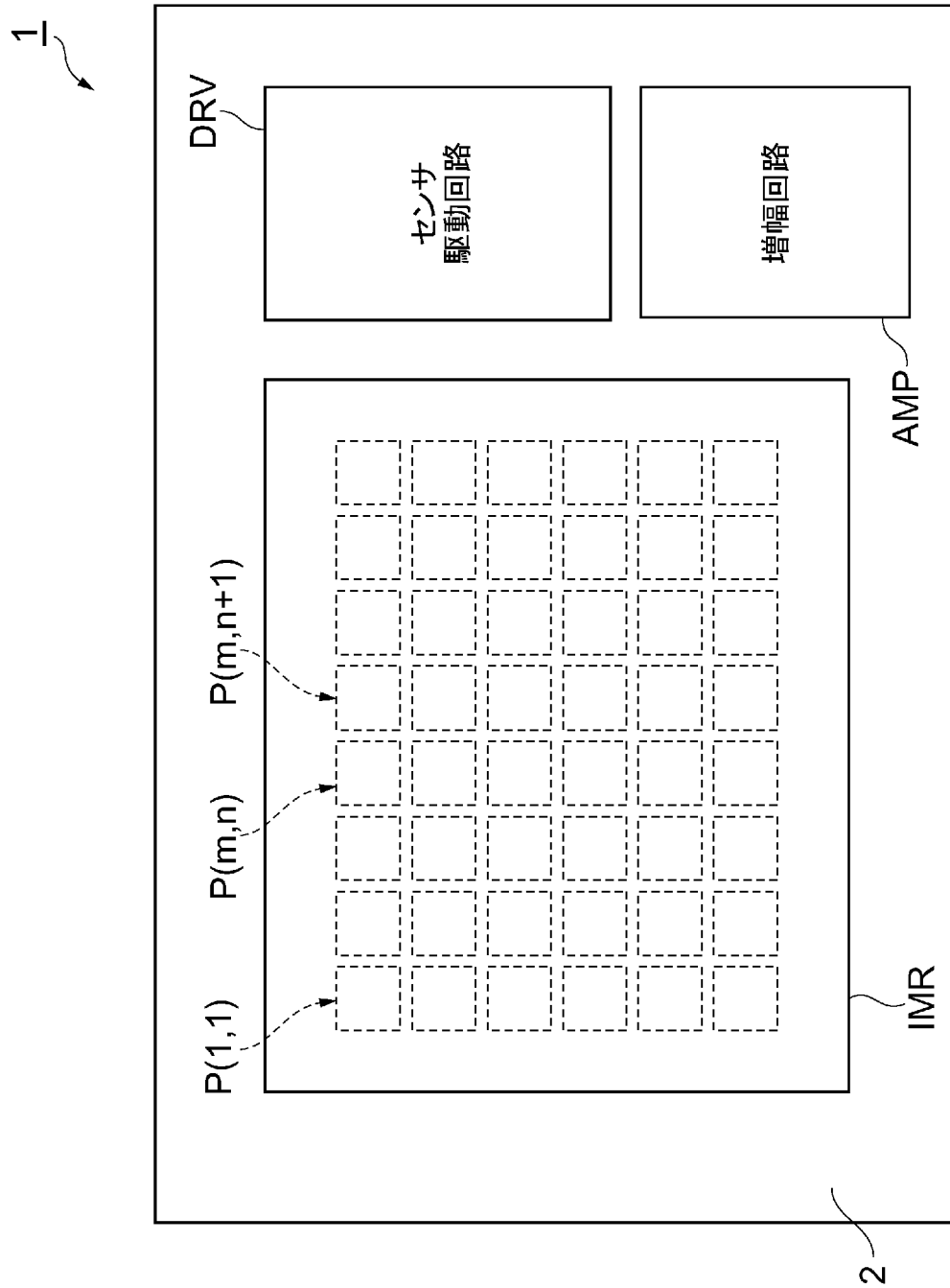
(c) 更に別の一周期内において、前記出射光の変調信号と 0° の位相差を有するタイミングで、前記第1の転送電極に変調信号を与え、前記第2の転送電極に、前記第1の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、

(d) 上記とは異なる別の一周期内において、前記出射光の変調信号と 90° の位相差を有するタイミングで、前記第1の転送電極に変調信号を与え、前記第2の転送電極に、前記第1の転送電極に与えられる変調信号とは逆相の変調信号を与え、

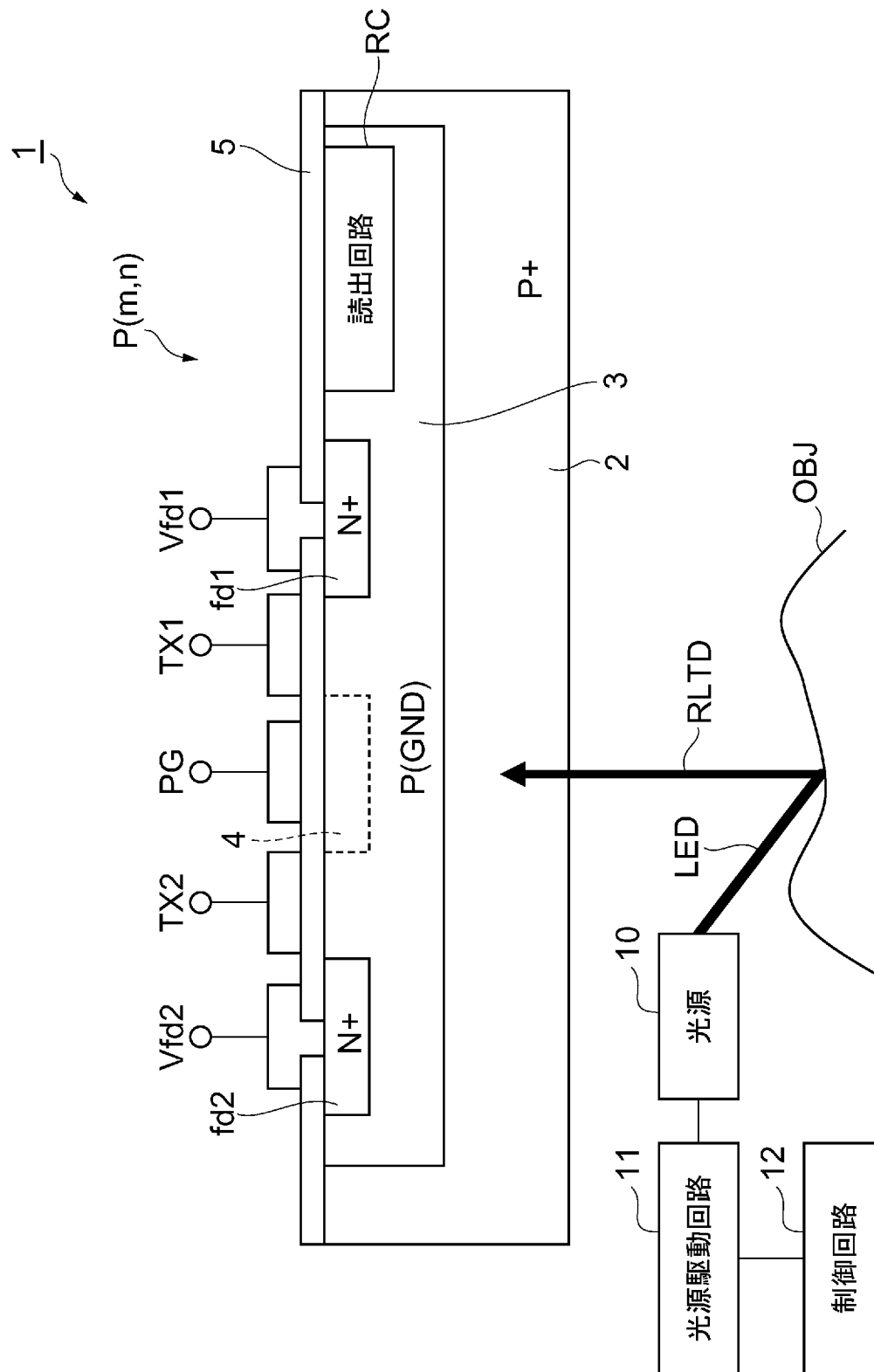
前記(a)及び(b)の一周期内における前記第1の期間と前記第2の期間の順序は同一であり、

前記(c)及び(d)の一周期内における前記第1の期間と前記第2の期間の順序は、前記(a)及び(b)の場合とは逆である、ことを特徴とする請求項1に記載の距離画像センサ。

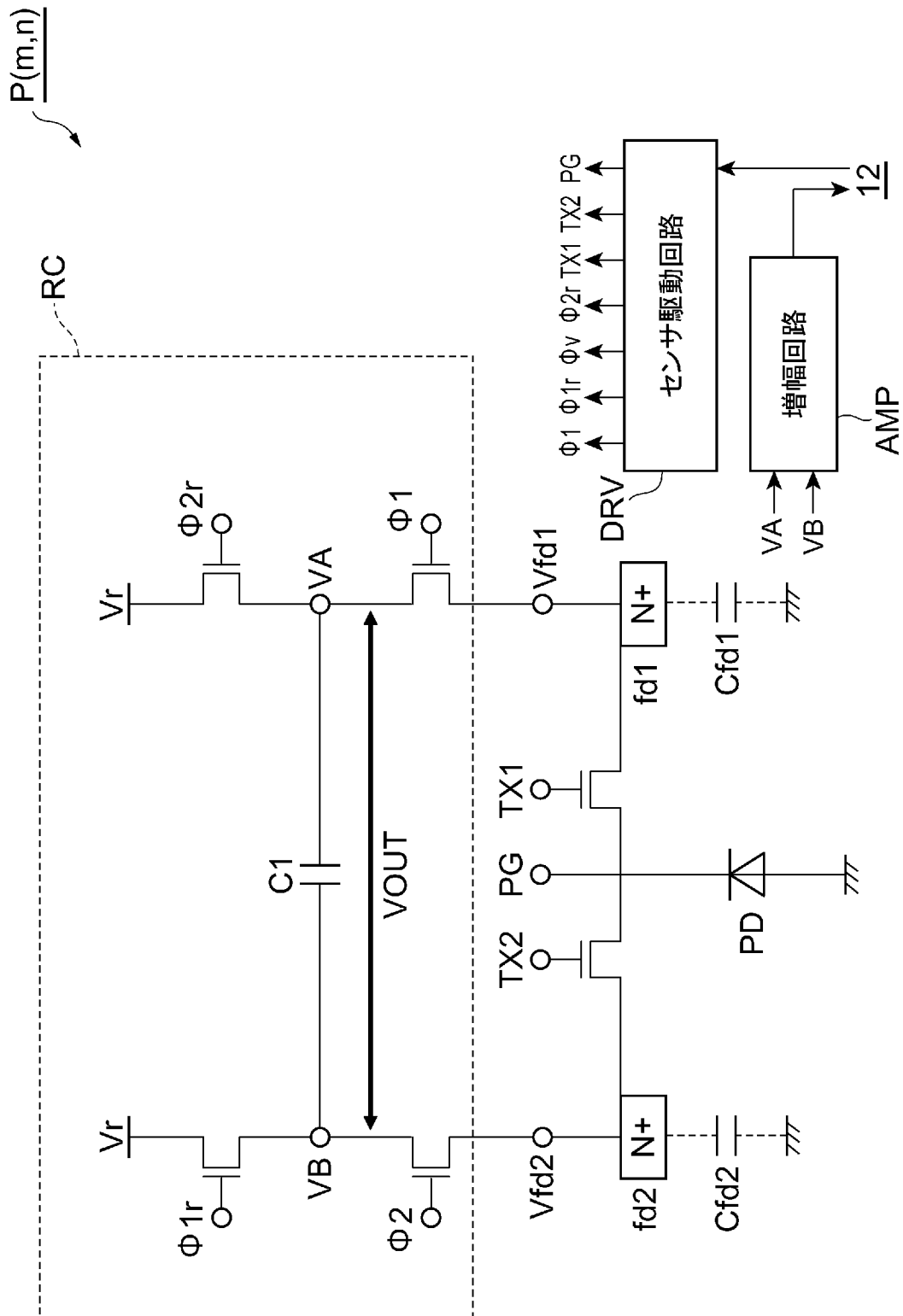
[図1]

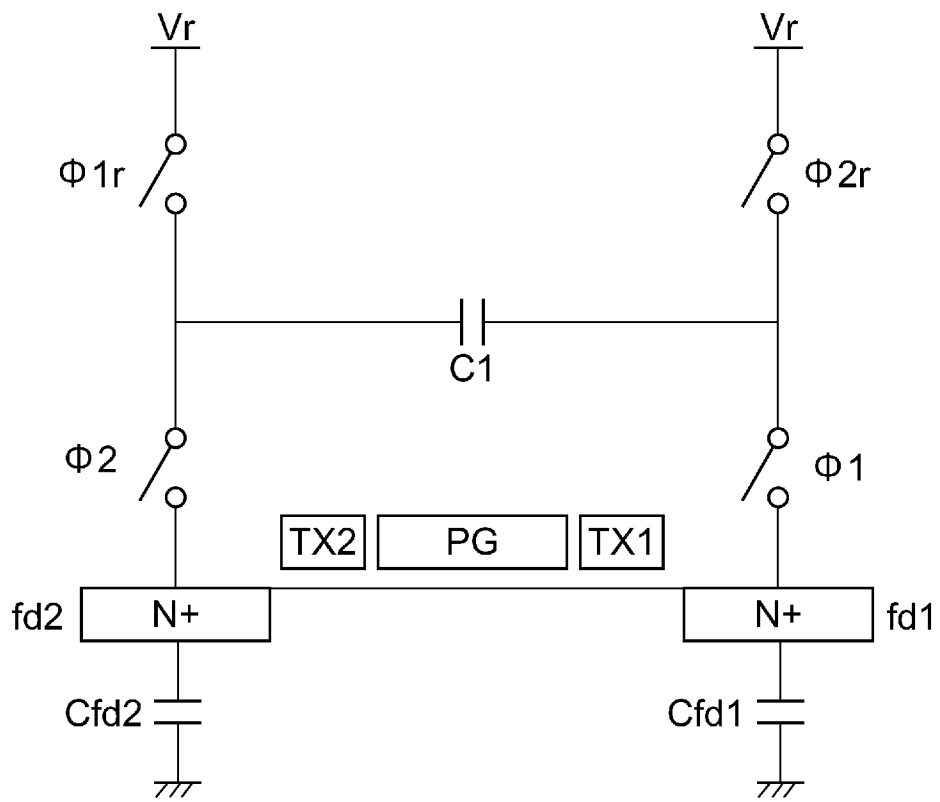


[図2]

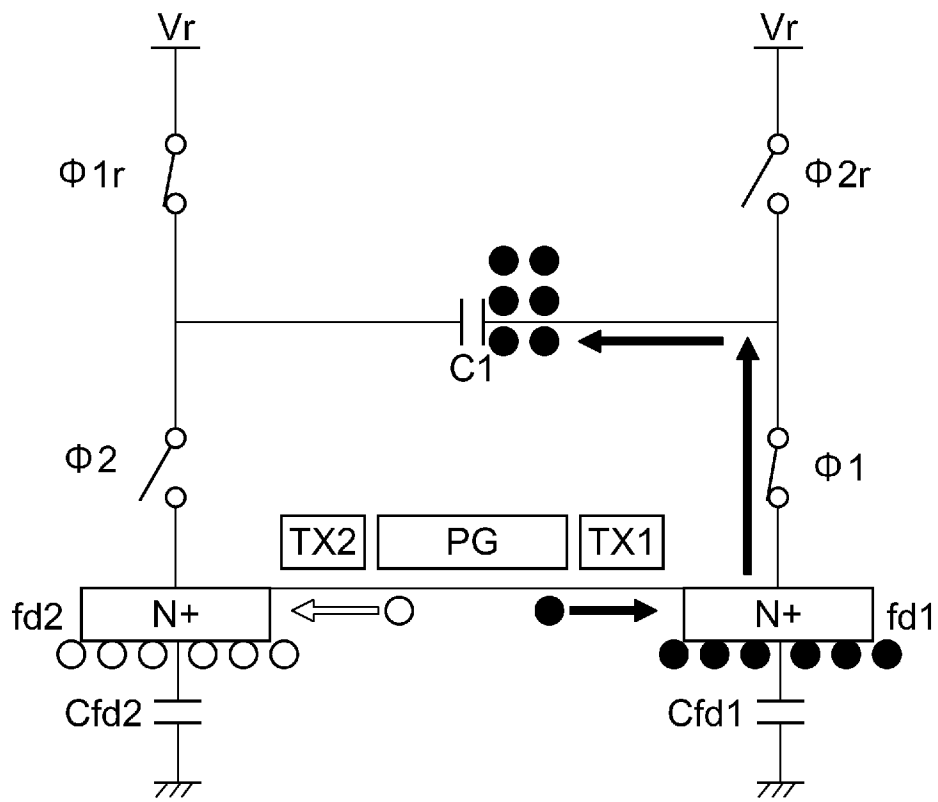


[図3]

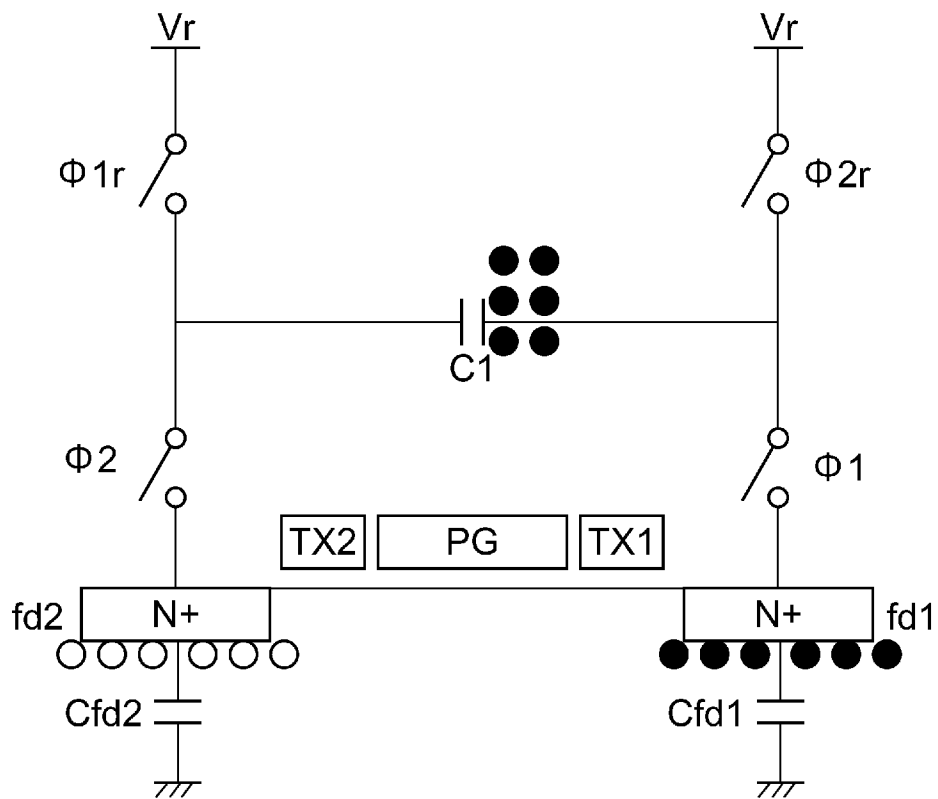




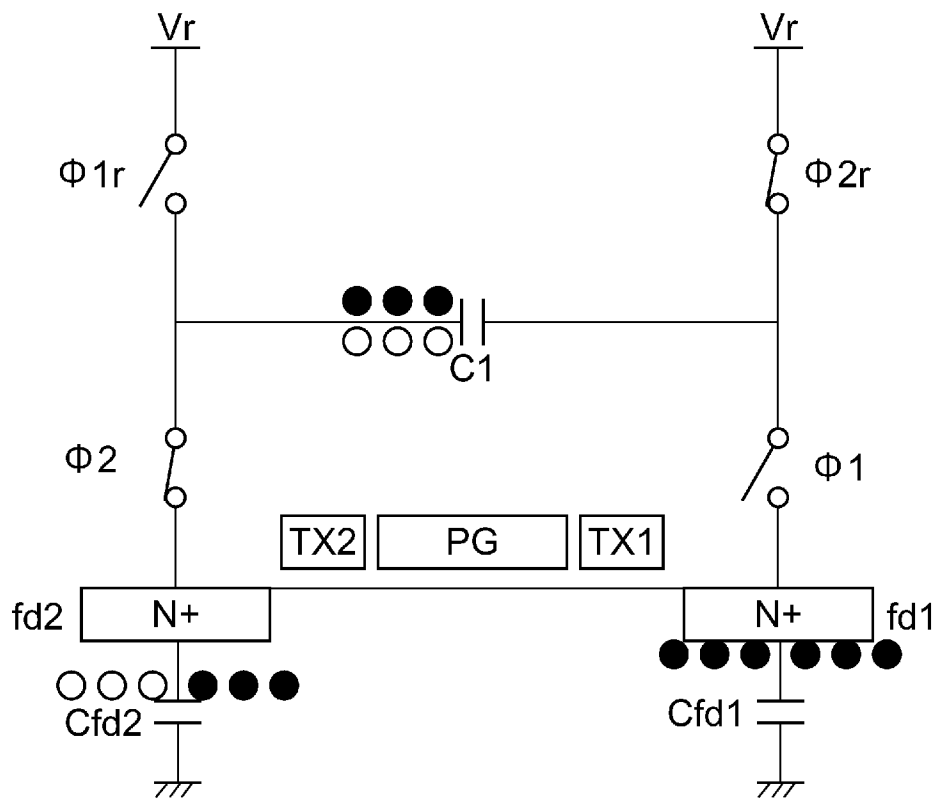
[図5]



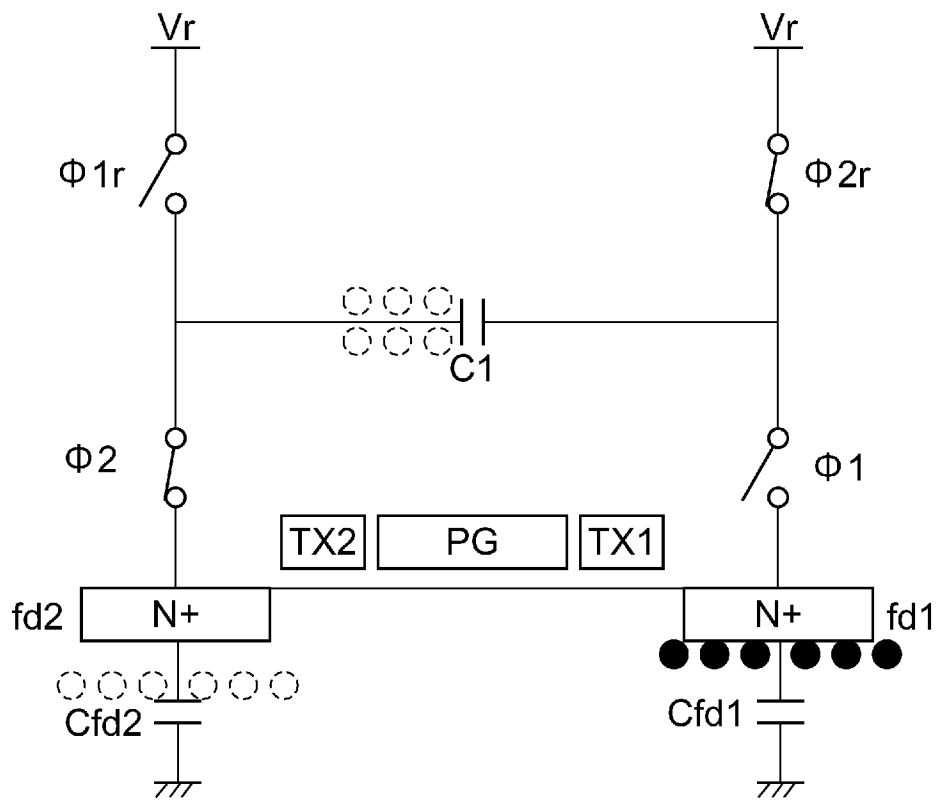
[図6]



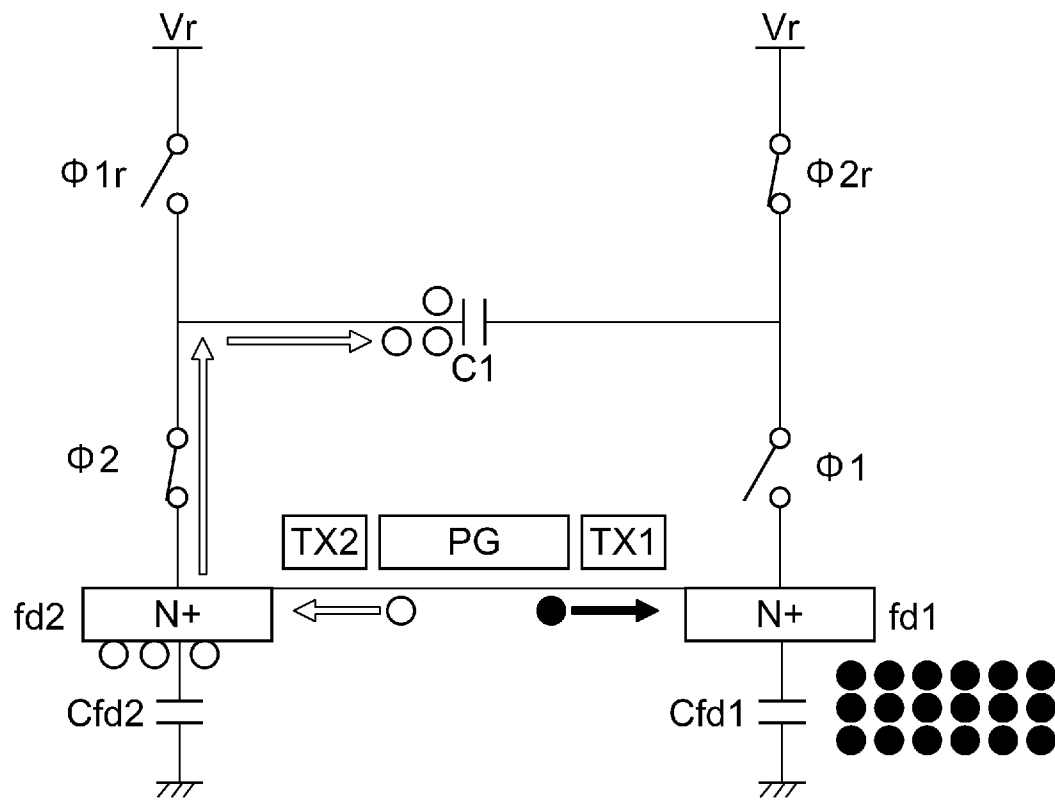
[図7]



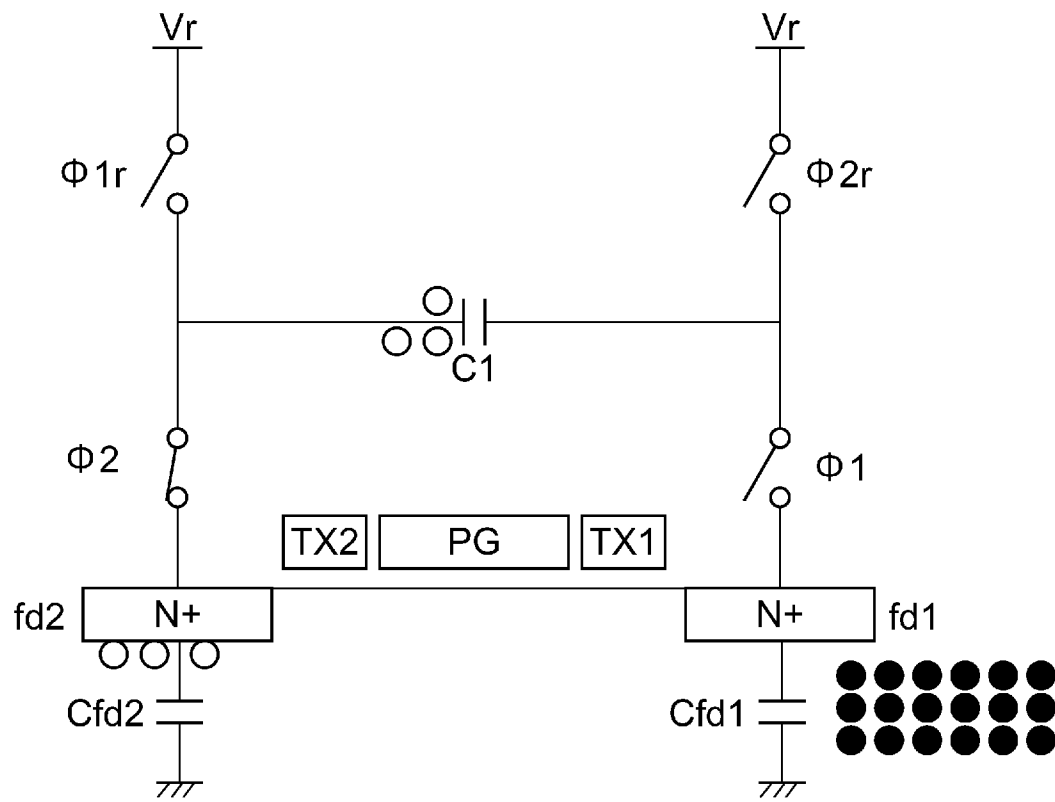
[図8]



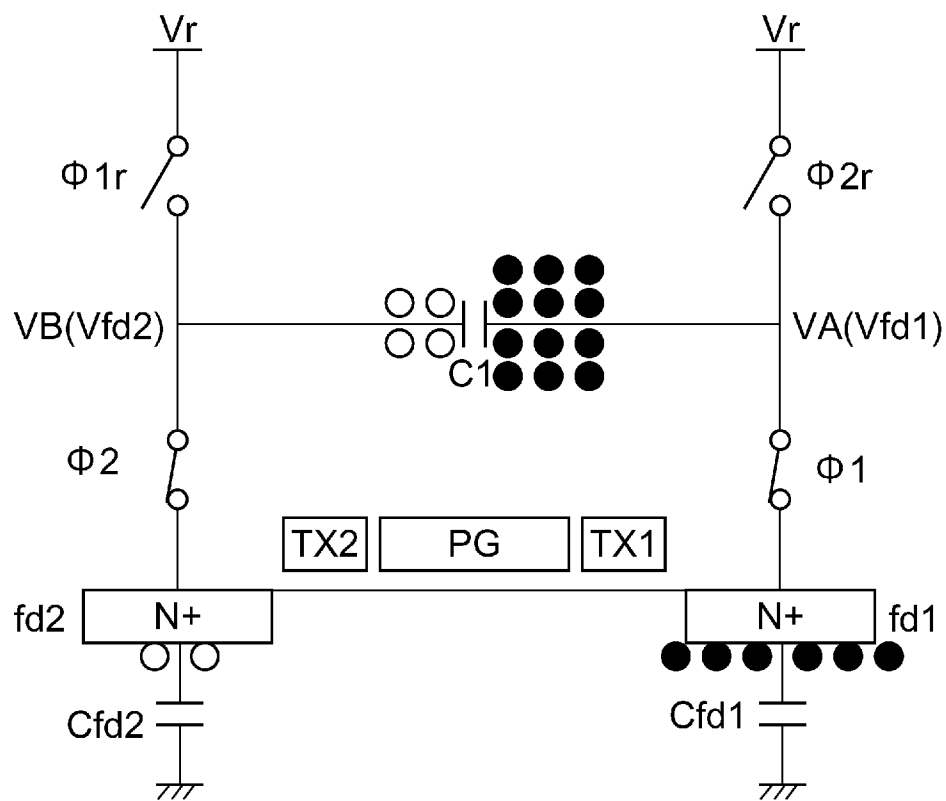
[図9]



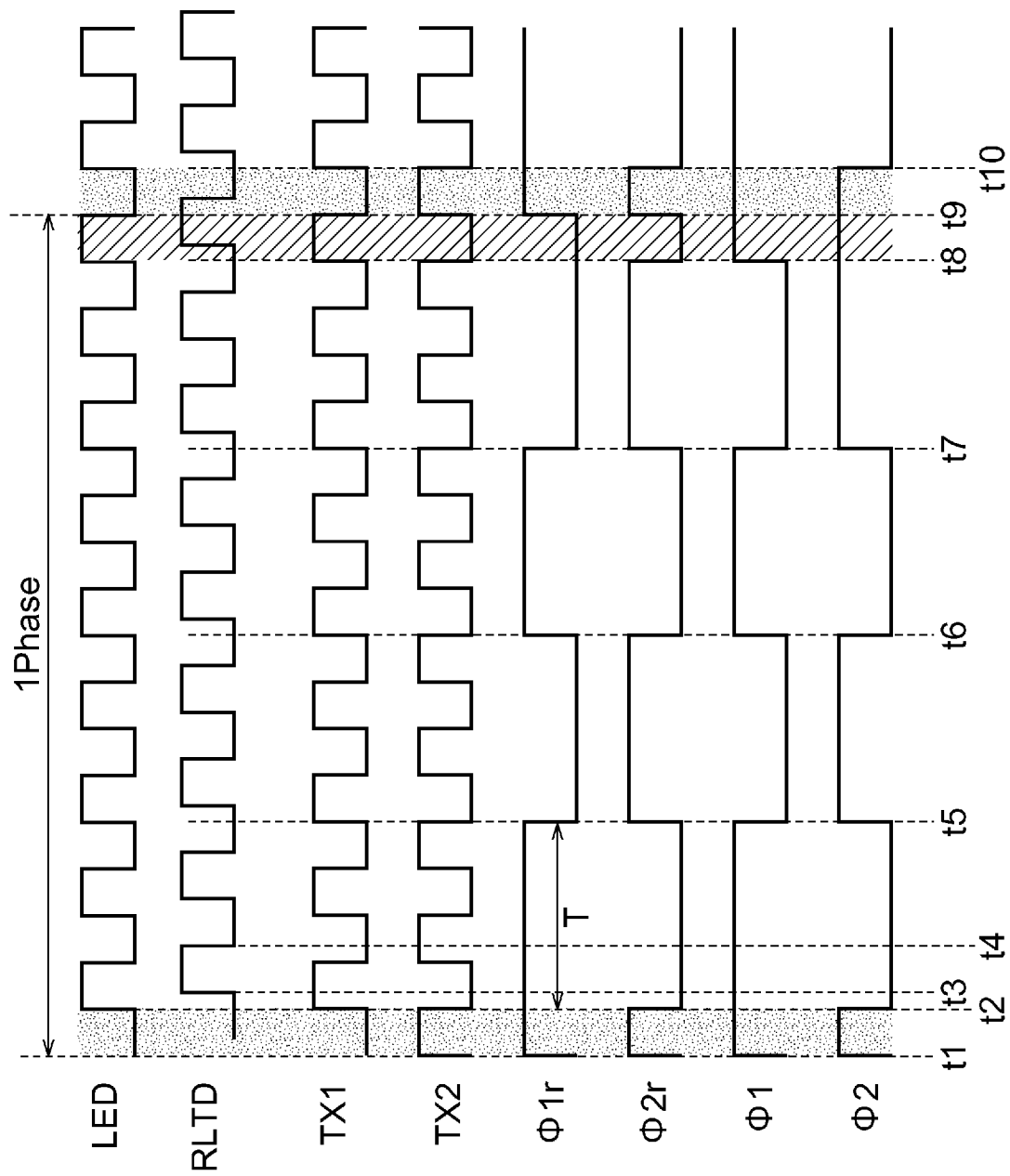
[図10]



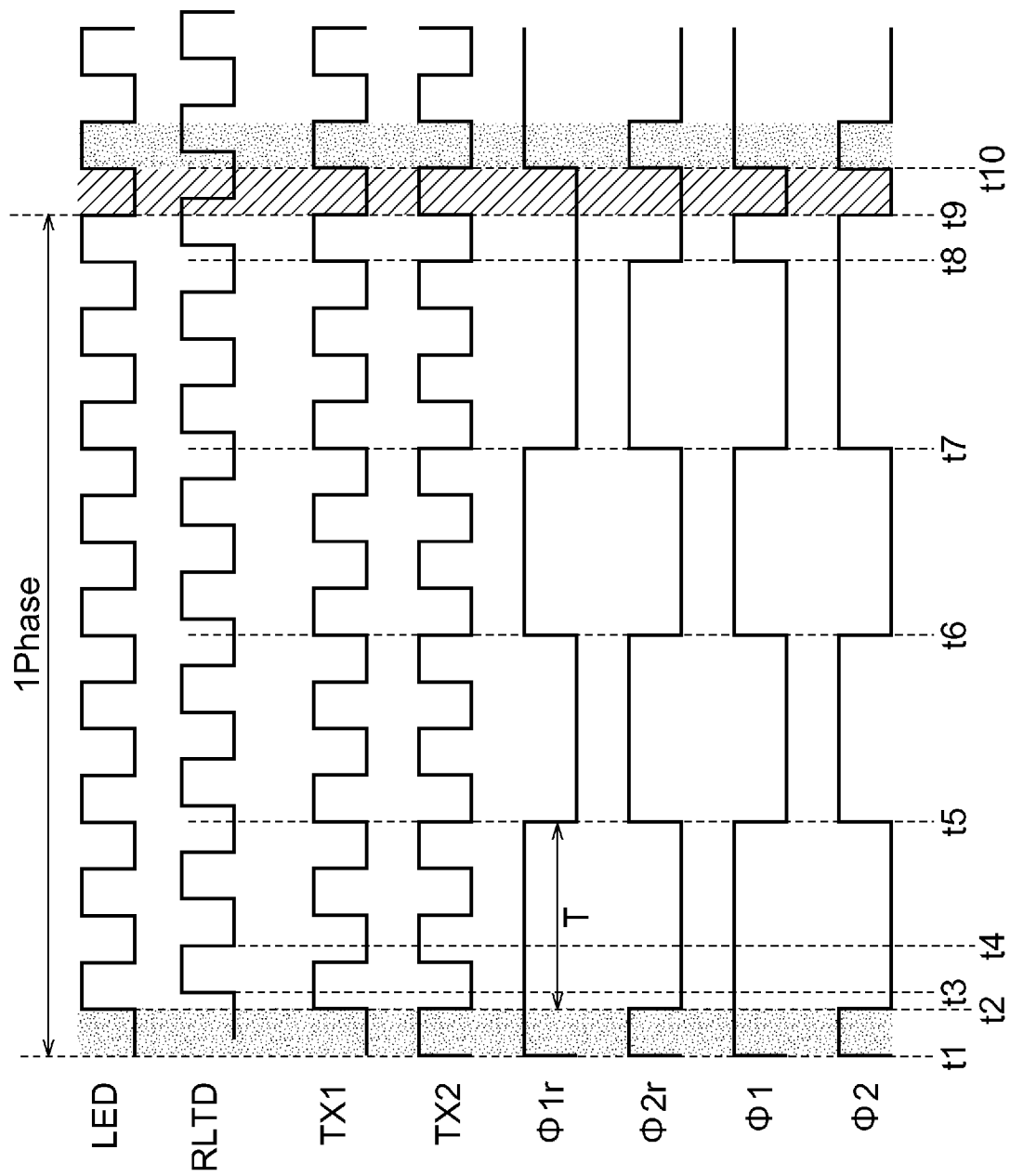
[図11]



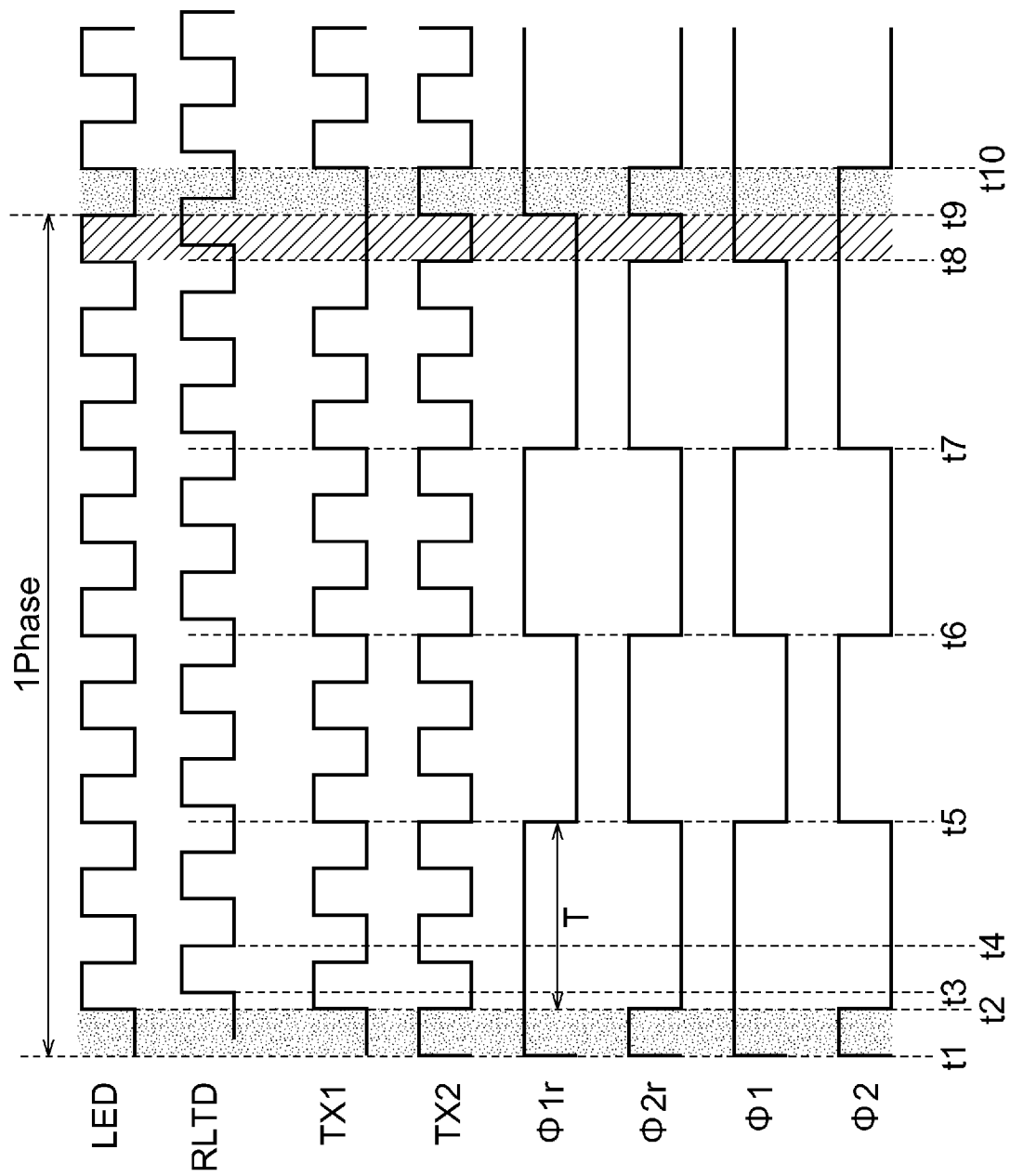
[図12]



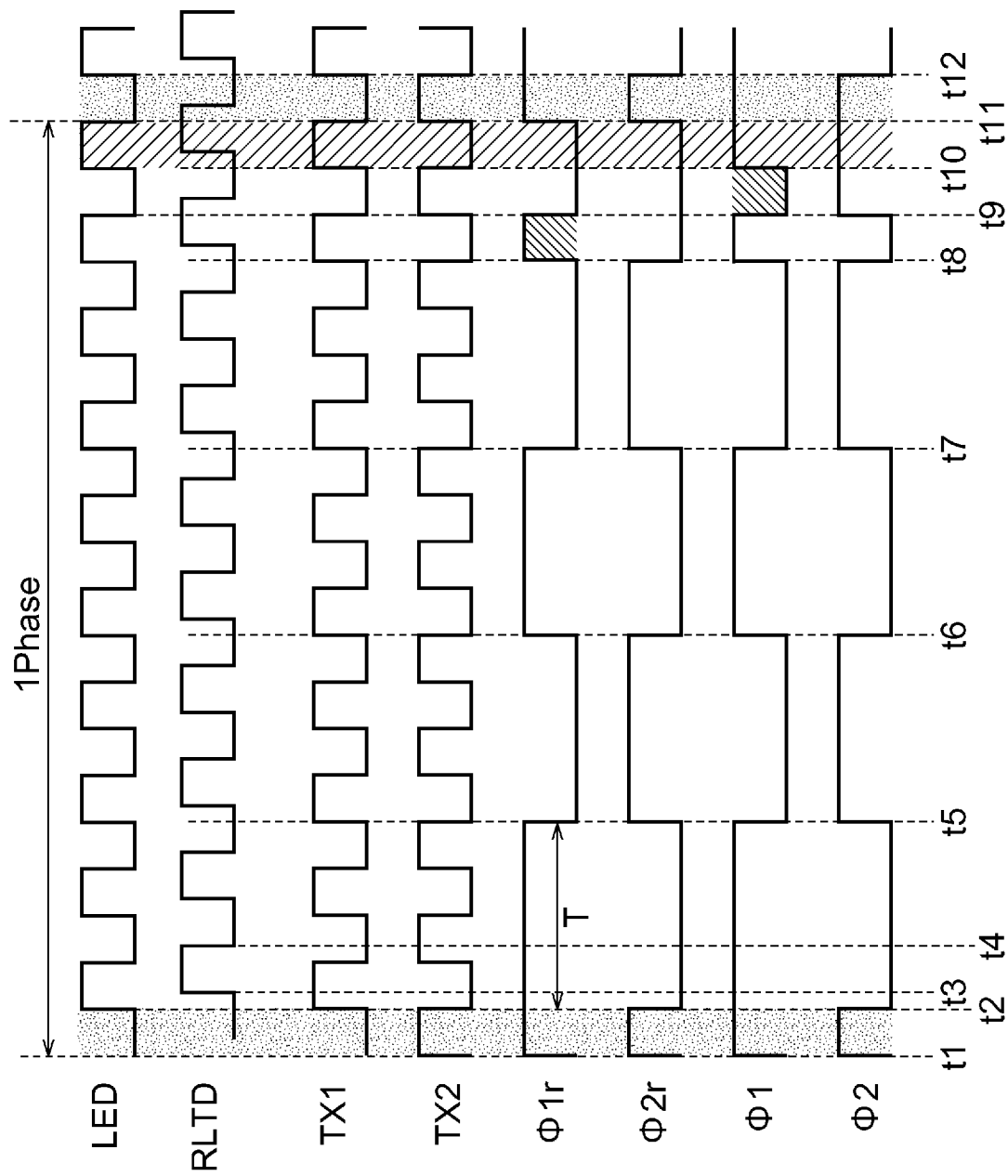
[図13]



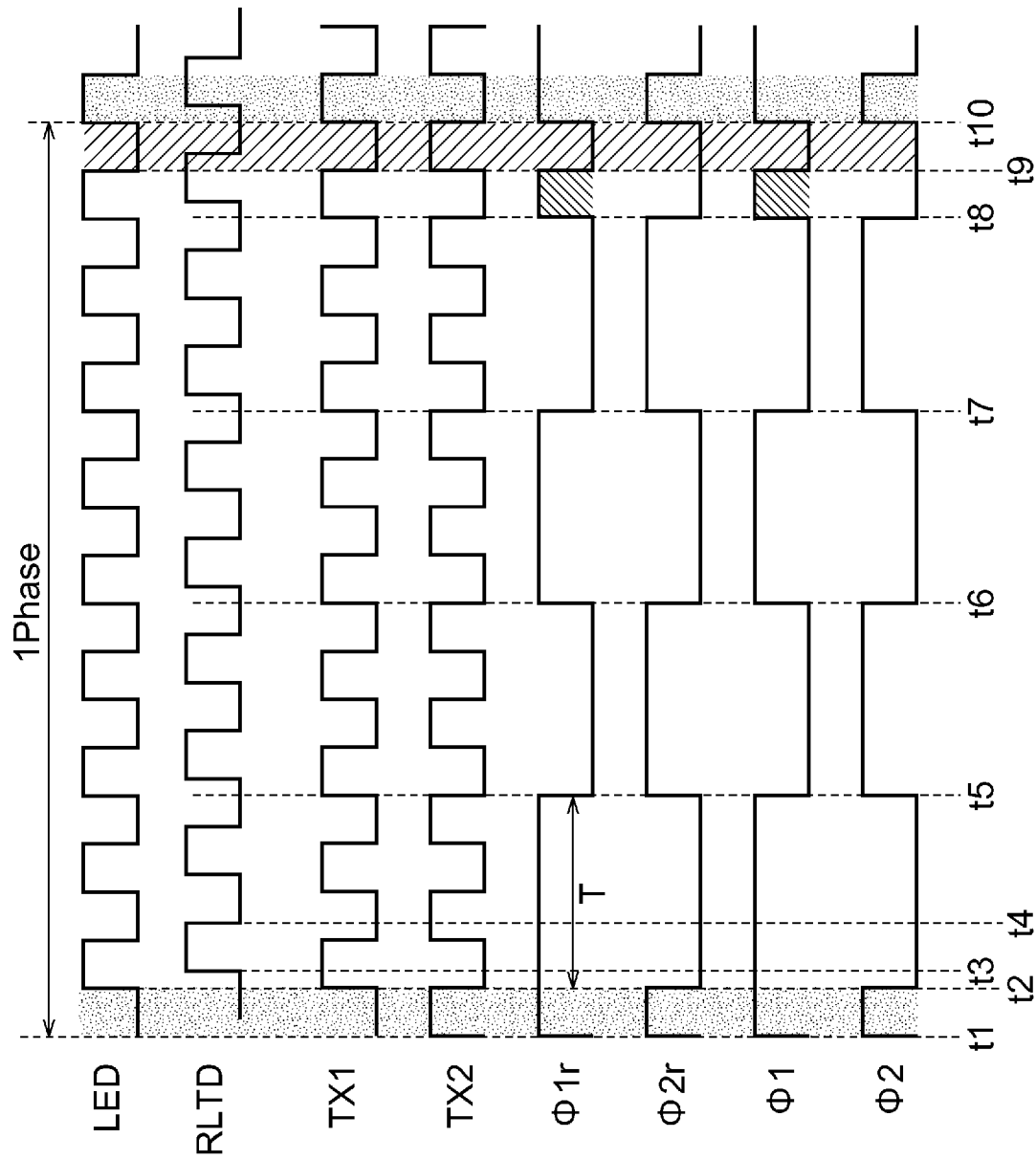
[図14]



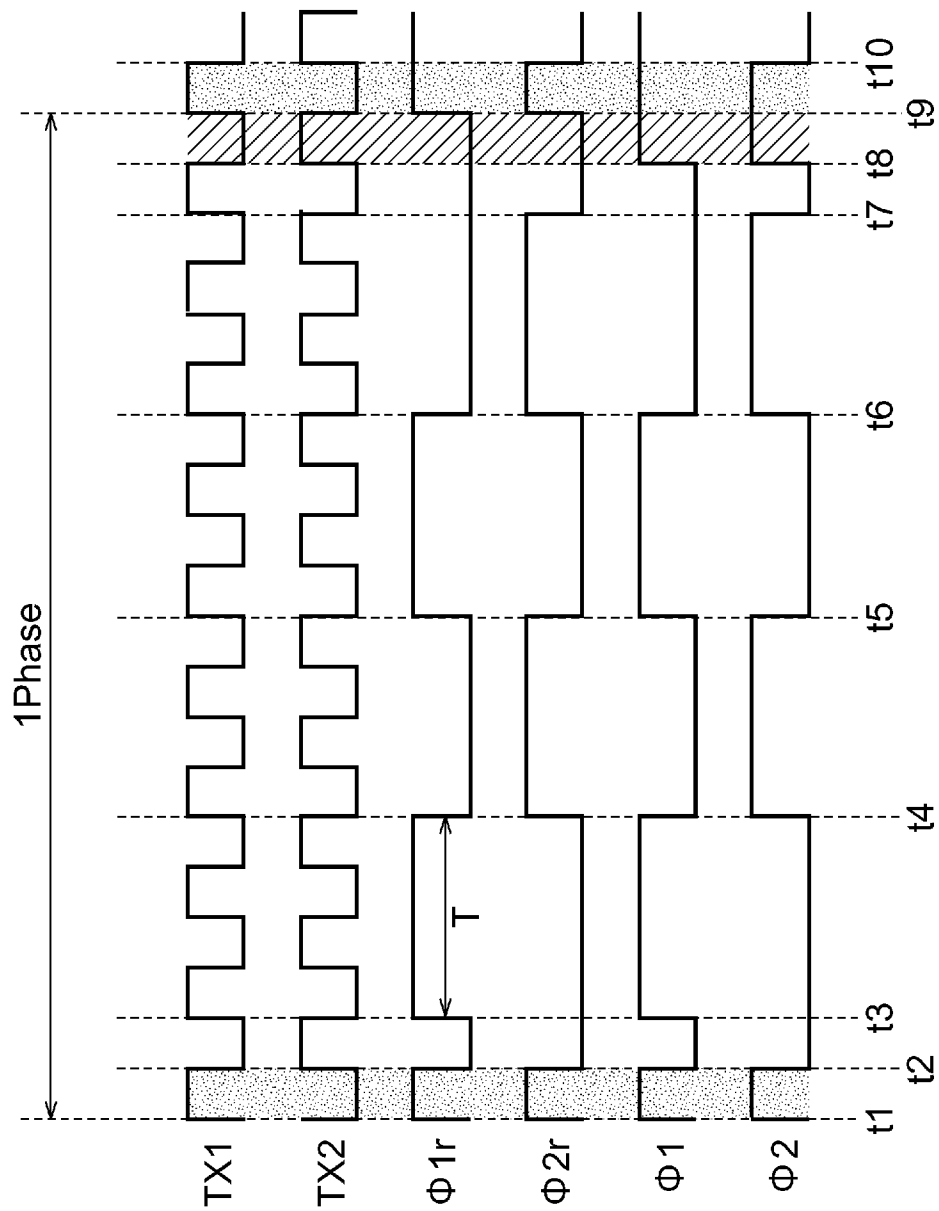
[図15]



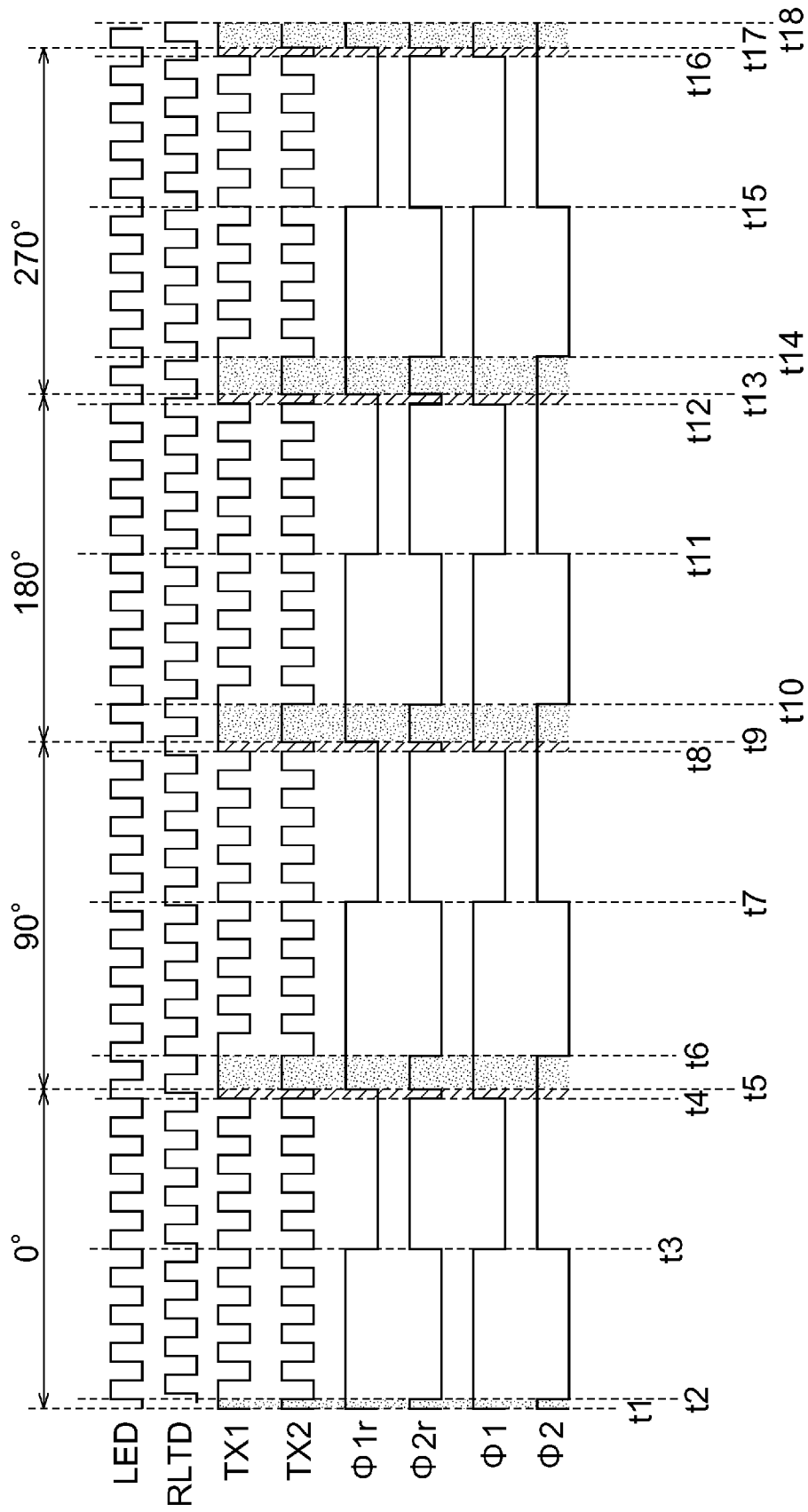
[図16]



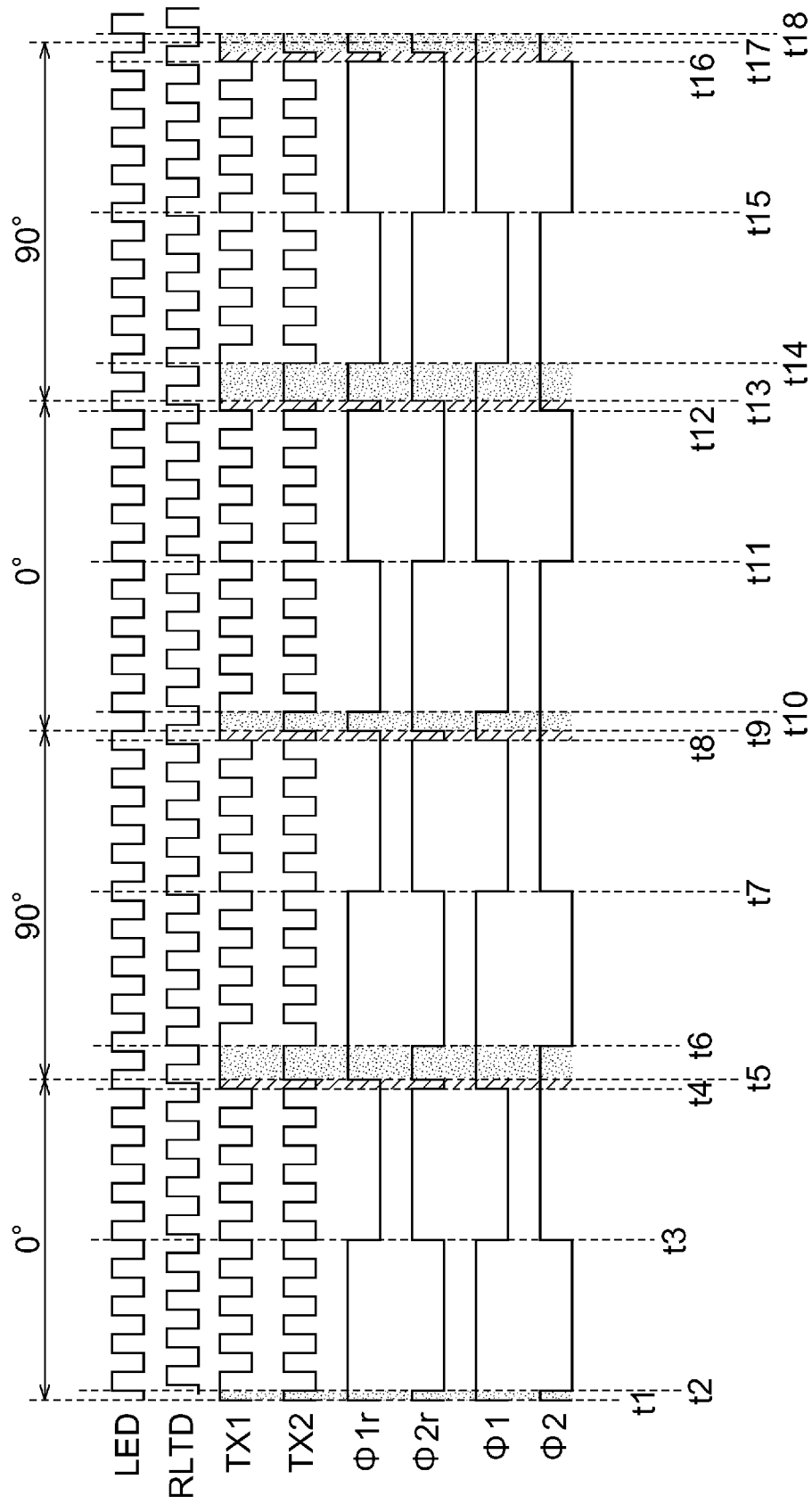
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/054006

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S17/89 (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

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
Y A	JP 2009-47662 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 05 March 2009 (05.03.2009), paragraphs [0036] to [0064], [0109] to [0116]; fig. 5, 6, 16 & US 2010/0231891 A1 & EP 2187237 A1 & WO 2009/025373 A1 & KR 10-2010-0062975 A & CN 101784911 A	1 2-4
Y A	JP 1-301110 A (NTT Technology Transfer Corp.), 05 December 1989 (05.12.1989), page 3, upper left column, line 5 to upper right column, line 7; page 3, lower left column, line 15 to page 4, upper left column, line 5; fig. 1 (Family: none)	1 2-4

☐ 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
04 April, 2011 (04.04.11)

Date of mailing of the international search report
12 April, 2011 (12.04.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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

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

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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
Y A	JP 2009-47662 A (浜松ホトニクス株式会社) 2009.03.05, 段落 0036-0064, 0109-0116, 図 5, 6, 16 & US 2010/0231891 A1 & EP 2187237 A1 & WO 2009/025373 A1 & KR 10-2010-0062975 A & CN 101784911 A	1 2 - 4
Y A	JP 1-301110 A (エヌ・テイ・テイ・技術移転株式会社) 1989.12.05, 第 3 頁左上欄第 5 行-右上欄第 7 行, 第 3 頁左下欄第 15 行-第 4 頁左上欄第 5 行, 第 1 図 (ファミリーなし)	1 2 - 4

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 4 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 4 . 2 0 1 1

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

2 S

3 2 0 6

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