

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-169921

(P2014-169921A)

(43) 公開日 平成26年9月18日(2014.9.18)

(51) Int.Cl.  
G01S 17/32 (2006.01)

F I  
G O I S 17/32

テーマコード (参考)  
5 J 0 8 4

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-41786 (P2013-41786)  
(22) 出願日 平成25年3月4日 (2013.3.4)

(71) 出願人 000004260  
株式会社デンソー  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地  
(74) 代理人 110001128  
特許業務法人ゆうあい特許事務所  
(72) 発明者 尾崎 憲幸  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内  
Fターム(参考) 5J084 AA05 AD02 BA04 BA20 BA36  
CA07 CA18 EA07

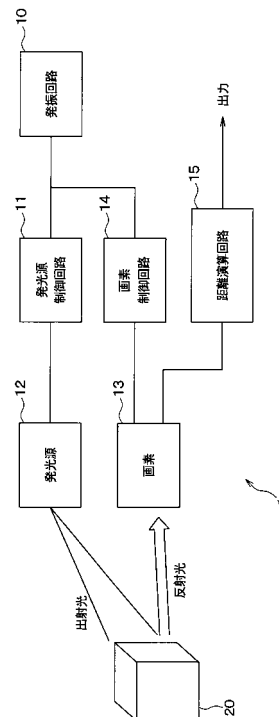
(54) 【発明の名称】 距離センサ

(57) 【要約】

【課題】 距離センサ1において、回路規模の増加を抑えつつ、測定可能である最大距離を長くすることを可能にする。

【解決手段】 コンデンサC1は、分割期間t1にて受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を蓄積する。コンデンサC2は、分割期間t3にて受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を蓄積する。コンデンサC3は、分割期間t5にて受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を蓄積する。コンデンサC4は、分割期間t7にて受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を蓄積する。距離演算回路15は、コンデンサC1、C2、C3、C4のそれぞれに蓄積される負電荷量に基づいて、距離センサ1と被検出体20との間の距離dを算出する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

発光源（12）から光を出射させる発光期間と前記発光源の光の出射を停止する停止期間とを足した期間を一周期として前記発光期間と前記停止期間とを周期的に交互に繰り返すように前記発光源を制御する発光源制御手段（11）と、

前記発光源の出射光のうち被検出体によって反射される反射光を受光する受光素子（30）と、を備え、

時間軸上で前記一周期をN（5）等分に分割したN個の分割期間が設定されており、

前記N個の分割期間のうち第1の分割期間にて前記受光素子の受光に伴って前記受光素子から移動される負電荷を蓄積する第1のコンデンサ（C1）と、

前記N個の分割期間のうち前記第1の分割期間後の第2の分割期間にて前記受光素子の受光に伴って前記受光素子から移動される負電荷を蓄積する第2のコンデンサ（C2）と

、前記N個の分割期間のうち前記第2の分割期間後の第3の分割期間にて前記受光素子の受光に伴って前記受光素子から移動される負電荷を蓄積する第3のコンデンサ（C3）と

、前記N個の分割期間のうち前記第3の分割期間後の第4の分割期間にて前記受光素子の受光に伴って前記受光素子から移動される負電荷を蓄積する第4のコンデンサ（C4）と

、前記第1、第2、第3、第4のコンデンサのそれぞれに蓄積される負電荷量に基づいて、当該距離センサと前記被検出体との間の距離を算出する距離演算手段（15）と、を備えることを特徴とする距離センサ。

## 【請求項 2】

前記発光期間を3としたときに前記停止期間が5となる比率で前記発光期間および前記停止期間のそれぞれの時間長が設定されており、

前記一周期を8等分に分割した8個の分割期間が設定されており、

前記8個の分割期間のうち、1番目の分割期間を前記第1の分割期間とし、3番目の分割期間を前記第2の分割期間とし、5番目の分割期間を前記第3の分割期間とし、7番目の分割期間を前記第4の分割期間とすることを特徴とする請求項1に記載の距離センサ。

## 【請求項 3】

前記発光期間および前記停止期間が同一期間に設定されており、

前記一周期を8等分に分割した8個の分割期間が設定されており、

前記8個の分割期間のうち、1番目の分割期間を前記第1の分割期間とし、3番目の分割期間を前記第2の分割期間とし、6番目の分割期間を前記第3の分割期間とし、8番目の分割期間を前記第4の分割期間とすることを特徴とする請求項1に記載の距離センサ。

## 【請求項 4】

前記発光期間および前記停止期間が同一期間に設定されており、

前記一周期を6等分に分割した6個の分割期間が設定されており、

前記6個の分割期間のうち、1番目の分割期間を前記第1の分割期間とし、2番目の分割期間を前記第2の分割期間とし、3番目の分割期間を前記第3の分割期間とし、4番目の分割期間を前記第4の分割期間とすることを特徴とする請求項1に記載の距離センサ。

## 【請求項 5】

前記発光期間を2としたときに前記停止期間が3となる比率で前記発光期間および前記停止期間のそれぞれの時間長が設定されており、

前記一周期を5等分に分割した5個の分割期間が設定されており、

前記5個の分割期間のうち、1番目の分割期間を前記第1の分割期間とし、2番目の分割期間を前記第2の分割期間とし、3番目の分割期間を前記第3の分割期間とし、4番目の分割期間を前記第4の分割期間とすることを特徴とする請求項1に記載の距離センサ。

## 【請求項 6】

前記発光期間を3としたときに前記停止期間が2となる比率で前記発光期間および前記

10

20

30

40

50

停止期間のそれぞれの時間長が設定されており、

前記一周期を5等分に分割した5個の分割期間が設定されており、

前記5個の分割期間のうち、1番目の分割期間を前記第1の分割期間とし、2番目の分割期間を前記第2の分割期間とし、3番目の分割期間を前記第3の分割期間とし、4番目の分割期間を前記第4の分割期間とすることを特徴とする請求項1に記載の距離センサ。

【請求項7】

前記受光素子と前記第1のコンデンサとの間に配置されている第1のスイッチ(40a)と、

前記受光素子と前記第2のコンデンサとの間に配置されている第2のスイッチ(40b)と、

前記受光素子と前記第3のコンデンサとの間に配置されている第3のスイッチ(40c)と、

前記受光素子と前記第4のコンデンサとの間に配置されている第4のスイッチ(40d)と、

前記受光素子と電源との間に配置されている第5のスイッチ(35)と、

前記第1の分割期間にて前記第1～第5のスイッチのうち前記第1のスイッチをオンして前記受光素子からの負電荷を前記第1のスイッチを通して前記第1のコンデンサに移動させる第1の制御手段と、

前記第2の分割期間にて前記第1～第5のスイッチのうち前記第2のスイッチをオンして前記受光素子からの負電荷を前記第2のスイッチを通して前記第2のコンデンサに移動させる第2の制御手段と、

前記第3の分割期間にて前記第1～第5のスイッチのうち前記第3のスイッチをオンして前記受光素子からの負電荷を前記第3のスイッチを通して前記第3のコンデンサに移動させる第3の制御手段と、

前記第4の分割期間にて前記第1～第5のスイッチのうち前記第4のスイッチをオンして前記受光素子からの負電荷を前記第4のスイッチを通して前記第4のコンデンサに移動させる第4の制御手段と、

前記一周期のうち前記第1～第4の分割期間以外の他の分割期間にて前記第1～第5のスイッチのうち前記第5のスイッチをオンして前記受光素子からの負電荷を前記第5のスイッチを通して前記電源側に移動させる第5の制御手段と、

を備えることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1つに距離センサ。

【請求項8】

前記距離演算手段は、前記第1、第2、第3、第4のコンデンサで蓄積される負電荷量に基づいて、前記発光源から出射光を出射するタイミングと前記受光素子で反射光を受光するタイミングとの間の位相差( )を求め、この求められる位相差に基づいて当該距離センサと前記被検出体との間の距離を算出することを特徴とする請求項1ないし7のいずれか1つに記載の距離センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検出物体との間の距離を測定する距離センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、距離センサにおいて、一定の周波数でパルス光を出射する発光源と、発光源の出射光のうち被検出物体で反射される反射光を受光する受光素子とを備え、測定回路が、発光源から出射光を出射するタイミングと受光素子で反射光が受光されるタイミングとの間の位相差を求め、この位相差、周波数などによって距離センサおよび被検出物体の間の距離を算出するものである(例えば、特許文献1参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 3 2 4 2 5 号 公 報

【 発 明 の 概 要 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

【 0 0 0 4 】

本発明者は、測定可能な最大距離を長くするために、上記特許文献 1 の距離センサについて検討した。

【 0 0 0 5 】

まず、測定回路において、発光源がパルス光の出射する発光周期を例えば 4 等分に分割して第 1、第 2、第 3、第 4 の分割期間を設定する。第 1 の分割期間にて受光素子の受光に伴って受光素子から移動される負電荷を蓄える第 1 のコンデンサと、第 1 の分割期間の後の第 2 の分割期間にて受光素子の受光に伴って受光素子から移動される負電荷を蓄える第 2 のコンデンサとを設ける。第 2 の分割期間の後の第 3 の分割期間にて受光素子の受光に伴って受光素子から移動される負電荷を蓄える第 3 のコンデンサと、第 3 の分割期間の後の第 4 の分割期間にて受光素子の受光に伴って受光素子から移動される負電荷を蓄える第 4 のコンデンサとを設ける。

【 0 0 0 6 】

さらに、測定回路は、第 1 ~ 第 4 のコンデンサのそれぞれに蓄積される負電荷量  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  を求めるとともに、この求められる負電荷量  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  に基づいて位相差 を算出する。

【 0 0 0 7 】

ここで、距離センサの測定可能である最大距離は、発光源がパルス光の出射する発光周期 (= 1 / 周波数) によって決まる。つまり、位相差 が発光周期よりも短いことが必要であって、位相差 が発光周期よりも長くなると、距離を検出することができなくなる。

【 0 0 0 8 】

例えば、発光周期を長くすれば、第 1、第 2、第 3、第 4 の分割期間がそれぞれ長くなる。このため、第 1 ~ 第 4 のコンデンサに蓄積する負電荷がオーバーフローして、コンデンサ毎に蓄積した負電荷量を正確に検出することができなくなり、位相差 を算出することができない。

【 0 0 0 9 】

また、発光周期を長くして、発光周期を等分割する分割数を増やせば、第 1 ~ 第 4 のコンデンサにおいて負電荷がオーバーフローすることを避けることができるものの、分割数の増加に伴ってコンデンサの個数を増加することが必要になる。このため、測定回路の回路規模が増加する。

【 0 0 1 0 】

本発明は上記点に鑑みて、回路規模の増加を抑えつつ、測定可能である最大距離を長くすることを可能にする距離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 】

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するため、請求項 1 に記載の発明では、発光源 ( 1 2 ) から光を出射させる発光期間と前記発光源の光の出射を停止する停止期間とを足した期間を一周期として前記発光期間と前記停止期間とを周期的に交互に繰り返すように前記発光源を制御する発光源制御手段 ( 1 1 ) と、

前記発光源の出射光のうち被検出体によって反射される反射光を受光する受光素子 ( 3 0 ) と、を備え、

時間軸上で前記一周期を  $N$  ( 5 ) 等分に分割した  $N$  個の分割期間が設定されており、

前記  $N$  個の分割期間のうち第 1 の分割期間にて前記受光素子の受光に伴って前記受光素子から移動される負電荷を蓄積する第 1 のコンデンサ (  $C_1$  ) と、

前記  $N$  個の分割期間のうち前記第 1 の分割期間後の第 2 の分割期間にて前記受光素子の受光に伴って前記受光素子から移動される負電荷を蓄積する第 2 のコンデンサ (  $C_2$  ) と

10

20

30

40

50

、  
前記 N 個の分割期間のうち前記第 2 の分割期間後の第 3 の分割期間にて前記受光素子の受光に伴って前記受光素子から移動される負電荷を蓄積する第 3 のコンデンサ ( C 3 ) と

、  
前記 N 個の分割期間のうち前記第 3 の分割期間後の第 4 の分割期間にて前記受光素子の受光に伴って前記受光素子から移動される負電荷を蓄積する第 4 のコンデンサ ( C 4 ) と

、  
前記第 1、第 2、第 3、第 4 のコンデンサのそれぞれに蓄積される負電荷量に基づいて、当該距離センサと前記被検出体との間の距離を算出する距離演算手段 ( 1 5 ) と、を備えることを特徴とする。

#### 【 0 0 1 2 】

請求項 1 に記載の発明によれば、周期を長くして、かつ一周期を等分割する分割数を増やしても、負電荷を蓄積するために用いるコンデンサの個数を増やす必要がない。このため、回路規模の増加を抑えつつ、分割数を増やすことが可能になる。したがって、周期を長くして、分割数を増やしても、回路規模の増加を抑えつつ、第 1 ~ 第 4 のコンデンサにおいて負電荷がオーバーフローすることを避けることができる。よって、回路規模の増加を抑えつつ、測定可能である最大距離を長くすることを可能にする距離センサを提供することができる。

#### 【 0 0 1 3 】

なお、この欄および特許請求の範囲に記載した各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態における距離センサの回路構成を示す図である。

【 図 2 】 図 1 の画素の回路構成の詳細を示す図である。

【 図 3 】 第 1 実施形態における距離センサの作動を示すタイミングチャートである。

【 図 4 】 第 1 実施形態における角度を求めるためのグラフである。

【 図 5 】 第 1 実施形態における角度と位相差との関係を示すグラフである。

【 図 6 】 第 1 実施形態における角度と位相差との関係を示すグラフである。

【 図 7 】 図 5 の角度 を求めるためのタイミングチャートである。

【 図 8 】 第 1 実施形態の変形例を説明するための図である。

【 図 9 】 本発明の第 2 実施形態における距離センサの作動を示すタイミングチャートである。

【 図 1 0 】 本発明の第 3 実施形態における距離センサの作動を示すタイミングチャートである。

【 図 1 1 】 本発明の第 4 実施形態における距離センサの作動を示すタイミングチャートである。

【 図 1 2 】 本発明の第 5 実施形態における距離センサの作動を示すタイミングチャートである。

#### 【 発明を実施するための形態 】

#### 【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、説明の簡略化を図るべく、図中、同一符号を付してある。

#### 【 0 0 1 6 】

( 第 1 実施形態 )

図 1 に本発明の距離センサ 1 の第 1 実施形態の構成を示す。図 1 の距離センサ 1 は、発振回路 1 0、発光源制御回路 1 1、発光源 1 2、画素 1 3、画素制御回路 1 4、および距離演算回路 1 5 から構成されている。

#### 【 0 0 1 7 】

10

20

30

40

50

発振回路 10 は、一定周波数で発振して振幅を一定の周波数で変化させる発振信号を出力する。発光源制御回路 11 は、発振回路 10 から出力される発振信号に基づいて発光源 12 を制御する。発光源 12 は、被検出体 20 に対して光を出射する発源である。本実施形態の発光源 12 としては、レーザダイオード (LD)、発光ダイオード (LED) が用いられる。

#### 【0018】

画素 13 は、発光源 12 から出射される出射光のうち被検出体 20 によって反射される反射光を受光ダイオード 30 (図 2 参照) で受光し、この受光ダイオード 30 における反射光の受光量に応じた負電荷をコンデンサ C1、C2、C3、C4 で蓄積する。なお、画素 13 の回路構成の詳細は、後述する。

10

#### 【0019】

画素制御回路 14 は、発振回路 10 から出力される発振信号に基づいて画素 13 を制御する。距離演算回路 15 は、画素 13 の出力電圧に基づいて距離センサ 1 と被検出体 20 との間の距離を算出する。

#### 【0020】

次に、本実施形態の画素 13 の回路構成について図 2 を参照して説明する。図 2 は、画素 13 の回路構成の詳細を示す回路図である。

#### 【0021】

画素 13 は、受光ダイオード 30、および蓄電回路 31、32、33、34、を備える。

20

#### 【0022】

受光ダイオード 30 およびリセットトランジスタ 35 は、電源 VB とグランドとの間に直列に接続されている。受光ダイオード 30 は、グランド側に配置されている。リセットトランジスタ 35 は、電源 VB 側に配置されている。リセットトランジスタ 35 は、コンデンサ C1 ~ C4 に蓄積される負電荷量をリセットするために用いられる。

#### 【0023】

蓄電回路 31 は、コンデンサ C1、転送トランジスタ 40a、増幅トランジスタ 41a、および選択トランジスタ 42a から構成されている。

#### 【0024】

コンデンサ C1 および転送トランジスタ 40a は、共通接続端子 50 とグランドとの間に直列接続されている。共通接続端子 50 は、受光ダイオード 30 およびリセットトランジスタ 35 の間の共通接続端子である。コンデンサ C1 はグランド側に配置されている。転送トランジスタ 40a は、共通接続端子 50 側に配置されている。

30

#### 【0025】

増幅トランジスタ 41a および選択トランジスタ 42a は、電源 VB と距離演算回路 15 との間に直列接続されている。増幅トランジスタ 41a は、電源 VB 側に配置されている。選択トランジスタ 42a は距離演算回路 15 側に配置されている。増幅トランジスタ 41a は、コンデンサ C1 および転送トランジスタ 40a の間の共通接続端子 51a の出力電圧に応じて、作動する。選択トランジスタ 42a は、距離演算回路 15 によって制御されて、オン、オフする。

40

#### 【0026】

蓄電回路 32 は、コンデンサ C2、転送トランジスタ 40b、増幅トランジスタ 41b、および選択トランジスタ 42b から構成されている。

#### 【0027】

コンデンサ C2 および転送トランジスタ 40b は、共通接続端子 50 とグランドとの間に直接接続されている。コンデンサ C2 はグランド側に配置されている。転送トランジスタ 40b は、共通接続端子 50 側に配置されている。

#### 【0028】

増幅トランジスタ 41b および選択トランジスタ 42b は、電源 VB と距離演算回路 15 との間に直列に接続されている。増幅トランジスタ 41b は、電源 VB 側に配置されて

50

いる。選択トランジスタ42bは、距離演算回路15側に配置されている。増幅トランジスタ41bは、コンデンサC2および転送トランジスタ40bの間の共通接続端子51bの出力電圧に応じて、作動する。選択トランジスタ42bは、距離演算回路15によって制御されて、オン、オフする。

【0029】

蓄電回路33は、コンデンサC3、転送トランジスタ40c、増幅トランジスタ41c、および選択トランジスタ42cから構成されている。

【0030】

コンデンサC3および転送トランジスタ40cは、共通接続端子50とグランドとの間に直列接続されている。コンデンサC3はグランド側に配置されている。転送トランジスタ40cは、共通接続端子50側に配置されている。

10

【0031】

増幅トランジスタ41cおよび選択トランジスタ42cは、電源VBと距離演算回路15との間に直列に接続されている。増幅トランジスタ41cは、電源VB側に配置されている。選択トランジスタ42cは、距離演算回路15側に配置されている。増幅トランジスタ41cは、コンデンサC3および転送トランジスタ40cの間の共通接続端子51cの出力電圧に応じて、作動する。選択トランジスタ42cは、距離演算回路15によって制御されて、オン、オフする。

【0032】

蓄電回路34は、コンデンサC4、転送トランジスタ40d、増幅トランジスタ41d、および選択トランジスタ42dから構成されている。

20

【0033】

コンデンサC4および転送トランジスタ40dは、共通接続端子50とグランドとの間に直列接続されている。コンデンサC4はグランド側に配置されている。転送トランジスタ40dは、共通接続端子50側に配置されている。

【0034】

増幅トランジスタ41dおよび選択トランジスタ42dは、電源VBと距離演算回路15との間に直列に接続されている。増幅トランジスタ41dは、電源VB側に配置されている。選択トランジスタ42dは、距離演算回路15側に配置されている。増幅トランジスタ41dは、コンデンサC4および転送トランジスタ40dの間の共通接続端子51dの出力電圧に応じて、作動する。選択トランジスタ42dは、距離演算回路15によって制御されて、オン、オフする。

30

【0035】

本実施形態では、リセットトランジスタ35、転送トランジスタ40a、40b、40c、40d、増幅トランジスタ41a、41b、41c、41d、および選択トランジスタ42a、42b、42c、42dは、それぞれnMOSトランジスタから構成されている。

【0036】

なお、転送トランジスタ40aが第1のスイッチに対応し、転送トランジスタ40bが第2のスイッチに対応し、転送トランジスタ40cが第3のスイッチに対応する。転送トランジスタ40dが第4のスイッチに対応する。リセットトランジスタ35が第5のスイッチに対応する。

40

【0037】

次に、本実施形態の距離センサ1の作動について図3を用いて説明する。図3(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)はタイミングチャートである。(a)は発光源12から出射光を出射されるタイミングを示し、(b)は受光ダイオード30に反射光が受光されるタイミングを示す。(c)は転送トランジスタ40a(図中転送TR40a)がオン(ON)するタイミングを示し、(d)は転送トランジスタ40b(図中転送TR40b)がオン(ON)するタイミングを示す。(e)は転送トランジスタ40c(図中転送TR40c)がオン(ON)するタイミングを示し、(f)は転送トランジスタ40

50

d ( 図中転送 T R 4 0 d ) がオン ( O N ) するタイミングを示す。

【 0 0 3 8 】

発光源制御回路 1 1 は、発光源 1 2 を一定周期にて点滅制御する。具体的には、発光源制御回路 1 1 は、発光源 1 2 から光を出射させる発光期間  $t_a$  を一定時間 ( 例えば、75 ns ec ) とし、発光源 1 2 の光の出射を停止する停止期間  $t_b$  を一定時間 ( 例えば、125 ns ec ) とする。そして、発光源制御回路 1 1 は、発光期間  $t_a$  と停止期間  $t_b$  とを足した一定期間 ( 例えば、200 ns ec ) を発光周期  $T (= t_a + t_b)$  として、発光期間  $t_a$  と停止期間  $t_b$  とを周期的に交互に繰り返すように発光源 1 2 を点滅制御する。このような発光源 1 2 の点滅制御は、 $M$  周期 (  $M$  は 2 以上の整数 ) に亘って発光源制御回路 1 1 によって繰り返される。

10

【 0 0 3 9 】

このため、発光期間  $t_a$  毎に発光源 1 2 から出射される出射光のうち被検出体 2 0 で反射される反射光の一部は、画素 1 3 に受光される。図 3 中符号  $t_s$  は、画素 1 3 に反射光が受光される受光期間を示している。

【 0 0 4 0 】

本実施形態では、時間軸上で発光周期  $T$  を 8 (  $= N \cdot 5$  ) 等分に分割した 8 個の分割期間 (  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ 、 $t_5$ 、 $t_6$ 、 $t_7$ 、 $t_8$  ) が設定されている。

【 0 0 4 1 】

まず、画素制御回路 1 4 は、画素 1 3 を制御して、分割期間  $t_1 \sim t_8$  のうち 1 番目の分割期間  $t_1$  にて受光ダイオード 3 0 の受光に伴って受光ダイオード 3 0 から移動される負電荷を蓄電回路 3 1 のコンデンサ  $C_1$  に蓄積させる。

20

【 0 0 4 2 】

具体的には、画素制御回路 1 4 は、分割期間  $t_1$  にて、転送トランジスタ 4 0 a をオンし、かつリセットトランジスタ 3 5、転送トランジスタ 4 0 b、4 0 c、4 0 d、および選択トランジスタ 4 2 a、4 2 b、4 2 c、4 2 d をそれぞれオフする。このため、受光ダイオード 3 0 の受光に伴って受光ダイオード 3 0 から移動される負電荷が転送トランジスタ 4 0 a を通してコンデンサ  $C_1$  に蓄積されることになる。

【 0 0 4 3 】

次に、分割期間  $t_2$  にて、画素制御回路 1 4 は、リセットトランジスタ 3 5 をオンし、転送トランジスタ 4 0 a、4 0 b、4 0 c、4 0 d および選択トランジスタ 4 2 a、4 2 b、4 2 c、4 2 d をそれぞれオフする。したがって、分割期間  $t_2$  にて、コンデンサ  $C_1$  で蓄積される電荷量を維持しつつ、受光ダイオード 3 0 の受光に伴って受光ダイオード 3 0 から移動される負電荷がリセットトランジスタ 3 5 を通して電源  $V_B$  に破棄される。

30

【 0 0 4 4 】

次に、分割期間  $t_3$  にて、画素制御回路 1 4 は、転送トランジスタ 4 0 b をオンし、かつリセットトランジスタ 3 5、転送トランジスタ 4 0 a、4 0 c、4 0 d、および選択トランジスタ 4 2 a、4 2 b、4 2 c、4 2 d をそれぞれオフする。このため、受光ダイオード 3 0 の受光に伴って受光ダイオード 3 0 から移動される負電荷が転送トランジスタ 4 0 b を通してコンデンサ  $C_2$  に蓄積されることになる。

【 0 0 4 5 】

次に、分割期間  $t_4$  にて、画素制御回路 1 4 は、リセットトランジスタ 3 5 をオンし、転送トランジスタ 4 0 a、4 0 b、4 0 c、4 0 d および選択トランジスタ 4 2 a、4 2 b、4 2 c、4 2 d をそれぞれオフする。したがって、分割期間  $t_4$  にて、コンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$  で蓄積される電荷量を維持しつつ、受光ダイオード 3 0 の受光に伴って受光ダイオード 3 0 から移動される負電荷がリセットトランジスタ 3 5 を通して電源  $V_B$  に破棄される。

40

【 0 0 4 6 】

次に、分割期間  $t_5$  にて、画素制御回路 1 4 は、転送トランジスタ 4 0 c をオンし、かつリセットトランジスタ 3 5、転送トランジスタ 4 0 a、4 0 b、4 0 d、および選択トランジスタ 4 2 a、4 2 b、4 2 c、4 2 d をそれぞれオフする。このため、受光ダイオ

50

ード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷が転送トランジスタ40cを通してコンデンサC3に蓄積されることになる。

【0047】

次に、分割期間t6にて、画素制御回路14は、リセットトランジスタ35をオンし、転送トランジスタ40a、40b、40c、40dおよび選択トランジスタ42a、42b、42c、42dをそれぞれオフする。したがって、分割期間t6にて、コンデンサC1、C2、C3で蓄積される電荷量を維持しつつ、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷がリセットトランジスタ35を通して電源VBに破棄される。

【0048】

次に、分割期間t7にて、画素制御回路14は、転送トランジスタ40dをオンし、かつリセットトランジスタ35、転送トランジスタ40a、40b、40c、および選択トランジスタ42a、42b、42c、42dをそれぞれオフする。このため、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷が転送トランジスタ40dを通してコンデンサC4に蓄積されることになる。

【0049】

次に、分割期間t8にて、画素制御回路14は、リセットトランジスタ35をオンし、転送トランジスタ40a、40b、40c、40dおよび選択トランジスタ42a、42b、42c、42dをそれぞれオフする。したがって、分割期間t8にて、コンデンサC1~C4で蓄積される電荷量を維持しつつ、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷がリセットトランジスタ35を通して電源VBに破棄される。

【0050】

このように、画素制御回路14は、コンデンサC1~C4における負電荷の蓄積と負電荷の電源VBへの破棄とを含む作動をM周期に亘って繰り返し実施する。

【0051】

分割期間t1において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC1が一周期毎に蓄積する。分割期間t3において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC2が一周期毎に蓄積する。分割期間t5において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC3が一周期毎に蓄積する。分割期間t7において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC4が一周期毎に蓄積する。分割期間t2、t4、t6、t8において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷は電源VBに周期毎に破棄される。

【0052】

その後、画素制御回路14は、リセットトランジスタ35、転送トランジスタ40a、40b、40c、40d、および選択トランジスタ42b、42c、42dをそれぞれオフして、選択トランジスタ42aをオンする。

【0053】

増幅トランジスタ41aは、共通接続端子51aの出力電圧に応じて電源VBから選択トランジスタ42aを通して距離演算回路15に電流を出力する。

【0054】

共通接続端子51aの出力電圧は、コンデンサC1に蓄積される負電荷量が多くなるほど、低くなる。このため、コンデンサC1に蓄積される負電荷量が多くなるほど、電源VBから増幅トランジスタ41aおよび選択トランジスタ42aを通して距離演算回路15に流れる電流が小さくなる。このことにより、距離演算回路15は、電源VBから増幅トランジスタ41aおよび選択トランジスタ42aを通して流れる電流によって、コンデンサC1に蓄積される負電荷量Q1を検出することができる。

【0055】

10

20

30

40

50

次に、画素制御回路 1 4 は、リセットトランジスタ 3 5、転送トランジスタ 4 0 a、4 0 b、4 0 c、4 0 d、および選択トランジスタ 4 2 a、4 2 c、4 2 d をそれぞれオフして、選択トランジスタ 4 2 b をオンする。増幅トランジスタ 4 1 b は、共通接続端子 5 1 b の出力電圧に応じて電源 V B から選択トランジスタ 4 2 b を通して距離演算回路 1 5 に電流を出力する。

【0056】

共通接続端子 5 1 b の出力電圧は、コンデンサ C 2 に蓄積される負電荷量が多くなるほど、小さくなる。このため、コンデンサ C 2 に蓄積される負電荷量が多くなるほど、電源 V B から増幅トランジスタ 4 1 b および選択トランジスタ 4 2 b を通して距離演算回路 1 5 に流れる電流が小さくなる。このことにより、距離演算回路 1 5 は、電源 V B から増幅トランジスタ 4 1 b および選択トランジスタ 4 2 b を通して流れる電流によって、コンデンサ C 2 に蓄積される負電荷量 Q 2 を検出することができる。

10

【0057】

次に、画素制御回路 1 4 は、リセットトランジスタ 3 5、転送トランジスタ 4 0 a、4 0 b、4 0 c、4 0 d、および選択トランジスタ 4 2 a、4 2 b、4 2 d をそれぞれオフして、選択トランジスタ 4 2 c をオンする。増幅トランジスタ 4 1 c は、共通接続端子 5 1 c の出力電圧に応じて電源 V B から選択トランジスタ 4 2 c を通して距離演算回路 1 5 に電流を出力する。

【0058】

共通接続端子 5 1 c の出力電圧は、コンデンサ C 3 に蓄積される負電荷量が多くなるほど、小さくなる。このため、コンデンサ C 3 に蓄積される負電荷量が多くなるほど、電源 V B から増幅トランジスタ 4 1 c および選択トランジスタ 4 2 c を通して距離演算回路 1 5 に流れる電流が小さくなる。このことにより、距離演算回路 1 5 は、電源 V B から増幅トランジスタ 4 1 c および選択トランジスタ 4 2 c を通して流れる電流によって、コンデンサ C 3 に蓄積される負電荷量 Q 3 を検出することができる。

20

【0059】

次に、画素制御回路 1 4 は、リセットトランジスタ 3 5、転送トランジスタ 4 0 a、4 0 b、4 0 c、4 0 d、および選択トランジスタ 4 2 a、4 2 b、4 2 c をそれぞれオフして、選択トランジスタ 4 2 d をオンする。増幅トランジスタ 4 1 d は、共通接続端子 5 1 c の出力電圧に応じて電源 V B から選択トランジスタ 4 2 d を通して距離演算回路 1 5 に電流を出力する。

30

【0060】

共通接続端子 5 1 d の出力電圧は、コンデンサ C 4 に蓄積される負電荷量が多くなるほど、小さくなる。このため、コンデンサ C 4 に蓄積される負電荷量が多くなるほど、電源 V B から増幅トランジスタ 4 1 d および選択トランジスタ 4 2 d を通して距離演算回路 1 5 に流れる電流が小さくなる。このことにより、距離演算回路 1 5 は、電源 V B から増幅トランジスタ 4 1 d および選択トランジスタ 4 2 d を通して流れる電流によって、コンデンサ C 4 に蓄積される負電荷量 Q 4 を検出することができる。

【0061】

その後、画素制御回路 1 4 は、リセットトランジスタ 3 5 および転送トランジスタ 4 0 a、4 0 b、4 0 c、4 0 d をそれぞれオンする。

40

【0062】

このとき、受光ダイオード 3 0 および電源 V B の間がリセットトランジスタ 3 5 を通して接続される。これにより、受光ダイオード 3 0 の電位がリセットされる。

【0063】

これに加えて、コンデンサ C 1 と電源 V B との間がリセットトランジスタ 3 5 および転送トランジスタ 4 0 a を通して接続される。コンデンサ C 2 と電源 V B との間がリセットトランジスタ 3 5 および転送トランジスタ 4 0 b を通して接続される。コンデンサ C 3 と電源 V B との間がリセットトランジスタ 3 5 および転送トランジスタ 4 0 c を通して接続される。そして、コンデンサ C 4 と電源 V B との間がリセットトランジスタ 3 5 および転

50

送トランジスタ 40d を通して接続される。これにより、コンデンサ C1、C2、C3、C4 の電位がそれぞれリセットされる。

【0064】

また、距離演算回路 15 は、上述の如く、コンデンサ C1、C2、C3、C4 に蓄積される負電荷量 Q1、Q2、Q3、Q4 を検出する。すると、距離演算回路 15 は、次のように、負電荷量 Q1、Q2、Q3、Q4 に基づいて、発光源 12 から出射光を出射されるタイミングと受光ダイオード 30 で反射光を受光されるタイミングとの間の位相差を求め、この位相差によって距離センサ 1 と被検出体 20 との間の距離を算出する。

【0065】

具体的には、距離演算回路 15 は、負電荷量 Q1、Q2、Q3、Q4 を次の数 1 に代入して、角度を求める。

【0066】

【数 1】

$$\phi = -\tan^{-1} \left( \frac{Q1 - Q3}{Q2 - Q4} \right)$$

なお、(Q1 - Q3) を縦軸 (第 1 の軸) とし、(Q2 - Q4) を横軸 (第 2 の軸) とする図 4 の直交座標上において、グラフ G1 が (Q1 - Q3) および (Q2 - Q4) の関係を示している。上述の如く検出される負電荷量 Q1、Q2、Q3、Q4 から規定される点 A をプロットし、直交座標の原点 0 と A 点とを結ぶ線分を線分 S1 とする、この線分 S1 と横軸とが成す角度が角度となる。

【0067】

このように求められる角度と位相差との間の関係は、図 5 中のグラフ G2a、G2b、G2c のようになる。グラフ G2a、G2b、G2c は縦軸を角度とし、横軸を位相差とするグラフである。

【0068】

そこで、本実施形態では、負電荷量 Q1、Q2、Q3、Q4 によってグラフ G2a、G2b、G2c のうち 1 つのグラフを選択する。

【0069】

- 45 90 で、かつ Q2 > Q4 であるときには、グラフ G2a を選択する。 - 9 30  
0 90 で、かつ Q2 < Q4 であるときには、グラフ G2b を選択する。 - 9 0  
- 45 で、かつ Q2 > Q4 であるときには、グラフ G2c を選択する。

【0070】

このように選択したグラフと角度とによって位相差を求める。これに伴い、位相差および変調周波数 fm を数 2 の式に代入して距離 d を求める。

【0071】

【数 2】

$$d = c \times \phi / 4 / \pi / f_m$$

ここで、c は光の速度であり、fm は変調周波数である。fm は、(1 / T) で表される周波数であって、発光源 12 の発光期間 ta および停止期間 tb を繰り返す周波数を規定している。

【0072】

以上説明した本実施形態によれば、発光源制御回路 11 は、発光期間 ta と停止期間 tb とを足した期間を一発光周期 T として、発光期間 ta と停止期間 tb とを周期的に交互に繰り返すように発光源 12 を点滅制御する。そして、受光ダイオード 30 は、発光源 12 の出射光のうち被検出体 20 によって反射される反射光を受光する。時間軸上で一発光周期 T を 8 等分に分割した分割期間 t1 ~ t8 が設定されている。

【0073】

コンデンサ C1 は、分割期間 t1 ~ t8 のうち分割期間 t1 にて受光ダイオード 30 の

10

20

30

40

50

受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を蓄積する。コンデンサC2は、分割期間t1～t8のうち分割期間t3にて受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を蓄積する。コンデンサC3は、分割期間t1～t8のうち分割期間t5にて受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を蓄積する。コンデンサC4は、分割期間t1～t8のうち分割期間t7にて受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を蓄積する。距離演算回路15は、コンデンサC1、C2、C3、C4のそれぞれに蓄積される負電荷量に基づいて、距離センサ1と被検出体20との間の距離dを算出する。

【0074】

以上により、発光周期Tを長くして、発光周期Tを等分割する分割数N(=8)を増やしても、負電荷を蓄積するための用いるコンデンサ(C1～C4)の個数は4つのまま一定である。このため、回路規模の増加を抑えつつ、分割数を増やすことが可能になる。したがって、発光周期Tを長くして、分割数Nを増やしても、回路規模の増加を抑えつつ、コンデンサ(C1～C4)において負電荷がオーバーフローすることを避けることができる。よって、回路規模の増加を抑えつつ、測定可能である最大距離を長くすることを可能にする距離センサ1を提供することができる。

10

【0075】

上記第1実施形態では、図4のグラフ、および図5のグラフを用いて位相差を算出した例について説明したが、これに代えて、次のように、図6のグラフG3と図7のフローチャートとを用いて位相差を算出する。

20

【0076】

グラフG3は、角度と位相差とが1対1で特定される関係を示す。グラフG3は、負電荷量Q1、Q2、Q3、Q4の間の大小関係によって、図5のグラフG2a、G2b、G2cを変換したものである。図7のフローチャートは、グラフG3で用いる角度を求めるための処理を示すものである。

【0077】

まず、図7のステップS100において、(Q1 - Q3)および(Q2 - Q4)を上記数1の式に代入して角度を求める。

【0078】

負電荷量Q2が負電荷量Q4以上であるときには(Q2 > Q4)、ステップS110においてYESと判定する。この場合、角度に45度を足した角度(+45)を角度とする(ステップS120)。

30

【0079】

ここで、角度(+45)が零よりも大きいときには、上記ステップS120で求められた角度と図6中のグラフG3とを用いて位相差を求める。

【0080】

角度(+45)が零よりも小さいときには、上記ステップS100で求められた角度に360度を足した角度(+360)を角度(+360)とする(ステップS140)。この角度(+360)と図6中のグラフG3とを用いて位相差を求める。

40

【0081】

負電荷量Q2が負電荷量Q4未満であるときには(Q2 < Q4)、ステップS110においてNOと判定する。この場合、角度に225度を足した角度(+225)を角度とする(ステップS121)。

【0082】

ここで、角度(+45)が零よりも大きいときには、上記ステップS121で求められた角度と図6中のグラフG3とを用いて位相差を求める。

【0083】

角度(+225)が零よりも小さいときには、上記ステップS100で求められた角度に360度を足した角度(+360)を角度とする(ステップS140)。

50

この角度  $\theta$  ( $= \theta + 360^\circ$ ) と図 6 中のグラフ G 3 とを用いて位相差  $\phi$  を求める。

【 0 0 8 4 】

このように負電荷量  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  に基づいて位相差  $\phi$  を求めることができる。

【 0 0 8 5 】

上記第 1 実施形態では、分割期間  $t_1$  にてコンデンサ  $C_1$  に負電荷を蓄積し、分割期間  $t_3$  にてコンデンサ  $C_2$  に負電荷を蓄積し、分割期間  $t_5$  にてコンデンサ  $C_3$  に負電荷を蓄積し、分割期間  $t_7$  にてコンデンサ  $C_4$  に負電荷を蓄積するようにした例について説明したが、次のようにしてもよい。

【 0 0 8 6 】

すなわち、次の発光期間（発光パルス幅） $t_a$  の条件が成立する場合には、発光周期を分割する分割数  $N$  は 5 以上であるならば ( $N \geq 5$ )、8 以外でもよく、またコンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  において負電荷を蓄積する分割期間は、上述した分割期間 ( $t_1$ 、 $t_3$ 、 $t_5$ 、 $t_7$ ) に限らない。

【 0 0 8 7 】

以下、図 8 を用いて発光期間  $t_a$  の条件について説明する。発光期間  $t_a$  の条件は、以下の数式 1 ~ 数式 8 で表される。このため、数式 1 ~ 数式 8 が成立する場合には、発光期間  $t_a$  の条件が成立することになる。つまり、数式 1 ~ 数式 8 が成立するならば、上記数式 1 の式に負電荷量  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  を代入して角度  $\theta$  を求め、この求めた角度  $\theta$  から位相差  $\phi$  を求め、さらに位相差  $\phi$  を上記数式 2 の式に代入して距離  $d$  を求めることができる。

【 0 0 8 8 】

図 8 において、露光期間  $S_1$  は、 $N$  個の分割期間のうちコンデンサ  $C_1$  に負電荷を蓄積する分割期間である。露光期間  $S_2$  は、 $N$  個の分割期間のうちコンデンサ  $C_2$  に負電荷を蓄積する分割期間である。露光期間  $S_3$  は、 $N$  個の分割期間のうちコンデンサ  $C_3$  に負電荷を蓄積する分割期間である。露光期間  $S_4$  は、 $N$  個の分割期間のうちコンデンサ  $C_4$  に負電荷を蓄積する分割期間である。

【 0 0 8 9 】

発光期間  $t_a$  (露光期間  $S_3$  の開始時刻  $S_{3a}$  - 露光期間  $S_1$  の終了時刻  $S_{1b}$ )  $\cdot$   
 $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$  数式 1

発光期間  $t_a$  (露光期間  $S_4$  の開始時刻  $S_{4a}$  - 露光期間  $S_2$  の終了時刻  $S_{2b}$ )  $\cdot$   
 $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$  数式 2

発光期間  $t_a$  (露光期間  $S_1$  の開始時刻  $S_{1a}$  - 露光期間  $S_3$  の終了時刻  $S_{3b}$ )  $\cdot$   
 $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$   $\cdot$  数式 3

発光期間  $t_a$  (露光期間  $S_2$  の開始時刻  $S_{2a}$  - 露光期間  $S_4$  の終了時刻  $S_{4b}$ )  $\cdot$   
 $\cdot$   $\cdot$  数式 4

発光期間  $t_a$  (露光期間  $S_3$  の終了時刻  $S_{3b}$  - 露光期間  $S_1$  の開始時刻  $S_{1a}$ )  $\cdot$   
 $\cdot$   $\cdot$  数式 5

発光期間  $t_a$  (露光期間  $S_4$  の終了時刻  $S_{4b}$  - 露光期間  $S_2$  の開始時刻  $S_{2a}$ )  $\cdot$   
 $\cdot$   $\cdot$  数式 6

発光期間  $t_a$  (露光期間  $S_1$  の終了時刻  $S_{1b}$  - 露光期間  $S_3$  の開始時刻  $S_{3a}$ )  $\cdot$   
 $\cdot$   $\cdot$  数式 7

発光期間  $t_a$  (露光期間  $S_2$  の終了時刻  $S_{2b}$  - 露光期間  $S_4$  の開始時刻  $S_{4a}$ )  $\cdot$   
 $\cdot$   $\cdot$  数式 8

ここで、数式 1 中の (露光期間  $S_3$  の開始時刻  $S_{3a}$  - 露光期間  $S_1$  の終了時刻  $S_{1b}$ ) は、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_3$  の開始時刻  $S_{3a}$  と、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_1$  の終了時刻  $S_{1b}$  との間の期間を示す。 $L$  は、 $1 < L \leq M$  を満たす整数とする。

【 0 0 9 0 】

数式 2 中の (露光期間  $S_4$  の開始時刻  $S_{4a}$  - 露光期間  $S_2$  の終了時刻  $S_{2b}$ ) は、 $L$

10

20

30

40

50

回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_4$  の開始時刻  $S_{4a}$  と、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_2$  の終了時刻  $S_{2b}$  と間の期間を示す。

【0091】

数式 3 中の (露光期間  $S_1$  の開始時刻  $S_{1a}$  - 露光期間  $S_3$  の終了時刻  $S_{3b}$ ) は、( $L+1$ ) 回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_1$  の開始時刻  $S_{1a}$  と、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_3$  の終了時刻  $S_{3b}$  との間の期間を示す。

【0092】

数式 4 中の (露光期間  $S_2$  の開始時刻  $S_{2a}$  - 露光期間  $S_4$  の終了時刻  $S_{4b}$ ) は、( $L+1$ ) 回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_2$  の開始時刻  $S_{2a}$  と、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_4$  の終了時刻  $S_{4b}$  との間の期間を示す。

10

【0093】

数式 5 中の (露光期間  $S_3$  の終了時刻  $S_{3b}$  - 露光期間  $S_1$  の開始時刻  $S_{1a}$ ) は、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_3$  の終了時刻  $S_{3b}$  と、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_1$  の開始時刻  $S_{1a}$  との間の期間を示す。

【0094】

数式 6 中の (露光期間  $S_4$  の終了時刻  $S_{4b}$  - 露光期間  $S_2$  の開始時刻  $S_{2a}$ ) は、( $L+1$ ) 回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_4$  の終了時刻  $S_{4b}$  と、( $L+1$ ) 回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_2$  の開始時刻  $S_{2a}$  との間の期間を示す。

【0095】

数式 7 中の (露光期間  $S_1$  の終了時刻  $S_{1b}$  - 露光期間  $S_3$  の開始時刻  $S_{3a}$ ) は、( $L+1$ ) 回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_1$  の終了時刻  $S_{1b}$  と、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_3$  の開始時刻  $S_{3a}$  との間の期間を示す。

20

【0096】

数式 8 中の (露光期間  $S_2$  の終了時刻  $S_{2b}$  - 露光期間  $S_4$  の開始時刻  $S_{4a}$ ) は、( $L+1$ ) 回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_2$  の終了時刻  $S_{2b}$  と、 $L$  回目の発光周期  $T$  内の露光期間  $S_4$  の開始時刻  $S_{4a}$  との間の期間を示す。

【0097】

なお、開始時刻  $S_{3a}$  は、露光期間  $S_3$  が開始される時刻である。終了時刻  $S_{1b}$  は、露光期間  $S_1$  が終了する時刻である。開始時刻  $S_{4a}$  は、露光期間  $S_4$  が開始する時刻である。終了時刻  $S_{2b}$  は、露光期間  $S_2$  が終了する時刻である。

30

【0098】

開始時刻  $S_{2a}$  は、露光期間  $S_2$  が開始する時刻である。終了時刻  $S_{4b}$  は、露光期間  $S_4$  が終了する時刻である。開始時刻  $S_{2a}$  は、露光期間  $S_2$  が開始する時刻である。終了時刻  $S_{4b}$  は、露光期間  $S_4$  が終了する時刻である。開始時刻  $S_{3a}$  は、露光期間  $S_3$  が開始する時刻である。終了時刻  $S_{1b}$  は、露光期間  $S_1$  が終了する時刻である。終了時刻  $S_{2b}$  は、露光期間  $S_2$  が終了する時刻である。開始時刻  $S_{4a}$  は、露光期間  $S_4$  が開始する時刻である。

【0099】

(第2実施形態)

上記第1実施形態では、分割期間  $t_1$  にてコンデンサ  $C_1$  が負電荷を蓄積し、分割期間  $t_3$  にてコンデンサ  $C_2$  が負電荷を蓄積し、分割期間  $t_5$  にてコンデンサ  $C_3$  が負電荷を蓄積し、分割期間  $t_7$  にてコンデンサ  $C_4$  が負電荷を蓄積するようにした例について説明したが、これに代えて、本第2実施形態では、次のように、図9に示すように、コンデンサ  $C_1 \sim C_4$  で負電荷を蓄積する。

40

【0100】

本実施形態では、発光源制御回路 11 は、発光期間  $t_a$  と停止期間  $t_b$  とをそれぞれ同一時間 (例えば、100  $\mu\text{s}$ ) に設定する。さらに、時間軸上で発光周期  $T$  を 8 ( $=N-5$ ) 等分に分割した 8 個の分割期間 ( $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ 、 $t_5$ 、 $t_6$ 、 $t_7$ 、 $t_8$ ) が設定されている。

【0101】

50

分割期間  $t_1$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷をコンデンサ C 1 が蓄積する。分割期間  $t_3$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷をコンデンサ C 2 が蓄積する。分割期間  $t_6$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷をコンデンサ C 3 が蓄積する。分割期間  $t_8$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷をコンデンサ C 4 が蓄積する。そして、分割期間  $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ 、 $t_5$ 、 $t_7$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷を電源 V B に破棄する。

【0102】

このようにコンデンサ C 1、C 2、C 3、C 4 に負電荷量 Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 が蓄積される。

10

【0103】

これに伴い、距離演算回路 15 は、負電荷量 Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 を検出する。さらに、距離演算回路 15 は、上記第 1 実施形態と同様に、負電荷量 Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 を上記数 1 の式に代入して角度  $\theta$  を求め、この角度  $\theta$  に基づいて位相差  $\phi$  を求め、この位相差  $\phi$  を上記数 2 の式に代入して距離  $d$  を算出する。したがって、上記第 1 実施形態と同様に、回路規模の増加を抑えつつ、測定可能である最大距離を長くすることを可能にする距離センサ 1 を提供することができる。

【0104】

(第 3 実施形態)

20

上記第 1 実施形態では、発光周期 T を 8 等分して 8 個の分割周期を設定した例について説明したが、これに代えて、本第 3 実施形態では、発光周期 T を 6 等分して 6 個の分割周期を設定した例について図 10 を参照して説明する。

【0105】

本実施形態の発光周期 T は、図 10 に示すように、発光期間  $t_a$  と停止期間  $t_b$  とが 1 対 1 の比率になる周期である。発光周期 T は、6 等分に分割した分割周期  $t_1 \sim t_6$  が設定されている。本実施形態の発光期間  $t_a$  および停止期間  $t_b$  としてそれぞれ例えば、75 ns が設定されている。

【0106】

分割期間  $t_1$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷をコンデンサ C 1 が蓄積する。分割期間  $t_2$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷をコンデンサ C 2 が蓄積する。分割期間  $t_3$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷をコンデンサ C 3 が蓄積する。分割期間  $t_4$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷をコンデンサ C 4 が蓄積する。そして、分割期間  $t_5$ 、 $t_6$  において、受光ダイオード 30 の受光に伴って受光ダイオード 30 から移動される負電荷を電源 V B に破棄する。

30

【0107】

このようにコンデンサ C 1、C 2、C 3、C 4 に負電荷量 Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 が蓄積される。さらに、距離演算回路 15 は、上記第 1 実施形態と同様に、負電荷量 Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 を検出し、この検出した負電荷量 Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 を上記数 1 の式に代入して角度  $\theta$  を求める。そして、この角度  $\theta$  に基づいて位相差  $\phi$  を求め、この位相差  $\phi$  を上記数 2 の式に代入して距離  $d$  を算出する。したがって、上記第 1 実施形態と同様に、回路規模の増加を抑えつつ、測定可能である最大距離を長くすることを可能にする距離センサ 1 を提供することができる。

40

【0108】

(第 4 実施形態)

上記第 1 実施形態では、発光周期 T を 8 等分して 8 個の分割期間を設けた例について説明したが、これに代えて、本第 4 実施形態では、発光周期 T を 5 等分して 5 個の分割周期を設定した例について図 11 を参照して説明する。

50

## 【0109】

本実施形態では、図11に示すように、発光期間 $t_a$ を2とし、停止期間 $t_b$ を3とする比率になるように発光期間 $t_a$ および停止期間 $t_b$ が設定されている。発光周期 $T$ は、5等分に分割した分割周期 $t_1 \sim t_5$ が設定されている。

## 【0110】

分割期間 $t_1$ において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC1が蓄積する。分割期間 $t_2$ において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC2が蓄積する。分割期間 $t_3$ において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC3が蓄積する。分割期間 $t_4$ において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC4が蓄積する。そして、分割期間 $t_5$ において、受光ダイオード30の受光に伴って受光ダイオード30から移動される負電荷を電源VBに破棄する。

10

## 【0111】

このようにコンデンサC1、C2、C3、C4に負電荷量 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ が蓄積される。

## 【0112】

さらに、距離演算回路15は、上記第1実施形態と同様に、負電荷量 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ を検出し、この検出した負電荷量 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ を上記数1の式に代入して角度 $\theta$ を求める。そして、この角度 $\theta$ に基づいて位相差 $\phi$ を求め、この位相差 $\phi$ を上記数2の式に代入して距離 $d$ を算出する。したがって、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

20

## 【0113】

なお、図11中S1はコンデンサC1が負電荷を蓄積する分割期間である。S2はコンデンサC2が負電荷を蓄積する分割期間である。S3はコンデンサC3が負電荷を蓄積する分割期間である。S4はコンデンサC4が負電荷を蓄積する分割期間である。

## 【0114】

(第5実施形態)

上記第4実施形態では、発光期間 $t_a$ を2とし、停止期間 $t_b$ を3とする比率になるように発光期間 $t_a$ および停止期間 $t_b$ を設定した例について説明したが、これに代えて、本第5実施形態では、図12に示すように、発光期間 $t_a$ を3とし、停止期間 $t_b$ を2とする比率になるように発光期間 $t_a$ および停止期間 $t_b$ を設定してもよい。発光周期 $T$ は、5等分に分割した分割周期 $t_1 \sim t_5$ が設定されている。本実施形態において、発光期間 $t_a$ および停止期間 $t_b$ の間の比率以外は、上記第4実施形態と同様であるので、その説明を省略する。

30

## 【0115】

なお、図12中S1はコンデンサC1が負電荷を蓄積する分割期間である。S2はコンデンサC2が負電荷を蓄積する分割期間である。S3はコンデンサC3が負電荷を蓄積する分割期間である。S4はコンデンサC4が負電荷を蓄積する分割期間である。

## 【0116】

(他の実施形態)

上記第1～5の実施形態では、複数周期に亘って受光ダイオード30から移動される負電荷をコンデンサC1～C4に蓄積した例について説明したが、これに代えて、受光ダイオード30から移動される負電荷を一周期分コンデンサC1～C4に蓄積し、このコンデンサC1～C4に蓄積される負電荷量 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ に基づいて距離センサ1と被検出体20との間の距離を求めてもよい。

40

## 【0117】

上記第1～5の実施形態では、距離演算回路15が負電荷量 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ をコンデンサ毎に時分割で検出する例について説明したが、これに限らず、距離演算回路15が負電荷量 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$ をコンデンサ毎に並列的に検出してもよい。

50

## 【0118】

上記第1～5の実施形態では、リセットトランジスタ35および転送トランジスタ40a、40b、40c、40dとして、nMOSトランジスタを用いた例について説明したが、これに代えて、リセットトランジスタ35および転送トランジスタ40a、40b、40c、40dとして、nMOSトランジスタ以外のpMOSトランジスタ、バイポーラトランジスタなどの半導体スイッチ素子を用いてもよい。

## 【0119】

同様に、増幅トランジスタ41a、41b、41c、41d、および選択トランジスタ42a、42b、42c、42dとして、nMOSトランジスタ以外のpMOSトランジスタ、バイポーラトランジスタなどの半導体スイッチ素子を用いてもよい。

10

## 【0120】

なお、本発明は上記した第1～5の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内において適宜変更が可能である。また、上記第1～5の実施形態において、実施形態の構成要素の個数等の数値が言及されている場合、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではない。

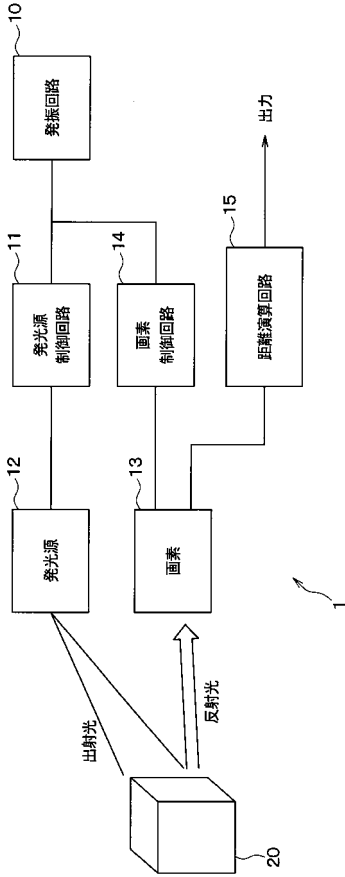
## 【符号の説明】

## 【0121】

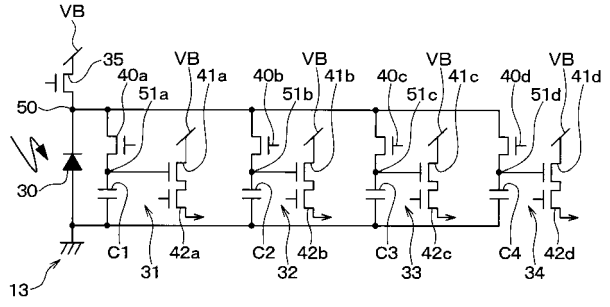
- 1 距離センサ
- 10 発振回路
- 11 発光源制御回路（発光源制御手段）
- 12 発光源
- 13 画素
- 14 画素制御回路（第1～5の制御手段）
- 15 距離演算回路（距離演算手段）
- 30 受光ダイオード（受光素子）
- C1、C2、C3、C4 コンデンサ（第1～第4コンデンサ）
- 35 リセットトランジスタ（第5トランジスタ）

20

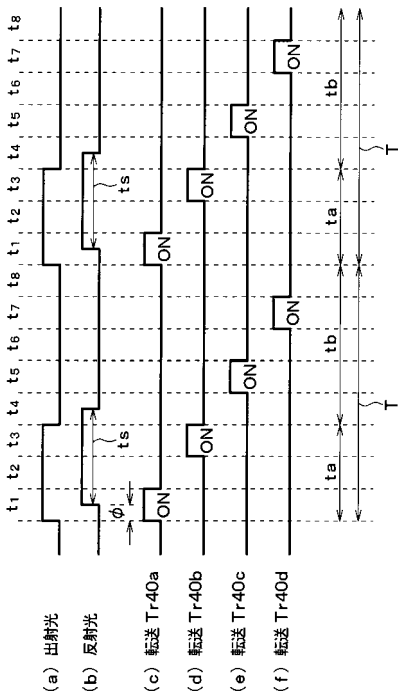
【 図 1 】



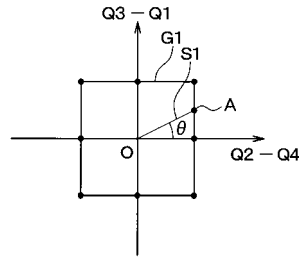
【 図 2 】



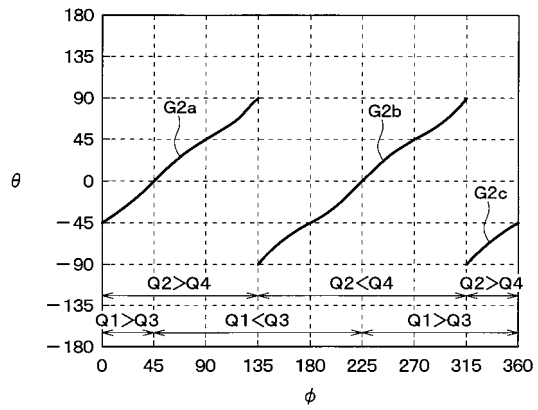
【 図 3 】



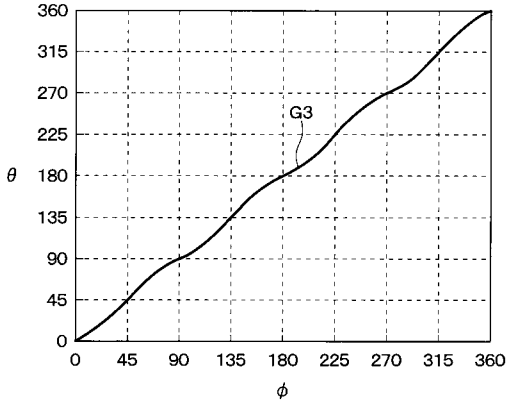
【 図 4 】



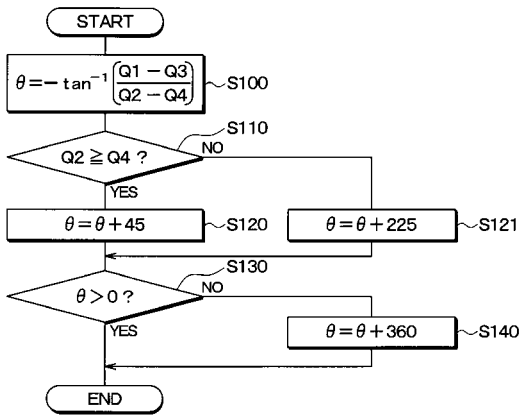
【 図 5 】



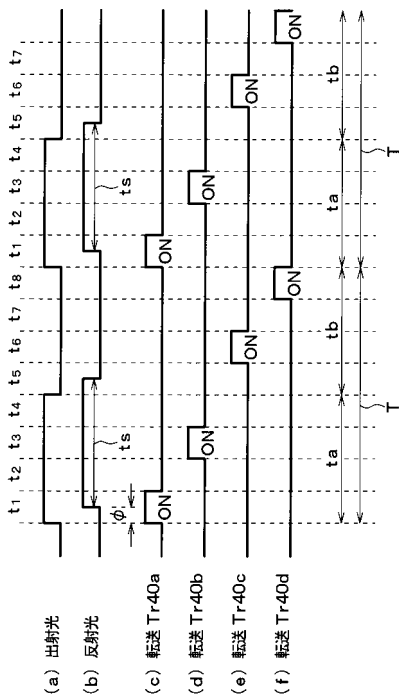
【 図 6 】



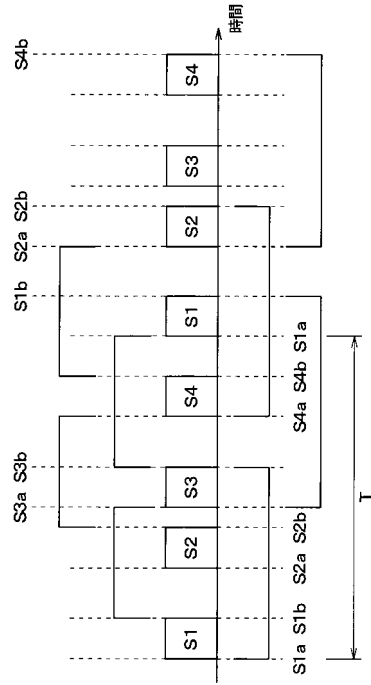
【 図 7 】



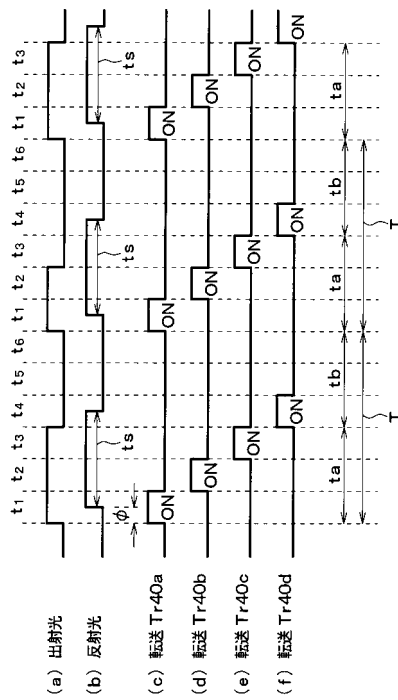
【 図 9 】



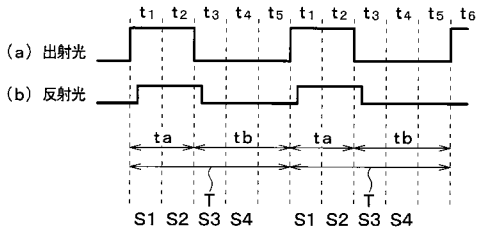
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

