

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5139727号
(P5139727)

(45) 発行日 平成25年2月6日 (2013.2.6)

(24) 登録日 平成24年11月22日 (2012.11.22)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 27/148 (2006.01)

GO 1 S 17/10 (2006.01)

HO 1 L 27/14

GO 1 S 17/10

B

請求項の数 9 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2007-164403 (P2007-164403)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成19年6月21日 (2007.6.21)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2009-4583 (P2009-4583A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成21年1月8日 (2009.1.8)	(74) 代理人	100087767
審査請求日	平成22年2月17日 (2010.2.17)		弁理士 西川 恵清
		(72) 発明者	常定 扶美
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下
			電工株式会社内
		(72) 発明者	橋本 裕介
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下
			電工株式会社内
		審査官	多賀 和宏
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受光装置および空間情報の検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受光強度に応じた量の電荷を生成する光電変換部と、障壁制御電極を半導体表面に備える障壁形成領域および光電変換部で生成された生成電荷の一部を障壁形成領域に形成するポテンシャル障壁の高さに応じて不要電荷として秤量する電荷分離領域を備える電荷秤量部と、生成電荷のうち電荷秤量部で秤量された不要電荷を除く残留電荷が取り出される電荷蓄積部と、保持している電荷量に応じて決まる電圧を障壁制御電極に印加し電荷秤量部で秤量する不要電荷の量を決定する電荷保持部と、電荷蓄積部から電荷保持部への電荷移動を許可する導通状態と電荷移動を禁止する遮断状態とを選択する転送ゲートと、光電変換部の受光期間と感度とを制御するとともに転送ゲートの導通状態と遮断状態とを切り換える駆動制御回路とを有し、駆動制御回路は、計測期間において、転送ゲートを遮断状態に保ち電荷秤量部で生成電荷から不要電荷を秤量した後の残留電荷を受光光量に相当する信号電荷として利用させ、調整期間において、電荷保持部に電荷を投入しさらに電荷秤量部で秤量した後の残留電荷を電荷保持部に投入し、かつ光電変換部での受光と電荷秤量部による不要電荷の秤量と電荷保持部への残留電荷の引き渡しとを複数回繰り返すことを特徴とする受光装置。

【請求項2】

前記駆動制御回路は、調整期間において、前記光電変換部で生成した生成電荷をそのまま残留電荷として前記電荷保持部に引き渡す単純投入期間の後に、単純投入期間において電荷保持部に引き渡した電荷量に応じたポテンシャル障壁を電荷秤量部に形成した状態で

生成電荷から不要電荷を除いた残留電荷を電荷保持部に投入する分離投入期間を設けていることを特徴とする請求項1記載の受光装置。

【請求項3】

前記駆動制御回路は、単純投入期間において、前記光電変換部の受光を複数回行い、受光毎に生成電荷をそのまま前記電荷保持部に引き渡すことを特徴とする請求項2記載の受光装置。

【請求項4】

前記駆動制御回路は、単純投入期間における前記光電変換部の1回の受光時間を分離投入期間における1回の受光時間よりも長く設定していることを特徴とする請求項2記載の受光装置。

10

【請求項5】

前記駆動制御回路は、調整期間において、前記電荷秤量部にポテンシャル障壁を形成した後、当該ポテンシャル障壁を用いて不要電荷の秤量を複数回繰り返し、生成電荷から複数回分の秤量による不要電荷を除いた残留電荷を前記電荷保持部に引き渡すことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の受光装置。

【請求項6】

前記電荷分離領域は複数の分離電極を有し、前記駆動制御回路は、各分離電極に印加する電圧を制御することにより、調整期間における電荷分離領域の面積を計測期間における面積よりも大きくすることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の受光装置。

20

【請求項7】

前記駆動制御回路は、計測期間において前記電荷秤量部で秤量する電荷量は、調整期間において設定した不要電荷の電荷量ずつ複数回で秤量されることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の受光装置。

【請求項8】

前記駆動制御回路は、調整期間における前記光電変換部の面積を計測期間における面積よりも大きくすることを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の受光装置。

【請求項9】

請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の受光装置と、光電装置の視野である対象空間に信号光を投光する投光期間と信号光を投光しない非投光期間とを有するように制御される発光源とを有し、発光源から投光した信号光と光電装置の受光出力により検出される信号光の受光光量との関係に基づいて対象空間の空間情報を検出する装置であって、発光源の非投光期間を調整期間に一致させるとともに発光源の投光期間を計測期間に一致させ、計測期間において前記電荷秤量部を用いて秤量される電荷量が計測期間における環境光の受光光量に相当する電荷量に一致するように、調整期間において前記電荷保持部に保持させる電荷量が調節されることを特徴とする空間情報の検出装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光電変換部で生成された生成電荷から一部を不要電荷として分離した残留電荷を用いる受光装置、この受光装置を用いた空間情報の検出装置に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体を用いた受光素子では、受光光量に応じた量の電荷を生成し、受光光量に応じた受光出力が得られる。しかしながら、受光出力が受光光量に応じて単調に変換する範囲は限られており、受光光量が過剰になれば受光出力は飽和する。受光出力が飽和すると受光光量の変化を検出することができないから、受光出力の飽和を防止する技術として、絞りやシャッタを設けることにより受光素子に入射する受光光量を制限したり、受光素子において電荷を蓄積する時間を制限することにより飽和を防止したりする技術が広く

50

採用されている。

【0003】

一方、強度変調した信号光を対象空間に投光し、対象空間に存在する物体からの反射光を受光素子で受光するとともに、投光時と受光時との信号光の位相差を求めることにより物体までの距離を求めたり、信号光の投光時と非投光時との受光強度の差を求めることにより物体の反射率や対象空間に存在する媒質の透過率を求める技術が知られている。

【0004】

この種の技術では、周囲に存在している環境光の影響を除去して信号光に含まれる情報を抽出しやすくすれば、距離や反射率や透過率といった所望の情報の抽出精度を高めることができる。つまり、受光出力のうち信号光に対応する成分の占める割合を大きくすることが要求される。しかしながら、受光素子において飽和を防止する上述の技術では、いずれの技術を採用したとしても、環境光と信号光との受光光量の比率が受光出力の比率として保たれており、受光素子への入射光に占める信号光の割合に対して、受光出力に占める信号光の成分の割合を増加させることはできない。

10

【0005】

これに対して、電荷を転送するにあたり、一定量の電荷を蓄積する第1のストレージ領域と第1のストレージ領域から溢れた電荷を蓄積する第2のストレージ領域とを設け、一定量の電荷を秤量した残りの電荷を転送することによって、ダイナミックレンジを拡大させる技術が提案されている（たとえば、特許文献1参照）。この技術を採用すれば、秤量した一定量の電荷を不要電荷として除去することができるから、不要電荷の量を環境光の受光光量に対応付けておけば、受光出力に占める信号光の成分の割合を増加させることが可能と考えられる。

20

【特許文献1】特開平7-22436号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、特許文献1には、不要電荷の量を環境光の受光光量に応じて変化させることについては記載されておらず、環境光の受光光量に応じて不要電荷の量を適正に制御することは特許文献1では考慮されていない。もっとも、特許文献1に記載の技術において、第1のストレージとなるポテンシャル井戸の深さを調節したり、第1のストレージと第2のストレージとの間のポテンシャル障壁の高さを調節すれば、秤量する不要電荷の量が調節可能である。

30

【0007】

したがって、環境光の受光光量を検出し検出量に基づいてポテンシャル井戸の深さやポテンシャル障壁の高さを調節すれば、環境光の成分を低減させることが可能であると考えられる。つまり、信号光の投光期間には受光素子において信号光と環境光とを受光し、信号光の非投光期間には受光素子において環境光のみを受光するから、信号光の投光期間において環境光の受光光量に相当する電荷量を不要電荷として除去できれば、信号光のダイナミックレンジが最大になると言える。

【0008】

このような動作を可能にするには、不要電荷を秤量する期間において、ポテンシャル障壁の高さを制御するための電荷を適宜の領域で保持しておく必要がある。つまり、信号光の非投光期間の受光光量に対応する量の電荷を保持し、この電荷量に対応する電圧によりポテンシャル障壁の高さを制御することができるよう、フローティングディフュージョン構造およびフローティングゲート構造を採用して、電荷量を電圧に変換することが考えられる。

40

【0009】

ところが、この種の構成を採用したときには、図18に示すように、ポテンシャル障壁の高さを決めるために保持する電荷量（横軸）と、秤量される不要電荷の電荷量（縦軸）との関係は、保持した電荷量が少ないと電荷量の変化に対して秤量される電荷量の変化率

50

は小さく、保持した電荷量の増加に伴って秤量される電荷量の変化率が増加するという傾向を示す。

【0010】

このような現象が生じるのは、電荷を秤量する領域に形成されるポテンシャル井戸の形状が直方体状ではなくすり鉢状になることに起因していると考えられる。したがって、ポテンシャル障壁の高さが増加すると、秤量される電荷量の増加率が大きくなる。

【0011】

このように保持する電荷量が少ないと秤量する不要電荷の電荷量が過小になり、保持する電荷量が過剰になると、秤量される電荷量が過剰になる。つまり、信号光の投光期間において環境光に相当する電荷量に比較して不要電荷として分離される電荷量が過小または過大になりやすく、結果的にダイナミックレンジが低下することになる。

10

【0012】

本発明は上記事由に鑑みて為されたものであり、その目的は、分離する不要電荷の電荷量を着目する受光光量に精度よく対応付けることを可能にし、もって信号光の投光期間と非投光期間とを有する検出装置に用いて環境光の影響を低減する際に、環境光に相当する不要電荷を過不足なく秤量して信号光に対するダイナミックレンジをほぼ最大化することができる受光装置を提供することにある、さらにこの受光装置を用いた空間情報の検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

20

請求項1の発明は、受光強度に応じた量の電荷を生成する光電変換部と、障壁制御電極を半導体表面に備える障壁形成領域および光電変換部で生成された生成電荷の一部を障壁形成領域に形成するポテンシャル障壁の高さに応じて不要電荷として秤量する電荷分離領域を備える電荷秤量部と、生成電荷のうち電荷秤量部で秤量された不要電荷を除く残留電荷が取り出される電荷蓄積部と、保持している電荷量に応じて決まる電圧を障壁制御電極に印加し電荷秤量部で秤量する不要電荷の量を決定する電荷保持部と、電荷蓄積部から電荷保持部への電荷移動を許可する導通状態と電荷移動を禁止する遮断状態とを選択する転送ゲートと、光電変換部の受光期間と感度とを制御するとともに転送ゲートの導通状態と遮断状態とを切り換える駆動制御回路とを有し、駆動制御回路は、計測期間において、転送ゲートを遮断状態に保ち電荷秤量部で生成電荷から不要電荷を秤量した後の残留電荷を受光光量に相当する信号電荷として利用させ、調整期間において、電荷保持部に電荷を投入しさらに電荷秤量部で秤量した後の残留電荷を電荷保持部に投入し、かつ光電変換部での受光と電荷秤量部による不要電荷の秤量と電荷保持部への残留電荷の引き渡しとを複数回繰り返すことを特徴とする。

30

【0015】

請求項2の発明では、請求項1の発明において、前記駆動制御回路は、調整期間において、前記光電変換部で生成した生成電荷をそのまま残留電荷として前記電荷保持部に引き渡す単純投入期間の後に、単純投入期間において電荷保持部に引き渡した電荷量に応じたポテンシャル障壁を電荷秤量部に形成した状態で生成電荷から不要電荷を除いた残留電荷を電荷保持部に投入する分離投入期間を設けていることを特徴とする。

40

【0016】

請求項3の発明では、請求項2の発明において、前記駆動制御回路は、単純投入期間において、前記光電変換部の受光を複数回行い、受光毎に生成電荷をそのまま前記電荷保持部に引き渡すことを特徴とする。

【0017】

請求項4の発明では、請求項2の発明において、前記駆動制御回路は、単純投入期間における前記光電変換部の1回の受光時間を分離投入期間における1回の受光時間よりも長く設定していることを特徴とする。

【0018】

請求項5の発明では、請求項1ないし請求項4のいずれかの発明において、前記駆動制

50

御回路は、調整期間において、前記電荷秤量部にポテンシャル障壁を形成した後、当該ポテンシャル障壁を用いて不要電荷の秤量を複数回繰り返し、生成電荷から複数回分の秤量による不要電荷を除いた残留電荷を前記電荷保持部に引き渡すことを特徴とする。

【0019】

請求項6の発明では、請求項1ないし請求項4のいずれかの発明において、前記電荷分離領域は複数の分離電極を有し、前記駆動制御回路は、各分離電極に印加する電圧を制御することにより、調整期間における電荷分離領域の面積を計測期間における面積よりも大きくすることを特徴とする。

【0020】

請求項7の発明では、請求項1ないし請求項6のいずれかの発明において、前記駆動制御回路は、計測期間において前記電荷秤量部で秤量する電荷量は、調整期間において設定した不要電荷の電荷量ずつ複数回で秤量されることを特徴とする。

10

【0021】

請求項8の発明は、請求項1ないし請求項7のいずれかの発明において、前記駆動制御回路は、調整期間における前記光電変換部の面積を計測期間における面積よりも大きくすることを特徴とする。

【0022】

請求項9の発明は、請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の受光装置と、光電装置の視野である対象空間に信号光を投光する投光期間と信号光を投光しない非投光期間とを有するように制御される発光源とを有し、発光源から投光した信号光と光電装置の受光出力により検出される信号光の受光光量との関係に基づいて対象空間の空間情報を検出する装置であって、発光源の非投光期間を調整期間に一致させるとともに発光源の投光期間を計測期間に一致させ、計測期間において前記電荷秤量部を用いて秤量される電荷量が計測期間における環境光の受光光量に相当する電荷量に一致するように、調整期間において前記電荷保持部に保持させる電荷量が調節されることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0023】

請求項1の発明の構成によれば、調整期間ではあらかじめ電荷保持部に電荷が投入されている状態で秤量後の残留電荷を電荷保持部に引き渡すから、電荷保持部に電荷が保持されている状態で電荷保持部に追加して電荷を投入して、電荷保持部に保持させる電荷量を増加させることができ、結果的にポテンシャル障壁の高さを十分に高くすることができる。

30

【0024】

つまり、電荷保持部に電荷を複数回投入することによって、電荷保持部が保持する電荷量を着目する受光光量に相当する電荷量に一致させることが可能になり、信号光の投受光により空間情報を検出する装置に採用するにあたり、信号光の非投光期間（つまり、調整期間）において環境光の受光光量に相当する電荷量を電荷保持部に過不足なく保持させ、信号光の投光期間において電荷秤量部に形成するポテンシャル障壁の高さを環境光の受光光量と線形な関係とすることができる。それゆえ、信号光の投光期間（つまり、計測期間）において光電変換部で生成した生成電荷から環境光の成分に相当する電荷量を不要電荷として過不足なく秤量することになり、信号光の成分に相当する電荷量の電荷のみを取り出して、信号光に対するダイナミックレンジをほぼ最大化することができる。

40

【0025】

その上、ポテンシャル障壁の形成後に電荷保持部への残留電荷の投入を複数回行うから、残留電荷の投入毎にポテンシャル障壁の高さが次第に増加して、秤量する電荷量が徐々に増加するのに伴って電荷保持部に投入する電荷量が徐々に減少する。不要電荷の秤量毎の生成電荷の電荷量が一定であれば、不要電荷の電荷量が生成電荷の電荷量にほぼ一致すると残留電荷が生じなくなり、ポテンシャル障壁の高さの増加が停止する。つまり、生成電荷の電荷量に不要電荷の電荷量が一致するようにポテンシャル障壁の高さを設定することが可能になる。その結果、空間情報を検出する装置に採用すると、調整期間において環

50

境光の受光光量に相応する高さのポテンシャル障壁を形成することができ、計測期間には生成電荷のうち環境光に相当する電荷量を不要電荷として過不足なく秤量することが可能になる。

【0026】

請求項2の発明の構成によれば、生成電荷をそのまま電荷保持部に引き渡す単純投入期間の後に、電荷秤量部で得られた残留電荷を電荷保持部に投入する分離投入期間を持つから、単純投入期間に電荷保持部に投入された電荷量によって決まる電荷秤量部の不要電荷の電荷量は生成電荷の電荷量に近くなる。すなわち、分離投入期間において電荷保持部に投入すべき電荷量は少なく、目的とする高さのポテンシャル障壁を形成するのが容易になる。また、残留電荷を電荷保持部に複数回投入する際に、投入回数の低減が期待できる。

10

【0027】

請求項3の発明の構成によれば、請求項2の発明における単純投入期間において、光電変換部を複数回受光させ、受光毎に生成電荷を電荷保持部に投入するから、単純投入期間において電荷保持部に投入する電荷量を増加させ、分離投入期間において電荷保持部に投入すべき電荷量を低減させることができる。ただし、この構成は単純投入期間の全体で電荷保持部に保持される電荷量により決まる不要電荷の電荷量が、光電変換部の1回の受光により生成される生成電荷の電荷量よりも少ないことが要求される。

【0028】

請求項4の発明の構成によれば、請求項2の発明における単純投入期間において、光電変換部の受光時間を分離投入期間よりも長くしているから、単純投入期間において電荷保持部に投入する電荷量を増加させ、分離投入期間において電荷保持部に投入すべき電荷量を低減させることができる。ただし、この構成は単純投入期間の全体で電荷保持部に保持される電荷量が、分離投入期間において光電変換部の1回の受光により生成される生成電荷の電荷量よりも少ないことが要求される。

20

【0029】

請求項5の発明の構成によれば、生成電荷から複数回分の秤量による不要電荷を除いた残留電荷を電荷保持部に引き渡すから、ある程度の高さのポテンシャル障壁が形成された後には、電荷保持部に1回に引き渡す電荷量を低減することによって、ポテンシャル障壁が高くなりすぎるのを防止することができる。

【0030】

30

すなわち、電荷保持部に保持された電荷量と電荷秤量部において秤量される不要電荷の電荷量とは非線形の関係であり、電荷保持部の電荷量が増加するほど電荷秤量部で秤量される不要電荷の変化率が大きくなるから、生成電荷の電荷量に変化しなくとも秤量される不要電荷が過剰になる可能性がある。これに対して、請求項5の発明の構成を採用することにより、電荷保持部に1回に引き渡す電荷量が低減されるから、ポテンシャル障壁の高さが急激に変化することがなく、不要電荷の電荷量が過剰になりにくくなる。つまり、着目する受光光量に相応する電荷量を不要電荷として分離することが可能になる。

【0031】

請求項6の発明の構成によれば、調整期間における電荷分離領域の面積を計測期間における面積よりも大きくしているから、調整期間において電荷秤量部で1回秤量する不要電荷の電荷量を計測期間において電荷秤量部で1回秤量する不要電荷の電荷量よりも多くすることができる。言い換えると、調整期間に得られる残留電荷の電荷量を低減して電荷保持部に投入する電荷量の微調整を可能にする。このことは、請求項5の発明の効果と同様の効果をもたらし、不要電荷として分離される電荷量が過剰になりにくくなる。

40

【0032】

請求項7の発明の構成によれば、計測期間において不要電荷として分離する電荷量を、調整期間に設定した不要電荷の電荷量ずつ秤量し、複数回で秤量するから、計測期間において1ないし複数回の秤量により不要電荷を分離することになる。計測期間の秤量を複数回の秤量で満足させるようにすれば、電荷保持部に保持させる電荷量が少なくなり、調整期間を短くすることが可能になるから応答性が向上する。なお、ポテンシャル障壁を成長

50

させるのに要する時間は、不要電荷を秤量する時間よりも相当に長いから、複数回の秤量を行っても全体の所要時間は、計測期間において複数回の秤量を行うほうが短縮できる。

【0033】

請求項8の発明の構成によれば、光電変換部の感度を調整期間において計測期間よりも高くしているから、電荷保持部に保持させる所要の電荷量の電荷を比較的短時間で蓄積することができる。

【0034】

請求項9の構成によれば、計測期間において電荷秤量部を用いて秤量される電荷量が計測期間における環境光の受光光量に相当する電荷量に一致するように、調整期間において電荷保持部に保持させる電荷量を調節しているから、計測期間において環境光の成分に相当する量の不要電荷を除去し、信号光のダイナミックレンジをほぼ最大化し、信号光を用いた空間情報の検出精度を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

(構成)

以下に説明する受光装置は、光を受光し電気出力が受光出力として得られる受光素子と、受光素子を制御する駆動制御回路とにより構成される。また、複数個の受光素子が配列されることにより撮像素子を構成しているものとする。つまり、図1(a)に示す構造の受光素子1が垂直方向Dvに複数個配列され、複数個の受光素子1からなる列が水平方向において複数列配列された構造を有している。複数個の受光素子1を2次元正方格子の格子点上にマトリクス状に配列した2次元イメージセンサを構成する。

【0036】

また、イメージセンサとしては、CCDイメージセンサにおけるフレームトランスファー（以下、「FT」と略称する）方式の構成と同様に垂直転送レジスタが光電変換部と兼用された構造の撮像素子を想定するが、インターライントランスファー（以下、「IT」と略称する）方式の構成と同様に光電変換部に隣接して垂直転送レジスタを配置した構造の撮像素子においても以下の実施形態の技術を採用することが可能である。また、FT方式とIT方式との構造に適用可能であることから、フレームインターライントランスファー（以下、「FIT」と略称する）方式の構成に類似した構造であっても以下の実施形態の技術を採用することが可能である。

【0037】

さらに、以下に説明する実施形態では、受光装置を発光源と組み合わせて構成したアクティブ形の空間情報の検出装置を例示する。空間情報の検出装置としては、対象空間に存在する物体までの距離を求める距離計測動作を行う検出装置と、物体の反射率や媒質の透過率を求める強度検出動作を行う検出装置とを例示する。

【0038】

図1(a)は1個の受光素子1を正面から見た概略構成である。図1における縦方向を画像における垂直方向Dv、横方向を画像における水平方向Dhとする。受光素子1は半導体に形成されており、FT方式のイメージセンサと同様に、半導体は垂直方向Dvにおいて撮像領域と蓄積領域とに2分される。ただし、蓄積領域の構成については要旨ではないから説明を省略し、撮像領域に配列された受光素子1について説明する。

【0039】

受光素子1は、図2、図3に示すように、第1導電形（図示例ではp形）の半導体（図示例ではシリコンを想定している）からなる素子形成層11の主表面側に、第2導電形（図示例ではn形）の半導体からなるウェル12を形成してある。素子形成層11は、第2導電形のサブストレータ10の上に形成される。ウェル12の主表面には、絶縁層（たとえば、酸化シリコンあるいは窒化シリコン）13を介して感度制御電極21と分離電極22と蓄積電極23と障壁制御電極24とが配列される。

【0040】

素子形成層11においてウェル12の範囲内には、第2導電形であって不純物濃度がウ

10

20

30

40

50

エル12よりも高濃度（つまり、 n^{++} 形）である保持用ウェル14が形成される。保持用ウェル14には金属配線からなる接続線26の一端部25がオーミックに接続され、接続線26の他端部には障壁制御電極24が接続される。つまり、障壁制御電極24に印加される電圧は、保持用ウェル14に保持された電荷量により決定される。

【0041】

感度制御電極21と分離電極22と蓄積電極23と障壁制御電極24とは、平面視において矩形状ないし短冊状に形成される。図示例では、感度制御電極21と分離電極22と蓄積電極23と障壁制御電極24とは、幅方向（垂直方向Dv）において同寸法であり、長手方向（水平方向Dh）においては障壁制御電極24の寸法のみが他よりも短く形成されている。また、感度制御電極21と分離電極22と蓄積電極23と障壁制御電極24とは、一端縁を垂直方向Dvの一直線上に揃えた形で等間隔に配置される。

10

【0042】

障壁制御電極24は1個であるが、感度制御電極21と分離電極22と蓄積電極23とは複数個（図示例では、感度制御電極21が6個、分離電極22と蓄積電極23とがそれぞれ3個）設けられる。

【0043】

保持用ウェル14は、3個の分離電極22のうちの中央の分離電極22に対して画素配列の水平方向Dhの一側に隣接して配置される。また、素子形成層11には感度制御電極21および分離電極22に隣接してオーバーフロードレイン15が形成され、オーバーフロードレイン15には絶縁層13を介さずにドレイン電極（オーバーフロードレイン15と同じ部位に設けている）が直接接続される。オーバーフロードレイン15は、たとえば、ウェル12と同じ導電形で不純物濃度がウェル12よりも高濃度である領域として形成される。

20

【0044】

さらに、オーバーフロードレイン15は、感度制御電極21および蓄積電極23の長手方向（画素配列の水平方向Dh）の両側のうち保持用ウェル14と同じ側に形成される。素子形成層11において保持用ウェル14が形成される領域にはウェル12が張り出した形で形成されており、オーバーフロードレイン15は、この部位では、垂直方向Dvにおいて分断され、水平方向Dhにおいてウェル12の張出部分に沿う形に形成される。

【0045】

感度制御電極21と分離電極22と蓄積電極23と障壁制御電極24とのうち少なくとも感度制御電極21は透光性を有している。分離電極22と蓄積電極23と障壁制御電極24とは、透光性を有していないことが望ましいが、感度制御電極21と同時に形成されるから透光性を有している。したがって、素子形成層11の主表面は、感度制御電極21に対応する領域に形成した開口窓31（図3参照）を除いて全体が遮光膜30（図2、図3参照）により覆われる。以下の説明では、光照射により生成される電荷のうち電子を利用する例について説明するが、電荷としてホールを利用する場合には、半導体の導電形を入れ換え、後述する電圧の極性を入れ換えることになる。

30

【0046】

素子形成層11およびウェル12において感度制御電極21を配置した領域は、開口窓31を通して光が照射されることにより電荷を生成する光電変換部D1として機能する。また、ウェル12において、分離電極22および障壁制御電極24を配置した領域は電荷秤量部D2として機能し、蓄積電極23を配置した領域は電荷蓄積部D3として機能する。ウェル12において保持用ウェル14を配置した領域は電荷保持部D4として機能する。電荷秤量部D2のうち、分離電極22の直下は電荷分離領域Daになり、障壁制御電極24の直下は障壁形成領域Dbになる。

40

【0047】

保持用ウェル14には電荷として電子が保持されるから、障壁制御電極24に電圧を印加することができ、障壁制御電極24の直下に形成される電子に対するポテンシャル障壁が保持用ウェル14に蓄積された電子の多寡に応じて増減される。

50

【0048】

電荷分離領域D aにポテンシャル井戸を形成し、障壁形成領域D bに形成するポテンシャル障壁の高さを適宜に調節すれば、電荷分離領域D aにおいてポテンシャル障壁の高さに応じた量の不要電荷を秤量することができる。電荷蓄積部D 3にポテンシャル井戸を形成しておくことにより、ポテンシャル障壁を乗り越えた電荷を電荷蓄積部D 3で受け取ることができる。

【0049】

障壁制御電極2 4との電位は電荷保持部D 4に保持された電荷量で決まるが、感度制御電極2 1と分離電極2 2と蓄積電極2 3とに印加する電圧は、別途に制御する必要がある。たとえば、正負2種類の電圧(+10V、-5V)を適宜のタイミングで印加する。そのため、感度制御電極2 1と分離電極2 2と蓄積電極2 3とには、金属配線である電源配線(図示せず)がオーミックに接続される。

10

【0050】

ところで、素子形成層1 1の主表面には、分離電極2 2と保持用ウェル1 4との間に転送ゲート2 7が形成され、さらに保持用ウェル1 4を挟んで転送ゲート2 7の反対側にはリセットゲート2 8とリセットドレイン2 9とが形成される。つまり、分離電極2 2と転送ゲート2 7と保持用ウェル1 4とリセットゲート2 8とリセットドレイン2 9とが、水平方向D hに並んで配置される。

【0051】

この構成は一例であって、リセットゲート2 8およびリセットドレイン2 9が保持用ウェル1 4に対して垂直方向D vに並ぶ配置であってもよい。リセットドレイン2 9は、たとえば不純物濃度が高濃度である第2導電形(つまり、 n^{++} 形)の領域として形成され、リセット電極(リセットドレイン2 9に重ねて設けられる)がオーミックに接続される。

20

【0052】

さらに、転送ゲート2 7は、ゲート電極(転送ゲート2 7に重ねて設けられる)に印加する電圧に応じて、電荷分離領域D aから保持用ウェル1 4への電荷移動を許可する導通状態と、電荷移動を禁止する遮断状態とを選択する。つまり、ゲート電極に適宜の電圧を印加して許可状態とすれば、ゲート電極の直下にチャンネルが形成され、電荷分離領域D aから電荷保持部D 4への電荷の移動が可能になる。

30

【0053】

(基本動作)

図1(a)に示した受光素子1の基本的な動作について説明する。受光素子1の動作は、光電変換部D 1で生成した生成電荷を用いて保持用ウェル1 4に電荷を保持させる調整期間と、光電変換部D 1で生成した生成電荷から電荷秤量部D 2で秤量した不要電荷を分離し電荷蓄積部D 3で受け取った残留電荷を受光出力のために利用する計測期間とを備える動作を基本動作にしている。図4に示す期間T a, T b, T fは調整期間に含まれ、期間T c, T d, T eは計測期間に含まれる。また、調整期間と計測期間とにおける各電極に印加する電圧の制御は受光素子1とは別に設けた駆動制御回路(図示せず)が行う。駆動制御回路は、受光素子1と同じ半導体上に集積回路として形成することが可能である。

40

【0054】

調整期間では、まず、ウェル1 2の中の電子を空乏化した後に受光素子1に光を照射する。ウェル1 2の中の電子を空乏化するには、オーバーフロードレイン1 5を通して光電変換部D 1と電荷秤量部D 2と電荷蓄積部D 3とに残留する電子を廃棄し、リセットゲート2 8にリセット電圧を印加して保持用ウェル1 4とリセットドレイン2 9との間にチャンネルを形成し、電荷保持部D 4に残留する電子をリセットドレイン2 9を通して廃棄する。

【0055】

ウェル1 2の中の電荷を空乏化した後に、光電変換部D 1の感度制御電極2 1に適宜の電圧を印加して光電変換部D 1に電子に対するポテンシャル井戸を形成した状態で光を照

50

射すると、ウェル12を含む素子形成層11において生成された電子とホールとのうち電子がポテンシャル井戸に集積され、ホールはサブストレート10を通して廃棄される。つまり、受光光量に応じた量の電子がポテンシャル井戸に集積される。感度制御電極21に印加する電圧の制御の具体例は後述する。

【0056】

光電変換部D1において受光光量に応じた量の電子（以下、電子は斜線部で示す）を集積させた後、まず図4の期間Taのように、分離電極22に電圧を印加して電荷秤量部D2にポテンシャル井戸を形成し、光電変換部D1に集積された電子を電荷秤量部D2に移動させる（図5（a）参照）。つまり、光電変換部D1から電荷秤量部D2に電子が移動する。また、電荷秤量部D2に移動させた電子は、転送ゲート27に対応するゲート電極に適宜の電圧を印加し、電荷秤量部D2と保持用ウェル14との間にチャンネルを形成して、電荷保持部D4に移動させる。

10

【0057】

n形のウェル12に囲まれた n^{++} 形である保持用ウェル14では、ポテンシャルがウェル12よりも高く（電子に対するポテンシャルが低く）、ポテンシャルは電荷秤量部D2よりも電荷保持部D4のほうが高くなっている。したがって、転送ゲート27に適宜の電圧を印加してチャンネルを形成すると、電荷秤量部D2から電荷保持部D4に向かって電子が移動し、保持用ウェル14に電子が流れ込む。

【0058】

保持用ウェル14に電子が流れ込むに従って保持用ウェル14の電位が低下し、保持用ウェル14に電氣的に接続された障壁制御電極24の電位が低下する。つまり、障壁制御電極24の直下にポテンシャル障壁が形成される。

20

【0059】

なお、図示例では期間Taにおいて蓄積電極23には電圧を印加せず、電荷蓄積部D3には電子が集積されないようにしているが、蓄積電極23には電子を集積する電圧を印加していてもよい。分離電極22に電圧を印加した後に転送ゲート27に電圧を印加するか、分離電極22と転送ゲート27とに同時に電圧を印加するかは適宜に選択することができる。

【0060】

電荷保持部D4に電子が移動すると、図5（b）のように、電荷秤量部D2の電子がなくなるから、期間Tbのように分離電極22に印加する電圧を規定の基準電圧に戻す。

30

【0061】

上述した動作において光電変換部D1で受光した光は、受光光量に応じた受光出力を得るためではなく、障壁制御電極24の直下におけるポテンシャル障壁BPの高さを決めるために入射させている。上述の動作でポテンシャル障壁BPの高さが決まると、計測期間に移行する。

【0062】

計測期間では、光を受光する前に、期間Tcのように、まずオーバーフロードレイン15を通して、ウェル12のうち電荷保持部D4を除く部位の電子を空乏化し、光電変換部D1および電荷秤量部D2から電子を除去する。

40

【0063】

計測期間では、保持用ウェル14に電荷が蓄積されているから、光電変換部D1において受光光量に応じた電子を集積する際に、障壁制御電極24の直下にはポテンシャル障壁が形成された状態になっている。光電変換部D1で受光光量に応じた電子を集積した後、期間Tdのように、分離電極22に適宜の電圧を印加して電荷秤量部D2に電子に対するポテンシャル井戸を形成するとともに、感度制御電極21への印加電圧を制御することにより、光電変換部D1から電荷秤量部D2に電子を移動させる（図5（c）参照）。

【0064】

その後、期間Teのように、蓄積電極23に適宜の電圧を印加して電荷蓄積部D3にポテンシャル井戸を形成した状態で、分離電極22に基準電圧を印加すると、図5（d）の

50

ように、障壁制御電極 2 4 の直下に形成されているポテンシャル障壁の高さと電荷秤量部 D 2 の大きさにより決まる一定量の電子が不要電荷として電荷秤量部 D 2 に残され、電荷秤量部 D 2 からポテンシャル障壁を超えた電荷は電荷蓄積部 D 3 に流れ込む。ただし、分離電極 2 2 に基準電圧を印加する前に、電荷秤量部 D 2 と光電変換部 D 1 との間には障壁制御電極 2 4 の直下のポテンシャル障壁よりも高いポテンシャル障壁を形成するように感度制御電極 2 1 および分離電極 2 2 への印加電圧を制御しておく。

【0065】

上述の動作によって、光電変換部 D 1 での受光光量に応じて集積された電子から電荷秤量部 D 2 で一定量の電子が不要電荷として分離され、不要電荷を分離した残留電荷が有効電荷として電荷蓄積部 D 3 に蓄積される。

10

【0066】

有効電荷を電荷蓄積部 D 3 に蓄積した後は、期間 T f のように、電荷秤量部 D 2 に残っている不要電荷をオーバーフロードレイン 1 5 から廃棄し、さらに電荷保持部 D 4 に保持されている電荷を廃棄するために、リセットゲート 2 8 に適宜の電圧を印加して保持用ウェル 1 4 とリセットドレイン 2 9 との間にチャンネルを形成し、保持用ウェル 1 4 の電子を廃棄した後にリセットゲート 2 8 への電圧印加を停止する。その後、電荷蓄積部 D 3 に蓄積された有効電荷は利用に供される。

【0067】

(空間情報の検出装置)

以下では、上述した受光素子 1 を利用する応用例として、撮像空間（つまり、対象空間）における物体の存否や物体の反射率を検出する検出装置と、撮像空間に存在する物体までの距離を計測する検出装置とに、上述した受光素子 1 を配列した撮像素子を用いる例を示す。以下に説明する空間情報の検出装置は、図 6 に示すように、対象空間に投光する発光源 2 を用いたアクティブ型の検出装置であり、対象空間を上述した受光素子 1 を配列した撮像素子により撮像し、撮像素子の受光出力を信号処理部 3 に与えて後述する演算を行うことにより、物体による反射光の光量を求めるか、対象空間に存在する物体 5 までの距離を求める。また、撮像素子と発光源 2 との動作のタイミングは駆動制御回路と兼用された制御部 4 が制御する。制御部 4 は信号処理部 3 にも演算のタイミングを指示する。

20

【0068】

発光源 2 は複数個の赤外線発光ダイオードを並設して構成し、撮像素子へは赤外線透過フィルタを通して対象空間からの光を入射させる。つまり、距離の計測に用いる光として赤外線を用いることにより、撮像素子に可視光領域の光が入射するのを抑制している。信号処理部 3 および制御部 4 は、適宜のプログラムを実行するマイクロコンピュータによって構成する。

30

【0069】

物体 5 の存否や反射率を求めるには（強度検出動作）、図 7 (a) に示すように、発光源 2 を点灯させる投光期間 T x と消灯させる非投光期間 T y とを設け、投光期間 T x の受光光量と非投光期間 T y の受光光量との差分を求める。発光源 2 からの強度変調光は矩形波で変調されていることになる。この矩形波のデューティ比を 50 % とすれば、180 度間隔で投光期間 T x と非投光期間 T y とを繰り返し、投光期間 T x は 0 ~ 180 度の区間に相当し、非投光期間 T y は 180 度 ~ 360 度の区間に相当する。

40

【0070】

撮像素子の各受光素子 1 には、図 7 (b) のように、投光期間 T x において発光源 2 から投光され物体 5 で反射された信号光と対象空間に存在している環境光とが入射し、非投光期間 T y において撮像素子の各受光素子 1 に環境光のみが入射する。したがって、投光期間 T x と非投光期間 T y との受光光量の差分を求めると、環境光の影響を除去して物体 5 での光の反射の程度を評価することができる。後述するように、距離の計測において 0 度から始まる区間の受光光量を A 0 とし、180 度から始まる区間の受光光量を A 2 としているから、この符号を用いるとすれば、投光期間 T x と非投光期間 T y との受光光量の差分を求めることは、A 0 - A 2 を求めることに相当する。

50

【0071】

物体5までの距離が一定であれば、受光光量の差分によって投光した光の波長に対する物体5の反射率を求めることができる。反射率は投光した光の波長に依存性があるから、発光源2から対象空間に投光する光の波長を可変にすれば、波長に対する反射率の特性を求めることも可能である。また、環境光のみが存在する非投光期間 T_y と環境光に加えて信号光が存在する投光期間 T_x との受光光量の差分を求めているから、差分が規定した閾値以上の領域には光を反射する物体5が存在すると判断することも可能である。

【0072】

一方、距離の計測には（距離計測動作）、発光源2から強度を変調した光（強度変調光）を対象空間に投光し、対象空間に存在する物体5で反射され撮像素子の各受光素子1に入射した光の強度変化の位相と発光源2からの光の強度変化の位相との位相差を求め、この位相差を距離に換算する技術を用いている。つまり、発光源2から図8（a）（b）のように強度変調光を対象空間に投光し（図8（a）は強度変調光と受光との関係を示し、図8（b）は時間軸を引き延ばした状態を示している）、撮像素子を構成する各受光素子1に入射する光の強度が図8（c）のように変化しているとすると、同位相の時間差 Δt は物体5までの距離 L を反映しているから、光速を c [m/s]として、時間差 Δt [s]を用いると、物体5までの距離 L は、 $L = c \cdot \Delta t / 2$ で表される。光の強度を変調する変調信号の周波数を f [Hz]とし、位相差を ϕ [rad]とすれば、時間差 Δt は、 $\Delta t = \phi / 2\pi f$ であるから、位相差 ϕ を求めることにより距離 L を求めることができる。

【0073】

この位相差 ϕ は、発光源2を駆動する変調信号と受光素子1への入射光との位相差とみなしてよい。そこで、撮像素子の各受光素子1への入射光の受光強度を変調信号の複数の異なる位相について求め、求めた位相の関係と受光強度とから入射光と変調信号との位相差 ϕ を求めることが考えられている。実際には、撮像素子の各受光素子1において所定の位相幅（時間幅）を有する区間（位相区間）ごとの受光光量を検出し、この受光光量に相当する受光出力を位相差 ϕ の演算に用いる。各区間を90度間隔とすれば、変調信号の1周期について等位相間隔の4つの区間が周期的に得られ、各区間の受光光量 $A_0 \sim A_3$ を用いることによって、位相差 ϕ は、 $\phi = \tan^{-1} \{ (A_0 - A_2) / (A_1 - A_3) \}$ と表すことができる。

【0074】

なお、受光光量 $A_0 \sim A_3$ を変調信号のどの位相に対応させるかによって、位相差 ϕ の符号は変化する。また、図8に示す例では、各区間を90度の位相幅に設定しているが、位相幅は適宜に設定することができる。さらに、必ずしも4区間の受光光量 $A_0 \sim A_3$ を用いなくとも位相差 ϕ を求めることが可能であり、3区間あるいは5区間以上の受光光量を用いて位相差 ϕ を求めてもよい。

【0075】

ところで、図7に示すように、強度検出動作では、1回の受光が投光期間 T_x または非投光期間 T_y に対応付けられ、図8に示すように、距離計測動作では、1回の受光が変調信号の複数周期（数万周期）に設定してある。

【0076】

上述の演算を行うには、変調信号の各区間ごとの受光光量に応じた電子を光電変換部D1で生成する必要がある。各区間ごとの受光光量を求めるには、感度制御電極21に印加する電圧を変調信号に同期させて制御する。

【0077】

この動作について説明する。制御部4は、各感度制御電極21に対してそれぞれ電圧の印加の有無を制御することができ、電圧を印加された感度制御電極21では直下にポテンシャル井戸が形成される。つまり、連続して隣り合う感度制御電極D1に電圧を印加することにより、電圧を印加した感度制御電極21の個数分に相当する開口面積（素子形成層11の主表面に沿った開口面積）を有したポテンシャル井戸が形成される。

【0078】

光電変換部D1で生成された電子はポテンシャル井戸に集積されるから、ポテンシャル井戸の開口面積（つまり、ポテンシャル井戸の体積）が大きいほど、電子を集積する効率が高くなる。逆に、1個の感度制御電極21にのみ電圧を印加しているときには、電子を集積する効率が低くなり、すでにポテンシャル井戸に集積されている電子を保持することができる。もちろん、1個の感度制御電極21にのみ電圧を印加して電子を保持している状態であっても、ポテンシャル井戸に電子は集積されるが、複数の感度制御電極21に電圧を印加する場合よりも電子の集積効率が低下するから、集積された電子の量は複数の感度制御電極21に電圧を印加している期間の受光光量を反映していることになる。なお、電子を保持するためのポテンシャル井戸を形成する感度制御電極21を遮光すれば、電荷を保持している期間における電子の集積を抑制することができる。

10

【0079】

上述の動作から明らかなように、光電変換部D1において、変調信号の特定の区間における受光光量に相当する電子を集積するには、当該区間において電圧を印加する感度制御電極21の個数を多くし、他の区間には1個の感度制御電極21にのみ電圧を印加することで電子を保持すればよい。制御部4は、感度制御電極21への電圧の印加パターンを時間経過に伴って変化させる。たとえば、変調信号の各周期の同じ区間ごとに複数の感度制御電極21に電圧を印加することにより、当該区間に生成される電子を複数周期に亘って累積させる動作が可能である。この動作では、変調信号の1周期の区間で得られる受光光量が少ない場合であっても、光電変換部D1において電子を累積させて電子の量を増加させることができる。もっとも、受光強度が高い場合には電子を累積させると飽和しやすくなるから、電子を累積させるか否かは使用環境に応じて適宜に定める。

20

【0080】

信号処理部3では、各受光素子1ごとに各区間に対応する受光出力を用い、上述した演算により位相差を求め、各受光素子1ごとに距離を計測する。つまり、各受光素子1の画素値を距離とした距離画像を生成する。

【0081】

ところで、上述した原理で距離を計測するには、発光源2から対象空間に投光した信号光のみを撮像素子の各受光素子1で検出すればよく、信号光の受光光量が多いほど距離の計測精度を高めることができると考えられる。しかし、撮像素子の各受光素子1に入射する光は信号光のみではなく、周囲に存在する環境光がつねに入射する。また、撮像素子の各受光素子1において生成される電子の量が受光光量に応じて変化する範囲には上限があり、受光光量が多くなると生成される電子の量が飽和し、受光出力が受光光量を反映しなくなる。したがって、撮像素子の各受光素子1の飽和を抑制しつつ信号光に相当する電子の量を増加させる必要がある。

30

【0082】

上述した撮像素子では、電荷保持部D4に保持した電子の量に応じた量の不要電荷を秤量して廃棄する機能を有しているから、秤量する不要電荷の量を環境光の受光光量に対応付ければ、受光光量に含まれる信号光の成分の割合に対して、電荷蓄積部D3に蓄積される電子に含まれる信号光に相当する電子の量の割合を増加させることができる。しかも、光電変換部D1で生成された電子のうちの一部を不要電荷として廃棄するから、電荷蓄積部D3に蓄積される電子が飽和する可能性を低減することができる。

40

【0083】

このような知見に基づいて、発光源2を消灯させる非投光期間（受光素子1の調整期間に対応付ける）と発光源2から強度変調光を投光する投光期間（受光素子1の計測期間に対応付ける）とを設けて対象空間に間欠的に投光する構成を採用している。非投光期間においては、光電変換部D1で生成された電子を電荷保持部D4に保持させることにより、環境光の強度を反映した量の電子を電荷保持部D4に保持させ、電荷秤量部D2で秤量する不要電荷の量を環境光の強度に対応付ける。

【0084】

50

一方、投光期間には、非投光期間の受光光量に応じたポテンシャル障壁が障壁制御電極 24 の直下に形成されているから、光電変換部 D1 において生成した電子のうち環境光の受光光量を反映した量の不要電荷を秤量して廃棄した残りの電子を電荷蓄積部 D3 に蓄積することができる。ここに、不要電荷として秤量される電荷量は、環境光の受光光量に比例しているとは限らないが、環境光の受光光量に応じて変化するから、環境光の増減に応じて秤量する不要電荷の量も変化する。したがって、受光光量が微小変動しても電荷蓄積部 D3 に蓄積される電荷において信号光に相当する成分の割合を高い状態に保つことができる。すなわち、発光源 2 の投光期間において光電変換部 D1 で生成された電荷から不要電荷を分離することによって、信号光成分の情報を残しながらも信号対雑音比を増加させることができる。

10

【0085】

上述したように、変調信号の 1 周期において光電変換部 D1 で生成される電子の量が少ない場合に、変調信号の複数周期に亘って光電変換部 D1 で電子を集積することによって電子を累積させることが可能であるが、光電変換部 D1 において電子が飽和する可能性もある。そこで、電荷蓄積部 D3 に蓄積した電荷をただちに受光出力として読み出す代わりに、電荷秤量部 D2 において不要電荷を秤量する動作を複数回行う間、電荷蓄積部 D3 に電子を蓄積することによって、電子を累積させる技術を採用することもできる。

【0086】

電荷蓄積部 D3 に蓄積される電子は、光電変換部 D1 で生成された電子から不要電荷が除去されているから、光電変換部 D1 において電子を集積する場合のように受光した環境光成分の電子を累積させる場合に比較すると、電子の量が少なく飽和が生じにくくなる。しかも上述のように、全電荷量に占める信号光成分の割合が多いから、信号光成分の変化に対する電荷量の変化率が大きくなり、それだけ距離の計測精度が高くなる。

20

【0087】

制御部 4 では、電荷蓄積部 D3 に電子を流入させた後、オーバーフロイドレイン 15 を通して電荷秤量部 D2 から不要電荷を廃棄させる。この動作は、電荷蓄積部 D3 に電子を流入させるたびに行う。電荷保持部 D4 に保持させる電子の量を更新する場合には、リセットゲート 28 に電圧を印加し、保持用ウェル 14 に保持された電子をリセットドレイン 29 から廃棄する。電荷保持部 D4 の電子を廃棄するタイミングは、使用環境に応じて適宜に設定すればよいが、たとえば、受光出力の読出毎とすることができる。つまり、距離画像の 1 フレームごとにポテンシャル障壁の高さを調整すればよい。また、不要電荷は電荷蓄積部 D3 に電子を流入させるたびに廃棄する。

30

【0088】**(動作 1)**

基本動作において説明したように、調整期間では電荷保持部 D4 に電荷を投入することにより電荷秤量部 D2 におけるポテンシャル障壁の高さを決定し、計測期間では調整期間において決定した高さのポテンシャル障壁を用いて不要電荷を秤量し、光電変換部 D1 で生成された生成電荷のうち不要電荷を除いた残留電荷を有効電荷として受光出力に利用している。

【0089】

また、発光源 2 から対象空間に投光し、受光素子 1 により対象空間からの光を受光することにより対象空間の空間情報を検出する装置では、発光源 2 の非投光期間を調整期間に対応付けるとともに、発光源 2 の投光期間を計測期間に対応付けることによって、調整期間において環境光の受光光量に相当する電荷量の電荷を電荷保持部 D4 に保持させる。そして、計測期間には環境光の受光光量に相当する電荷量を不要電荷として生成電荷から除去することにより、信号光の受光光量に相当する電荷量を残留電荷として取り出すことが可能になっている。

40

【0090】

すなわち、図 9 に示すように、調整期間 T1 のうち数 ms 程度の受光期間 P1 において光電変換部 D1 で生成した生成電荷を、転送期間 P_t において電荷保持部 D4 に引き渡し

50

、次に計測期間 T_2 のうち数 ms 程度の受光期間 P_2 （受光期間 P_1 と同時期）において光電変換部 D_1 で生成した生成電荷を電荷秤量部 D_2 で秤量している。電荷秤量部 D_2 で秤量する秤量期間 P_m は数 μs 程度の期間になる。

【0091】

この動作では、調整期間 T_1 において電荷保持部 D_4 に引き渡した電荷量で決定される不要電荷の電荷量が、環境光の受光光量に相当する電荷量に一致していることが理想であるが、電荷保持部 D_4 に受け渡し元から与えた電荷量と、電荷秤量部 D_2 で秤量される分離電荷の電荷量とは線形関係ではない。そこで、制御部 4 では調整期間 T_1 において以下に説明する制御を行う。

【0092】

本動作では、以下の各動作の基本となる動作について説明する。以下の各動作の共通点は、図 10 に示すように、調整期間 T_1 において、複数回の受光期間 P_i （ $i = 1, 2, \dots$ ）を設けるとともに、受光期間 P_i ごとに電荷保持部 D_4 に電荷を投入し、さらに調整期間 T_1 のうち少なくとも最後の 1 回の受光期間 P_n （図示例では $n = 2$ ）に生成した生成電荷は電荷秤量部 D_2 で不要電荷を分離した後の残留電荷とする点にある。

【0093】

図 10 に示す例では、調整期間 T_1 における 1 回目の受光期間 P_1 に生成された生成電荷を転送期間 P_t において電荷保持部 D_4 に転送する。電荷保持部 D_4 に電荷を転送する前には電荷保持部 D_4 の電荷は廃棄されているから、電荷保持部 D_4 に電荷が投入されることにより電荷秤量部 D_2 にはポテンシャル障壁 B_P が形成される（図 11 参照）。

【0094】

調整期間 T_1 を継続して、2 回目の受光期間 P_2 に生成された生成電荷を電荷秤量部 D_2 に転送すると、電荷秤量部 D_2 では電荷保持部 D_4 に保持された電荷量に応じて規定された電荷量の不要電荷を秤量する。つまり、秤量期間 P_m において生成電荷から不要電荷が分離され、ポテンシャル障壁 B_P を乗り越えた残留電荷が電荷蓄積部 D_3 に蓄積される。

【0095】

この残留電荷を転送期間 P_t において電荷保持部 D_4 に投入する。電荷保持部 D_4 では、1 回目に投入された電荷と 2 回目に投入された電荷とが加算されるから、ポテンシャル障壁 B_P の高さが増加し、それだけ不要電荷として秤量される電荷量が増加する。

【0096】

電荷秤量部 D_2 における電荷分離領域 D_a と電荷保持部 D_4 とは、転送ゲート 27 を介して隣接しているから、電荷分離領域 D_a から電荷保持部 D_4 への電荷の転送は容易であるが、電荷蓄積部 D_3 と電荷保持部 D_4 とは隣接していないから、電荷蓄積部 D_3 から電荷保持部 D_4 に電荷を転送するには、電荷分離領域 D_a の不要電荷を廃棄した後に電荷蓄積部 D_3 として形成されているポテンシャル井戸を浅くして電荷蓄積部 D_3 から電荷分離領域 D_a に残留電荷を移動させ、その後、電荷分離領域 D_a から電荷保持部 D_4 に電荷を転送することになる。

【0097】

電荷蓄積部 D_3 から電荷保持部 D_4 に電荷を転送するに際して、電荷分離領域 D_a を通過させる代わりに、電荷保持部 D_4 および転送ゲート 27 を設ける位置を、電荷秤量部 D_2 の側方ではなく、電荷蓄積部 D_3 の側方に変更した構成を採用することもできる。この構成を採用する場合には、1 回目の受光期間 P_1 において、電荷蓄積部 D_3 となるポテンシャル井戸を電荷分離領域 D_a となるポテンシャル井戸よりも深くしておくことにより、光電変換部 D_1 で生成された生成電荷を電荷蓄積部 D_3 に蓄積することができる。

【0098】

本動作では、1 回目の受光期間 P_1 に生成された生成電荷は、図 11（a）に示すように、電荷秤量部 D_2 にポテンシャル障壁 B_P が形成されていない状態において電荷蓄積部 D_3 に転送される（図の斜線部は電荷を示す）。このとき電荷蓄積部 D_3 に転送された電荷の電荷量は、生成電荷の電荷量に一致するとみなしてよい。

10

20

30

40

50

【0099】

次に、転送期間 P_t において電荷蓄積部 D 3 から電荷保持部 D 4 に電荷を移動させると、図 11 (b) のように、電荷保持部 D 4 に保持された電荷量に見合う高さのポテンシャル障壁 B P が電荷秤量部 D 2 に形成される。1 回目の受光期間 P_1 の後の転送期間 P_t において電荷保持部 D 4 に電荷が投入される際の受け渡し元の電荷量は、理想的には光電変換部 D 1 で生成された生成電荷の電荷量であるから、図 11 (b) の状態において秤量することのできる不要電荷の電荷量は、光電変換部 D 1 で生成された生成電荷の電荷量に一致すると考えられる。

【0100】

しかしながら、電荷保持部 D 4 に保持された電荷量に対してポテンシャル障壁 B P の高さが決まり、形成されたポテンシャル障壁 B P の高さに対して不要電荷の電荷量が決まるから、電荷保持部 D 4 に保持された電荷量と不要電荷の電荷量とは必ずしも一致しない。

【0101】

たとえば、1 回の受光期間 P_1 において得られた受光光量に相当する電荷量を Q_{DC} とし、この電荷量 Q_{DC} に対して 2 回目の受光期間 P_2 において電荷秤量部 D 2 で秤量される不要電荷の電荷量を Q_{UN} とすれば、 $Q_{DC} > Q_{UN}$ であり、2 回目の受光期間 P_2 における受光光量に相当する電荷量も Q_{DC} であるから、秤量期間 P_m において秤量すると、図 11 (c) のように電荷蓄積部 D 3 には、 $Q_{DC} - Q_{UN}$ の残留電荷が蓄積されることになる。

【0102】

この残留電荷 ($Q_{DC} - Q_{UN}$) を転送期間 P_t において電荷保持部 D 4 に転送すると、電荷保持部 D 4 に保持される電荷量が増加し、その結果として、図 11 (d) のように、ポテンシャル障壁 B の高さが増加し、受光期間 P_1 、 P_2 において得られた受光光量に相当する電荷量 Q_{DC} と不要電荷の電荷量 Q_{UN} との差分が小さくなる。

【0103】

ここで、電荷保持部 D 4 に保持された電荷量とポテンシャル障壁 B P の形成により秤量できる不要電荷の電荷量との関係は単調増加の関係ではあるが線形関係ではないから、不要電荷の電荷量 Q_{UN} を電荷保持部 D 4 に保持された電荷量 Q の単調増加関数 $f(Q)$ として表す (すなわち、 $Q_{UN} = f(Q)$)。受光期間 P_1 、 P_2 ごとの生成電荷の電荷量 Q_{DC} を用いると、1 回目の受光期間 P_1 の後に形成されるポテンシャル障壁 B P により秤量される不要電荷の量は $f(Q_{DC})$ であり、2 回目の受光期間 P_2 の後に形成されるポテンシャル障壁 B P により秤量される不要電荷の量は、 $f(2Q_{DC}) - f(Q_{DC})$ になって秤量される不要電荷の量が増加する。

【0104】

なお、関数 $f(Q)$ は、電荷保持部 D 4 に保持された電荷量からポテンシャル障壁 B P の高さへの変換率 $\alpha(Q)$ と、ポテンシャル障壁 B P の高さ H から電荷秤量部 D 2 で秤量する不要電荷の電荷量への変換率 $\beta(H)$ とを含む。つまり、 $f(Q) = \alpha(Q) \cdot \beta(H)$ と近似することができる。ここに、変換率 $\alpha(Q)$ は電荷量 Q にかかわらずほぼ一定であり、変換率 $\beta(H)$ はポテンシャル障壁 B P の高さ H に対して非線形に変化する。

【0105】

図 10 では電荷秤量部 D 2 において秤量した後の残留電荷を電荷保持部 D 4 に転送する回数を 1 回だけ示しているが、この回数にはとくに制限がなく、図 12 のように、電荷秤量部 D 2 において電荷を秤量する秤量期間 P_m と、秤量後の電荷を電荷保持部 D 4 に転送する転送期間 P_t と複数回ずつ設けるようにしてもよい。

【0106】

秤量期間 P_m と転送期間 P_t とを複数回ずつ設けると、秤量期間 P_m 毎に残留電荷が徐々に減少する。光電変換部 D 1 で生成される生成電荷の電荷量が各受光期間 P_i において変化しないものとすれば、残留電荷は零に収束する。つまり、理論的には、秤量期間 P_m と転送期間 P_t との繰り返し回数が無限大になると、生成電荷の電荷量と不要電荷の電荷量とが一致する。

10

20

30

40

50

【0107】

もっとも、実際には複数回の繰り返しで実質的に一致するようになる。したがって、生成電荷の電荷量と不要電荷の電荷量とがほぼ一致するとみなせるようになる回数をあらかじめ実測しておき、その回数よりもやや多い回数だけ繰り返すことによって、電荷秤量部D2において秤量する不要電荷の電荷量を環境光の受光光量に相当する電荷量に一致させることが可能になる。

【0108】

このような動作により、電荷秤量部D2において秤量する不要電荷の電荷量を過不足なく設定することが可能になる。発光源2とともに用いて空間情報の検出装置を構成している場合には、発光源2からの信号光の非投光期間において、環境光の成分に相当する電荷量を不要電荷として過不足なく秤量できるようにポテンシャル障壁BPを設定することができるから、信号光の投光期間には、受光光量に相当する量の電荷のうち環境光の受光光量に相当する量の電荷を過不足なく不要電荷として除去することが可能になり、結果的に信号光に対するダイナミックレンジをほぼ最大化することが可能になる。

10

【0109】

本動作では、1回目の受光期間P1に得られた生成電荷を電荷保持部D4にそのまま投入し、2回目以降の受光期間P2、P3、……では電荷秤量部D2において不要電荷を除去する秤量期間Pmを設け、秤量期間Pmで得られた残留電荷を電荷保持部D4に投入している。以下では、受光期間Piと転送期間Ptとのみを持つ期間を単純投入期間と呼び、受光期間Piと秤量期間Pmと転送期間Ptとを持つ期間を分離投入期間と呼ぶ。

20

【0110】

単純投入期間には、ポテンシャル障壁BPを形成しない状態で電荷蓄積部D3に一旦投入した電荷を、電荷蓄積部D3から電荷分離領域Daに戻した後（電荷蓄積部D3のポテンシャルを浅くするとともに電荷分離領域Daにポテンシャル井戸を形成する）、電荷分離領域Daから電荷保持部D4に電荷を移動させる。あるいはまた、電荷蓄積部D3のポテンシャルを電荷分離領域Daおよびポテンシャル障壁BPよりも浅くし、電荷分離領域Daから電荷保持部D4に電荷を直接投入できるようにする。

【0111】

図1(a)の構成では、電荷秤量部D2を介して電荷保持部D4に電荷を投入しているが、図1(b)のように、電荷保持部D4を光電変換部D1に隣接させて設け、光電変換部D1から電荷保持部D4に電荷を投入する構成を採用してもよい。

30

【0112】

(動作2)

動作1では、単純投入期間と分離投入期間とにおける受光期間Piを同じ長さになっているが、電荷蓄積部D3から電荷保持部D4に引き渡す電荷量に対して電荷秤量部D2で秤量される不要電荷の電荷量の増加率が小さい場合には、単純投入期間において光電変換部D1で生成された生成電荷に相当する量の電荷を電荷保持部D4に引き渡すだけでは、ポテンシャル障壁BPの高さを大きく増加させることができない。したがって、所望高さのポテンシャル障壁BPが形成されるまでに要する分離投入期間の回数が多くなり、調整期間が長くなるという問題が生じる。

40

【0113】

この場合には、単純投入期間において電荷保持部D4に引き渡す電荷量を、分離投入期間の受光期間と同時に環境光を受光した場合に得られる電荷量よりも多くする。

【0114】

図13(a)では、単純投入期間（受光期間Piと転送期間Ptのみ）を複数回（図示例では2回）設けた後に、分離投入期間（受光期間Piと秤量期間Pmと転送期間Ptとを備える）を設けることによって、単純投入期間において電荷保持部D4に投入する電荷量を増加させている。

【0115】

この構成では、単純投入期間を繰り返している間には、電荷蓄積部D3のポテンシャル

50

をポテンシャル障壁 B P よりも浅くし、光電変換部 D 1 で生成された生成電荷を電荷分離領域 D a と転送ゲート 2 7 とを通してそのまま電荷保持部 D 4 に転送する。

【0116】

また、図 1 3 (b) のように、単純投入期間を分離投入期間よりも長くしてもよい。要するに、光電変換部 D 1 での受光光量を増加させ、電荷保持部 D 4 に投入される電荷量を増加させるのである。この構成を採用することによっても、調整期間を短縮することができる。

【0117】

本動作を選択する場合には、計測期間 T 2 に除去する不要電荷の電荷量が環境光に相当する電荷量を超えないように、単純投入期間において電荷保持部 D 4 に投入する電荷量を設定することが必要である。他の動作は動作 1 と同様である。

10

【0118】

(動作 3)

動作 1 において説明したように、分離投入期間において電荷保持部 D 4 に電荷を 1 回投入するとポテンシャル障壁 B P の高さが増加して不要電荷の電荷量が増加し、理想的には、不要電荷の電荷量の最大値は、光電変換部 D 1 で生成される生成電荷の電荷量により制限される。しかしながら、調整期間において複数回の受光期間 P i を設けているから、電荷秤量部 D 2 で秤量される不要電荷の電荷量が、期待した電荷量を上回る可能性がある。

【0119】

本動作では、分離投入期間におけるポテンシャル障壁 B P の高さ変化を緩和することにより、不要電荷の電荷量が過大になる可能性を低減する。具体的には、図 1 4 に示すように、電荷秤量部 D 2 で秤量した結果の残留電荷を電荷秤量部 D 2 で再度秤量する。

20

【0120】

生成電荷の電荷量が 1 0 0 で不要電荷の電荷量が 2 0 であるとすれば、残留電荷は 8 0 になるから、この残留電荷を電荷秤量部 D 2 に再投入して秤量することにより、残留電荷の電荷量を 6 0 にすることができる。

【0121】

残留電荷を電荷秤量部 D 2 に再投入する回数は不要電荷の電荷量に応じて適宜に設定する。たとえば、残留電荷の電荷量を監視し、残留電荷が規定した範囲内の電荷量になったときに、電荷保持部 D 4 に投入する構成を採用すればよい。

30

【0122】

上述の動作では、電荷秤量部 D 2 で秤量した後の残留電荷を電荷秤量部 D 2 に再投入することにより、電荷保持部 D 4 に投入する残留電荷の電荷量を低減させる技術を採用しているが、電荷保持部 D 4 に投入する残留電荷を低減するには、電荷秤量部 D 2 で 1 回に秤量する不要電荷の電荷量を増加させる技術を採用してもよい。

【0123】

たとえば、計測期間 T 2 において電荷秤量部 D 2 で 1 回に秤量する電荷量を、図 1 5 (b) のように 2 0 とすれば、分離投入期間において電荷秤量部 D 2 で 1 回に秤量する電荷量を図 1 5 (a) のように $20 \times 2 = 40$ になるように、電荷秤量部 D 2 における電荷分離領域 D a の面積を 2 倍にする。この動作は、電荷秤量領域 D a に複数個の分離電極 2 2 を設けておき、電圧を印加する分離電極 2 2 の個数を制御して、電荷分離領域 D a として機能するポテンシャル井戸の開口面積を変化させることにより実現することができる。

40

【0124】

この技術を採用すれば、残留電荷を電荷秤量部 D 2 に再投入することによって電荷を 2 回秤量した場合と同様の電荷量を不要電荷として分離することが可能になる。

【0125】

ただし、残留電荷を電荷秤量部 D 2 に再投入する構成のほうで、電荷秤量部 D 2 の専有面積を小さくすることができる上に、残留電荷を電荷秤量部 D 2 に再投入する回数を変えることにより電荷保持部 D 4 に投入する電荷量を調整することができるから、構成上の変化を伴うことなく電荷保持部 D 4 に投入する電荷量を調節できる。他の動作は動作 1 と同

50

様である。

【0126】

(動作4)

ここまで詳述しなかったが、計測期間T2において光電変換部D1で生成された生成電荷から環境光に相当する電荷量を不要電荷として電荷秤量部D2で秤量するには、調整期間T1において設定する不要電荷の電荷量は、計測期間T2の不要電荷の電荷量と等しいかそれ以下の関係になっている必要がある。この点について、計測期間T2の動作に鑑みて考察する。

【0127】

計測期間T2の動作としては、図16に示すように、動作3で説明した調整期間T1の動作と同様に、電荷秤量部D2で複数回の秤量を行う動作があり、また、電荷秤量部D2における電荷分離領域Daの面積を変化させる動作が考えられる。

10

【0128】

計測期間T2では電荷秤量部D2において1回の秤量により分離される不要電荷の電荷量は、調整期間T1において電荷保持部D4に保持された電荷量に対応するポテンシャル障壁BPの高さにより決まるから、計測期間T2において分離する不要電荷の総量は、計測期間T2における電荷秤量部D2で不要電荷を秤量する回数と電荷秤量部D2で不要電荷を秤量する際の電荷分離領域Daの開口面積との積で決まる。

【0129】

したがって、調整期間T1と計測期間T2とにおいて環境光の受光強度に実質的な変化が生じないという条件下では、計測期間T2において電荷秤量部D2で秤量する回数あるいは電荷分離領域Daの面積は、調整期間T1における受光期間Piと計測期間T2における受光期間Piとの比率により決まる。

20

【0130】

すなわち、調整期間T1において設定した不要電荷の電荷量をV1とすれば、計測期間T2において1回の秤量で分離される不要電荷の電荷量もV1であるから、調整期間T1と計測期間T2とにおける受光期間Piの長さが等しければ、計測期間T2での秤量は1回になる。また、計測期間T2における受光期間Piが調整期間T1における受光期間Piに対してn倍(nは2以上の整数)であるときには、計測期間T2における電荷秤量部D2での秤量の回数をn回にする。

30

【0131】

調整期間T1においてポテンシャル障壁BPを成長させるのに要する時間は、計測期間T2において不要電荷を秤量する時間に比較して100倍程度の差があるから、計測期間T2において複数回の秤量を行っても、調整期間T1におけるポテンシャル障壁BPの成長時間を短縮することで、全体の所要時間を短縮できる。つまり、計測期間の秤量を複数回の秤量で満足させることにより、電荷保持部に保持させる電荷量が少なく、調整期間を短くすることが可能になるから応答性が向上する。

【0132】

ところで、光電変換部D1の開口面積(電荷を集積するためのポテンシャル井戸を形成するための電圧を印加する感度制御電極21の個数)を、調整期間T1と計測期間T2とで異ならせる場合がある。この場合も上述の動作と同様に、調整期間T1において設定した不要電荷の電荷量は、計測期間T2の1回の受光期間Piにおける環境光の受光光量に相当する電荷量に一致しない。

40

【0133】

たとえば、空間情報の検出装置を構成する場合であって、とくに物体までの距離を求める測距装置を構成する場合には、上述したように、強度変調光の位相の特定区間における受光光量A0~A3を求めるから、光電変換部D1において、2区間ずつ受光光量(たとえば、A0, A2)を変調信号の複数周期に亘って蓄積した後に、光電変換部D1から電荷秤量部D2に転送して不要電荷を分離する場合にこのような状態が生じる。

【0134】

50

この動作では、図17(a)(b)のように、変調信号の各区間に同期させて感度制御電極21に印加する電圧を変化させることによりポテンシャル井戸を形成する領域を変化させる。ポテンシャル井戸の開口面積が大きい領域のほうが電荷の集積効率が高く実質的に感度が高くなり、開口面積の小さい領域は電荷の集積効率が低くもっぱら電荷の保持を行う。

【0135】

したがって、図17(a)の状態では、主として受光光量A0に相当する電荷を保持するとともに受光光量A2に相当する電荷を集積し、図17(b)の状態では、主として受光光量A0に相当する電荷を集積するとともに受光光量A2に相当する電荷を保持する。

【0136】

このように、調整期間T1と計測期間T2との各受光期間Piにおいて環境光に対する受光光量が明らかに異なるときには、上述のようにして、計測期間T2における秤量の回数や電荷分離領域Daの開口面積を変化させるほかに、調整期間T1において光電変換部D1に形成するポテンシャル井戸の形状を計測期間T2のポテンシャル井戸の形状とは異ならせる技術を採用することができる。

【0137】

たとえば、図17に示す動作では、計測期間T2において、8個の感度制御電極21のうち各1個を受光光量A0、A2に対応する電荷量の保持に用いており、環境光と信号光とを併せて受光する領域は6個の感度制御電極21に対応する領域になっている。これは、異なる2区間の電荷の集積と保持とを行うからであり、8個の感度制御電極21に対応する領域においていわば2種類の電荷を扱っていることになる。

【0138】

これに対して、調整期間T1には8個の感度制御電極21に対応する領域で環境光の受光光量に対応する1種類の電荷のみを扱えばよいから、8個の感度制御電極21に対応する領域の全体を受光領域に用いることができる。また、調整期間T1において感度制御電極21に印加する電圧は、計測期間T2において感度制御電極21に印加する電圧とは異ならせることが可能であり、調整期間T1におけるポテンシャル井戸の深さを計測期間T2とは異ならせることができる。要するに、調整期間T1において計測期間T2とは光電変換部D1の感度を調節することができる。

【0139】

このように、調整期間T1において計測期間T2に比較して実質的に光電変換部D1の受光面積を拡大した状態で電荷を集積することにより、環境光の受光光量に相当する電荷量を比較的短時間で電荷保持部D4に保持させることが可能になる。したがって、計測期間T2と調整期間T1とにおいて光電変換部D1の受光面積を実質的に等しくしている場合に比較すると、調整期間T1を短縮することが可能になる。

【0140】

なお、この動作では、計測期間T2において除去すべき不要電荷の電荷量が、調整期間T1に設定された不要電荷の電荷量に比例するように、計測期間T2の長さ、秤量の回数などを調節することが必要である。また、上述の例では、受光面積あるいは感度制御電極21に印加する電圧を変化させているが、受光期間Piの長さを調節することによっても調整期間T1において設定する不要電荷の電荷量の調節が可能である。他の動作は動作1と同様である。

【図面の簡単な説明】

【0141】

【図1】(a)(b)はそれぞれ実施形態を示す要部正面図である。

【図2】同上の横断面図である。

【図3】同上の縦断面図である。

【図4】同上の動作説明図である。

【図5】同上の動作説明図である。

【図6】同上を用いた検出装置のブロック図である。

【図 7】図 6 に示した検出装置の動作例を示す説明図である。

【図 8】図 7 に示した検出装置の他の動作例を示す動作説明図である。

【図 9】同上の基本動作を示す動作説明図である。

【図 10】同上の動作 1 の動作説明図である。

【図 11】同上の動作 1 の動作説明図である。

【図 12】同上の動作 1 の他例を示す動作説明図である。

【図 13】同上の動作 2 の動作説明図である。

【図 14】同上の動作 3 の動作説明図である。

【図 15】同上の動作 3 の動作説明図である。

【図 16】同上の動作 4 の動作説明図である。

10

【図 17】同上の動作 4 の動作説明図である。

【図 18】従来技術の問題点を説明する図である。

【符号の説明】

【0142】

1 受光素子

2 発光源

3 信号処理部

4 制御部（駆動制御回路）

5 物体

24 障壁制御電極

20

27 転送ゲート

B ポテンシャル障壁

D1 光電変換部

D2 電荷秤量部

D3 電荷蓄積部

D4 電荷保持部

Da 電荷分離領域

Db 障壁形成領域

P1, P2, …… 受光期間

Pm 秤量期間

30

Pt 転送期間

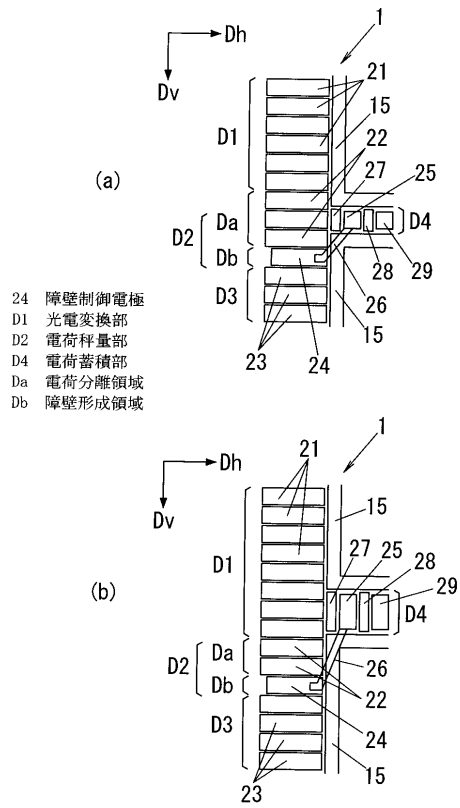
T2 計測期間

T1 調整期間

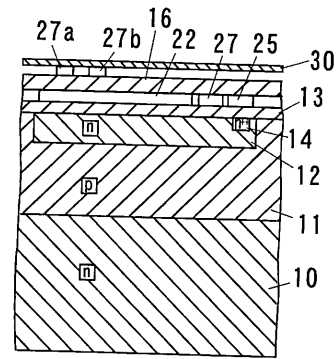
Tx 投光期間

Ty 非投光期間

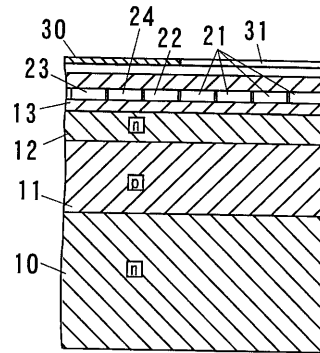
【図 1】



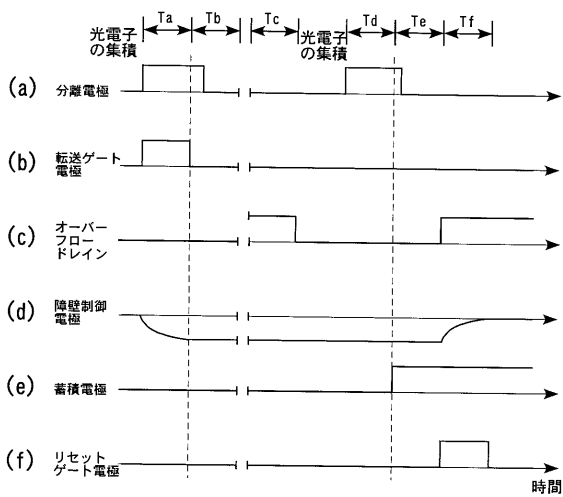
【図 2】



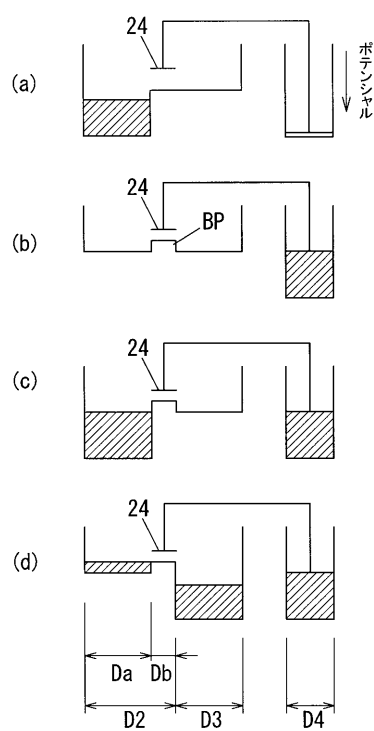
【図 3】



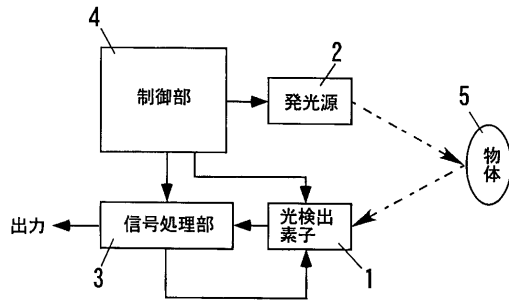
【図 4】



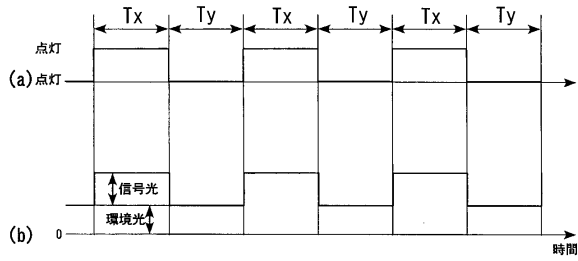
【図 5】



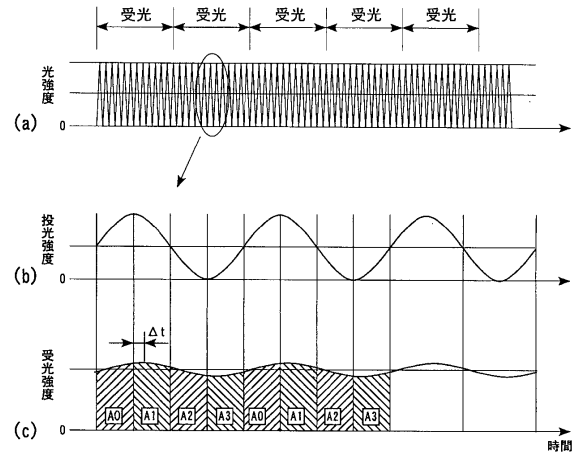
【図 6】



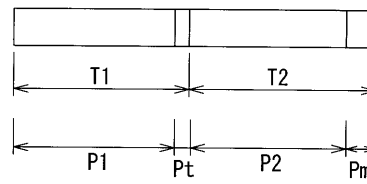
【図 7】



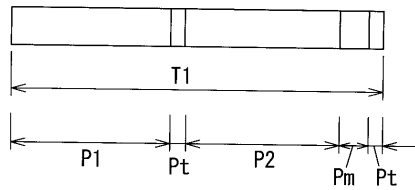
【図 8】



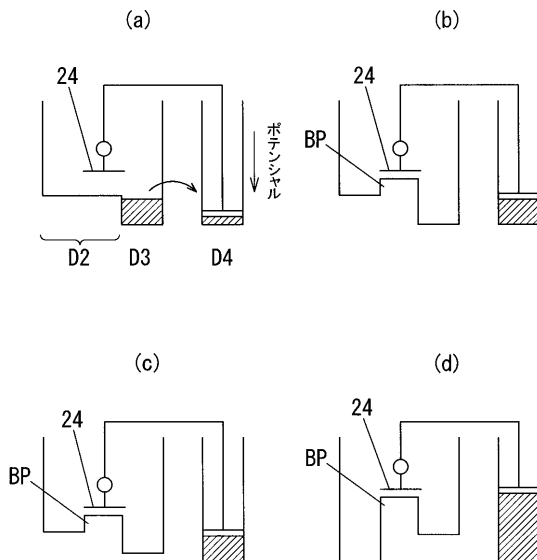
【図 9】



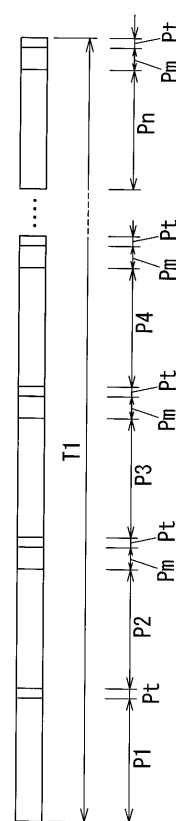
【図 10】



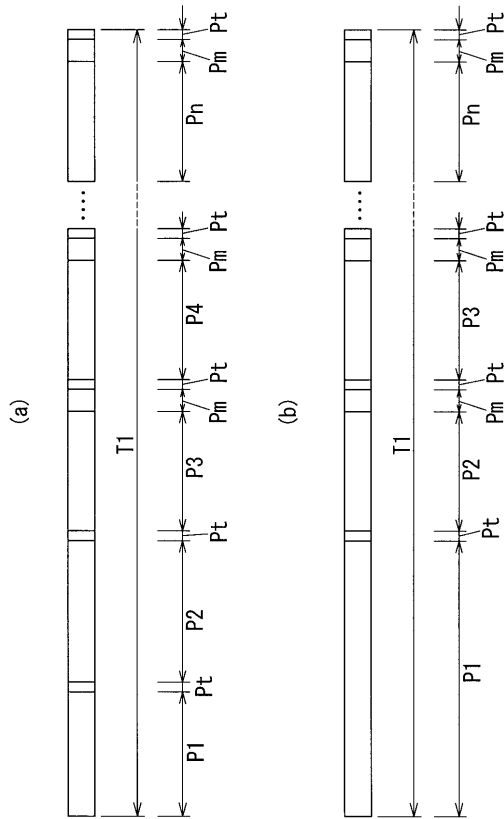
【図 11】



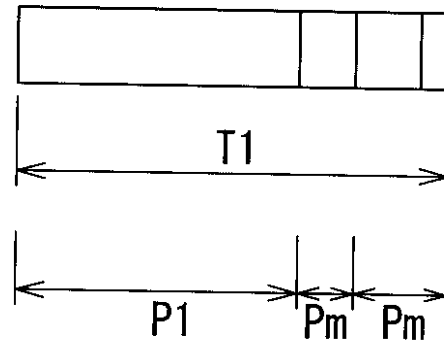
【図 12】



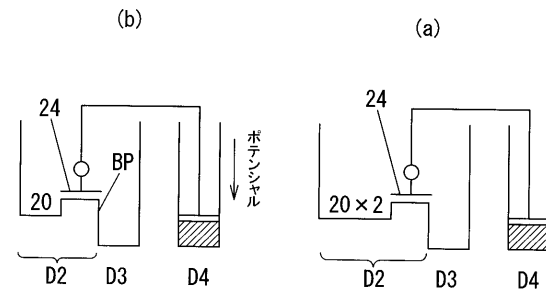
【図 1 3】



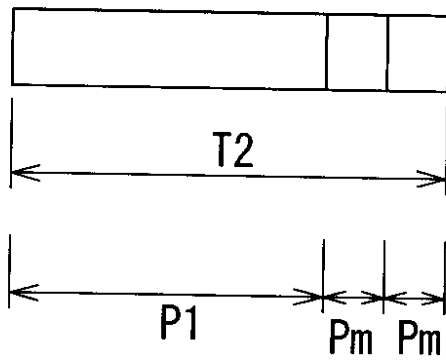
【図 1 4】



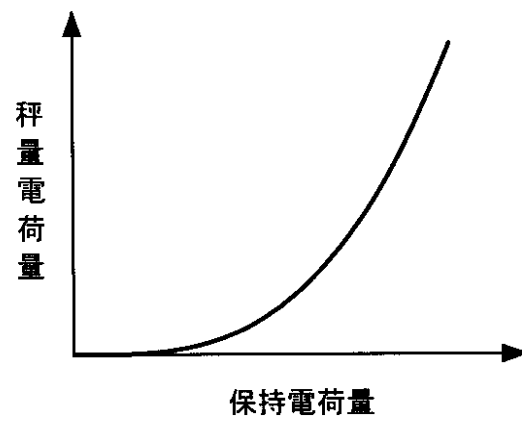
【図 1 5】



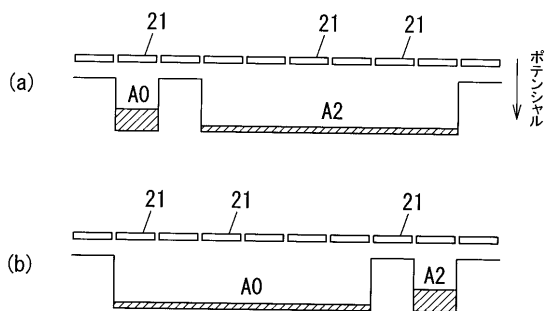
【図 1 6】



【図 1 8】



【図 1 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2007/055375 (WO, A1)

特開平05-226630 (JP, A)

特開2004-356594 (JP, A)

特開2007-095850 (JP, A)

特開2008-135800 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/148

G01S 17/10