

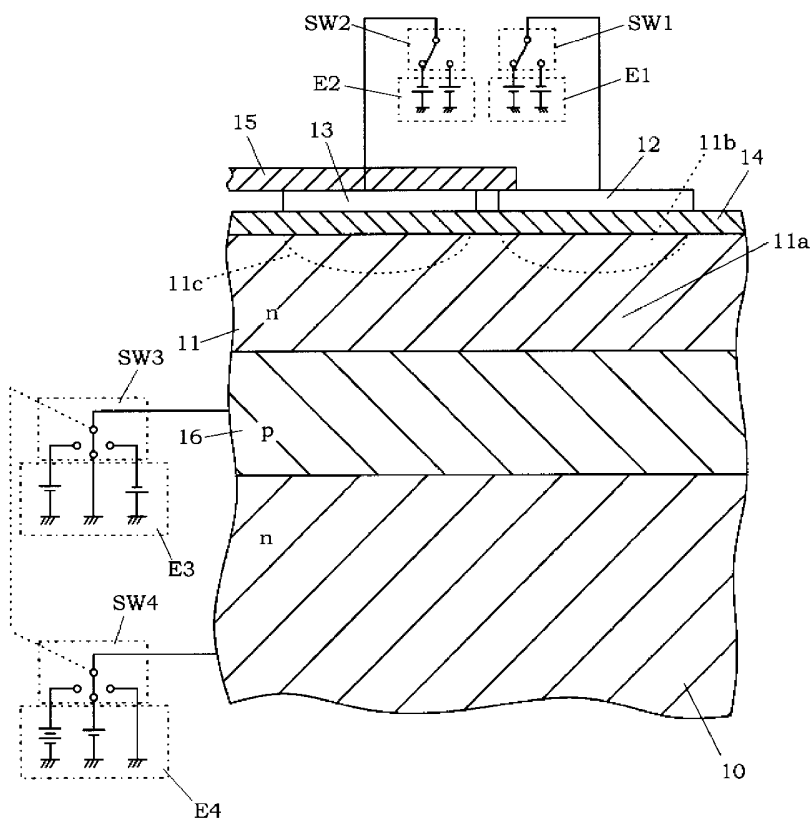


- (51) 国際特許分類:
H01L 31/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/024109
- (22) 国際出願日: 2005年12月28日 (28.12.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-001003 2005年1月5日 (05.01.2005) JP
特願2005-001950 2005年1月6日 (06.01.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電工株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.) [JP/JP]; 〒5718686 大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 橋本 裕介
- (74) 代理人: 西川 恵清, 外 (NISHIKAWA, Yoshikiyo et al.); 〒5300001 大阪府大阪市北区梅田 1 丁目 1 2 番 1 7 号 梅田第一生命ビル 5 階 北斗特許事務所 Osaka (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,

[続葉有]

(54) Title: PHOTO-DETECTOR, SPACE INFORMATION DETECTION DEVICE USING THE PHOTO-DETECTOR, AND PHOTO-DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: 光検出器、同光検出器を用いた空間情報検出装置、および光検出方法



(57) Abstract: There is provided a photo-detector capable of obtaining a stable photo-detection output by preventing lowering of the dynamic range for a signal light even under a condition with a plenty of environmental light. The photo-detector includes an accumulation electrode and a holding electrode arranged via an insulation layer on a photo-electric conversion unit and a control unit for controlling the timing for applying voltage to these electrodes and polarity of the voltage. One of electron or hole generated in the photo-electric conversion unit is accumulated in an accumulation region formed by applying voltage to the accumulation electrode and the other is accumulated in the holding region formed by applying voltage to the holding electrode. Next, the electrons and the holes in the holding region and the accumulation region are re-coupled and remaining electrons or holes not re-coupled are outputted.

[続葉有]



SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(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, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 環境光の多い条件下でも、信号光に対するダイナミックレンジの低下を防いで安定した受光出力が得られる光検出器を提供する。この光検出器は、光電変換部上に絶縁層を介して設けられる集積電極と保持電極、およびこれらの電極に電圧を印加するタイミングおよび電圧の極性を制御する制御部を有する。光電変換部で生成された電子およびホール的一方は、集積電極に電圧を印加して形成される集積領域に集積され、他方は保持電極に電圧を印加して形成される保持領域に集積され、次いで、保持領域と集積領域の電子とホールを再結合させ、再結合されずに残留した電子とホール的一方を出力する。

明 細 書

光検出器、同光検出器を用いた空間情報検出装置、および光検出方法 技術分野

- [0001] 本発明は、環境光(太陽から自然光や室内の照明光)が多い条件下でも、検出対象である信号光の受光出力を安定して得るための技術に関するものである。

背景技術

- [0002] 従来から、フォトダイオード、フォトランジスタ、CCDイメージセンサなど各種の光検出素子が知られており、これらの光検出素子は、対象物の有無を受光光量の変化で検出する光電センサ、光を伝送媒体とする光通信、投受光の時間差または位相差を用いたり三角測量法の原理を用いて光学的に測距する距離センサ、ビデオカメラやデジタルカメラの撮像素子などの用途に広く利用されている。
- [0003] この種の光検出素子では、受光光量が適正であれば受光光量に応じた大きさの受光出力を得ることができるが、受光光量が過剰になると、受光出力が飽和するという問題がある。例えば、太陽光のような環境光が入射する環境下で、侵入者を監視する光電センサ、光リモコン装置のような光通信、自動焦点カメラやロボットアイに用いる距離センサ、距離画像を得るために発光源とともに用いる撮像素子として用いる場合、光検出素子に対して発光源から放射された光のほかに環境光も併せて入射するため、発光源から放射された光のみを受光する場合に比較すると受光光量が増加する。しかしながら、光検出素子におけるキャリアの生成数には限界があるので、受光光量が過剰に増加すればキャリアの生成数は飽和し、結果的に、環境光の光量分だけ光検出素子のダイナミックレンジが低減して、信号光の受光出力を安定して得ることができなくなる。この問題は、CCDイメージセンサにおいて、ブルーミング現象としても知られている。
- [0004] 上記問題点を解消するため、例えば、特願昭62-272773号公報では、p形シリコン基板に絶縁層を介して設けた電極に大きな正の電圧を印加することにより、ポテンシャル井戸を反転状態とすることにより、絶縁層との界面に集まる多数キャリアと過剰キャリアとを再結合させることで、電極下に蓄積される少数キャリアを所定量以下に制

御することが提案されている。しかしながら、この方法では、基板の基準電位を提供する外部回路から補充される電荷、すなわち、基板内に予め充満している多数キャリア(P基板ならホール、N基板なら電子)を用いて受光により生成された過剰キャリアを再結合させており、また表面電荷再結合を行うための動作周波数を露光時間に応じて変化させることを本質としているので、受光光量のダイナミックレンジを抑圧して適正範囲の受光出力を得るための制御が複雑になるという問題がある。

[0005] 一方、信号光と環境光とが混在していると、環境光に変動がある場合に環境光と信号光とを区別することが困難になる。環境光と信号光とを区別する技術としては、信号光に用いる特定波長のみを通過させる光学フィルタを用いることが考えられるが、太陽光のように広範囲に亘るスペクトル成分を有した環境光では、光学フィルタを通して環境光の影響を十分に排除することができない。

[0006] 上記問題点を解消するため、例えば、特開2001-337166号公報では、信号光が得られない期間であって発光源から光が放射されていない消灯期間における光検出素子の受光出力を環境光のみに対応する成分とし、信号光が得られる期間であって発光源から光が放射される点灯期間における光検出素子の受光出力を環境光と信号光とを重ね合わせた成分として、点灯期間における光検出素子の受光出力から消灯期間における光検出素子の受光出力を減算することにより、信号光のみに対応した成分を抽出することが提案されている。しかしながら、環境光の存在下では信号光に対する光検出素子のダイナミックレンジが小さくなるため、光検出素子が飽和すれば、信号光に関して大きな受光出力を抽出することができないという問題が残る。要するに、環境光の存在下では、発光源の放射光量を増加させたり、光検出素子の受光時間を長くしても、光検出素子の信号光に対するダイナミックレンジの低下のため、十分に大きなSN比を得ることは困難である。

発明の開示

[0007] そこで、本発明の主たる目的は、受光光量に応じてキャリアの再結合確率が決まり、環境光による飽和を防いで、信号光に対するダイナミックレンジの低下を抑制し、結果的に信号光の受光出力を安定して得ることのできる光検出器を提供することにある。

[0008] すなわち、本発明の光検出器は以下の構成を含む：

光の照射により電子およびホールを生成する光電変換部；

光電変換部上に絶縁層を介して配置される少なくとも一つの電極；

電極に電圧を印加することによって光電変換部内に形成され、光の照射により光電変換部内に生成される電子およびホールの一方を集積するポテンシャル井戸でなる第1集積領域；

光電変換部内に形成され、光の照射により光電変換部に生成される電子およびホールの他方を集積する第2集積領域；

電極に電圧を印加するタイミングおよび前記電圧の極性の少なくとも一方を制御する制御部；

第1集積領域と第2集積領域の間での電子とホールの移送により、第1集積領域と第2集積領域に集積された電子とホールを再結合させた後に、再結合されずに残留した電子とホールの少なくとも一方を出力する出力部。

[0009] 上記光検出器において、少なくとも一つの電極は、光電変換部上に絶縁層を介して設けられる一对の第1および第2電極でなり、制御部は、第1集積領域を形成するために第1電極に電圧を印加し、ポテンシャル井戸でなる第2集積領域を形成するために第2電極に電圧を印加することが好ましい。この場合、制御部は、光の照射により光電変換部に生成される電子とホールの一方が第1集積領域に集積され、光の照射により異なる時刻に光電変換部に生成される電子とホールの他方が第2集積領域に集積されるように、第1および第2電極に電圧を印加するタイミングおよび電圧の極性を制御することが特に好ましい。

[0010] この構成によれば、1つの光電変換部に第1電極(後述の実施形態における「集積電極」に相当)と第2電極(後述の実施形態における「保持電極」に相当)とを設けて、光電変換部に第1集積領域(後述の実施形態における「集積領域」に相当)と第2集積領域(後述の実施形態における「保持領域」に相当)の2個のポテンシャル井戸を形成することができる。たとえば、発光源とともに光検出器を用い、信号光と環境光とを受光する期間に第1集積領域に電子が集積され、集積した電子は第2集積領域に移送され、保持される。この時、第1集積領域の絶縁層との界面部には、ダングリング

ボンドないし界面電位により電子の一部が安定に捕獲されるため、実際には、第1集積領域に電子の一部が残留し、残りが第2集積領域に移送して保持される。次に、環境光のみを受光する期間に第1集積領域にホールを集積する。この時、第1集積領域に入ってきたホールの一部は、第1集積領域の絶縁層との界面部に捕獲された電子との再結合に使用され、消滅する。次いで、第1集積領域と第2集積領域との間で相互に電子とホールを移送させれば、第1集積領域および第2集積領域内で集積された電子とホールの再結合が起こる。第1集積領域および第2集積領域内で再結合が起こる確率は、移送過程で再結合が起こる確率より高いと考えられる。このように、信号光と環境光とを受光する期間に集積された電子を、環境光のみを受光する期間に集積されたホールと再結合させることで、環境光の成分を減殺することが可能になる。すなわち、基板内に予め充満している多数キャリアを用いて再結合を行うのではなく、受光によって生成された電子とホール同士を再結合させて環境光の成分を減殺するのである。結果として、光検出器自体の飽和が生じにくくなり、光検出器の信号光に対するダイナミックレンジの低下を抑制することができる。

[0011] また、信号光と環境光とを受光したときの受光出力と、環境光のみを受光したときの受光出力とをそれぞれ光検出器から外部に取り出した後に、2つの受光出力の差分を演算する場合に比較して、信号光と環境光の受光時において電子とホールの再結合によって環境光の成分を減殺する方が、光検出器自体の飽和が生じにくく、光検出器の信号光に対するダイナミックレンジの低下をより効果的に抑制することができる。

[0012] また、制御部は、光の照射により光電変換部で生成される電子とホール的一方が第1集積領域に集積されると同時に、他方が第2集積領域に集積されるように、前記第1および第2電極(後述の第6実施形態における分配電極に相当)に互いに異なる極性の電圧を印加することも好ましい。この場合は、第1電極および第2電極に印加する電圧を逆極性とすることによって光電変換部で生成された電子とホールをポテンシャル井戸でなる第1集積領域と第2集積領域とに振り分けて集積した後、第1集積領域と第2集積領域の間で電子とホールを移送して再結合させる。したがって、前記の場合と同様に、電子とホールとの再結合によって環境光の成分を減殺することが可

能になり、結果的に、光検出器自体の飽和が生じにくくなり、光検出器の信号光に対するダイナミックレンジの低下を抑制することができる。また、受光光量に応じて再結合に関与するキャリア量が増加するから、外部的な制御を行わなくても受光光量の変動幅を抑圧ないし圧縮することができるという効果もある。

[0013] 尚、CCD撮像素子のような光検出器では、光の照射により生成される電子とホールとの発生確率(発生数)に起因して各画素の出力レベル(受光出力のレベル)に揺らぎが生じること(ショットノイズ)が知られており、ショットノイズの影響を軽減するためにキャリア(電子またはホール)を積分して受光出力を得ている。しかしながら、積分時間を長くすると、ショットノイズの影響を軽減できるが応答速度が遅くなる。これに対して、本発明においては、電子とホールとの発生数が減少するほど再結合確率も低くなるから、再結合確率は受光出力の揺らぎを抑制する方向に変動することになり、結果的にショットノイズを軽減できるという利点もある。

[0014] また、光検出器は、前記第2電極上に遮光膜を有することが好ましい。この場合、制御部は、電子およびホール的一方が第1集積領域に集積された後、第2集積領域に移送して保持され、電子およびホールの他方が第1集積領域に集積されるように、前記第1および第2電極に電圧を印加するタイミングおよび電圧の極性を制御する。第2電極に対応する第2集積領域が遮光されるので、光電変換部で生成される電子とホールが第2集積領域に直接集積されるのを防止できる。また、第2集積領域に保持されているキャリアに光電変換部からのキャリアが混入して電荷量に誤差(すなわち、受光出力の誤差)が生じるのを防止できる。この効果は、前記第1電極上に入射光を収束させるレンズを設けることによっても得ることができる。尚、レンズを設ける場合は、入射光を収束させるので開口率が大きくなる(高感度になる)という利点もある。

[0015] また、上記光検出器において、第1電極は一对の第1電極でなり、前記第2電極は一对の第2電極でなり、第1電極間および前記第2電極間に、光電変換部上に絶縁層を介して転送用電極を設け、制御部は、残留した電子とホールの少なくとも一方が出力部に転送されるように、第1電極、第2電極および転送用電極に印加される電圧を制御することが好ましい。この構成によれば、隣接する集積電極の距離を比較的大きくして光電変換部で生成される電子とホールとの分離性を高めることができる上

に、受光出力を取り出すときには転送用電極を用いて光電変換部にポテンシャル井戸を形成し、受光出力を構成するキャリア(電子またはホール)の移送を容易に行えるという長所がある。尚、転送用電極に印加する電圧を制御することにより、電子やホールの集積効率を調節することも可能である。

[0016] また、第1電極が一对の第1電極であり、第2電極が一对の第2電極である場合において、第1電極の間および第2電極の間の少なくとも一方において、光電変換部上に絶縁層を介して少なくとも一つの制御電極を設け、制御部は、制御電極に電圧を印加してポテンシャル井戸からなる待避領域を形成し、第1集積領域と第2集積領域の間での電子とホールの移送が待避領域を経由して行われることが好ましい。特に、制御部は、第1集積領域、第2集積領域および待避領域との間に一定方向の電位勾配が形成されるように第1電極と第2電極および制御電極への印加電圧を制御することが好ましい。この構成によれば、第1集積領域(集積領域)または第2集積領域(保持領域)となるポテンシャル井戸に電子またはホールを保持することができない期間が生じて、その期間においては電子またはホールを待避領域に待避させておくことによって、電子ないしホールの拡散を防止することができる。

[0017] また、光電変換部は、基板と、基板上に形成される中間層と、中間層上に形成される主機能層とで構成され、前記制御部は、基板に印加される基板電圧と、中間層に印加されるリセット電圧が逆バイアスになるようにリセット電圧の極性を制御し、光電変換部に残留する電子およびホールを中間層と基板の一方を介して廃棄することが好ましい。この場合は、光電変換部に残留する電子とホールとの両方を廃棄することができるから、光電変換部に残留する不要キャリアを除去することによって、光電変換部から取り出す受光出力の誤差を抑制できる。

[0018] 本発明のさらなる目的は、上記光検出器を用いた空間情報検出装置を提供することであり、この空間情報検出装置は以下の構成を含む：

所定周波数の変調信号で強度変調した光を対象空間に照射する投光手段；

上記光検出器の光電変換部には、対象空間からの光により電子およびホールが生成され、上記光検出器の制御部は、第1集積領域に電子が集積され、第2集積領域にホールが集積されるように第1および第2電極に電圧が印加される状態と、第1集

積領域にホールが集積され、第2集積領域に電子が集積されるように第1および第2電極に電圧が印加される状態とを切り換えることにより、第1集積領域と第2集積領域の電子とホールを再結合させ、再結合されずに残留した電子とホールの少なくとも一方を出力する；

前記光検出器の出力に基づいて対象空間を評価する評価部。

[0019] この装置によれば、第1集積領域に電荷を集積するタイミングを信号光の強度の異なる2期間とすれば、受光出力は2期間に対応する受光光量の差分を反映するから、両期間における信号光の変化分に相当する受光出力が得られる。要するに、光検出器の外部で差分の演算をする必要がなくなり、対象空間の情報を得るために評価部において差分を必要とする場合に評価部の構成を簡単にできるという長所がある。尚、ここに、空間情報としては、対象空間に存在する物体までの距離のほか、対象空間に存在する物体の反射率、対象空間における媒質の透過率などを挙げることができる。

[0020] また、上記空間情報検出装置において、制御部は、第1集積領域に電子が集積され、第2集積領域にホールが集積されるように第1および第2電極に電圧が印加される状態と、第1集積領域にホールが集積され、第2集積領域に電子が集積されるように第1および第2電極に電圧が印加される状態とを、変調信号の位相の180度ごとに交互に切り換えることにより、第1集積領域と第2集積領域の電子とホールを再結合させ、前記評価部は、変調信号の位相の異なる2区間の各々において、光検出器の第1集積領域に再結合後に残留した電子とホール的一方でなる出力と、第2集積領域に再結合後に残留した電子とホール的一方でなる出力との間の差分を求め、前記2区間で求めた差分から対象空間を評価することが好ましい。さらに、評価部は、前記2区間の一方で求めた差分を他方で求めた差分で除算した値を距離に換算する距離演算部であることが好ましい。これらの構成によれば、位相が180度異なる期間で得られた受光出力の差分を用いるとともに、位相が90度異なる2つの期間で得られた受光出力の差分の一方で他方を除算した値を距離に換算するから、以下の実施形態において詳述するように、集積領域への電子とホールの集積効率の相違と、電子とホールの再結合確率とが消去され、数式演算によって距離を正確に求めること

が可能になる。

[0021] 本発明は、さらに以下の構成でなる光検出器を提供する：

光の照射により電子およびホールを生成する光電変換部と、

光電変換部上に絶縁層を介して配置される電極と、

前記電極に電圧を印加することにより光電変換部に形成されるポテンシャル井戸でなる電荷集積領域と、

光の照射により光電変換部に生成される電子とホール的一方を電荷集積領域内で、且つ光電変換部と絶縁層との界面部に保持し、次いで光の照射により光電変換部に生成される電子とホールの他方を電荷集積領域に集積して、前記界面部で電子とホールが再結合するように、前記電極に電圧を印加するタイミングおよび電圧の極性を制御する制御部と、

再結合されずに残留した電子とホールとの少なくとも一方を出力する出力部。

[0022] この光検出器によれば、絶縁層を介して配置した電極に印加する電圧を制御することによって、光電変換部で生成された電子とホールを電荷集積領域に集積するから、電子とホール的一方が界面部のダングリングボンドないし界面電位によって捕捉される。一方、電子とホールの他方は、電圧の極性を逆転させることによって電荷集積領域に異なる時刻において集積されるから、光電変換部に形成されたポテンシャル井戸でなる電荷集積領域に異なる時刻に生成された電子とホールを集積領域に集積することになる。要するに、電子とホール的一方の一部が電荷集積領域に捕捉されている状態で、電子とホールの他方を電荷集積領域に集積するので、電子とホールが再結合されて減殺される。したがって、この再結合後に残留した電子とホールとの少なくとも一方を受光出力とすることにより、光電変換部において異なる時刻に生成された電子とホールとの差分に対応した受光出力を提供することができる。

[0023] 本発明のさらに別の目的は、上記した光検出器の技術思想に共通する光検出方法を提供することであり、以下のステップを含むことを特徴とする。

光の照射により電子およびホールを生成する光電変換部と、光電変換部上に絶縁層を介して配置される一対の電極を有する受光素子を用意する；

一方の電極に電圧を印加することによって光電変換部内に形成されるポテンシャル

井戸でなる第1集積領域に、光の照射により光電変換部内に生成される電子およびホール的一方を集積する；

他方の電極に電圧を印加することによって光電変換部内に形成されるポテンシャル井戸でなる第2集積領域に、光の照射により光電変換部内に生成される電子およびホールの他方を集積する；

前記一対の電極に印加する電圧のタイミングおよび電圧の極性を制御することにより、第1集積領域と第2集積領域の間で電子とホールを移送させて、第1集積領域と第2集積領域に集積された電子とホールを再結合させた後に、再結合されずに残留した電子とホールの少なくとも一方を出力する。

[0024] この方法によれば、信号光と環境光とを受光する期間に第1集積領域に電子（もしくはホール）を集積するとともに、第1集積領域に集積した電子を第2集積領域に移送した後、環境光のみを受光する期間に第1集積領域にホール（もしくは電子）を集積することができ、次いで、一対の電極に印加する電圧のタイミングおよび電圧の極性を制御することにより、第1集積領域と第2集積領域に集積された電子とホールを再結合させ、環境光の成分を減殺することができる。

[0025] 本発明のさらなる特徴およびそれによってもたらされる効果は、以下の発明を実施するための最良の形態からより明確に理解されるだろう。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の第1実施形態にかかる光検出器を用いた空間情報検出装置の構成を示すブロック図である。

[図2]本実施形態の光検出器の概略断面図である。

[図3](A)～(C)は、電圧の印加タイミングを示す動作説明図である。

[図4](A)～(F)は、空間情報検出装置における測距原理を示す動作説明図である。

[図5](A)～(D)は、空間情報検出装置における測距の原理を示す動作説明図である。

[図6]本発明の第2実施形態にかかる光検出器の概略構成図である。

[図7]遮光膜を有する光検出器の要部断面図である。

[図8]収束レンズを有する光検出器の要部断面図である。

[図9](A)および(B)は、本発明の第3実施形態にかかる光検出器の要部断面図、および動作説明図である。

[図10]本発明の第4実施形態にかかる光検出器を示す正面図である。

[図11]図10のA-A線断面図である。

[図12]光検出器の変更例を示す要部断面図である。

[図13]本発明の第5実施形態にかかる光検出器を示す腰部断面図である。

[図14](A)～(H)は、電圧の印加タイミングを示す動作説明図である。

[図15]本発明の第6実施形態にかかる光検出器の概略断面図である。

[図16]本発明の光検出器の動作原理を説明する図である。

発明を実施するための最良の形態

[0027] (動作原理)

まず、本発明の動作原理について説明する。本発明に係る光検出器は、図16に示すように、光電変換部1を構成する主機能層11(たとえば、n形シリコン層)の表面に絶縁層14(たとえば、シリコン酸化膜)を介して集積電極12を形成した構造を有する。集積電極12には集積電圧が印加され、主機能層11の電位を基準電位として(または、主機能層11が積層された後述の中間層(図2参照)の電位を基準電位として)、集積電極12には正極性と負極性との集積電圧を印加することが可能になっている。集積電極12に正極性の集積電圧を印加すると、電子を集積することができるポテンシャル井戸である集積領域11bが主機能層11に形成され、集積電極12に負極性の集積電圧を印加すると、ホールを集積することができるポテンシャル井戸である集積領域11bが主機能層11に形成される。

[0028] 主機能層11において集積電極12の近傍であって光が入射する部位は、光の入射により電子およびホールを生成する感光部11aとして機能する。感光部11aにおいて生成された電子およびホールは、集積電極12に印加される集積電圧の極性に応じて、集積領域11bに集積される。つまり、集積電圧が正極性であれば集積領域11bに電子が集積され、集積電圧が負極性であれば集積領域11bにホールが集積される。

[0029] 以下の説明では、ある発光源(図示せず)により強度を変調した信号光を投光し、

光電変換部1では信号光を受光できるものとする。また、信号光の強度は矩形波で変調され、発光源が点灯と消灯とを交互に繰り返すものとする。すなわち、発光源が点灯していると光電変換部1には信号光と環境光とがともに入射し、発光源が消灯していると光電変換部1には環境光のみが入射する。したがって、発光源が点灯している期間に集積領域11bに電子を集積し、発光源が消灯している期間に集積領域11bにホールを集積することができる。また、種々の条件を無視して単純なモデルで考えるため、信号光と環境光とを合わせた受光光量に対応する個数の電子と、環境光のみの受光光量に対応する個数のホールとを再結合させることになり、再結合後に残留した電子の個数は信号光の受光光量に対応する個数になるものとする。尚、実際には再結合後に電子が残留するとは限らず、ホールが残留する場合があります、あるいは電子とホールとがともに残留する場合もあるが、いずれにしても、残留したキャリア(電子およびホール)を受光出力として取り出せば、再結合を行わずに取り出す場合に比較すると、環境光の成分を低減した受光出力を得ることができると言える。

[0030] 図16では、(e)が電子を表し、(h)がホールを表しており、集積電極12に正極性の集積電圧を印加して電子を集積した後に、集積電極12に印加する集積電圧を負極性に切り換えてホールを集積する瞬間が示されている。このとき、集積領域11bに集積されていた電子は、集積電圧が負極性になることによって集積領域11bから排出されるが、主機能層11の表面付近においてダングリングボンドないし界面電位により捕捉されている電子は集積領域11bに留まる。また、光の照射により主機能層11において生成された電子は主機能層11から排出され、生成されたホールは集積領域11bに集積される。つまり、集積領域11bから排出される電子と集積領域11bに集積されるホールとの一部が再結合して消滅し、また集積領域11bに捕捉されている電子は集積領域11bに集積されたホールと再結合して消滅する。再結合後には、電子とホールとの少なくとも一方が集積領域11bに残留するから、残留しているキャリアを受光出力として取り出すことができる。

[0031] 上記においては、光電変換部1において1つの集積電極12のみを設けた構成を例示し、光電変換部1において異なる時刻に生成された電子とホールとを再結合させることによって、再結合後に残留するキャリアを受光出力として取り出す場合について

説明したが、集積領域11bを1つだけ設けた構成では、集積電圧の極性を切り換えるときに集積領域11bから排出されるキャリアを効率よく再結合に関与させることができない恐れがある。そこで、以下の実施形態では、集積領域11bから排出されるキャリアを保持する保持領域11c(図1参照)を集積領域11bとは別に設け、集積領域11bと保持領域11cとの間でキャリアを交換することにより、効率よくキャリアを再結合に関与させるための構成について説明する。

(第1実施形態)

図1は、本実施形態の光検出器6を用いて空間情報検出装置の一種である測距装置を構成した場合を示しており、この測距装置は、距離を測定する対象物3を含む対象空間に発光源2からの光を投光し、対象物3による反射光を含む対象空間からの光を光検出器6で受光するとともに、対象物3による反射光の光量を反映した受光出力を光検出器6から得るように構成されている。この種の構成で対象物3までの距離を計測する技術としては、三角測量法の原理を用いる技術と、発光源2から投光された光が光検出器6で受光されるまでの光の飛行時間を計測する技術が主に用いられる。

- [0032] 三角測量法の原理を用いる場合は、発光源2から所定パターンの平行光線を対象空間に投光し、対象物3に形成されたパターンが受光光学系(図示せず)を通して光検出器6に投影される位置を距離に換算する。一方、光の飛行時間を計測する場合は、発光源2から対象空間に投光する光の強度を適宜の変調波形で変調しておき、光検出器6で受光した光と発光源2から投光した光との変調波形の時間差または位相差を求めることによって、時間差を飛行時間として用いるか位相差を飛行時間に換算し、飛行時間から距離を求める。以下の実施形態では、強度を変調した光を発光源2から投光して光の飛行時間によって対象物3までの距離を計測する技術を採用するが、三角測量法の原理を用いる場合でも環境光の影響を軽減するために本発明の技術を適用可能であり、また本発明の技術思想の適用範囲は測距の目的に限らず、微粒子(煙、埃、汚れなどのセンサ)による光の拡散あるいは減衰による受光光量の変化を利用して微粒子を検出する微粒子センサなど受光光量を検出する必要がある種々の目的に適用可能である。

- [0033] 本実施形態では、発光源2を制御回路4から出力される一定の変調周波数(たとえば、10MHz)である変調信号により駆動し、対象空間に投光する光の強度を変調信号により変調している。本実施形態では、変調信号の波形として矩形波を用い、発光源2が点灯と消灯とを繰り返すものとする。尚、変調信号の波形には、正弦波や鋸歯状波や三角波など他の波形も用いてもよい。以下では、発光源2が点灯している期間を点灯期間とし、消灯している期間を消灯期間とする。発光源2が消灯していれば、光検出器6に入射する光は発光源2から対象空間に投光した光を含まない環境光のみであり、発光源2が点灯していれば光検出器6に入射する光は、発光源2から対象空間に投光した光を含む信号光と環境光との合計になる。したがって、光検出器6で受光する光は、消灯期間には主として環境光になり、点灯期間には主として環境光と信号光とを併せたものになる。点灯期間と消灯期間との長さが一対一であれば、点灯期間の受光光量から消灯期間の受光光量を減算することにより、理論上では環境光の成分を除去して信号光の成分のみを取り出すことが可能になる。
- [0034] 光検出器6から出力される受光出力は評価部としての距離演算回路5に送られ、距離演算回路5では複数のタイミングで光検出器6から取り出した受光出力を用い、発光源2から照射された光の強度変化の波形と、光検出器6により受光した光の強度変化の波形との時間差または位相差から光の飛行時間を求め、飛行時間から対象物3までの距離を求める。
- [0035] 光検出器6は、光を電気信号に変換する光電変換部1を備え、光電変換部1を1個だけ単独で用いれば光電変換部1から見て特定の方向に存在する対象物3についてのみ距離を検出する構成になり、図1のように光電変換部1を複数個配列して光検出器6を構成し、光検出器6の前方に受光光学系を配置して光検出器6から受光光学系を通して対象空間を見る方向を各光電変換部1の位置に対応付ければ、各方向における距離を画素値に持つ距離画像を生成することができる。本実施形態では、矩形状の単位格子からなる平面格子の格子点上に光電変換部1を配列するとともに光電変換部1からの出力を外部に取り出す電荷取出部7を設けた光検出器6を構成し、この光検出器6を用いて距離画像を生成する場合について説明する。すなわち、光検出器6は距離画像を生成するための撮像素子として機能する。なお、光検

出器の出力部である電荷取出部7は後述するようにCCDであり、光電変換部1は電荷取出部7の一部としても機能する。また、本実施形態の光検出器の制御部である制御回路4は、後述する各電極に印加される電圧および電荷取出部7の制御を行うとともに、投光手段である発光源2および評価部である距離演算回路5に前記した変調信号を出力する。

[0036] 光電変換部1の各々は、図2に示す構成を有し、n形シリコン層である基板10にp形シリコン層である中間層16を介してn形シリコン層からなる主機能層11を設けてなる。主機能層11の一表面(主機能層11の厚み方向において基板10とは反対側である主表面)は、シリコン酸化膜からなる絶縁層14によって覆われている。尚、基板10、主機能層11、中間層16は複数個の光電変換部1で共用される。主機能層11の主表面には絶縁層14を介して集積電極12と保持電極13とが対向し、保持電極13の全体と集積電極12の一部とは遮光膜15により覆われる。集積電極12および保持電極13は、集積電圧ないし保持電圧の印加によりそれぞれ主機能層11にポテンシャル井戸としての集積領域11bないし保持領域11cを形成する。

[0037] 集積電極12および絶縁層14は透光性を有し、遮光膜15で覆われていない部位に入射する光が集積電極12を通して主機能層11に達するように構成してある。すなわち、基板10、主機能層11、中間層16のうち遮光膜15に覆われていない部位が光電変換部1において電子およびホールを生成する感光部11a(図1参照)として機能する。図示例では遮光膜15の一部が集積電極12に跨っているが、これは主機能層11において光励起によって生じた電子あるいはホールが、保持電極13に対応する主機能層11の領域に形成される保持領域11cに直接集積されるのを防止するためである。

[0038] 上述した光電変換部1では、遮光膜15に覆われていない部位である感光部11aに光が入射すると電子およびホールが生成される。また、集積電極12に集積電圧を印加すると主機能層11にポテンシャル井戸として集積領域11bが形成され、保持電極13に保持電圧を印加すると主機能層11にポテンシャル井戸として保持領域11cが形成される。集積電極12と保持電極13との距離および集積電圧と保持電圧との大きさは、ポテンシャル井戸として形成される集積領域11bと保持領域11cとの間で電

子とホールとが移動可能になるように設定される。

[0039] 感光部11aに入射する光量に応じた受光出力を得るための電子およびホールを感光部11aで生成する期間には、中間層16を基準電位(接地電位)に保ち、基板10を基準電位よりも高電位に保つ。つまり、基板10と中間層16との間では逆バイアスになる。基板10に印加する基板電圧と中間層16に印加するリセット電圧とは、それぞれ3段階に切換可能としている。すなわち、基板電圧は、2段階の高電位と接地電位とに切換可能とし、リセット電圧は、低電位と接地電位と高電位とに切換可能としてある。基板電圧が接地電位のときリセット電圧を低電位とし、基板電圧が高いほうの高電位のときリセット電圧を高電位とし、基板電圧が低いほうの高電位のときリセット電圧を接地電位とするように、基板電圧とリセット電圧とが制御回路4により制御される。以下では、基準電位に対して高電位である場合を正極性と言い、低電位である場合を負極性と言う。

[0040] 図2に示す構成においては、直流電源E3, E4と切換スイッチSW3, SW4との組合せによって基板電圧およびリセット電圧が切換可能である。つまり、直流電源E4は高低2段階の正極性の電圧と接地電位の電圧との3段階の電圧を出力し、直流電源E3は正負両極性の電圧と接地電位の電圧との3段階の電圧を出力する。切換スイッチSW3, SW4はともに3接点スイッチであり、各直流電源E3, E4の出力電圧を択一的に選択して供給する。基板電圧およびリセット電圧を切り換えるタイミングは、制御回路4により制御される。つまり、制御回路4が基板電圧とリセット電圧とを選択することは、切換スイッチSW3, SW4を切り換えることに相当する。なお、リセット電圧に対する基板電圧の電位差が一定になるようにSW3, SW4を連動させ、基板電圧をリセット電圧に合わせて3段階に切り換えているが、基板電圧はリセット電圧に対して高電位であれば基板10と中間層16とが逆バイアスになるから、リセット電圧にかかわらずリセット電圧よりも高電位になるような一定電圧を基板電圧に用いてもよい。

[0041] 集積電極12に印加する集積電圧と保持電極13に印加する保持電圧とは、いずれも正極性と負極性との2段階に切換可能であり、集積電圧および保持電圧を切り換えるタイミングは、基板電圧およびリセット電圧と同様に、制御回路4により制御される。図2においては、制御回路4において集積電圧と保持電圧とを印加する機能を、直

流電池E1, E2と切換スイッチSW1, SW2との組合せによって模式化して表している。集積電圧と保持電圧とを印加する直流電源E1, E2はそれぞれ正負両極性の電圧を出力可能であり、切換スイッチSW1, SW2により極性の切換が可能になっている。つまり、制御回路4が集積電圧と保持電圧とを選択することは、切換スイッチSW1, SW2を切り換えることに相当する。

- [0042] 集積電圧を正極性にすると集積領域11bに電子を集めることができ、集積電圧を負極性にすると集積領域11bにホールを集めることができる。同様に、保持電圧を正極性にすると保持領域11cに電子を集めることができ、保持電圧を負極性にすると保持領域11cにホールを集めることができる。本実施形態では、感光部11aにおいて生成されるキャリアである電子とホールとのうち電子を受光出力として用いる。
- [0043] さて、上記した光検出器6を用いて、感光部11aに入射した光量に応じて感光部11aに生成される電子とホールを異なるタイミングで集積し、集積した電子とホールを再結合させた後に残留する電子を取り出す。したがって、感光部11aに目的とする光が入射する前に電子あるいはホールが感光部11aに残留していると、感光部11aから取り出す電子に不要成分が含まれ、感光部11aから取り出す電子の個数が感光部11aでの受光光量に対応しないことになる。そこで、電子とホールとを集積領域11bに集積する前に、まず光電変換部1に残留している電子およびホールを廃棄する必要がある。
- [0044] 光電変換部1に残留している電子およびホールを廃棄する際には、電子とホールを個別に廃棄する。たとえば、ホールから先に廃棄する場合には、まずホールを集積領域11bおよび保持領域11cから押し出すために、集積電圧と保持電圧とともに正極性にする。このとき同時にリセット電圧を負極性にする。この状態では、ホールは中間層16に向かって移動するから、ホールの移動度を考慮し、この状態をホールが光電変換部1から消滅する程度の期間継続する。ホールを廃棄した後は光電変換部1には主として電子が残留するから、次に、電子を廃棄するために、集積電圧および保持電圧を負極性にするとともに、リセット電圧を正極性にし、基板電圧をリセット電圧よりも高くする。光電変換部1に残留する電子は中間層16に向かって移動し、一部の電子は中間層16から廃棄され、中間層16を通過した残りの電子は基板10から廃

棄される。上述のように光電変換部1からホールおよび電子を廃棄して光検出器6のリセットを行った後には、光電変換部1に残留する電子およびホールの量は熱平衡状態に応じた量になる。光検出器6のリセットは、受光出力を光検出器6から取り出すたびに行う。

[0045] 光検出器6のリセット後には、まず集積領域11bに電子を集積するために、集積電極12に正極性の集積電圧を印加し、このとき保持領域11cに電子が集積されないように保持電極11bには負極性の保持電圧を印加する。感光部11aでは光の入射により電子とホールとが生成されるが、集積電圧が正極性であり保持電圧が負電圧であるから、主機能層11には集積領域11bから保持領域11cに向かう電位勾配が生じ、また中間層16に印加するリセット電圧を接地電位にすることによって、主機能層11において光が照射される部位の近傍では集積領域11bから中間層16に向かう電位勾配が生じる。なお、主機能層11において遮光膜15で覆われている部位には中間層16から保持領域11cに向かう電位勾配が生じているが、この部位には光が照射されないから、保持領域11cにはホールはほとんど集積されない。

[0046] 集積領域11bに電子が集積された後には、リセット電圧を接地電位に保ったままで、集積電圧を負極性とし、保持電圧を正極性とする。このとき、主機能層11には中間層16から集積領域11bに向かう電位勾配が生じるとともに、保持領域11cから集積領域11bに向かう電位勾配が生じる。さらに、保持領域11cから中間層16に向かう電位勾配も生じる。したがって、集積領域11bに集積されていた電子は保持領域11cに移動する。また、感光部11aで光の照射により生成された電子とホールとのうち電子は中間層16に向かい、ホールは集積領域11bに向かって移動する。このような動作によって感光部11aで生成された電子とホールとを保持領域11cと集積領域11bとに振り分けることができる。

[0047] ここで、保持領域11cにホールが存在している場合には、そのホールも集積領域11bに向かって移動することになる。電子は集積領域11bから保持領域11cに向かい、ホールは感光部11aまたは保持領域11cから集積領域11bに向かうから、電子とホールとが出会い再結合する。一方、電子の一部は集積領域11bの表面のダングリングボンド(ないし界面電位)により捕捉されており、捕捉されている電子は、集積領域1

1bに集積されたホールと再結合して消滅する。また同様に、ホールの一部は保持領域11cの表面のダングリングボンド(ないし界面電位)により捕捉されており、捕捉されているホールは、保持領域11cに移送された電子と再結合して消滅する。

[0048] その後、集積電圧と保持電圧の極性を入れ換えると(つまり、集積電圧を正極性にし、保持電圧を負極性にすると)保持領域11cの電子が集積領域11bに向かい、集積領域11bのホールが保持領域11cに向かうから、電子とホールとが出会い再結合することによって消滅する。また、感光部11aで生成された電子も集積領域11bに集積され、感光部11aから集積部11bに集積された電子の一部もホールとの再結合に寄与する。ここで、集積領域11bに存在していたホールの一部は集積領域11bの表面のダングリングボンド(ないし界面電位)により捕捉されているから、集積領域11bに感光部11aから集積または保持領域11cから移送された電子と再結合して消滅し、同様に、保持領域11cに存在していた電子の一部は保持領域11cの表面のダングリングボンド(ないし界面電位)により捕捉されているから、保持領域11cに移送されたホールと再結合して消滅する。

[0049] 集積電圧と保持電圧との極性をそれぞれ入れ換える動作を多数回繰り返すと、上述の動作で電子とホールとが再結合し、ホールはほぼ完全に消滅し、電子のみが残留することになる。ここに、集積電圧と保持電圧との極性を1回入れ換えるだけでは電子とホールとが出会う確率が低い、極性を多数回入れ換えることによって、電子とホールとが出会って再結合する確率を高めることができる。つまり、集積電圧と保持電圧との極性を多数回入れ換えると、再結合に関与する電子およびホールの密度が増加して再結合確率が高くなるのである。

[0050] 本実施形態では、集積電圧および保持電圧を切り換えるタイミングを発光源2の点灯期間および消灯期間に一致させることは必然ではないが、集積電圧および保持電圧を切り換えるタイミングを点灯期間と消灯期間とに一致させると動作の理解が容易であるから、まず、発光源2の点灯期間および消灯期間と集積電圧および保持電圧を切り換えるタイミングとを一致させる場合について説明する。すなわち、図3(A)に示すように、発光源2の点灯と消灯とを交互に繰り返し、点灯期間Pbには集積電極12に正の集積電圧を印加するとともに(図3(B))、保持電極13に負の保持電圧を印

加し(図3(C))、消灯期間Pdには集積電極12に負の集積電圧を印加するとともに(図3(B))、保持電極13に正の保持電圧を印加する(図3(C))。

[0051] 点灯期間Pbと消灯期間Pdとのいずれにおいても感光部11aでは電子とホールとが一对一に生成されるが、点灯期間Pbにおいては感光部11aで生成される電子が集積領域11bに集積され、消灯期間Pdにおいては感光部11aで生成されるホールが集積領域11bに集積されるとともに、集積領域11bに存在していた電子が集積領域11bから保持領域11cに移動しようとする。ただし、集積領域11bと絶縁層14との界面にはダングリングボンドが存在しているから、点灯期間Pbにおいて集積領域11bに集積された電子の一部は、ダングリングボンド(ないし界面電位)により捕捉されて保持領域11cに移動することができず、消灯期間Pdにおいて集積領域11bに集積されたホールと再結合して消滅する。

[0052] 点灯期間Pbにおいて集積領域11bに集積された電子の量は発光源2の点灯による信号光と信号光以外の環境光とを併せた光量に対応しており、消灯期間Pdにおいて集積領域11bに集積されたホールの量は環境光のみの光量に対応しているから、消灯期間Pdにおいて集積領域11bで電子がホールと再結合して消滅することは、電子のうち環境光の光量に対応する量の少なくとも一部を消滅させたことになり、保持領域11cに保持される電子の量は、信号光と環境光とを併せた光量に対応する電子の量よりも少なくなる。つまり、保持領域11cに保持された電子の量は、信号光と環境光とを併せた光量に対して環境光の一部光量を減殺した光量に対応する。

[0053] 次の点灯期間Pbにおいては、保持領域11cに保持された電子が集積領域11bに移動しようとし、また感光部11aで生成された電子が集積領域11bに集積される。一方、前の消灯期間Pdにおいて電子と再結合せずに集積領域11bに残留していたホールは、集積領域11bに集積される電子と出会うことによって再結合する。また、再結合せずに残留するホールは、主として保持領域11cに移動する。これは、保持領域11cの周辺では、主機能層11の深部に向かう電位勾配よりも保持領域11cに向かう電位勾配のほうが大きいからである。

[0054] 上述の動作により、環境光により生成されたホールは大部分が電子との再結合により消滅するから、点灯期間Pbと消灯期間Pdとを複数回繰り返すことによって、信号光

に対応する電子の量に対する環境光に対応する電子の量の割合を低減することができる。したがって、再結合後に保持領域11cに残留する電子を光検出器6から取り出して受光出力に用いることにより、環境光の成分をある程度除去した受光出力を得ることができる。

[0055] ところで、上述の動作によってホールとの再結合後に保持領域11cに残留する電子を光検出器6から取り出すには、集積電極12と保持電極13とに印加する電圧を調節することにより主機能層11に形成されるポテンシャル井戸を制御し、保持領域11cに保持している電子を転送する。つまり、主機能層11と集積電極12と保持電極13とを用いてCCDとして動作させるのであって、図1の左右の一方向に電子を転送することができる。図1に示す電荷取出部7には主機能層11のこの機能が含まれる。

[0056] 上述のように、発光源2の点灯と消灯とを繰り返して電子とホールとを再結合させることにより信号光に対応する量の電子を保持領域11cに残留させる期間と、保持領域11cに残留する電子を光検出器6から取り出す期間とが必要である。以下では、前者の期間を受光期間と呼び、後者の期間を取出期間と呼ぶ。制御部4は、受光期間において、集積電極12に印加する集積電圧と保持電極13とに印加する保持電圧とは互いに異なる極性であって、しかも交互に極性を切り換えるが、取出期間においては、電子が一方向に転送されるように電圧を印加するタイミングを制御する。また、タイミングと併せて電圧値も制御してもよい。

[0057] 取出期間において集積電極12および保持電極13に印加する電圧の制御は、CCDにおける転送ゲートに印加する電圧の制御と同様である。すなわち、本実施形態では、フレームトランスファ方式のCCDイメージセンサと同様に、主機能層11がキャリアを転送する垂直転送レジスタに兼用される構成になる。光検出器6では、主機能層11を垂直転送レジスタとして用い、さらに、垂直転送レジスタからの電子を水平転送レジスタ21(図10参照)により転送して感光部11aごとの受光出力を半導体基板の外部に取り出す。また、上述の構成では主機能層11が転送レジスタに兼用されているが、インターライン方式のCCDイメージセンサと同様の構成を採用し、主機能層11における保持領域11cに保持されたキャリアを別に設けた垂直転送レジスタに転送し、垂直転送レジスタと水平転送レジスタとを通して半導体基板の外部に取り出すよう

にしてもよい。

[0058] 上述した光検出器6を用いて対象物3までの距離を計測するには、発光源2の変調信号と各光電変換部1(各感光部11a)で受光した光に含まれる変調成分との時間差または位相差を求める必要がある。本実施形態では、変調信号の波形として矩形波を採用しているから時間差を求めることができる。図4(A)に発光源2から投光される光の強度の変化を示し、図4(B)に光電変換部1により受光する光の強度の変化を示す。図中、時間差 t_d を求めるには、発光源2の点灯と消灯とに同期する複数の位相に対応するタイミングで得られる光電変換部1による受光光量を用いる技術と、発光源2の点灯と消灯とには同期しない複数のタイミングで得られる光電変換部1による受光光量を用いる技術とがある。

[0059] まず、発光源2の点灯と消灯とに同期するタイミングで得られる受光光量を用いる技術について説明する。ここでは、動作の理解を容易にするために、変調信号の位相の90度ごとに180度の区間を設定し、各区間において受光光量を求めるものとする。つまり、変調信号における0～180度、90～270度、180～360度、270～90度の4区間について受光光量を求める。各区間の受光光量は図4(C)～図4(F)に示す図形の面積に相当する。いま、各区間の受光光量をそれぞれ $A_0 \sim A_3$ で表し、環境光と信号光とを併せた受光強度が A_b 、環境光のみに対応する受光強度が A_d 、変調信号の周期が $4T$ 、時間差が t_d であるとすれば、受光光量 $A_0 \sim A_3$ は、以下のように表すことができる。

$$A_0 = A_b \times (2T - t_d) + A_d \times t_d$$

$$A_1 = A_b \times (T + t_d) + A_d \times (T - t_d)$$

$$A_2 = A_b \times t_d + A_d \times (2T - t_d)$$

$$A_3 = A_b \times (T - t_d) + A_d \times (T + t_d)$$

これらの関係から $(A_1 - A_3) / (A_0 - A_2)$ を求めると、 $t_d / (T - t_d)$ になるから、 $s = (A_1 - A_3) / (A_0 - A_2)$ と置いて、時間差 t_d を次式で表すことができる。

$$t_d = sT / (s + 1)$$

つまり、変調信号の周期 $4T$ と上述した4区間の受光光量 $A_0 \sim A_3$ とを用いることにより時間差 t_d を求めることができる。なお、受光光量 $A_0 \sim A_3$ は受光出力に対応する

から、距離演算回路5では、光検出器6から与えられる各光電変換部1の受光出力を受光光量 $A_0 \sim A_3$ に代えて用いることにより時間差 t_d を求め、対象物3までの距離に換算することができる。また、上式の演算結果の符号は時間差 t_d が正になるように適宜に選択される。

[0060] ところで、上述したように、図4(C)に示すように受光光量 A_0 を求める区間は変調信号における $0 \sim 180$ 度の区間であり、図4(E)に示すように受光光量 A_2 を求める区間は変調期間における $180 \sim 360$ 度の区間である。ここでは、感光部11aで生成された電子とホールとが集積領域11bに集積される確率の差を無視することにより電子とホールとが集積領域11bに同じ確率(集積効率)で集積されると仮定し、さらに電子とホールとの再結合の確率(再結合確率)が1であると仮定する。

[0061] 上述した仮定の下で、集積電極12に正の集積電圧を印加する期間を変調信号における $0 \sim 180$ 度の区間に対応させ、集積電極12に負の集積電圧を印加する期間を変調信号における $180 \sim 360$ 度の区間に対応させると、感光部11aで生成され集積領域11bに集積される電子の量(個数)は受光光量 A_0 に相当し、感光部11aで生成され集積領域11bに集積されるホールの量(個数)は受光光量 A_2 に相当することになる。すなわち、変調信号における $0 \sim 180$ 度の区間と $180 \sim 360$ 度の区間とで集積電圧の極性を交互に切り換える動作を行った後に保持領域11cに残留する電子の量は、 $(A_0 - A_2)$ に相当すると言える。同様に、変調信号における $90 \sim 270$ 度の区間において集積電圧の極性を正とし、変調信号における $270 \sim 90$ 度の区間において集積電圧の極性を負とした後に保持領域11cに残留する電子の量は、 $(A_1 - A_3)$ に相当する。したがって、変調信号に同期させて集積電極12に印加する集積電圧および保持電極13に印加する保持電圧の極性を交互に入れ換えることにより、電子とホールとを再結合させた後に保持領域11cに残留する電子を受光出力として光検出器6の外部に取り出すだけで、 $(A_0 - A_2)$ と $(A_1 - A_3)$ との演算を行ったことになり、距離演算回路5における演算量を低減できる。

[0062] 上述した構成では動作の理解が容易になるように、発光源2が点灯と消灯とを繰り返す場合を例として説明したが、上述したように、発光源2を駆動する変調信号の波形としては、正弦波や鋸歯状波や三角波など他の波形も用いることが可能であるの

で、以下では、図5(A)に示すように、変調信号の波形として正弦波を用いた場合について説明する。

[0063] ここでは、光電変換部1に入射する光の強さを位相 θ の関数とし、 $g(\theta) = (A_b - A_d) \sin \theta + (A_b + A_d) / 2$ とおく(図5(B)参照)。この場合、変調信号における0°～180度、90°～270度、180°～360度、270°～90度の各区間における受光光量A0～A3は、図5(C)および図5(D)に斜線で示す面積に相当するから、それぞれ下式のように定積分で表すことができる。ただし、位相 θ は時間 t の関数であり、 $\theta = \omega t$ ($\omega = 2\pi f$; f は変調周波数)、 ϕ は投受光の位相差(ϕ の単位をラジアン、対象物3までの距離 L [m]、光速 c [m/s] とすれば、 $L = \phi \cdot c / 2\omega$)、 A_b は光電変換部1が受光した光の強さの極大値、 A_d は光電変換部1が受光した光の強さの極小値であり、 A_d は光電変換部1が受光した環境光に対応する光の強さに相当する。また、下式において□内の値は積分区間を意味する。

$$A_0 = \int g(\theta) d\theta \quad [-\phi, 180^\circ - \phi]$$

$$A_1 = \int g(\theta) d\theta \quad [90^\circ - \phi, 270^\circ - \phi]$$

$$A_2 = \int g(\theta) d\theta \quad [180^\circ - \phi, 360^\circ - \phi]$$

$$A_3 = \int g(\theta) d\theta \quad [270^\circ - \phi, 90^\circ - \phi]$$

$A_a = A_b - A_d$, $A_c = (A_b + A_d) / 2$ と置けば、受光光量A0～A3は下式で表される。

$$A_0 = -2A_a \cdot \cos \phi + A_c \cdot \pi$$

$$A_1 = -2A_a \cdot \sin \phi + A_c \cdot \pi$$

$$A_2 = 2A_a \cdot \cos \phi + A_c \cdot \pi$$

$$A_3 = 2A_a \cdot \sin \phi + A_c \cdot \pi$$

これらの関係から $(A_1 - A_3) / (A_0 - A_2)$ を求めると $\tan \phi$ になるから、位相差 ϕ は次式で表すことができる。

$$\phi = \tan^{-1} (A_1 - A_3) / (A_0 - A_2) \quad \cdots (1)$$

すなわち、変調信号の波形が正弦波である場合でも上式によって位相差 ϕ を求めることができるから、変調信号の波形が矩形波である場合の時間差 t_d と同様に対象物3までの距離を求めることができる。また、変調信号の波形が正弦波である場合で

も矩形波を用いる場合と同様に、光電変換部1から(A0-A2)と(A1-A3)とに相当する受光出力を得ることができる。

[0064] (A0-A2)または(A1-A3)に相当する受光出力が得られるというのは電子とホールとの集積領域11bへの集積効率が等しいという仮定と、電子とホールとの再結合確率が1である(つまり、出会った電子とホールとはすべて再結合する)という仮定とに基づいている。実際には、集積効率は等しくなく、また再結合確率は1よりも大幅に小さい(たとえば、0.1)。そこで、再結合確率が1であるという仮定はそのままにして、電子とホールとの集積効率が異なることを考慮して(1)式を補正する。

[0065] 上述した例では、変調信号の位相が0~180度である期間と90~270度である期間とにおいてそれぞれ集積領域11bに電子を集積するから、受光光量A0、A1に対応する電子が感光部11aから集積領域11bに集積され、受光光量A2、A3に対応するホールが感光部11aから集積領域11bに集積される。

[0066] いま、集積領域11bへの電子の集積効率に対するホールの集積効率を α ($0 < \alpha < 1$)とする。つまり、ホールの集積効率が電子よりも小さいものとする。集積領域11bに集積される電子およびホールの個数を決定するパラメータとして影響が大きいのは、主機能層11の厚み寸法、受光する光の波長のほか、受光光量と集積電圧と集積電圧の印加期間とでであると考えられ、主機能層11の厚み寸法と受光する光の波長とは電氣的に制御できる要素ではないから固定値としてパラメータから除外し、集積電圧を V_a 、集積電圧 V_a の印加期間を P_a とすれば、受光光量がA0、A1であるときに集積領域11bに集積される電子の個数 N_0 、 N_1 は、適宜の関数 h を用いて、それぞれ $N_0 = h(A_0, V_a, P_a)$ 、 $N_1 = h(A_1, V_a, P_a)$ と表すことができる。同様にして、受光光量がA2、A3であるときに集積領域11bに集積されるホールの個数 N_2 、 N_3 は、それぞれ $N_2 = \alpha h(A_2, V_a, P_a)$ 、 $N_3 = \alpha h(A_3, V_a, P_a)$ と表すことができる。

[0067] ここで、集積電圧 V_a と印加期間 P_a とを一定として、個数 N_0 、 N_1 、 N_2 、 N_3 を受光光量A0、A1、A2、A3のみの関数として表せば、それぞれ $N_0 = h(A_0)$ 、 $N_1 = h(A_1)$ 、 $N_2 = \alpha h(A_2)$ 、 $N_3 = \alpha h(A_3)$ になる。一方、各光電変換部1に対応する受光出力は、電子とホールとの再結合後に残留する電子の個数に相当するから、実際には、 $(N_0 - N_2)$ と $(N_1 - N_3)$ とに相当する。つまり、 $(N_0 - N_2)$ および $(N_1 - N_3)$

と受光光量 $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ とは次の関係になる。

$$N0 - N2 = h(A0) - \alpha h(A2)$$

$$N1 - N3 = h(A1) - \alpha h(A3)$$

また、電子の個数 $N0$ 、 $N1$ およびホール個数の $N2$ 、 $N3$ を用いて受光光量 $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ を表すと、 $A0 = h^{-1}(N0)$ 、 $A1 = h^{-1}(N1)$ 、 $A2 = h^{-1}(N2/\alpha)$ 、 $A3 = h^{-1}(N3/\alpha)$ であるから(h^{-1} は h の逆関数)、位相差 ϕ を求める(1)式は次式のように変形できる。

$$\phi = \tan^{-1} S$$

$$S = \{h^{-1}(N1) - h^{-1}(N3/\alpha)\} / \{h^{-1}(N0) - h^{-1}(N2/\alpha)\}$$

関数 h は、受光光量 $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ に対して生成される電子やホール量が飽和しない範囲では、受光光量 $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ をパラメータとする線形関数とみなしてよいから、上式をさらに変形すると次式が得られる。

$$\phi = \tan^{-1} \{(\alpha N1 - N3) / (\alpha N0 - N2)\} \quad \cdots (2)$$

したがって、距離演算回路5において保持領域11cに残留する電子の量に応じて得られる受光出力を用いて対象物3までの距離を演算式を用いて求める場合には、受光出力が $(N1 - N3)$ または $(N0 - N2)$ であって集積効率 α に関する補正が必要であることを考慮しなければならない。たとえば、 $(N1 - N3)$ および $(N0 - N2)$ を用いた(2)式の近似式を作成し、近似式に含まれる集積効率 α を距離演算回路5の調節要素に用いる。あるいはまた、距離演算回路5において受光出力と距離とをデータテーブルによって対応付けるようにし、集積効率 α をデータテーブルに折り込む。

[0068] (2)式は電子およびホール個数の $N0$ 、 $N1$ 、 $N2$ 、 $N3$ をパラメータとしており、電子およびホール個数の $N0$ 、 $N1$ 、 $N2$ 、 $N3$ は、受光光量 $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ と集積電圧 Va と印加期間 Pa との関数であるから、各受光光量 $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ と集積電圧 Va と印加期間 Pa とのうちの少なくとも1要素を調節すれば、(2)式を用いて位相差 ϕ を求めることが可能である。

[0069] 受光光量 $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ の調節には変調信号の波形を変形することが必要であるから、折れ線近似などの技術による関数発生器を用いて変調信号の波形を調節する。また、上述の例のように、集積領域11bに電子を集積する場合とホールを集積

する場合とで集積電圧 V_a の絶対値を等しく設定するのではなく、ホールを集積する場合の集積電圧 V_a の絶対値を、電子を集積する場合の集積電圧 V_a の絶対値よりも大きくすれば、集積効率 α を1に近付けることが可能になる。あるいはまた、電子を集積するときの集積電圧 V_a の印加期間 P_a よりもホールを集積するときの集積電圧 V_a の印加期間 P_a のほうが長くなるようにしても集積効率 α を1に近付けることが可能になる。

[0070] 変調信号が矩形波である場合も同様であって、電子とホールとの集積効率を考慮して補正することにより、時間差 t_d を正確に求めることができる。また、変調信号として他の波形を用いる場合も同様である。

[0071] ところで、上述の例では再結合確率を1と仮定しているが、実際には電子とホールとを再結合させて消滅させる場合の再結合確率は、電子とホールとの密度に依存する。一方、受光光量が少ないときにはできるだけ電子を消滅させず、受光光量が多くなると光検出器6の飽和を防止するために消滅する電子の量を増やしたい場合がある。このような場合は、受光光量に応じて再結合確率を調節することが必要になる。本実施形態では、感光部11bで生成された電子とホールとを再結合させているから、電子の量に合わせてホールの量が変化する。その結果、受光光量に応じて再結合確率が自動的に調節される。

[0072] 次に、発光源2の点灯および消灯とは非同期に求めた受光光量を用いて位相差 ϕ を求める技術について簡単に説明する。この技術は、受光光量の変化に対応した信号に変調周波数とは異なる周波数の信号を干渉させると(混合すると)、両者の周波数差に相当する周波数で振幅が変化するビート信号が得られることを利用している。ビート信号の包絡線は位相差 ϕ を内包しており、包絡線に相当する受光光量を包絡線の異なる位相で取り出せば、位相差 ϕ を求めることができる。たとえば、包絡線の位相が0～180度、90～270度、180～360度、270～90度である4区間について受光光量を積分して求め、各受光光量を $A0'$ 、 $A1'$ 、 $A2'$ 、 $A3'$ とすれば、(1)式の $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ を $A0'$ 、 $A1'$ 、 $A2'$ 、 $A3'$ に読み替えるだけで、位相差 ϕ を求めることができる。

[0073] なお、ビート信号を得る方法には受光光量に比例する受光信号を取り出し、変調信

号とは異なる周波数の局発信号を制御回路4から出力し、受光信号と局発信号とを混合することが考えられるが、混合回路を設けると回路構成が複雑になる恐れがある。そこで、集積電極12に集積電圧を印加し、保持電極13に保持電圧を印加するタイミングを局発信号で制御し、混合回路の機能を集積領域11bと保持領域11cとを用いて実現する。要するに、変調信号の変調周波数とは異なる周波数である局発信号を用いて主機能層11に集積領域11bと保持領域11cとを形成することによって、保持領域11cに残留する電子がビート信号の振幅に相当する量になり、混合回路を用いることなくビート信号の振幅に応じた受光出力を距離演算回路5に与えることが可能になる。

(第2実施形態)

本実施形態は、図6に示すように、各光電変換部1において、2個の集積電極(12a, 12b)および2個の保持電極(13a, 13b)を設けた点に特徴がある。つまり、2個ずつの集積電極(12a, 12b)および保持電極(13a, 13b)が1グループ(ないし1画素)を構成する。2個の保持電極(13a, 13b)は離間して配置され、両保持電極(13a, 13b)の間に2個の集積電極(12a, 12b)が配置される。また、集積電極(12a, 12b)の間には隣接する保持電極(13a, 13b)との間の距離よりも大きい距離のギャップ”g”が形成される。この構成では各保持電極(13a, 13b)を覆う遮光膜15の間の開口から感光部11aに光が導入される。また、図7に示すように、遮光膜15は隣接する光電変換部1の保持電極(13a, 13b)に跨るように設けられる。集積電極12aと保持電極13aとの組および集積電極12bと保持電極13bとの組はそれぞれ実施形態1における集積電極12と保持電極13との関係と同様に機能する。ただし、受光期間において、2個の集積電極(12a, 12b)には互いに逆極性の集積電圧が印加されるとともに、2個の保持電極(13a, 13b)にも互いに逆極性の保持電圧が印加される。

[0074] 図6においては、集積電極(12a, 12b)同士または保持電極(13a, 13b)同士には逆極性の電圧が印加され、かつ隣接する集積電極12aと保持電極13a, 隣接する集積電極12bと保持電極13bとは互いに逆極性の電圧が印加されることを示すために、制御回路4において集積電圧および保持電圧を印加する構成を、集積電圧および保持電圧を印加する2個の直流電源E1, E2と、両直流電源E1, E2と集積電極12a

, 12bおよび保持電極13a, 13bとの接続関係を切り換える2接点の切換スイッチSW 1, SW2とで模式的に示している。また、集積電圧と保持電圧とは電圧値を等しくしてある。

[0075] 本実施形態の構成では、変調信号の位相が0～180度であるときに、集積電極12aに対応する集積領域11bに電子を集積し、集積電極12bに対応する集積領域11bにホールを集積するが、受光出力としてはいずれも電子を取り出している。つまり、後述する動作によって、保持電極13aに対応する保持領域11cに保持した電子と、集積電極12bに対応する集積領域11bに残留する電子とが受光出力を決める。

[0076] 実施形態1において原理を説明した場合と同様に、本実施形態の原理も発光源2を駆動する変調信号を矩形波として説明する。また、本実施形態では、変調信号に同期するタイミングで集積電圧および保持電圧を切り換えるという条件で本実施形態の動作を説明する。この条件以外の動作は実施形態1においてすでに説明しており、また本実施形態において説明する動作以外は実施形態1と同様である。

[0077] 本実施形態では、発光源2の点灯期間において、集積電極12aに印加する集積電圧を正極性とし、集積電極12bに印加する集積電圧を負極性とする。また、点灯期間において、保持電極13aに印加する保持電圧を負極性とし、保持電極13bに印加する保持電圧を正極性とする。ただし、実施形態1と同様にして、電子およびホールを集積領域11bに集積する前に、主機能層11に残留する電子およびホールを廃棄する。

[0078] 集積電極12a, 12bに上述の極性で集積電圧を印加するとともに保持電極13a, 13bに上述の極性で保持電圧を印加すると、主機能層11において集積電極12aに対応する部位に形成される集積領域11bには、主機能層11への光の照射により主機能層11で生成された電子が集積され、主機能層11において集積電極12bに対応する部位に形成される集積領域11bには、主機能層11への光の照射により主機能層11で生成されたホールが集積される。つまり、主機能層11で生成された電子とホールとは、各集積電極12a, 12bに対応する部位で主機能層11に形成される2個の集積領域11bに振り分けられてそれぞれ集積される。

[0079] 次に、環境光のみが存在する消灯期間において集積電極12a, 12bに印加する集

積電圧および保持電極13a, 13bに印加する保持電圧の極性を切り換える。つまり、集積電極12aに印加する集積電圧を負極性とし、保持電極13aに印加する保持電圧を正極性とするとともに、集積電極12bに印加する集積電圧を正極性とし、保持電極13bに印加する保持電圧を負極性とする。このとき、感光部11aで生成された電子およびホールのうち、ホールは集積電極12aに対応する集積領域11bに集積され、電子は集積電極12bに対応する集積領域11bに集積される。

[0080] 点灯期間において集積電極12aに対応する集積領域11bに存在していた電子はダングリングボンドに捕捉された一部を残して保持電極13aに対応する保持領域11cに移動し、点灯期間において集積電極12bに対応する集積領域11bに存在していたホールはダングリングボンドに捕捉された一部を残して保持電極13bに対応する保持領域11cに移動する。つまり、集積電極12aに対応する集積領域11bに残された電子は集積されたホールと再結合し、集積電極12bに対応する集積領域11bに残されたホールは集積された電子と再結合する。

[0081] 消灯期間においては、集積電極12aに印加される集積電圧が負極性であり、保持電極13aに印加される保持電圧と集積電極12bに印加される集積電圧とはともに正極性であるから、集積電極12aに対応する集積領域11bから保持電極13aに対応する保持領域11cだけではなく、集積電極12bに対応する集積領域11bにも電子が移動しようとするが、ギャップgを設けていることにより、集積電極12bに対応する集積領域11bへの電子の移動は抑制される。同様に、集積電極12bに対応する集積領域11bから保持電極13bに対応する保持領域11cと集積電極12aに対応する集積領域11bとにホールが移動しようとするが、ギャップgの存在により集積電極12aに対応する集積領域11bへのホールの移動は抑制される。このように、集積電極どうしの間の距離を比較的大きくしているから、光電変換部で生成された電子とホールを両集積領域に振り分けやすくなる。

[0082] 消灯期間の次の点灯期間において、集積電極12aに対応する集積領域11bには、主機能層11で生成された電子と、保持電極13aに対応する保持領域11cに保持されていた電子とが集積され、集積電極12aに対応する集積領域11bに集積されていたホールはこれらの電子と出会い再結合することにより消滅する。同様にして、集積

電極12bに対応する集積領域11bには、感光部11aで生成されたホールと、保持電極13bに対応する保持領域11cに保持されていたホールとが集積され、集積電極12bに対応する集積領域11bに集積されていた電子はこれらのホールと出会い再結合することにより消滅する。

[0083] 点灯期間において集積電極12bに対応する集積領域11bに集積されたホールは、引き続き消灯期間において保持電極13bに対応する保持領域11cに移動する際に感光部11aあるいは保持領域11cからの電子と出会って再結合する。同様に、消灯期間において集積電極12aに対応する集積領域11bに集積されたホールは、引き続き点灯期間において保持電極13aに対応する保持領域11aに移動する際に感光部11aあるいは保持領域11cからの電子と出会って再結合する。

[0084] 上述した動作を複数回繰り返した後において、保持電極13aに対応する保持領域11cに残留する電子は、実施形態1と同様であって、環境光に対応する成分が減殺されていることになる。一方、電子とホールとの集積効率が等しく、電子とホールとの再結合確率が1であれば、集積電極12bに対応する集積領域11bには電子は残留していないはずであるが、一般に再結合確率は1よりも小さいから、集積電極12bに対応する集積領域11bに電子が残留する。残留した電子は消灯期間に生成されたものであるが、点灯期間において生成されたホールとの再結合により、一部が消滅しているから点灯期間の情報を持っていることになる。つまり、集積電極12bに対応する集積領域11bに残留する電子も、信号光と環境光とを併せた成分から環境光に対する成分を減殺した成分になる。

[0085] 上述の動作を踏まえて、光検出器6における各光電変換部1に対応する受光出力から距離を求める場合の動作を以下に説明する。本実施形態では、集積電極12bに対応する集積領域11bに残留する電子を受光出力に用いる。集積電極12bに対応する集積領域11bに電子が残留する原因は、ホールの集積効率 α が1より小さく、再結合確率 β が1より小さいことにある。そこで、距離演算回路5において受光出力から距離を求めるために、集積領域11bへのホールの集積効率 α ($0 < \alpha < 1$)および電子とホールとの再結合確率 β ($0 < \beta < 1$)を考慮して(1)式を修正する。なお、集積電圧 V_a と印加期間 P_a については電子とホールとに関わらず同条件とする。

[0086] 実施形態1と同様に考えれば、集積電極12aに対応する集積領域11bでは、受光量がA0、A1であるときに集積領域11bに集積される電子の個数N0、N1はそれぞれ $N0=h(A0)$ 、 $N1=h(A1)$ であり、受光量がA2、A3であるときに集積領域11bに集積されるホールの個数N2、N3はそれぞれ $N2=\alpha h(A2)$ 、 $N3=\alpha h(A3)$ になる。一方、集積電極12bに対応する集積領域11bにおいては、電子とホールとの関係が逆になるから、N0、N1がホールの個数を表すとともにN2、N3が電子の個数を表し、 $N0=\alpha h(A0)$ 、 $N1=\alpha h(A1)$ 、 $N2=h(A2)$ 、 $N3=h(A3)$ になる。

[0087] また、電子とホールとの再結合により残留する電子の個数は、集積電極12aに対応する集積領域11bと保持電極13aに対応する保持領域11cとに関して言えば $(N0-\beta N2)$ または $(N1-\beta N3)$ であり、集積電極12bに対応する集積領域11bと保持電極13bに対応する保持領域11cとに関して言えば $(N2-\beta N0)$ または $(N3-\beta N1)$ である。したがって、集積電極12aと保持電極13aとの組を用いてホールと再結合された後に残留する電子の個数は次式で表される。

$$N0-\beta N2=h(A0)-\alpha \beta h(A2) \quad \cdots (a)$$

$$N1-\beta N3=h(A1)-\alpha \beta h(A3) \quad \cdots (b)$$

また、集積電極12bと保持電極13bとの組を用いてホールと再結合された後に残留する電子の個数は次式で表される。

$$N2-\beta N0=h(A2)-\alpha \beta h(A0) \quad \cdots (c)$$

$$N3-\beta N1=h(A3)-\alpha \beta h(A1) \quad \cdots (d)$$

つまり、受光出力としては(a) (b) (c) (d)に相当する4出力が得られる。そこで、(a) - (c)と(b) - (d)とをそれぞれ求めると、次式が得られる。

$$(N0-\beta N2)-(N2-\beta N0)=(1+\beta)(N0-N2)$$

$$=\{h(A0)-\alpha \beta h(A2)\}-\{h(A2)-\alpha \beta h(A0)\}$$

$$=(1+\alpha \beta)\{h(A0)-h(A2)\} \quad \cdots (e)$$

$$(N1-\beta N3)-(N3-\beta N1)=(1+\beta)(N1-N3)$$

$$=\{h(A1)-\alpha \beta h(A3)\}-\{h(A3)-\alpha \beta h(A1)\}$$

$$=(1+\alpha \beta)\{h(A1)-h(A3)\} \quad \cdots (f)$$

関数hを線形関数とすれば、(e)/(f) = (A0-A2)/(A1-A3)になる。結局、本

実施形態の4出力を用いることにより、(1)式で用いる $(A0-A2)/(A1-A3)$ を補正することなく求めることが可能になる。

[0088] 上述した手順を簡単にまとめると、まず、変調信号の位相によって区分される4区間のうち180度異なる2区間分について電子の集積と保持とを繰り返した後、保持電極13aに対応する保持領域11cから受光出力を取り出すと(a)(c)に相当する出力が得られるから、距離演算回路5では両者の差分を求める。次に、変調信号の位相によって区分される4区間のうち上述の2区間とは異なる2区間について電子の集積と保持とを繰り返した後、集積電極12bに対応する集積領域11bから受光出力を取り出すと(b)(d)に相当する出力が得られるから、距離演算回路5では両者の差分を求める。このようにして求めた2つの差分値を除算すれば、除算結果は(1)式における $(A0-A2)/(A1-A3)$ に相当するから、位相差 ϕ を求めることができる。要するに、本実施形態の構成を採用し、保持電極13aに対応する保持領域11cと集積電極12bに対応する集積領域11bとにそれぞれ集積した電子の量の差分を用いると、集積効率 α および再結合確率 β の影響を除去して位相差 ϕ を求めることが可能になる。

[0089] 本実施形態では、各光電変換部1に設けた2個の保持電極(13a, 13b)に対応する保持領域11cに光が入射しないように遮光膜15で保持電極(13a, 13b)を覆っているが、図8に示すように、各光電変換部1にそれぞれ対応するレンズ19aを備えるレンズアレイ19を配置してもよい。レンズアレイ19は、合成樹脂成形品によりレンズ19aを連続一体に形成するものを想定しているが、独立したレンズ19aをレンズ枠により保持したものを用いることもできる。各レンズ19aは、光の入射面が凸になった平凸レンズであって、レンズ19a同士の境界が光電変換部1の境界に一致するように配置される。

[0090] レンズ19aは収束レンズであり、図8に矢印で示すように、光電変換部1の中央部に入射光を収束させる機能があり、この機能により、保持電極(13a, 13b)に光が入射するのを防止している。すなわち、遮光膜15を設けた場合と同様に、保持電極(13a, 13b)に対応する保持領域11cへの光の入射を防止することができる。しかも、光電変換部1の全面に相当する領域に入射した光が収束されて光電変換部1における感光部11aに入射するから、遮光膜15を設ける場合に比較すると開口率が大きくなり、

光の利用効率が高くなる。

[0091] (実施形態3)

上記した実施形態2においては、ギャップ”g”の幅を広くするほうが電子とホールとを分離しやすくなるが、複数の光電変換部1を配列することにより光検出器6を構成し、主機能層11を垂直転送レジスタとして兼用している場合は、集積電極(12a, 12b)および保持電極(13a, 13b)を用いて主機能層11に形成されるポテンシャル井戸を制御することでキャリア(電子またはホール)を転送するため、ギャップ”g”の幅を広くしすぎるとギャップ”g”の部位でキャリアを転送するためのポテンシャル井戸を形成できなくなる恐れがある。

[0092] そこで、本実施形態は、図9(A)に示すように、集積電極(12a, 12b)の間に転送用電極22を付加することにより、集積電極(12a, 12b)の距離を広げて電子とホールとを分離しやすくしながらも、保持領域11cに残留する電子およびホールの転送を容易にした点に特徴がある。

[0093] この構成によれば、保持領域11cに電子およびホールを集積する間には転送用電極22には転送電圧を印加せずに0Vに保つことによって、転送用電極22の幅以上の幅を有したギャップgを集積電極(12a, 12b)の間に形成することができる。また、保持領域11cに集積したキャリアを転送する際には、転送用電極22を集積電極(12a, 12b)および保持電極(13a, 13b)と併せて用い、適宜のタイミングで転送電圧を印加することにより、キャリアが移動しやすくなるように主機能層11にポテンシャル井戸を形成することが可能になる。

[0094] また、光検出器6においては、垂直方向に隣接する光電変換部1の間にも保持領域11cからのキャリアの漏れを抑制するために間隙が形成されているから、この間隙に対応する部位にも転送用電極23を付加することで、垂直方向において隣接する光電変換部1の間で電子とホールとを分離しながらも、キャリアの転送時にはキャリアが移動しやすいようにポテンシャル井戸を形成することが可能になる。この構成では、1グループ(1画素)当たり6個の電極、集積電極(12a, 12b)、保持電極(13a, 13b)、転送用電極(22, 23)を用いることになる。要するに、主機能層11を共用する集積電極(12a, 12b)と保持電極(13a, 13b)とのグループが複数グループ設けられ、

グループ内で隣り合う集積電極(12a, 12b)の間と、グループ間で隣り合う保持電極(13a, 13b)の間とにそれぞれ転送用電極(22, 23)が配置されるのである。

[0095] ところで、上述した例では、集積領域11bへのホール集積効率は電子よりも小さいが、実施形態2で考察したように、1つの光電変換部1に集積電極(12a, 12b)と保持電極(13a, 13b)とを2個ずつ設け、この光電変換部1に対応した受光出力を用いると、集積効率 α および再結合確率 β の影響を排除して距離を求めることができる。しかしながら、ホール集積効率が電子に比べて極端に小さいと、電子とホールとの再結合を利用する効果が十分に得られなくなる。そこで、電子およびホールを集積領域11bに集積する期間において転送用電極22に適宜の電圧を印加することにより、ホール集積効率を高めてもよい。

[0096] すなわち、集積電極12a(または集積電極12b)に負極性の集積電圧を印加するとともに、集積電極12b(または集積電極12a)に正極性の集積電圧を印加しているときに、集積電極12a(または集積電極12b)に印加する集積電圧よりも絶対値の小さい負極性の電圧を転送用電極22に印加するのである。転送用電極22に電圧を印加せずに0Vに保つ場合には転送用電極22はホール集積に寄与しないが、負極性の適宜大きさの電圧を転送用電極22に印加することによって、図9(B)に示すように、感光部11aで生成されたホールは集積電極12a(または集積電極12b)に対応する集積領域11bだけではなく、転送用電極22に対応して形成されるポテンシャル井戸にも集積される。転送用電極22に対応して形成されるポテンシャル井戸は、ホールに対して集積領域11bであるポテンシャル井戸よりも浅いから、転送用電極22に対応して形成されるポテンシャル井戸に集積されるホールは集積領域11bに流れる。その結果、集積電極12a(または集積電極12b)を単独で用いる場合に比べて多くのホールを集積領域11bに集積することが可能になる。なお、上述の例ではホール集積効率が電子よりも小さい場合を想定しているが、逆に電子集積効率がホールよりも小さい場合には、転送用電極22を電子集積に用いるために転送用電極22に正極性の適宜大きさの電圧を印加するようにしてもよい。他の構成および動作は実施形態2と同様である。

[0097] (実施形態4)

本実施形態は、図10および図11に示すように、光電変換部1に隣接するように廃棄電極17を設け、廃棄電極17に印加する廃棄電圧を制御することにより、光電変換部1に残留する電子およびホールを廃棄する点に特徴がある。

[0098] 光電変換部1を縦横に複数個ずつ配列する場合には、縦横の一方の方向に沿った廃棄電極17を他方の方向に隣接する各一对の光電変換部1の間に配置する。たとえば、図10に示すように、主機能層11を垂直転送レジスタとして兼用する構成を採用する場合は、集積電極(12a, 12b)と保持電極(13a, 13b)と転送用電極(22, 23)とを垂直方向(図10の縦方向)に配列し、光電変換部1を垂直方向に配列した各列の間に垂直方向に延長する廃棄電極17を設ける。換言すれば、矩形形状を有する集積電極(12a, 12b)と保持電極(13a, 13b)の長手方向のそれぞれに直交する方向に、集積電極と保持電極のそれぞれから略等距離離れて延出するように廃棄電極17が光電変換部1表面に設けられる。この構成では、垂直転送レジスタとともに電荷転送部7を構成する水平転送レジスタ21に対して主機能層11である垂直転送レジスタの一端からキャリアが引き渡される。なお、図10では集積電極(12a, 12b)保持電極(13a, 13b)、転送用電極(22, 23)を垂直方向の各列ごとに分割しているが、各列間を分割せずに4列分を水平方向に延長された1個の電極で構成してもよい。

[0099] 廃棄電極17は、n形の半導体層である主機能層11に主表面から所定の深さ(2〜3 μm)の領域に形成される。主機能層11と廃棄電極17とはオーミックに接合しており、正極性または負極性の廃棄電圧を廃棄電極17に印加することにより、主機能層11に残留する電子とホールとを廃棄電極17を通して主機能層11から廃棄することが可能になる。また、廃棄電極17に電圧を印加せず0Vに保つことにより、水平方向に隣接する主機能層11に形成される集積領域11b同士あるいは保持領域11c同士で電子またはホールが混合されるのを防止することができ、廃棄電極17が光電変換部1の分離性の向上に寄与することになる。つまり、廃棄電極17は光電変換部1を水平方向において互いに分離する分離電極として機能する。したがって、廃棄電極17の深さは、主機能層11に残留するキャリア(とくに、ホール)を確実に廃棄できるように設定されるのはもちろんのこと、光電変換部1の間のキャリアの漏れを防止することも考慮して決定される。なお、廃棄電極17を設けずに導電材料からなる分離電極を光

電変換部1の分離の目的で設け、主機能層11に残留する電子およびホールは基板10および中間層16を通して廃棄するようにしてもよい。

[0100] 廃棄電極17を用いて主機能層11に残留する電子およびホールを廃棄する際には、電子を廃棄するかホールを廃棄するかに応じた極性で廃棄電極17に廃棄電圧を印加する。たとえば、保持電極13aに対応する保持領域11cに電子が残留し、集積電極12aに対応する集積領域11bにホールが残留しているものとする。実施形態1と同様に、主機能層11に残留するホールを先に廃棄する必要があるから、まず、ホールを廃棄するために廃棄電極17に負極性の廃棄電圧を印加した後に、電子を廃棄するために廃棄電極17に正極性の廃棄電圧を印加する。廃棄電極17に負極性の廃棄電圧を印加すれば、集積電極12aに対応する集積領域11bに残留していたホールが廃棄され、その後、廃棄電極17に正極性の廃棄電圧を印加すれば、保持電極13aに対応する保持領域11cに残留していた電子が廃棄される。この構成は基板10の導電形がn形である場合に用いることができるのはもちろんのこと、基板10の導電形がp形であって基板10を通してキャリアの廃棄ができない場合であっても、廃棄電極17を通して主機能層11の残留キャリアを廃棄することができる。

[0101] このように、廃棄電極17を用いることで、光電変換部に残留する電子とホールとの両方を廃棄することができるから、光電変換部に残留する不要キャリアを除去することによって、目的とする期間の受光光量に対して光電変換部から取り出す受光出力の誤差を抑制することができる。また、分離電極として機能させる場合は、隣接する列間での電子とホールとの混入を抑制するから、列間の分離性が改善される。

[0102] また、水平方向に隣り合う光電変換部1の間の分離性を向上させるために、廃棄電極17を設ける代わりに、図12に示すように、隣接する光電変換部1の列間に絶縁分離部18を形成してもよい。絶縁分離部18はシリコン酸化層(SiO_2)からなる絶縁材料により形成されており、絶縁層14に連続するように形成される。絶縁分離部18は水平方向に隣り合う光電変換部1の間のキャリアの漏れを防止する目的であるから、主表面からの深さは保持領域11cの深さによって決まり、たとえば $2\sim 3\mu\text{m}$ に設定される。なお、絶縁分離部18を形成する場合には主機能層11に残留するキャリアを廃棄するための電極を別途に設ける。たとえば、光検出器6を形成する半導体基板の周

部にCCDイメージセンサと同様のオーバーフローレインを設け、オーバーフローレインを通してキャリアを廃棄することが可能である。

[0103] なお、図では主機能層11が垂直転送レジスタを兼用する構成の光検出器6を例示したが、主機能層11とは別に垂直転送レジスタを設け、主機能層11から転送ゲートを介して垂直転送レジスタにキャリアを引き渡すようにしてもよい。この構成を採用する場合には、各主機能層11において転送ゲートを設ける部位以外を、それぞれ廃棄電極17あるいは絶縁分離部18で囲むようにしてもよい。

[0104] (実施形態5)

本実施形態は、図13に示すように、実施形態3において説明した転送用电極22に代えて、2個の制御電極(24a, 24b)を設けるとともに、転送用电極23に代えて2個の制御電極(25a, 25b)をそれぞれ設けることを特徴とする。

[0105] すなわち、本実施形態では、1個の光電変換部1において集積電極(12a, 12b)、保持電極(13a, 13b)、制御電極(24a, 24b)、制御電極(25a, 25b)を各2個ずつ設け、1画素に8個の電極を設けた構成を採用している。また、図では、これらの電極を等間隔に配列してある。制御電極(24a, 24b)は1個の光電変換部1において隣接する集積電極(12a, 12b)の間に配置され、したがって制御電極(24a, 24b)には光が透過する。また、制御電極(25a, 25b)は隣り合う2個の光電変換部1に設けた保持電極(13a, 13b)の間に配置され、したがって、制御電極(25a, 25b)は遮光膜15に覆われる。

[0106] 以下では、本実施形態の動作を図14に基づいて説明する。図14(A)～(H)は、それぞれ制御電極25a、保持電極13a、集積電極12a、制御電極24a、制御電極24b、集積電極12b、保持電極13b、制御電極25bに電圧を印加することにより形成されるポテンシャル井戸の深さの変化を示しており、各図の中央の横線はポテンシャル井戸が形成されない状態を表し、中央の横線よりも下側は電子に対するポテンシャル井戸が形成される状態、中央の横線よりも上側はホールに対するポテンシャル井戸が形成される状態をそれぞれ表している。つまり、中央線を基準電位とすれば、電子に対するポテンシャル井戸が形成される期間は正極性の電圧を印加している期間であり、ホールに対するポテンシャル井戸が形成される期間は負極性の電圧を印加し

ている期間になる。

[0107] 図14から明らかなように、集積電極(12a, 12b)に印加する集積電圧と保持電極(13a, 13b)に印加する保持電圧とは、それぞれ正負1段階ずつと基準電位との3段階に切り換えられ、制御電極(24a, 24b, 25a, 25b)に印加する電圧は、正1段階と負2段階と基準電位との4段階に切り換えられる。尚、図中、電子を符号eで表し、ホールを符号hで表し、電子eないしホールhの移動を矢印で表している。また、丸を付した符号eおよび符号hは、感光部11aから集積した電子またはホールであることを示している。

[0108] ここで、実施形態1と同様に、発光源2が点灯と消灯とを繰り返し、かつ点灯期間Pbと消灯期間Pdとの受光光量の差分に相当する受光出力を得る場合を基本動作とすると、本実施形態では、集積期間Tc1と移送期間Tm1とが点灯期間Pbに対応し、集積期間Tc2と移送期間Tm2とが消灯期間Pdに対応する。実施形態1～4では基本動作において、図3に示すように、点灯期間Pbと消灯期間Pdとの切り換え時点と集積電圧および保持電圧の切り換え時点とを一致させるから、図14に示す集積期間Tc1, Tc2のみの動作を行っていることになる。本実施形態の動作は、集積期間Tc1, Tc2の間に移送期間Tm1, Tm2を設けていることが特徴であり、移送期間Tm1, Tm2には集積領域11bと保持領域11cとの間に電位勾配を形成して電子またはホールの移動方向を規制することにより、電子またはホールが拡散するのを防止している。つまり、移送期間Tm1, Tm2には制御電極(24a, 24b, 25a, 25b)に対応する部位に適宜の電圧を印加することによって、主機能層11における制御電極(24a, 24b, 25a, 25b)に対応する部位に待避領域を形成し、待避領域に電子またはホールを一旦待避させた後に集積領域11bまたは保持領域11cに移送することによって、集積電圧と保持電圧との極性の反転時における電子またはホールの拡散を防止している。

[0109] 以下、さらに詳しく説明する。図14に示す動作では集積電極(12a, 12b)に印加する集積電圧と保持電極(13a, 13b)に印加する保持電圧と制御電極(24a, 24b, 25a, 25b)に印加する電圧との組合せに10個の状態があり、10状態で1周期になるように各電圧の印加タイミングを制御回路4により制御する。各状態を区別するため

に、図14では1～10の符号を付している。各状態における電圧の変化を表1に示す。表1では、電圧を $+2V$ 、 $+V$ 、 0 、 $-V$ 、 $-2V$ の5段階で表している。 0 は基準電位であり、 $+2V > +V > 0 > -V > -2V$ である。

[0110] [表1]

状態	25a	13a	12a	24a	24b	12b	13b	25b
1	$-V$	$+2V$	$+2V$	$-V$	$-V$	$-2V$	$+2V$	$-V$
2	$+2V$	$+2V$	$+2V$	$-2V$	$+2V$	$-2V$	$+2V$	$-2V$
3	$+2V$	0	0	$-2V$	$+2V$	0	0	$-2V$
4	$+2V$	$+2V$	$-2V$	$-2V$	$+2V$	$+2V$	$-2V$	$-2V$
5	$-V$	$+2V$	$-2V$	$-V$	$-V$	$+2V$	$-2V$	$-V$
6	$-V$	$+2V$	$-2V$	$-V$	$-V$	$+2V$	$-2V$	$-V$
7	$-2V$	$+2V$	$-2V$	$+2V$	$-2V$	$+2V$	$-2V$	$+2V$
8	$-2V$	0	0	$+2V$	$-2V$	0	0	$+2V$
9	$-2V$	$-2V$	$+2V$	$+2V$	$-2V$	$-2V$	$+2V$	$+2V$
10	$-V$	$-2V$	$+2V$	$-V$	$-V$	$-2V$	$+2V$	$-V$

[0111] 状態1は集積期間 T_{c1} 、状態6は集積期間 T_{c2} であって、各集積期間 T_{c1} 、 T_{c2} には、感光部11aで生成された電子またはホールを集積領域11bに集積するとともに、集積期間 T_{c1} 、 T_{c2} より前に保持領域11cに移送されている電子またはホールを保持領域11cで保持する。集積期間 T_{c1} 、 T_{c2} の動作は基本的には実施形態1～4と同様である。

[0112] 状態2～5は移送期間 T_{m1} 、状態6～9は移送期間 T_{m2} であって、各移送期間 T_{m1} 、 T_{m2} には、集積電圧および保持電圧の極性を入れ換える。ただし、両極性の間において、一旦は基準電位となる状態(状態3, 8)が存在する。集積電圧と保持電圧とが基準電位となる状態3, 8には、主機能層11において制御電極(24a, 24b, 25a, 25b)に対応する部位に待避領域となるポテンシャル井戸を形成し、集積電極(12a, 12b)に対応する集積領域11bからそれぞれ制御電極(25b, 25a)に対応する待避領域に電子またはホールを移送するとともに、保持電極(13a, 13b)に対応する保持領域11cからそれぞれ制御電極(24a, 24b)に対応する待避領域に電子またはホールを移送することができるように主機能層11に電位勾配を付与する。集積領域11bと保持領域11cとは異なる種類のキャリア(一方が電子であれば他方がホー

ル)が存在しているから、待避領域に電子またはホールが移送されることにより、電子とホールとが再結合する。すなわち、電子とホールとの再結合は、他の実施形態では主として集積電圧と保持電圧との極性の切換後に行われるが、本実施形態では集積電圧と保持電圧との極性の切換後だけではなく、集積電圧と保持電圧との極性の切換時にも行われる。つまり、待避領域を設けていることにより、集積電圧と保持電圧とが基準電位を通過するときに、電子とホールとが待避領域に移送され、移送の間に電子とホールとが再結合する。図14において矢印が交差する部位がこの状態を表している。また、他の実施形態と同様に、集積領域11bおよび保持領域11cにおいて主機能層11の表面に捕捉されている電子またはホールは、集積領域11bおよび保持領域11cに移動してきた電子またはホールと再結合する。

[0113] 要するに、移送期間 T_{m1} 、 T_{m2} には、集積領域11bと保持領域11cとのうち電子を保持していた領域からホールを保持していた領域の反対側に形成される待避領域に向かって電子が移動し、ホールと再結合せずに待避領域に達した電子は、集積領域11bと保持領域11cとのうち最初に電子を保持していた領域とは異なる領域に移動して、当該領域に残留していたホールと再結合する。また同様にして、集積領域11bと保持領域11cとのうちホールを保持していた領域から電子を保持していた領域の反対側に形成される待避領域に向かってホールが移動し、電子と再結合せずに待避領域に達したホールは、集積領域11bと保持領域11cとのうち最初にホールを保持していた領域とは異なる領域に移動して、当該領域に残留していた電子と再結合する。このような動作により、集積電圧と保持電圧との極性の切換時であって集積電圧と保持電圧とが基準電位になるとときには、電子およびホールが拡散せずに集積領域11bまたは保持領域11cを通過して待避領域に向かって移動するように電位勾配を与え、その後、電子およびホールを先に通過した集積領域11bまたは保持領域11cに引き戻すのである。

[0114] 移送期間 T_{m1} 、 T_{m2} において状態2、7は、集積電圧と保持電圧との極性を切り換える前の準備期間であり、状態2、7で待避領域を用意することにより主機能層11に電位勾配を付与し、電子およびホールの拡散を防止することができる。なお、図14に示すように、集積領域11bに多くの電子およびホールを集めるために、状態1～10の

うち集積期間 T_{c1} , T_{c2} に対応する状態1, 6は他の状態よりも時間を長くしてある。
また、状態1～5と状態6～10とは電子とホールとに関与する状態が入れ代わっているだけで、実質的に同様の動作になる。

[0115] このように、本実施形態では、集積電圧および保持電圧がともに基準電位になる期間(状態3, 8)には、隣接する集積領域11bおよび保持領域11cを挟む2つの待避領域の間に電位勾配を形成して電子とホールとの拡散を防止しているから、隣接する光電変換部1の間で電子とホールとが混合されることがなく、光電変換部1の分離性が高くなる。また、本実施形態の構成では、再結合後に残留する電子を受光出力として取り出す際の電子の転送用として、集積電極(12a, 12b)および保持電極(13a, 13b)とともに制御電極(24a, 24b, 25a, 25b)を用いることができる。他の構成および動作は他の実施形態と同様である。

[0116] 尚、図14に示す動作から明らかなように、1画素を構成する8個の電極のうち、集積電極12a、保持電極13a、制御電極(24a, 25a)の4個の電極と、集積電極12b、保持電極13b、制御電極(24b, 25b)の4個の電極とがそれぞれ組になっており、電子およびホールは組になっている電極の間で移動するから、組外に電子またはホールが漏れることがなく、他組の電子またはホールとの混合を防止することができる。上述した電圧の制御例は一例であって、集積電圧と保持電圧との切換時に待避領域に電子とホールとを移送し、その後に待避領域から集積領域11bと保持領域11cとに電子とホールとを移送する動作であれば、上述の例以外の動作を採用してもよい。また、1組の集積電極(12a, 12b)と保持電極(13a, 13b)とに対して、2個ずつの制御電極(24a, 24b, 25a, 25b)を設けた例で説明したが、1組の集積電極(12a, 12b)と保持電極(13a, 13b)とに対して、制御電極を1個ずつしか設けていない場合(つまり、実施形態3における転送用電極22, 23を設けた構成と同様の構成)であっても、集積電圧と保持電圧との切換時に待避領域に電子とホールとを移送するように電圧を制御することが可能である。

[0117] (実施形態6)

本実施形態における光検出器においては、図15に示すように、n形シリコン層である基板10にp形シリコン層である中間層16を介してn形シリコン層からなる主機能層1

1を設けてあり、主機能層11上にシリコン酸化膜からなる絶縁層14が形成される。主機能層11の主表面には絶縁層14を介して複数の分配電極32a, 32bが対向するように配置される。分配電極(32a, 32b)は2個ずつ近接して配置される。したがって、1つの光電変換部1は、一对の分配電極(32a, 32b)を有し、基板10、主機能層11、絶縁層14、中間層16は他の光電変換部1と共用される。

[0118] 分配電極(32a, 32b)は分配電圧が印加されると、それぞれ主機能層11にポテンシャル井戸(31a, 31b)を形成する。また、分配電極(32a, 32b)および絶縁層14は透光性を有し、光が分配電極(32a, 32b)を通して主機能層11に達するように構成してある。

[0119] 上述した光電変換部1に光が入射すると電子およびホールが生成される。分配電極(32a, 32b)に適宜の電圧が印加されると、光電変換部1で生成された電子およびホールは、分配電極(32a, 32b)に対応して主機能層16に形成されたポテンシャル井戸(31a, 31b)に集積される。ここに、1つのグループにおける分配電極(32a, 32b)の間の距離および分配電圧の大きさは、ポテンシャル井戸(31a, 31b)の間で電子とホールが移動可能になるように設定される。

[0120] 光電変換部1に入射する光量に応じた受光出力を得るための電子およびホールを光電変換部1で生成する期間に基板10および中間層16に印加される基板電位およびリセット電圧については実施形態1と同様であるので説明を省略する。

[0121] 分配電極(32a, 32b)にそれぞれ印加する分配電圧は、いずれも正極性と負極性との2段階に切換可能とする。各分配電極(32a, 32b)に印加する分配電圧を正極性にすると各ポテンシャル井戸(31a, 31b)に電子を集めることができ、分配電圧を負極性にするとポテンシャル井戸(31a, 31b)にホールを集めることができる。本実施形態では、光電変換部1において生成されるキャリアである電子とホールとの少なくとも一方が受光出力として用いられる。

[0122] さて、分配電極32aに印加する分配電圧を正極性とし、分配電極32bに印加する分配電圧を負極性とする、分配電極32aに対応するポテンシャル井戸31aには電子が集積され、分配電極32bに対応するポテンシャル井戸31bにはホールが集積される。つまり、光電変換部1(主機能層11)で同時刻に生成された電子およびホールが

、ポテンシャル井戸31a, 31bに振り分けて集積される。

[0123] 電子をポテンシャル井戸31aに集積するとともに、ホールをポテンシャル井戸31bに集積した後に、各分配電極(32a, 32b)に印加する分配電圧の極性を入れ換えると、電子がポテンシャル井戸31bに移送されホールがポテンシャル井戸31aに移送される。このとき、各ポテンシャル井戸(31a, 31b)のダングリングボンド(ないし界面電位)に捕捉されていた電子とホールとに対して移送された電子とホールとが再結合され、また移送の途中で電子とホールとが出会うことによって再結合される。したがって、ポテンシャル井戸(31a, 31b)に先に集積されていた電子およびホールの個数に対して、移送後にポテンシャル井戸(31a, 31b)に残留する電子およびホールの個数は減少する。もともと、遮光されていないから、電子およびホールの移送の間にも各ポテンシャル井戸31a, 31bには主機能層11などで生成された電子およびホールが集積される。

[0124] 電子とホールとの移送を数回行った後に電子とホールとのうちの必要なキャリアを受光出力として取り出せば、集積したキャリアをそのまま出力する場合よりもキャリアの個数が減少し、結果的に光電変換部1での飽和が生じにくくなる。しかも、電子とホールとの再結合確率は、電子およびホールの密度に依存しており、密度が高いほど再結合確率が大きくなるから、受光光量が少なく密度が低いときには再結合が生じにくく、主機能層11などで生成された電子およびホールに対して残留する電子およびホールの割合が多くなり、逆に、受光光量が多く密度が高いときには再結合が生じやすく、主機能層11などで生成された電子およびホールに対して残留する電子およびホールの割合が少なくなる。つまり、受光光量のダイナミックレンジに対して、受光出力のダイナミックレンジを抑圧することになり、光電変換部1での飽和を生じにくくする効果が期待できる。さらには、受光光量の相違によるショットノイズが抑制され、再結合を行わずに受光出力を取り出す場合に比較すると、ショットノイズの影響が軽減される分だけ積分時間(受光時間)を短縮し、応答速度を向上させることができる。

[0125] 次に、光電変換部1の基本動作を説明する。光電変換部1に入射した光量に応じて光電変換部1で同時に生成される電子とホールとを振り分けて2個のポテンシャル井戸(31a, 31b)に集積し、集積した電子とホールとを再結合させた後に残留する電

子とホールとの少なくとも一方を受光出力として取り出すので、光電変換部1に目的とする光が入射する前に電子あるいはホールが光電変換部1に残留していると、光電変換部1から取り出す受光出力に不要成分が含まれ、光電変換部1から取り出す受光出力が光電変換部1での受光光量に対応しないことになる。そこで、電子とホールとをポテンシャル井戸31a, 31bに集積する前に、まず光電変換部1に残留している電子およびホールを廃棄する。この電荷の廃棄処理は、実施形態1ですでに詳述したので省略する。

[0126] 光電変換部1のリセット後には、まずポテンシャル井戸31aに電子を集積するとともに、ポテンシャル井戸31bにホールを集積するために、分配電極32aに正極性の分配電圧を印加し、同時に分配電極31bには負極性の分配電圧を印加する。光電変換部1では光の入射により電子とホールとが生成されるが、分配電極32aに印加される分配電圧が正極性であり分配電極32bに印加される分配電圧が負電圧であるから、主機能層11には、ポテンシャル井戸31aから中間層16に向かう電位勾配が生じ、同時に中間層16からポテンシャル井戸31bに向かう電位勾配が生じる。したがって、光電変換部1で生成された電子はポテンシャル井戸31aに集積され、光電変換部1で生成されたホールはポテンシャル井戸31bに集積される。また、このときポテンシャル井戸31aからポテンシャル井戸31bに向かう電位勾配が生じるから、ポテンシャル井戸31aにホールが存在していればポテンシャル井戸31bに向かって移送され、ポテンシャル井戸31bに電子が存在していればポテンシャル井戸31aに向かって移送される。

[0127] ポテンシャル井戸31aに電子が集積された後には、リセット電圧を接地電位に保ったままで、分配電極32aに印加する分配電圧を負極性とし、分配電極32bに印加する分配電圧を正極性とする。このとき、主機能層11には、中間層16からポテンシャル井戸31aに向かう電位勾配が生じ、同時にポテンシャル井戸31bから中間層16に向かう電位勾配が生じる。つまり、光電変換部1において生成された電子はポテンシャル井戸31bに集積され、光電変換部1において生成されたホールはポテンシャル井戸31aに集積される。また、このとき、ポテンシャル井戸31bからポテンシャル井戸31aに向かう電位勾配が生じるから、ポテンシャル井戸31aに集積されていた電子はポ

テンシヤル井戸31bに向かって移送され、ポテンシヤル井戸31bに集積されていたホールはポテンシヤル井戸31aに向かって移送される。ただし、ポテンシヤル井戸31aでは表面のダングリングボンドないし界面電位によって一部の電子が捕捉されて移送されず、またポテンシヤル井戸31bでは表面のダングリングボンドないし界面電位によって一部のホールが捕捉されて移送されない。移送されない電子およびホールは、ポテンシヤル井戸31a, 31bに集積ないし移送されてきた電子およびホールと再結合する。また、ポテンシヤル井戸31a, 31bの間での電子およびホールの移送中には、高密度の電子とホールとが逆向きに移動するから、電子とホールとが出会う確率が高くなり、一部の電子とホールとが再結合により消滅する。

[0128] その後、各分配電極32a, 32bに印加している分配電圧の極性を入れ換えると(つまり、分配電極32aの分配電圧を正極性にし、分配電極32bの分配電圧を負極性にすると)、リセット後の状態に戻り、主機能層11には、ポテンシヤル井戸31aから中間層16に向かう電位勾配が生じ、同時に中間層16からポテンシヤル井戸31bに向かう電位勾配が生じる。また同時に、ポテンシヤル井戸31aからポテンシヤル井戸31bに向かう電位勾配が生じる。つまり、光電変換部1で生成された電子がポテンシヤル井戸31aに集積されるとともに、ホールがポテンシヤル井戸31bに集積され、さらに、ポテンシヤル井戸31aのホールがポテンシヤル井戸31bに移送され、ポテンシヤル井戸31bの電子がポテンシヤル井戸31aに移送される。したがって、各ポテンシヤル井戸31a, 31bにおいて捕捉されている電子およびホールと、集積ないし移送された電子およびホールとが再結合するとともに、移送中に会った電子およびホールが再結合し、光電変換部1で生成された電子およびホールの一部は再結合によって消滅する。

[0129] 分配電極(32a, 32b)に印加する分配電圧の極性を1回入れ換えるだけでも光電変換部1で生成された電子およびホールの一部を消滅させることができるが、ポテンシヤル井戸(31a, 31b)に一度に集積する電子およびホールの個数を少なくすれば(つまり、集積の時間を短くすれば)、光電変換部1の飽和が生じにくくなるから、集積時間を短くして分配電圧の極性を入れ換える動作を複数回行うのが望ましい。また、分配電圧の極性を1回入れ換えるだけでは電子とホールとの密度が低く電子とホー

ルとが出会う確率が低い、極性を多数回入れ換えることによって、再結合に關与する電子およびホール密度が増加して再結合確率が高くなる。

[0130] ところで、上述の動作によってホールとの再結合後にポテンシャル井戸31bに残留する電子を光電変換部1から取り出すには、両分配電極(32a, 32b)に印加する電圧を調節することにより主機能層11に形成されるポテンシャル井戸(31a, 31b)を制御し、ポテンシャル井戸(31a, 31b)に保持している電子を転送する。つまり、主機能層11と分配電極(32a, 32b)とを用いてCCDとして動作させることで、図1の左右の一方方向に電子を転送することができる。

[0131] 上述のように、発光源2の点灯と消灯とを繰り返して電子とホールを再結合させることにより信号光に対応する量の電子およびホールをポテンシャル井戸(31a, 31b)に残留させる受光期間と、ポテンシャル井戸(31a, 31b)に残留する電子およびホールの少なくとも一方を光電変換部1から取り出す取出期間とが必要であるが、これらの期間における電圧制御については、第1実施形態においてすでに説明したので、ここでの重複する説明を省略する。尚、インターライン方式のCCDイメージセンサと同様の構成を採用する場合においては、電子とホールとを個々に転送するように2列の垂直転送レジスタを用い、各ポテンシャル井戸(31a, 31b)に保持されたキャリアを各列の垂直転送レジスタに振り分けて転送してもよい。この構成の場合、水平転送レジスタも電子用とホール用とを個別に設けるのが望ましい。

[0132] 尚、分配電極(32a, 32b)に同時に逆極性の電圧を印加する本実施形態においても、上記実施形態で述べたように、分配電極(32a, 32b)間に転送用電極を配置して、分配電極の距離を広げ、電子とホールとを分離しやすくしながらも、ポテンシャル井戸(31a, 31b)に残留する電子およびホールの転送を容易にしたり、図10と同様の構成に廃棄電極を設けて光電変換部に残留する電子およびホールを廃棄することも可能である。さらに、上述したように、絶縁分離部を適所に形成したり、分配電極(32a, 32b)を間に挟むように両側それぞれに制御電極を配置する構成を本実施形態において採用することも可能である。

[0133]

上述した各実施形態では、主機能層11をn形、中間層16をp形、基板10をn形とし

て説明したが、上述した動作が可能な範囲において導電形は適宜に選択可能である。また、受光出力として電子を採用したが、ホールを採用することも可能である。あるいは、電子とホールとの両方を受光出力として採用することも可能である。たとえば、図2に示した構成において、実際には、再結合確率が1ではないから、集積電圧と保持電圧とを制御することにより電子とホールとを再結合させた後には、電子とホールとの一方だけが残留するのではなく、電子とホールとがともに残留している。

[0134] たとえば、点灯期間Pbには集積領域11bに主として電子を集積し、消灯期間Pdには集積領域11bに主としてホールを集積するとすれば、点灯期間Pbの受光光量に対応する個数の電子と、消灯期間Pdの受光光量に対応する個数のホールとは、ともに再結合によって同数ずつ消滅すると考えられる。ここに、点灯期間Pbに集積した電子の個数をNe、消灯期間Pdに集積したホールの個数Nhとし、1回の再結合により消滅する電子およびホールの個数をNdとすれば、1回の再結合後に残留する電子とホールとの個数は $Ne - Nd$ 、 $Nh - Nd$ になる。したがって、電子とホールとのどちらを受光出力に用いても、再結合せずに取り出す場合よりは少なくなり、結果的に光検出器6の飽和が抑制される。

[0135] また、電子を集積する期間を図4または図5に示した受光光量A0またはA1に対応する期間、ホールを集積する期間を受光光量A2またはA3の期間とすれば、再結合後の電子の個数は受光光量A0またはA1に対応する個数NEからNdに比例する一定数NDを減じた個数になり、再結合後のホールの個数は受光光量A2またはA3に対応する個数NHからNdに比例する一定数NDを減じた個数になる。つまり、再結合後に残留した電子とホールとをそれぞれ受光出力として取り出した後に減算すれば $(NE - ND) - (NH - ND)$ であって、 $(NE - ND) - (NH - ND) = NE - NH$ であるから、 $A0 - A2$ または $A1 - A3$ を求めることができる。なお、この演算は電子とホールとの集積効率が等しいと仮定して行っているが、集積効率が異なる場合には演算時に適宜の補正が必要になる。また、電子とホールとは極性が異なるから、光検出器6の出力において電子とホールとに対応する受光出力の極性を反転させるか、あるいは $A0 - A2$ または $A1 - A3$ の演算を行う外部回路(たとえば、距離演算回路5)において光検出器6から得た2つの受光出力を加算する。

産業上の利用可能性

- [0136] 上記実施形態から分かるように、本発明によれば、環境光による受光出力の飽和を防いで、信号光に対するダイナミックレンジの低下を抑制することができる。したがって、従来よりも環境光の強い条件下でも信号光の検出が可能になり、特に、屋外の対象空間の情報を精度良く安定して検出する空間情報検出装置を提供できるので、防犯システム等の分野においてさらなる利用の拡大が期待される。

請求の範囲

- [1] 以下の構成を含む光検出器：
光の照射により電子およびホールを生成する光電変換部；
前記光電変換部上に絶縁層を介して配置される少なくとも一つの電極；
前記電極に電圧を印加することによって前記光電変換部内に形成され、光の照射により光電変換部内に生成される電子およびホールの一方を集積するポテンシャル井戸でなる第1集積領域；
前記光電変換部内に形成され、光の照射により光電変換部に生成される電子およびホールの他方を集積する第2集積領域；
前記電極に電圧を印加するタイミングおよび前記電圧の極性の少なくとも一方を制御する制御部；
第1集積領域と第2集積領域の間での電子とホールの移送により、第1集積領域と第2集積領域に集積された電子とホールを再結合させた後に、再結合されずに残留した電子とホールの少なくとも一方を出力する出力部。
- [2] 請求項1に記載の光検出器において、前記少なくとも一つの電極は、前記光電変換部上に絶縁層を介して設けられる一対の第1および第2電極でなり、前記制御部は、第1集積領域を形成するために第1電極に電圧を印加し、ポテンシャル井戸でなる第2集積領域を形成するために第2電極に電圧を印加する。
- [3] 請求項2に記載の光検出器において、前記制御部は、光の照射により前記光電変換部に生成される電子とホールの一方が第1集積領域に集積され、光の照射により異なる時刻に光電変換部に生成される電子とホールの他方が第2集積領域に集積されるように、前記第1および第2電極に電圧を印加するタイミングおよび電圧の極性を制御する。
- [4] 請求項2に記載の光検出器において、前記制御部は、光の照射により光電変換部で生成される電子とホールの一方が第1集積領域に集積されると同時に、他方が第2集積領域に集積されるように、前記第1および第2電極に互いに異なる極性の電圧を印加する。
- [5] 請求項2に記載の光検出器において、前記制御部は、第1集積領域に電子が集積

され、第2集積領域にホールが集積されるように前記第1および第2電極に電圧を印加する状態と、第1集積領域にホールが集積され、第2集積領域に電子が集積されるように前記第1および第2電極に電圧を印加する状態とを切り換えて、第1集積領域と第2集積領域の間で電子とホールを再結合させる。

- [6] 請求項2に記載の光検出器は、前記第2電極上に遮光膜を有し、前記制御部は、電子およびホール的一方が第1集積領域に集積された後、前記第2集積領域に移送して保持され、電子およびホールの他方が第1集積領域に集積されるように、前記第1および第2電極に電圧を印加するタイミングおよび電圧の極性を制御する。
- [7] 請求項2に記載の光検出器は、前記第1電極上に入射光を収束させるレンズを有する。
- [8] 請求項2に記載の光検出器において、前記第1電極は一对の第1電極でなり、前記第2電極は一对の第2電極でなり、前記一对の第2電極の間には、前記一对の第1電極が配置される。
- [9] 請求項8に記載の光検出器において、前記第1電極間の距離は、前記第1電極とそれに隣接する第2電極の間の距離よりも大きい。
- [10] 請求項2に記載の光検出器において、前記第1電極は一对の第1電極でなり、前記第2電極は一对の第2電極でなり、前記第1電極間および前記第2電極間で、前記光電変換部上に絶縁層を介して設けられる転送用電極を有し、前記制御部は、残留した電子とホールの少なくとも一方が出力部に転送されるように、前記第1電極、第2電極および前記転送用電極に印加される電圧を制御する。
- [11] 請求項8に記載の光検出器は、前記第1電極と第2電極の長手方向のそれぞれに直交する方向に、前記第1電極と第2電極のそれぞれから略等距離離れて光電変換部表面に設けられる電荷廃棄電極を有し、前記制御部は、光電変換部内の電子およびホールを廃棄する時、前記電荷廃棄電極に印加する電圧を制御する。
- [12] 請求項2に記載の光検出器において、前記第1電極は一对の第1電極でなり、前記第2電極は一对の第2電極でなり、前記第1電極の間および前記第2電極の間の少なくとも一方において、前記光電変換部上に絶縁層を介して形成される少なくとも一つの制御電極を有し、前記制御部は、前記制御電極に電圧を印加してポテンシャル

井戸からなる待避領域を形成し、前記第1集積領域と第2集積領域の間での電子とホールとの移送が前記待避領域を経由して行われる。

[13] 請求項12に記載の光検出器において、前記制御部は、第1集積領域、第2集積領域および待避領域との間に一定方向の電位勾配が形成されるように第1電極と第2電極および制御電極への印加電圧を制御する。

[14] 請求項2に記載の光検出器は制御電極を有し、第2電極は第1電極と制御電極の間に配置され、前記制御部は、制御電極に電圧を印加することによりポテンシャル井戸でなる待避領域を形成し、前記第1集積領域に集積された電子とホール的一方を、前記待避領域を経由して第2集積領域に移送する。

[15] 請求項1に記載の光検出器において、前記光電変換部は、基板と、基板上に形成される中間層と、中間層上に形成される主機能層とで構成され、前記制御部は、基板に印加される基板電圧と、中間層に印加されるリセット電圧が逆バイアスになるようにリセット電圧の極性を制御し、光電変換部に残留する電子およびホールを中間層と基板の一方を介して廃棄する。

[16] 請求項2に記載の光検出器を用いた空間情報検出装置であって、以下の構成を含む：

所定周波数の変調信号で強度変調した光を対象空間に照射する投光手段；

前記光検出器の光電変換部には前記対象空間からの光により電子およびホールが生成され、前記光検出器の制御部は、前記第1集積領域に電子が集積され、前記第2集積領域にホールが集積されるように前記第1および第2電極に電圧が印加される状態と、前記第1集積領域にホールが集積され、前記第2集積領域に電子が集積されるように前記第1および第2電極に電圧が印加される状態とを切り換えることにより、第1集積領域と第2集積領域の電子とホールを再結合させ、再結合されずに残留した電子とホールの少なくとも一方を出力する；

前記光検出器の出力に基づいて対象空間を評価する評価部。

[17] 請求項16の空間情報検出装置において、前記制御部は、前記第1集積領域に電子が集積され、前記第2集積領域にホールが集積されるように前記第1および第2電極に電圧が印加される状態と、前記第1集積領域にホールが集積され、前記第2集

積領域に電子が集積されるように前記第1および第2電極に電圧が印加される状態とを、変調信号の位相の180度ごとに交互に切り換えることにより、第1集積領域と第2集積領域の電子とホールを再結合させ、前記評価部は、前記変調信号の位相の異なる2区間の各々において、光検出器の第1集積領域に再結合後に残留した電子とホール的一方でなる出力と、第2集積領域に再結合後に残留した電子とホール的一方でなる出力との間の差分を求め、前記2区間で求めた差分から対象空間を評価する。

[18] 請求項17に記載の空間情報検出装置において、前記評価部は、前記2区間の一方で求めた差分を他方で求めた差分で除算した値を距離に換算する距離演算部を含む。

[19] 以下の構成を含む光検出器：

光の照射により電子およびホールを生成する光電変換部と、
前記光電変換部上に絶縁層を介して配置される電極と、
前記電極に電圧を印加することにより前記光電変換部に形成されるポテンシャル井戸でなる電荷集積領域と、
光の照射により前記光電変換部に生成される電子とホール的一方を電荷集積領域内で、且つ光電変換部と絶縁層との界面部に保持し、次いで光の照射により光電変換部に生成される電子とホールの他方を電荷集積領域に集積して、前記界面部で電子とホールが再結合するように、前記電極に電圧を印加するタイミングおよび電圧の極性を制御する制御部と、
前記再結合後に、再結合されずに残留した電子とホールとの少なくとも一方を出力する出力部。

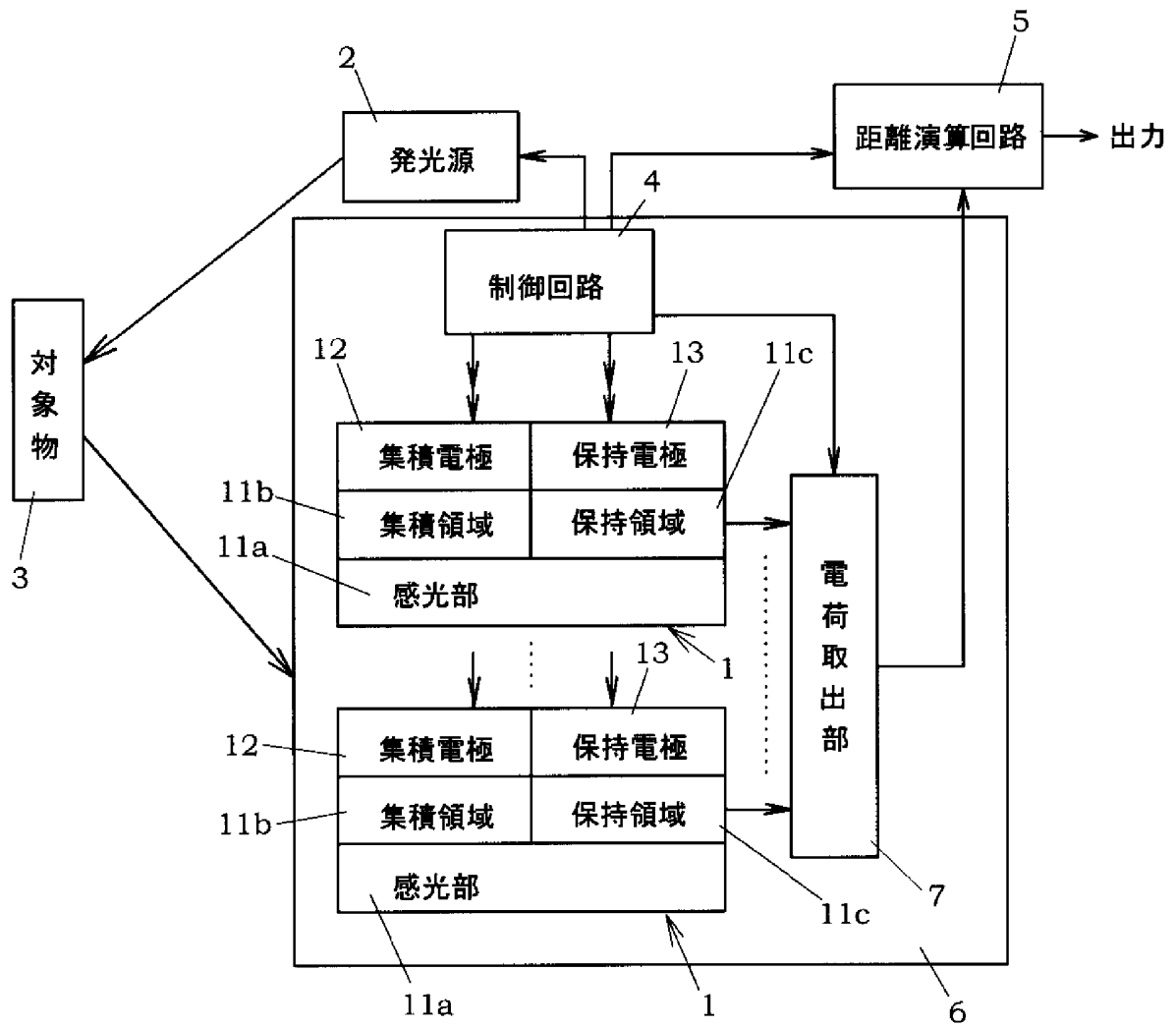
[20] 以下のステップを含む光検出方法：

光の照射により電子およびホールを生成する光電変換部と、前記光電変換部上に絶縁層を介して配置される一対の電極を有する光検出素子を用意する；
一方の電極に電圧を印加することによって前記光電変換部内に形成されるポテンシャル井戸でなる第1集積領域に、光の照射により光電変換部内に生成される電子およびホール的一方を集積する；

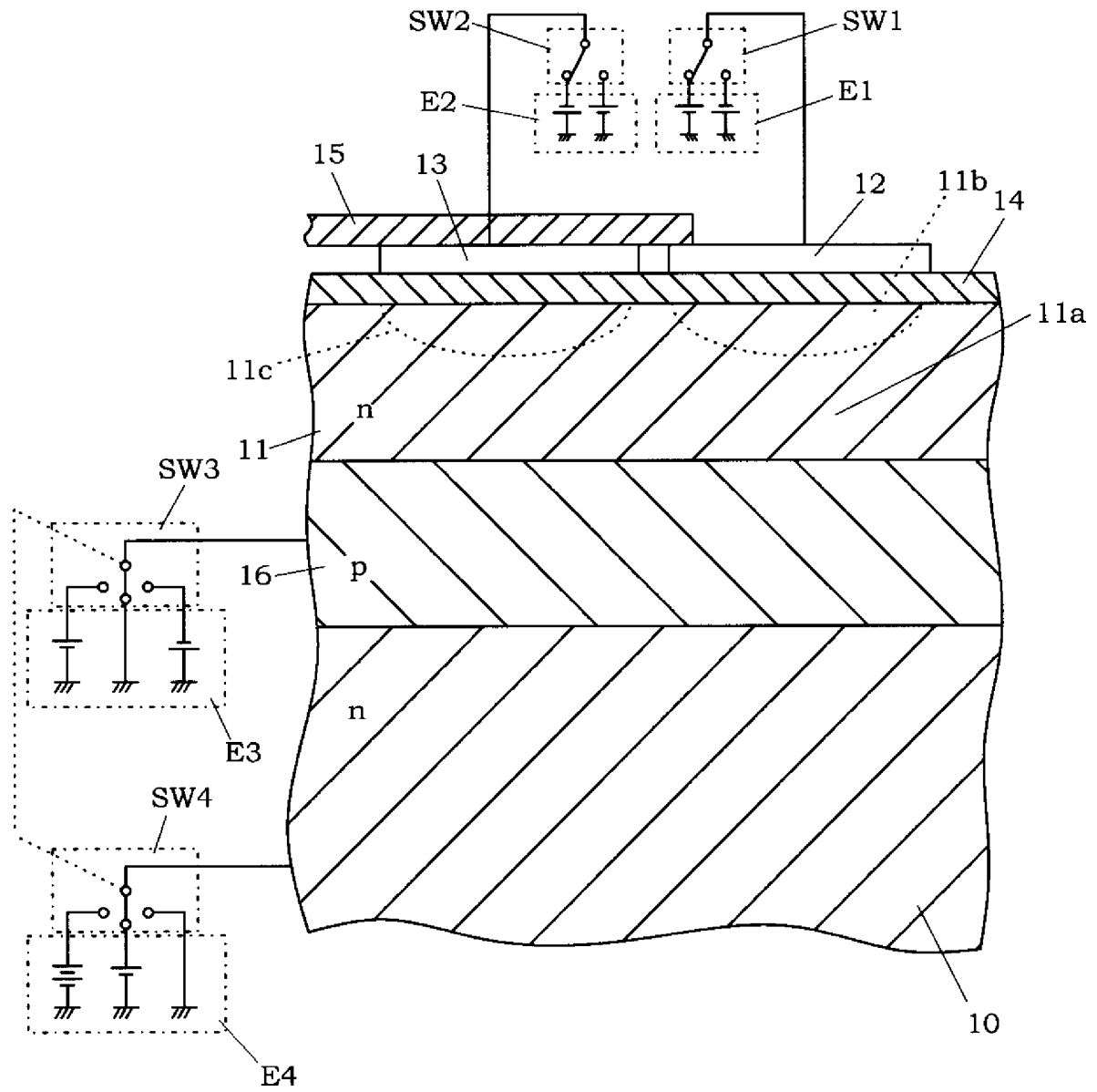
他方の電極に電圧を印加することによって前記光電変換部内に形成されるポテンシャル井戸でなる第2集積領域に、光の照射により光電変換部内に生成される電子およびホールを他方を集積する；

前記一対の電極に印加する電圧のタイミングおよび電圧の極性を制御することにより、第1集積領域と第2集積領域の間で電子とホールを移送させて、第1集積領域と第2集積領域に集積された電子とホールを再結合させた後に、再結合されずに残留した電子とホールの少なくとも一方を出力する。

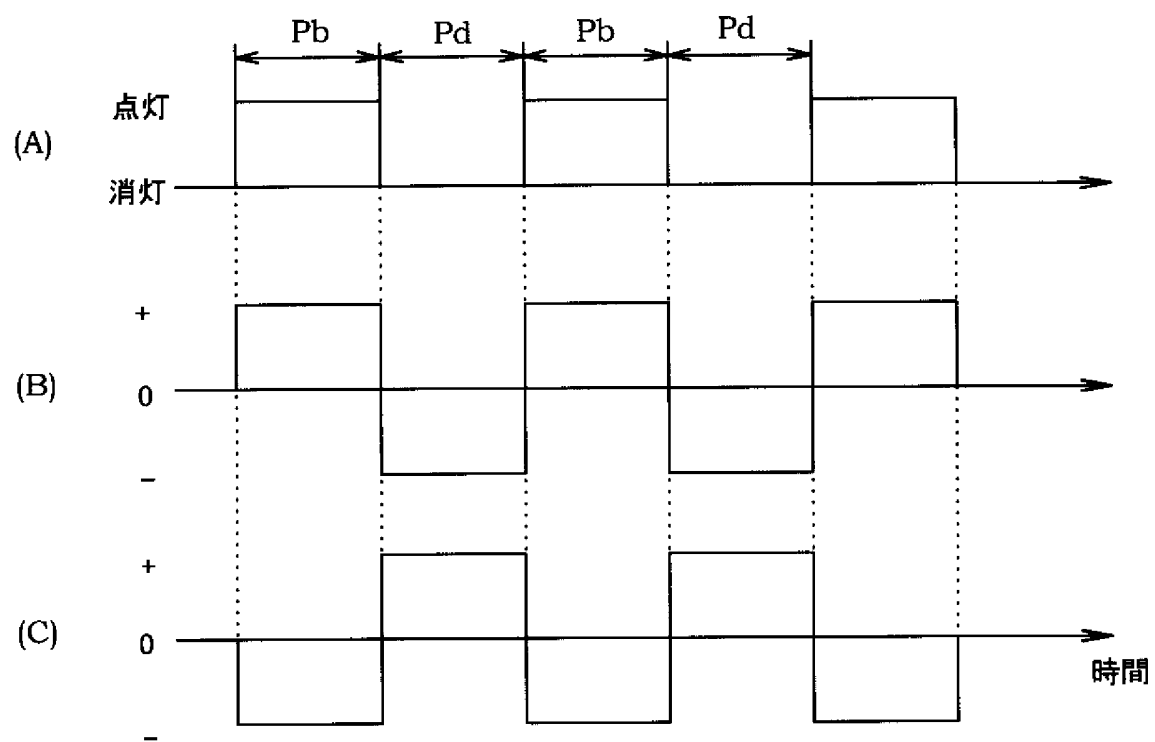
[図1]



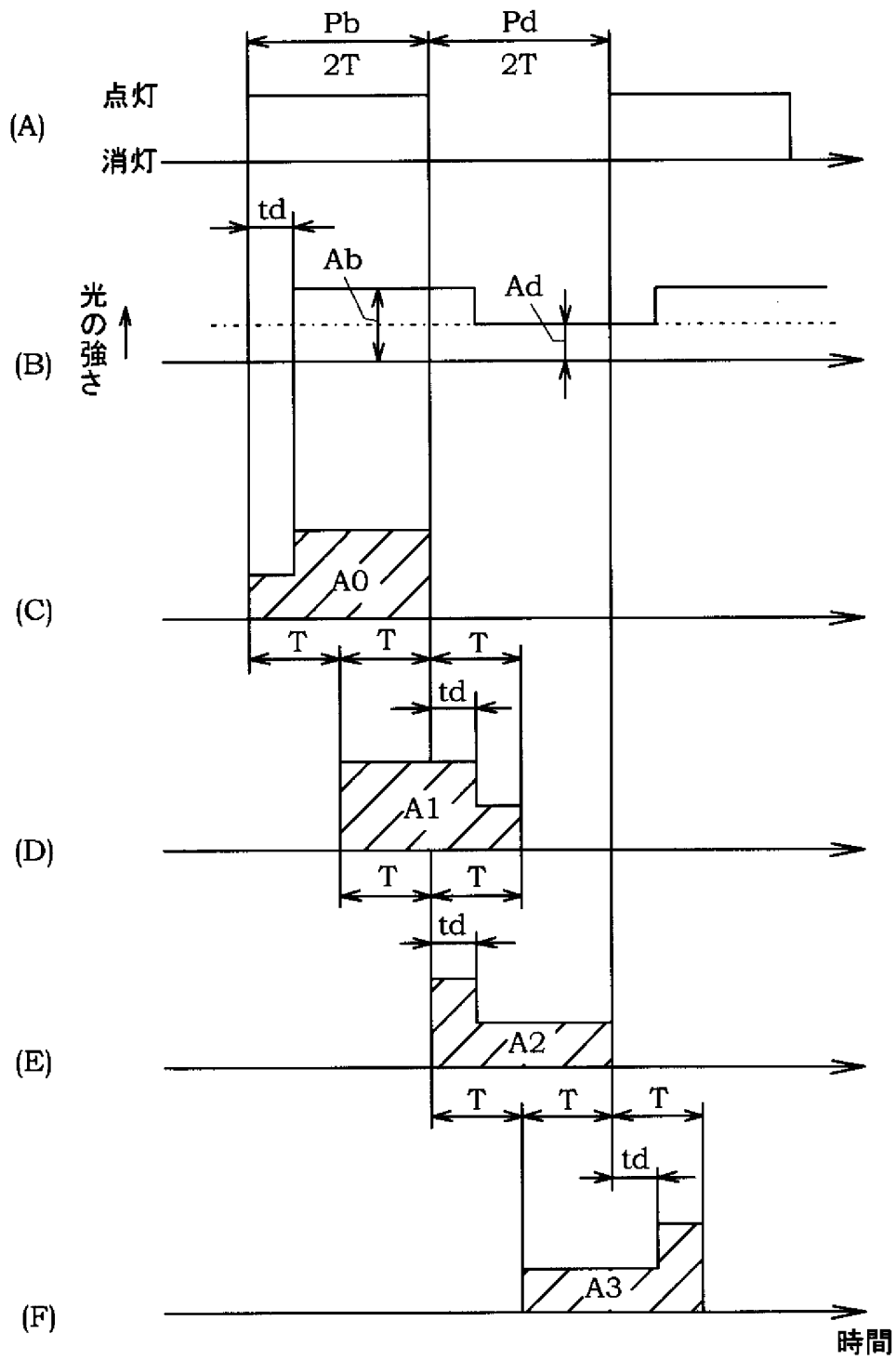
[図2]



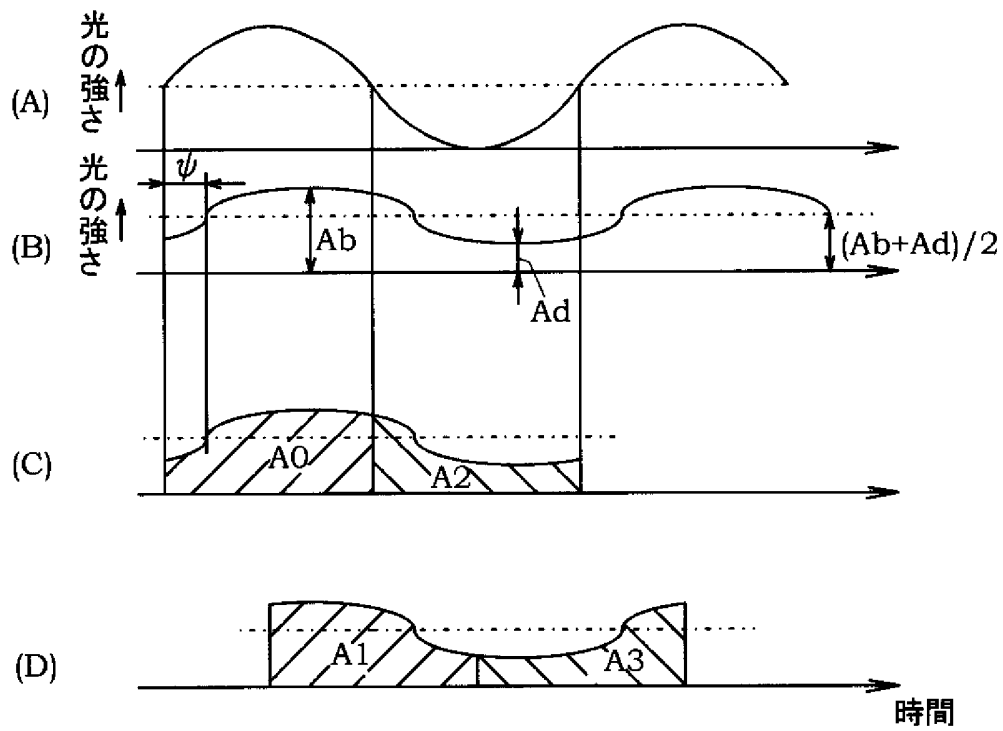
[図3]



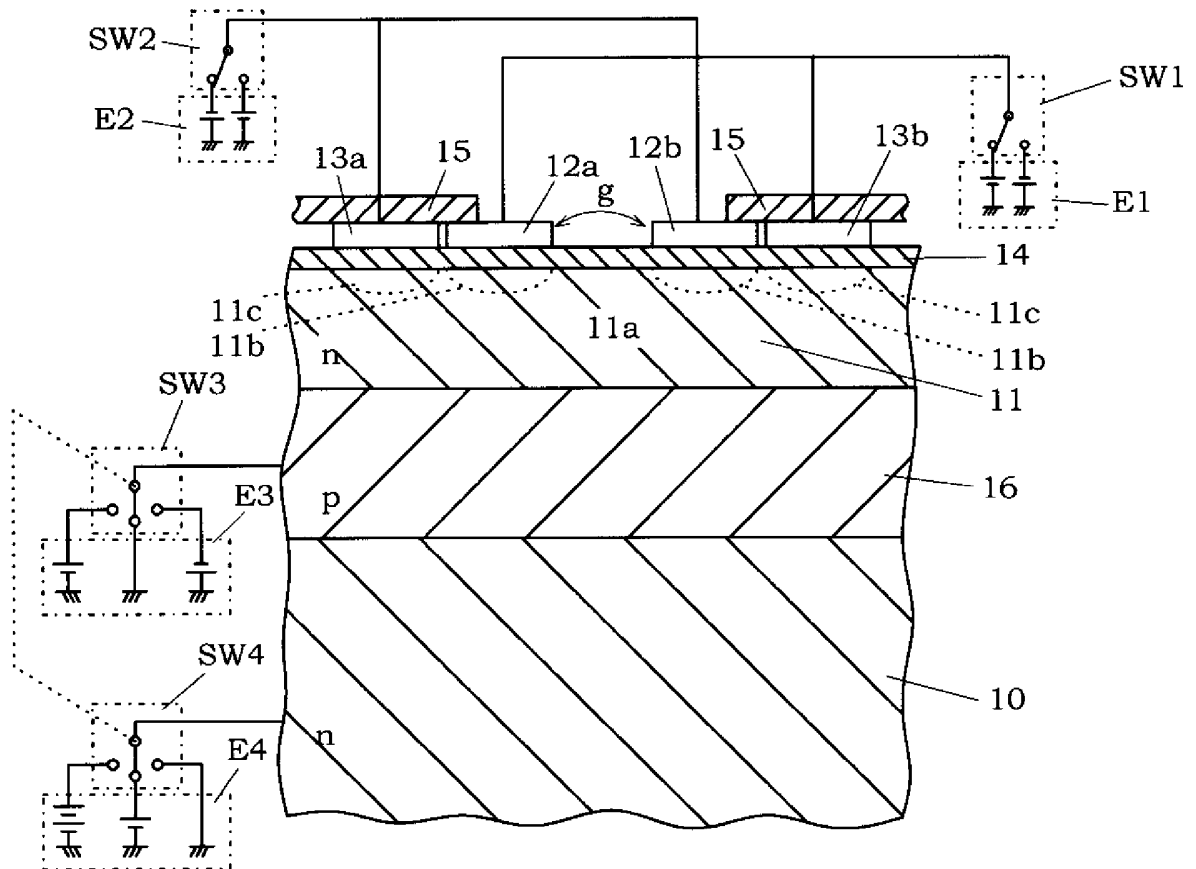
[図4]



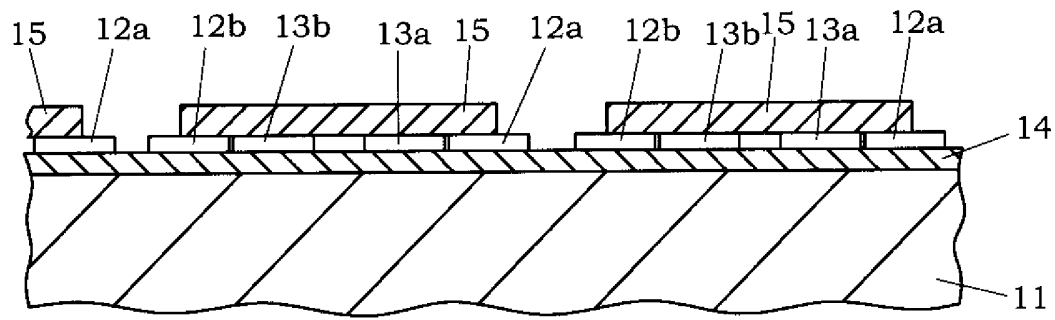
[図5]



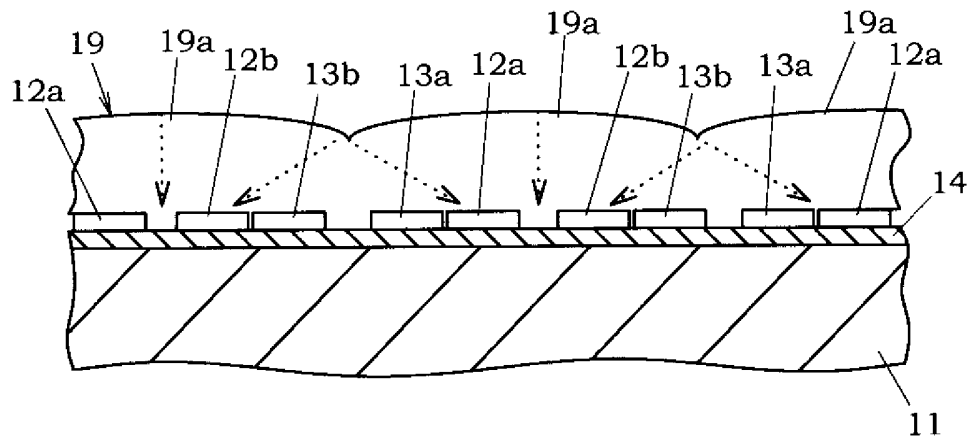
[図6]



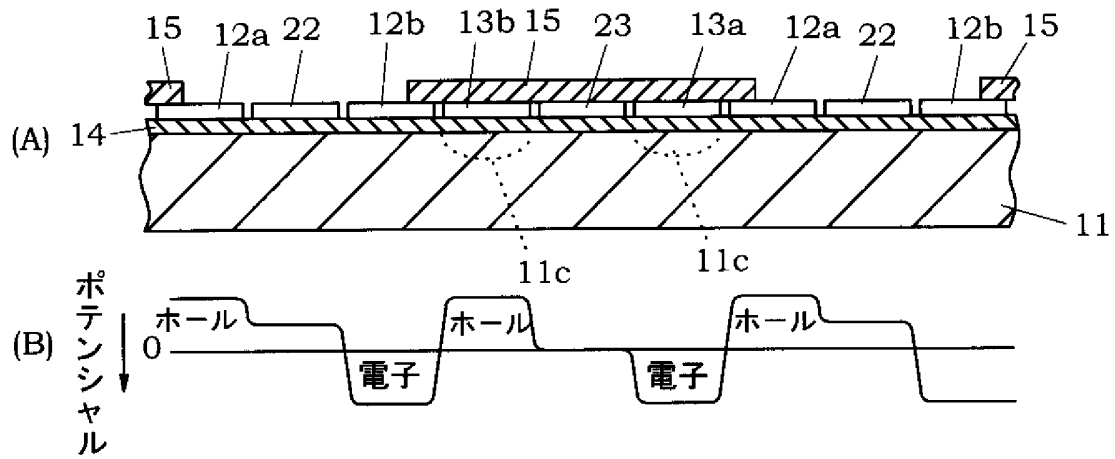
[図7]



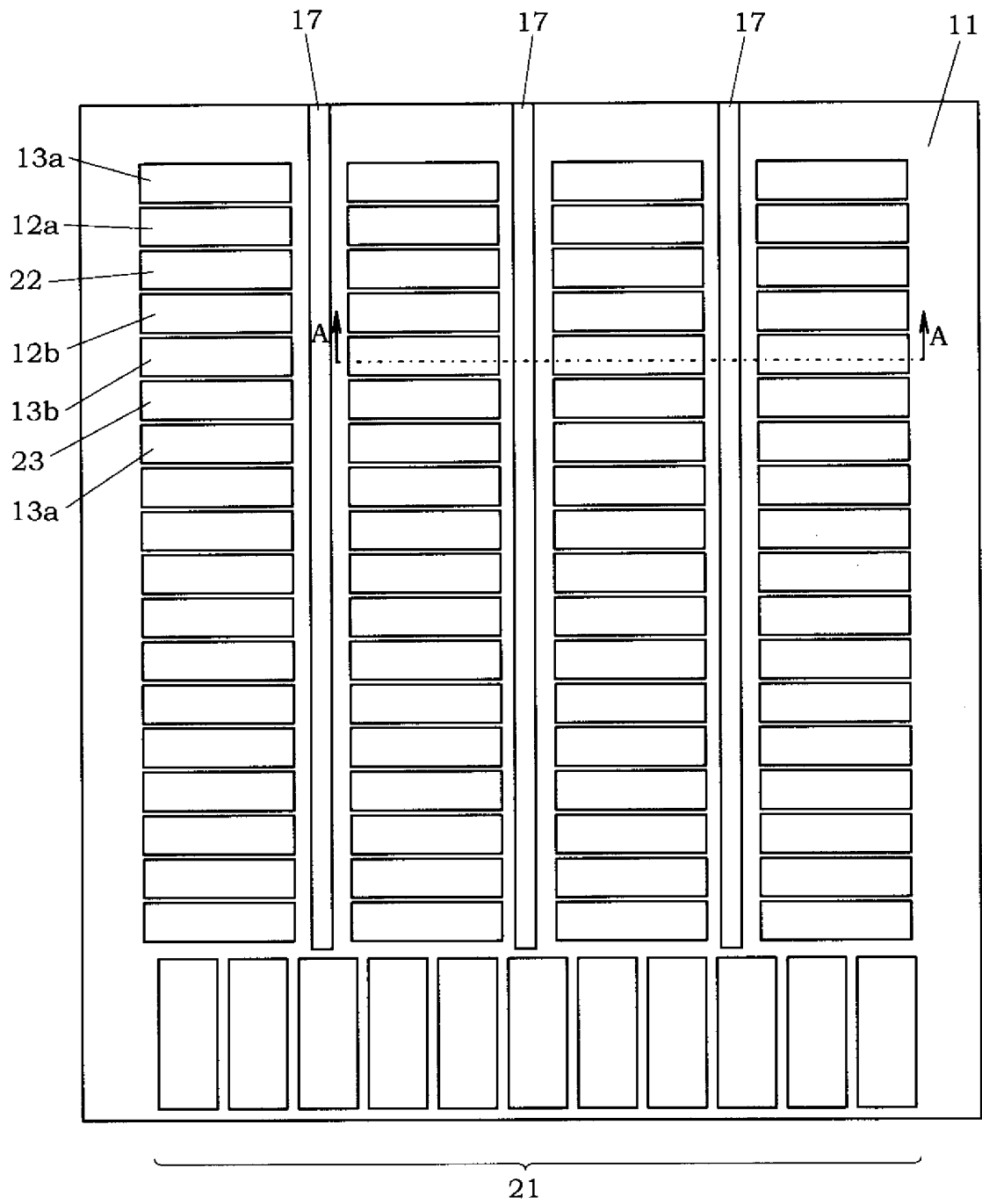
[図8]



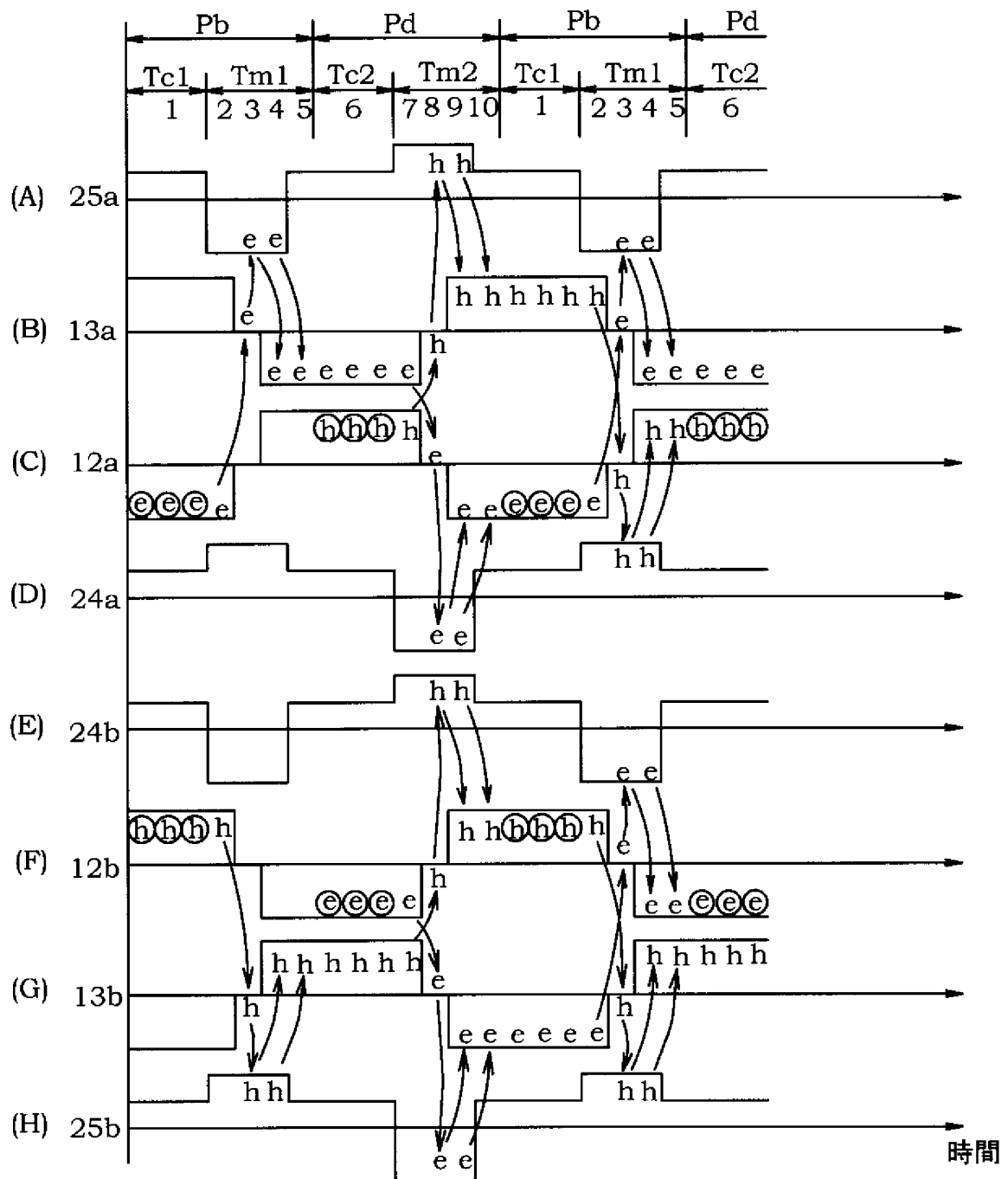
[図9]



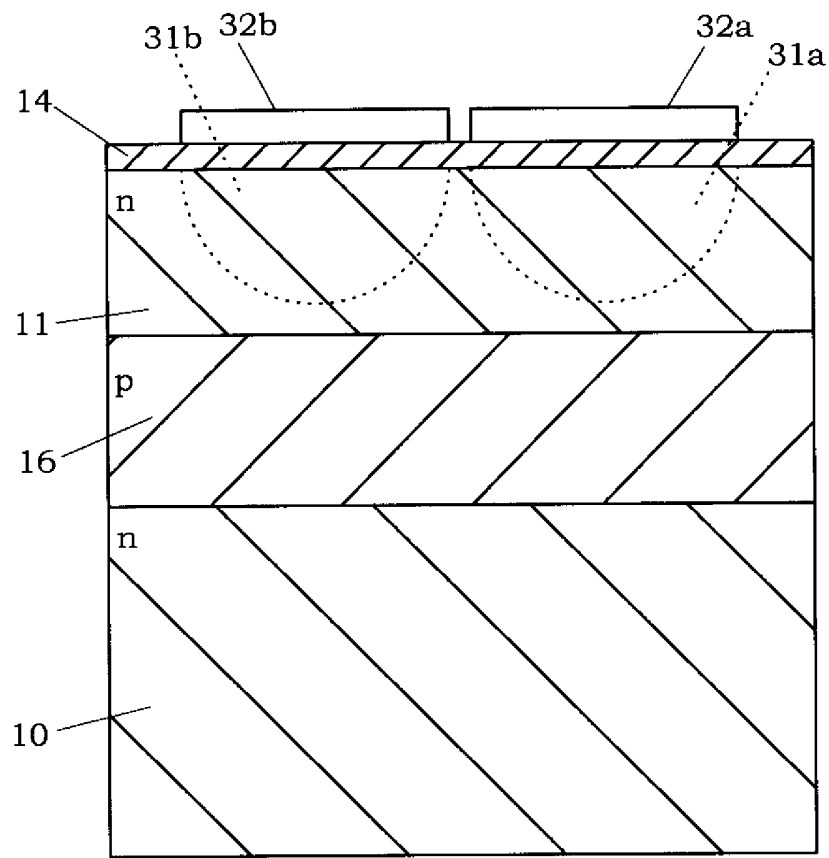
[図10]



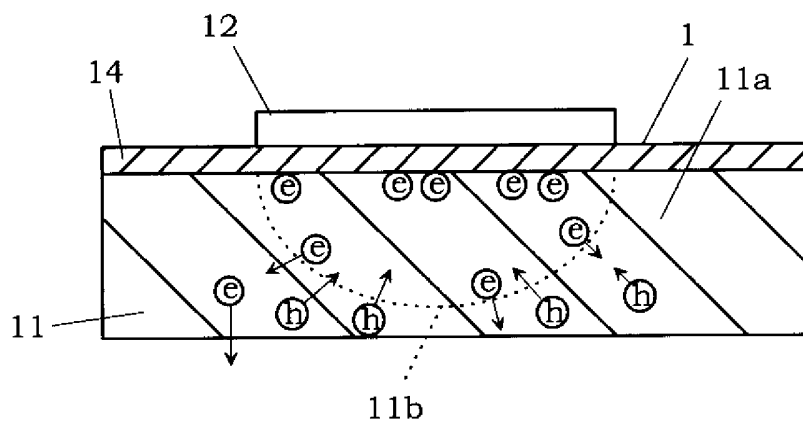
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/024109

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/10 (2006.01)

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)

H01L31 (2006.01)

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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	JP 9-260718 A (Canon Inc.), 03 October, 1997 (03.10.97), & JP 10-125891 A & US 5841180 A	1-20
A	JP 8-264744 A (Seiko Instruments Inc.), 11 October, 1996 (11.10.96), & US 5665960 A	1-20
A	JP 2004-111590 A (Sony Corp.), 08 April, 2004 (08.04.04), & US 2004/0051801 A	1-20

☐ 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
14 April, 2006 (14.04.06)

Date of mailing of the international search report
25 April, 2006 (25.04.06)

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. H01L31/10 (2006. 01)

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. H01L31 (2006. 01)

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 0 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 6 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 請求の範囲の番号
Y	J P 9 - 2 6 0 7 1 8 A (キヤノン株式会社) 1 9 9 7 . 1 0 . 0 3 & J P 1 0 - 1 2 5 8 9 1 A & U S 5 8 4 1 1 8 0 A	1 - 2 0
A	J P 8 - 2 6 4 7 4 4 A (セイコー電子工業株式会社) 1 9 9 6 . 1 0 . 1 1 & U S 5 6 6 5 9 6 0 A	1 - 2 0

☒ 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

1 4 . 0 4 . 2 0 0 6

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 4 . 2 0 0 6

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)

濱田 聖司

2 K

9 2 0 7

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2 0 0 4 - 1 1 1 5 9 0 A (ソニー株式会社) 2 0 0 4 . 0 4 . 0 8 & U S 2 0 0 4 / 0 0 5 1 8 0 1 A	1 - 2 0