

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6045963号  
(P6045963)

(45) 発行日 平成28年12月14日(2016.12.14)

(24) 登録日 平成28年11月25日(2016.11.25)

(51) Int.Cl.

G O 1 S 17/10 (2006.01)

F 1

G O 1 S 17/10

請求項の数 8 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-79114 (P2013-79114)  
 (22) 出願日 平成25年4月5日 (2013.4.5)  
 (65) 公開番号 特開2014-202610 (P2014-202610A)  
 (43) 公開日 平成26年10月27日 (2014.10.27)  
 審査請求日 平成27年9月25日 (2015.9.25)

(73) 特許権者 000005810  
 日立マクセル株式会社  
 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号  
 (74) 代理人 100080001  
 弁理士 筒井 大和  
 (72) 発明者 山本 将史  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地  
 株式会社日立製作所 横浜研究所内  
 (72) 発明者 瀬尾 欣穂  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地  
 株式会社日立製作所 横浜研究所内

審査官 ▲高▼場 正光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光測距装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

測距光を測定対象物に照射し、前記測定対象物からの反射光を受光して前記測定対象物までの距離を測定する光測距装置であって、

前記測距光を発光する光源と、

前記測定対象物に前記測距光を走査する反射角度可変ミラーと、

前記測距光の前記測定対象物からの前記反射光を受光し、該反射光の強度或いは光量に応じた信号を出力する受光手段と、

前記受光手段からの出力信号を增幅する増幅部と、

前記受光手段からの前記出力信号に基づいて前記受光手段の受光感度を制御するための目標バイアス電圧を生成する増幅率制御部と、

前記増幅部からの出力信号に基づいて前記測距光の飛行時間を検出し、前記測定対象物までの距離を算出する距離算出部と、を備え、

第1の走査期間に、前記増幅率制御部は前記受光手段からの前記出力信号に基づいて前記目標バイアス電圧を生成し、

第2の走査期間に、前記増幅率制御部は前記受光手段の前記受光感度を前記第1の走査期間で生成した前記目標バイアス電圧により制御し、前記距離算出部が前記測定対象物までの距離を算出し、

前記増幅率制御部は、前記受光手段により得られた前記出力信号を微分する微分回路を含み、更に、該微分回路からの出力信号に基づいて前記目標バイアス電圧を生成する、

10

20

光測距装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光測距装置において、

前記反射角度可変ミラーは 2 次元に前記測距光を走査し、

前記第 1 の走査期間と前記第 2 の走査期間は、前記 2 次元の走査フレームごとに切り替える、

光測距装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の光測距装置において、

前記反射角度可変ミラーは 2 次元に前記測距光を走査し、

10

前記第 1 の走査期間と前記第 2 の走査期間は、前記 2 次元の走査フレームの所定の解像度ごとに切り替える、

光測距装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の光測距装置において、

前記反射角度可変ミラーは 1 次元に前記測距光を走査し、

前記第 1 の走査期間と前記第 2 の走査期間は、前記 1 次元の走査フレームごとに切り替える、

光測距装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の光測距装置において、

前記反射角度可変ミラーは 1 次元に前記測距光を走査し、

20

前記第 1 の走査期間と前記第 2 の走査期間は、前記 1 次元の走査フレームの所定の解像度ごとに切り替える、

光測距装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の光測距装置において、

前記出力信号のオフセット成分を除去するオフセット除去部を含む、

光測距装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の光測距装置において、

前記受光手段はアバランシェフォトダイオードである、

30

光測距装置。

【請求項 8】

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の光測距装置において、

前記光源はレーザである、

光測距装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、レーザ光等の測距光を測定対象物に照射し、測定対象物からの反射光を受光して、対象物までの距離測定をおこなう光測距装置に係り、受光回路構成および測距制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、距離測定方法のひとつとして、測距対象にレーザ光を照射するとともに対象物からのレーザ反射光を受光する構成とし、レーザの照射時刻からレーザ反射光の受光時刻までの時間差を求めて対象物までの距離を求める T O F (Time of Flight) 方式の距離測定方法が、知られている。これらのレーザ測距装置では、反射レーザ光を高感度に受光する必要があり、受光素子のなかでも、APD(Avalanche Photo Diode)と呼ばれる高感度の

50

フォトダイオードを採用したものがある。

【0003】

APDは、アバランシェ増倍と呼ばれる現象を利用して受光感度を高めたフォトダイオードであるが、温度変化による増倍率変化が大きく距離検出誤差を生じる場合があった。特許文献1には、検出誤差を軽減するためAPDの温度変化による増倍率を制御し温度補償する光測距装置の技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-286448号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1によれば、APDの温度変化による増倍率を制御し補正するので、光測距装置の検出誤差を軽減することができる。しかし、測定対象物の反射率が異なる場合反射光の強度が異なるため、同距離でも反射率の異なる対象物に対し高い距離測定精度を実現することは困難であった。

【0006】

また、受光素子の微弱な信号を增幅するため後段回路にアンプを用いるが、アンプによりオフセットが生じる。このオフセットを除去するためコンデンサ等を用いるが、反射光の強度によってオフセットレベルが変動し、受光信号の電圧と参照電圧を比較しパルスを出力する回路構成において、距離測定精度に大きく影響するという問題があった。そのため後段アンプに入力する前段階で受光信号レベルを合わせ、受光強度差を抑制するという課題があった。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明の測距光を測定対象物に照射し、測定対象物からの反射光を受光して測定対象物までの距離を測定する光測距装置は、測距光を発光する光源と、測定対象物に前記測距光を走査する反射角度可変ミラーと、前記測距光の測定対象物からの反射光を受光する受光手段と、前記受光手段により得られた受光信号を検出する光量受光部と、前記光量受光部で検出した反射光の光量に基づいて前記受光手段の受光感度の設定目標値の検出あるいは前記受光手段の受光感度を設定する増幅率制御部と、前記光量受光部で検出した発光信号から測距光の飛行時間を検出し、測定対象物までの距離を算出する距離算出部と、を備える構成とし、第1の走査期間に、前記増幅率制御部は前記光量受光部で検出した反射光の光量に基づいて前記受光手段の設定目標値を検出し、第2の走査期間に、前記増幅率制御部は前記受光手段の感度を前記第1の走査期間で検出した設定目標値に設定し、前記距離算出部が測定対象物までの距離を算出するようにした。

30

【0008】

さらに、前記光量受光部は増幅部及び/またはオフセット除去部を含むように構成するか、または、前記増幅率制御部は微分回路を含むようにした。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明により測定対象物の反射率に関わらず高精度な光測距装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1a】本発明の距離測定原理を説明する図である。

【図1b】本発明の距離測定の動作タイミングを説明する図である。

【図2】本実施例の構成を示した図である。

【図3】APDの各温度のバイアス電圧と増倍率の関係を示した図である。

【図4】光量受光部6の構成を示した図である。

50

【図5】光量受光部6の詳細な回路構成を示した図である。

【図6】電流電圧変換部61をアンプを用いた構成を示した図である。

【図7a】反射率の異なる対象物の一例を示した図である。

【図7b】反射率の異なる対象物からの受光強度の状態を説明する図だる。

【図8a】反射率の異なる対象物の受光制御構成を示す図である。

【図8b】受光手段3、光量受光部6、パルス生成部10の出力信号の遷移を示した図である

。

【図9】光量受光部3から増幅率制御部7の構成を示した図である。

【図10】増幅率制御部の回路構成を示した図である。

【図11】読み込み期間及びバイアス電圧制御期間におけるバイアス電圧 $V_{ij}(n)$ の制御歩法を示した図である。 10

【図12】他の実施例の構成を示した図である。

【図13】他の実施例の増幅率制御部7の構成を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の光源にレーザを用い、受光素子にAPDを用いた光測距装置の距離測定原理、構成及びその駆動方法に関する実施例を、図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0012】

図1aと図1bは、本発明の距離測定原理を説明する図である。図に示すように、レーザ光源1の光の出射時間と、対象物14から反射する光の受光手段3における光の受光時間の差を用いて測定を行うTOF(Time of Flight)方式を記載している。レーザ光源1から出射した光は対象物14に照射する。対象物14に照射した光は散乱し1部の光を受光手段3で検出する。この時間差を $t[s]$ とすると距離 $L[m]$ は光速 $3.0 \times 10^8 [m]$ から、 20

$$L[m] = \text{光速} \times t[s] / 2 \quad (1)$$

と表される。上記式による距離算出を行うことで光測距装置を実現している。

【0013】

次に、図2により光測距装置の構成及びその駆動方法に関して説明する。

光測距装置はレーザモジュール12と駆動基板13から構成される。レーザモジュール12はレーザ光源1、反射角度可変ミラー2、受光手段3からなる。駆動基板13はミラー駆動部4、レーザ光源駆動部5、光量受光部6、増幅率制御部7、制御信号生成部9、パルス生成部10と距離算出部11からなる。受光手段3はレーザモジュール12の筐体外側に配置しているが、それに限らず、レンズ、ミラー等を用いレーザモジュール12内に配置してもよい。光を受光可能な構成であればよい。 30

【0014】

次に駆動基板13の動作に関し説明する。

駆動基板13における制御信号生成部9は、ミラー駆動部制御信号100、レーザ光源駆動部制御信号101、バイアス電圧制御信号102、同期信号200を生成する。レーザ光源駆動部制御信号101と同期信号200はレーザ光源駆動部5に入力される。レーザ光源駆動部5は入力されたレーザ光源駆動部制御信号101と同期信号200に応じレーザ駆動信号203を生成し、レーザ駆動信号203の信号レベルやその印加時間によりレーザ光源1の光量を調整する。また、ミラー駆動部制御信号100と同期信号200はミラー駆動部4に入力される。ミラー駆動部4はミラー駆動部制御信号100と同期信号200に応じ水平方向駆動信号201と垂直駆動信号202を生成する。水平方向駆動信号201と垂直駆動信号202はそれぞれ反射角度可変ミラー2の水平方向、垂直方向の角度を制御する。バイアス電圧制御信号102と同期信号200は増幅率制御部7に入力される。増幅率制御部7はバイアス電圧制御信号102と同期信号200に応じバイアス電圧を受光手段3に印加する。 40

【0015】

以上のような駆動基板13の回路動作により、レーザ光源1の光量と反射角度可変ミラー2の角度を調整しレーザをスキャンする。なお図1においてレーザ光源1は1つしか記載し 50

ていないが、複数のレーザを使用しスキャンすることも可能である。

#### 【0016】

一方受光手段3側に着目すると、対象物14から反射し受光手段3で検出した信号は、光量受光部6および増幅率制御部7に入力される。光量受光部6の信号はパルス生成部10に入力される。光量受光部6は微小信号の増幅を行う。パルス生成部10では入力信号と参照電圧を比較しアナログ信号をパルスに変換する。パルス生成部10で生成されたパルスは距離算出部11でレーザ光源駆動部5のレーザパルス出射タイミング信号103との時間差により距離データを出力する。

#### 【0017】

以上のような駆動基板13の回路動作により、レーザ光源1の光量と反射角度可変ミラー2の角度を調整しレーザをスキャンする。なお図1においてレーザ光源1は1つしか記載していないが、複数のレーザを使用しスキャンすることも可能である。10

以上が本実施例の距離測定原理、構成及びその駆動方法である。

#### 【0018】

以下A P Dの特性、検出信号処理回路、回路の処理方法により生じる問題点と本実施例の具体的な駆動方法に関し記載する。

まずA P Dの特性に関して説明する。

#### 【0019】

図3はA P Dの温度毎のバイアス電圧と増倍率の関係を示した図である。バイアス電圧が高いほど増倍率が高くなり、あるバイアス電圧から急激に増倍率が増加する。同じバイアス電圧でも温度が低い方が増倍率が高い。先行文献1は増倍率を一定とするため、A P Dの温度による増倍率の変化をバイアス電圧により制御している。20

#### 【0020】

次に検出信号処理回路に関して説明する。

図4は光量受光部6の構成を示した図である。

光量受光部6は、受光手段3への入射光により生じた電流を電圧に変換する電流電圧変換部61、微小な電圧を増幅する増幅部62、アンプのオフセット成分を除去するオフセット除去部63から構成される。増幅部62とオフセット除去部は例えばオフセット除去部 増幅部のように順番が入れ替わってもよいし、増幅部 オフセット除去部 増幅部 オフセット除去部のように複数のブロックを使用してもよい。求める効果に応じ柔軟に変更してよい。30

#### 【0021】

図5は光量受光部6の詳細回路構成を示した図である。

上段に回路図、下段に各位置に対応した電圧を示している。

回路構成は、受光手段3から流れ込む電流を抵抗により電圧に変換し、微小電圧を増幅器62により増幅する。さらにアンプによって生じたオフセット成分をコンデンサで除去し、最後に電圧を増幅し信号をパルス生成部10に出力する構成となっている。

#### 【0022】

図6は電流電圧変換部61をアンプを用い構成した図を示している。図5では電流電圧変換部61を抵抗のみで構成しているが、図6のようにアンプを用いて構成してもよい。電流を電圧に変換する手段であればよい。40

#### 【0023】

増幅部62は帰還抵抗にコンデンサを並列に接続しフィルタとして使用してもよい。またオフセット除去部63はコンデンサのみでなく、抵抗を用いハイパスフィルタを形成してもよい。電流電圧変換部61、増幅部62、オフセット除去部63はそれぞれの機能を満たす構成であれば、フィルタ機能等性能を向上する機能を付加してもよい。

#### 【0024】

次に回路処理方法により生じる問題点について説明する。

図7aと図7bは回路処理方法により生じる問題点を示した図である。

図7aは同距離で反射率が異なる対象物14にレーザモジュール12から光を照射した図であ50

り、図7bは対象物14から受光手段3に検出される光(以下戻り光)の受光強度を示した図である。

#### 【0025】

図7bに示すように、反射率高の波形と反射率低の波形は検出波形が異なるため、基準電圧と比較しパルスを出力する際時間差を生じる。受光強度によるズレに加え、後段で使用するアンプは受光強度によりオフセットレベルが異なるため、さらにパルスのズレを生じる。

#### 【0026】

つぎに後段のアンプにより生じる問題点を以下に示す。

図8aと図8bは、受光手段3、光量受光部6、パルス生成部10の構成とそれぞれの出力信号の遷移を示した図である。図8aのAは受光手段3の出力、Bは光量受光部6の出力、Cはパルス生成部10の出力を示している。パルス生成部10は入力信号と基準電圧を比較しパルス変換を行う。A, B, C各パルスは、出射開始時は反射率高の面からの戻り光、後半は反射率低の面からの戻り光に対応している。

10

#### 【0027】

ここで反射率低の面からの信号は受光手段3の出力信号として検出されているが、オフセットレベルが変化することでパルス生成部10から出力されない。そのため反射率低の領域で距離測定不能となる場合が生じる。

#### 【0028】

以上受光手段3の検出波形、強度の相違により、出力パルスにズレを生じるため、受光手段3で光を検出する段階で受光レベルを合わせておく必要がある。例として同距離で反射率が異なる場合を示したが、上記問題はこの場合に限らず光量差がある場合生じる。例えば距離が異なる場合でも光量が異なるため生じる問題である。

20

#### 【0029】

次に本発明の具体的な駆動方法に関し説明する。説明では受光手段3から取り込んだ信号を微分し、信号の微分値を基にバイアス電圧を制御し受光手段3の受光レベルを調整する方法を記載する。

#### 【0030】

図9はバイアス電圧制御シーケンスを示した図である。ここでは反射角度可変ミラー2を2次元にスキャンし、1フレーム毎にバイアス電圧を制御する場合を例に説明する。

30

#### 【0031】

まずバイアス電圧制御シーケンスは、読み込み期間、バイアス電圧制御期間から構成される。読み込み期間では受光手段3の信号を基に算出した値と印加したバイアス電圧の関係から次フレームに印加する目標バイアス電圧をデータとして格納する。バイアス電圧制御期間では、読み込み期間で得た目標バイアス電圧を受光手段3に印加する。

#### 【0032】

図10は増幅率制御部の回路構成を示した図である。増幅率制御部7の構成を示した図である。増幅率制御部は微分回路71、目標バイアス算出部72、バイアス電圧生成部73から構成される。受光手段3の出力は微分回路71に入力され、入力波形の微分値を目標バイアス電圧算出部72に出力する。目標バイアス電圧算出部72は微分回路71の出力信号、目標微分値さらにバイアス電圧から目標バイアス電圧生成信号を算出する。目標電圧生成部73はバイアス電圧制御期間に目標バイアス電圧生成信号に応じたバイアス電圧を生成する。

40

#### 【0033】

ここで図10における目標微分値をA、バイアス電圧値 $V_{ij}(n)$ 、目標バイアス電圧 $V_{ij}(n+1)$ とする。 $i, j$ は解像度を示しており、 $i$ 列番号、 $j$ は行番号、 $n$ はフレーム数を示している。つまり $V_{ij}(n)$ は $i$ 列 $j$ 行にレーザを照射する際の $n$ フレーム目のバイアス電圧を示している。目標バイアス電圧算出部72は、入力信号をADコンバータによりデジタル値に変換し、その値を用い目標バイアス電圧生成信号を算出してもよいし、入力信号の最大値のみを使用し算出してもよい。

#### 【0034】

50

図11は読み込み期間及びバイアス電圧制御期間におけるバイアス電圧 $V_{ij}(n)$ の制御方法を示した図である。縦列は偶数フレームの読み込み期間、奇数フレームのバイアス電圧制御期間におけるバイアス電圧を示しており、横軸はi列の値を示している。

#### 【0035】

まず(n)フレーム目でどの列にも一定のバイアス電圧を印加する。次に(n+1)フレームで(n)フレーム目の印加電圧を基に增幅率制御部7で生成したバイアス電圧を印加する。(n+2)フレーム目の読み込み期間では、一定電圧を使用してもよいし、(n+1)フレームの電圧を使用してもよい。

#### 【0036】

上記実施例ではフレーム毎に制御を行ったが、1フレームおきにバイアス電圧制御期間を設けることは、一点毎のデータを正確に測定でき解像度は高い。しかし2フレームに1回制御を行うため応答速度が半減する。

#### 【0037】

応答速度が求められるアプリケーションに対してはライン毎、または画素毎に行ってもよい。例えばj行(またはi列)目で読み込んだデータをj+1行(またはi+1列)目にバイアス電圧として印加してもよい。この場合解像度が $i^*j/2$ (または $i/2^*j$ )となるが、1フレーム毎に最適なバイアス電圧を印加するため、応答速度を求められるアプリケーションに適している。

#### 【実施例2】

#### 【0038】

本発明の第2の実施例を図12により説明する。本実施例は実施例1と異なり光源1の強度を制御し受光手段3の受光レベルを調整する。

#### 【0039】

図12は実施例2の構成を示した図である。実施例1と異なる点は、増幅率制御部7の出力であるレーザ強度制御信号104がレーザ光源駆動部5に入力されている点である。以下実施例2における増幅率制御部7の構成を図13により説明する。

#### 【0040】

図13は実施例2における増幅率制御部7の構成を示した図である。実施例1と異なる点は、レーザ強度制御部74が追加された点である。レーザ強度制御部74は目標バイアス電圧生成信号からレーザ光源駆動部5を動作させる信号を生成する。

#### 【0041】

レーザ強度制御部74はレーザ光源駆動部5に付加する信号を送り電流を制御してもよいし、光源1のアノードの印加電圧を制御してもよい。また目標バイアス生成信号に応じた電流をレーザ強度制御部74で生成してもよい。レーザ強度を制御する手段であればよい。

#### 【0042】

またレーザ強度を制御する手段だけでなく、同時に受光手段3のバイアス電圧を制御してもよい。受光手段3での受光レベルを調整する手段であれば複数の手段を用いてもよい。

#### 【0043】

上述の実施例では受光手段3がA P Dの場合について記述したが、外部より受光手段の増幅率、言い換えれば、受光手段3は感度を調整できる受光センサであればよく、A P Dに限定されるものではない。

#### 【符号の説明】

#### 【0044】

- 1 レーザ光源
- 2 反射角度可変ミラー
- 3 受光手段
- 4 ミラー駆動部
- 5 レーザ光源駆動部
- 6 光量受光部

10

20

30

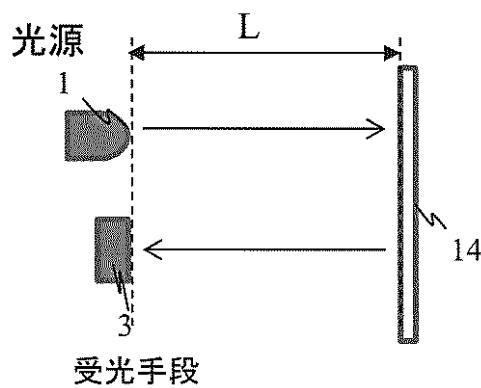
40

50

- 7 増幅率制御部  
 8 同期信号生成部  
 9 制御信号生成部  
 10 パルス生成部  
 11 距離算出部  
 12 レーザモジュール  
 13 駆動基板  
 14 対象物  
 61 電流電圧変換部  
 62 增幅部  
 63 オフセット除去部  
 71 微分回路  
 72 目標バイアス電圧算出部  
 73 バイアス電圧生成部  
 74 レーザ強度制御部  
 100ミラー駆動部制御信号  
 100レーザ光源駆動部制御信号  
 102バイアス電圧制御信号  
 103レーザパルス出射タイミング信号  
 104レーザ制御信号  
 200同期信号  
 203レーザ駆動信号  
 201水平方向駆動信号  
 202垂直駆動信号  
 20 20

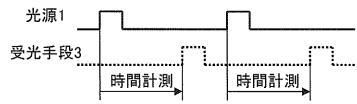
【図1a】

図1a



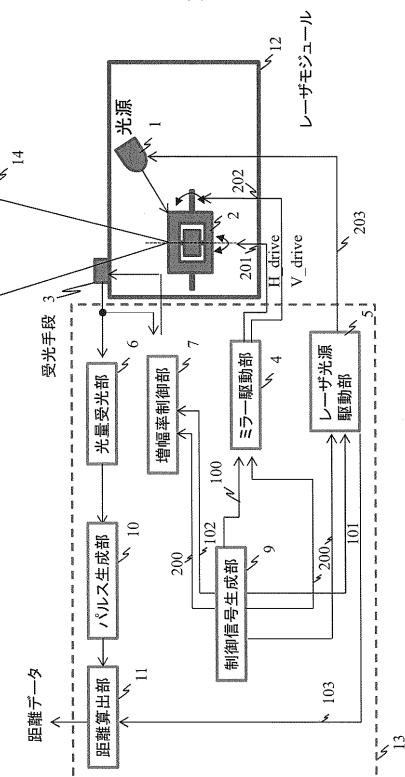
【図1b】

図1b



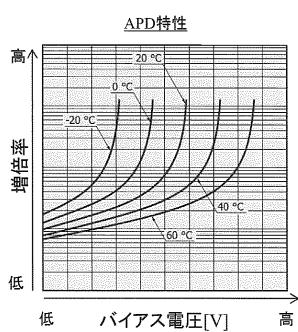
【図2】

図2



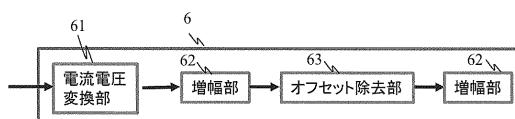
【図3】

図3



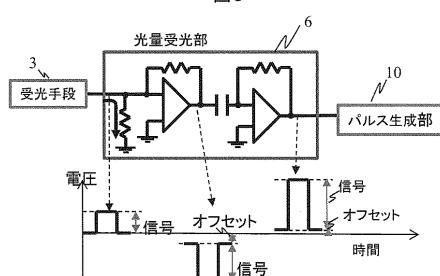
【図4】

図4



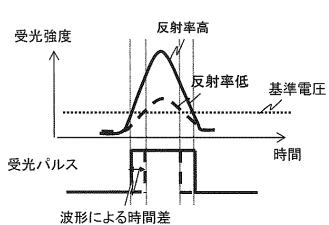
【図5】

図5



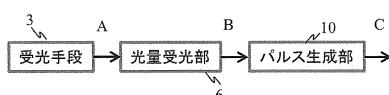
【図7 b】

図7b



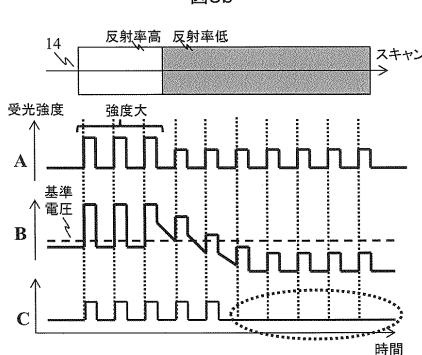
【図8 a】

図8a



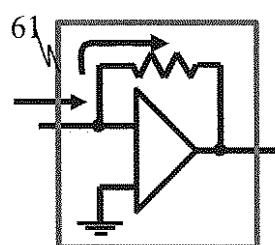
【図8 b】

図8b



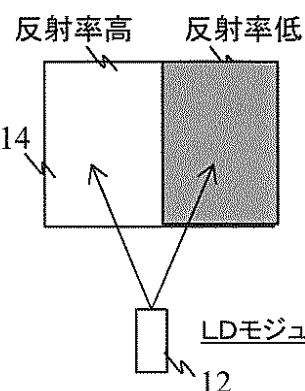
【図6】

図6



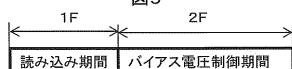
【図7 a】

図7a



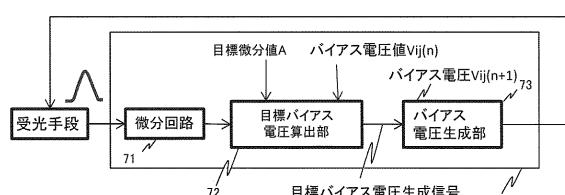
【図9】

図9



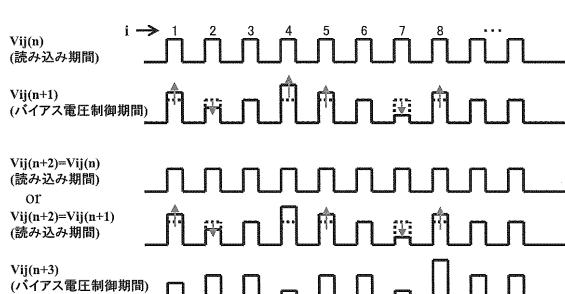
【図10】

図10

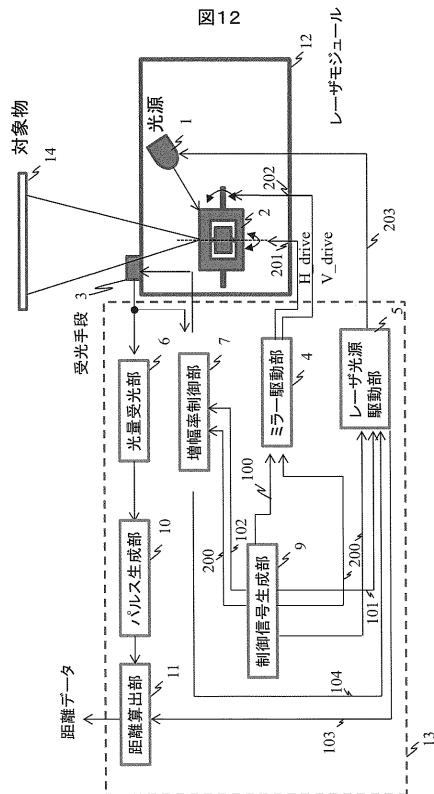


【図11】

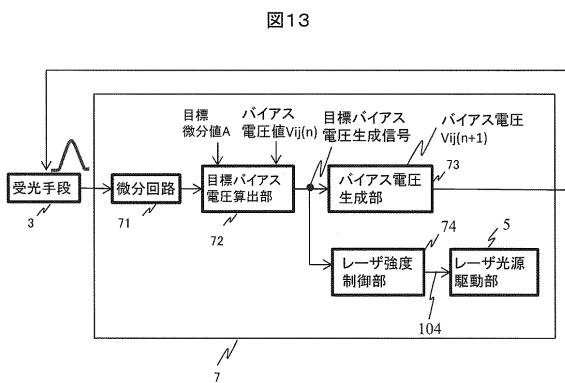
図11



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特表2011-516829(JP,A)  
実開平05-062883(JP,U)  
特開2011-089874(JP,A)  
特開2012-068066(JP,A)  
特開2007-078424(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/48 - G01S 7/64  
G01S 17/00 - G01S 17/95