(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6228537号
(P6228537)

(45)発行日　平成29年11月15日(2017.11.15)　(24)登録日　平成29年10月20日(2017.10.20)

(51)Int.Cl.　　F I
*G01S 17/32 (2006.01)*　　G01S 17/32
*G01S 17/89 (2006.01)*　　G01S 17/89

請求項の数 9　(全 16 頁)

| | |
|---|---|
| (21)出願番号 | 特願2014-519562 (P2014-519562) |
| (86)(22)出願日 | 平成24年7月12日 (2012.7.12) |
| (65)公表番号 | 特表2014-522979 (P2014-522979A) |
| (43)公表日 | 平成26年9月8日 (2014.9.8) |
| (86)国際出願番号 | PCT/EP2012/063696 |
| (87)国際公開番号 | WO2013/010913 |
| (87)国際公開日 | 平成25年1月24日 (2013.1.24) |
| 審査請求日 | 平成26年4月21日 (2014.4.21) |
| 審判番号 | 不服2016-10721 (P2016-10721/J1) |
| 審判請求日 | 平成28年7月14日 (2016.7.14) |
| (31)優先権主張番号 | 1112256.1 |
| (32)優先日 | 平成23年7月15日 (2011.7.15) |
| (33)優先権主張国 | 英国 (GB) |

(73)特許権者　514011044
ソフトキネティック　センサーズ　エヌブイ
ベルギー国　ビー－１０５０　ブリュッセル　ブールバード　デ　ラ　プレイン　１１
(74)代理人　100095957
弁理士　亀谷　美明
(74)代理人　100096389
弁理士　金本　哲男
(74)代理人　100101557
弁理士　萩原　康司
(74)代理人　100128587
弁理士　松本　一騎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】距離情報を提供する方法及びタイム・オブ・フライトカメラ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
タイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラ（１）を用いてシーンの距離情報を提供する方法であって、
ある摂動周波数と摂動周期をもつ周期的摂動によって拡散された基準周波数を有するクロックタイミングに基づく変調信号に従って、前記シーンに向けて周期的光信号を放射することと、
前記シーンからの前記周期的光信号の反射を受信することと、
前記変調信号を参照信号として、複数の測定継続時間からなるセットに亘って、前記周期的光信号の前記シーンで反射されて受信した光信号を前記セットの中の前記複数の測定継続時間のそれぞれで積分し、その結果の平均であるタイム・オブ・フライト情報を求めることと、
前記受信した反射に対する前記タイム・オブ・フライト情報から距離情報を導き出すことと、
を含み、
前記セットの中の測定継続時間は、前記摂動周期の整数倍又は半整数倍であり、
前記複数の測定継続時間のセットの全体に亘って前記基準周波数の平均が一定に保たれ、
前記セットの中の１つの測定継続時間における前記変調信号は、前記セットの中の他の任意の１つの測定継続時間における前記変調信号と同一のスペクトル成分を有する、方法

。
【請求項２】
不連続摂動が適用される、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記摂動周波数を動的に増加又は減少させることを更に含む、請求項１又は２に記載の方法。
【請求項４】
前記周期的光信号の強度を低下させ、かつ前記摂動周波数を減少させることを更に含む、請求項１～３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項５】
前記周期的光信号は、パルス信号又は正弦波信号である、請求項１～４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項６】
前記摂動周波数は、前記基準周波数の±５％の範囲内である、請求項１～５のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７】
シーンへ向けて周期的光信号を放射する光源とともに使用され、シーンからの距離情報を提供するための測距装置であって、前記測距装置は、
ある摂動周波数と摂動周期とを有する周期的摂動によって拡散された基準周波数を持つクロックタイミングに基づいて、前記光源に対して変調信号を与える変調ユニット（３）と、
受信ユニット（７）と求値ユニット（８）と処理ユニット（９）とを有し、前記変調信号を受信するために前記変調ユニットに接続された、受信グループ（６）と、
前記周期的摂動により拡散されたクロックタイミングを参照信号として、複数の測定継続時間からなるセットに亘って、前記シーンから反射されて受信した光信号を前記セットの中の前記複数の測定継続時間のそれぞれで積分し、その結果の平均であるタイム・オブ・フライト情報を求めるように適合された求値ユニット（８）と、
前記求値ユニット（８）により提供される前記タイム・オブ・フライト情報から距離を導き出すように適合された処理ユニット（９）と、
を備え、
前記セットの中の各測定継続時間は、前記摂動周期の整数倍又は半整数倍であり、
前記複数の測定継続時間のセットの全体に亘って前記基準周波数の平均が一定に保たれ、
前記セットの中の１つの測定継続時間における前記変調信号は、前記セットの中の他の任意の１つの測定継続時間における前記変調信号と同一のスペクトル成分を有する、測距装置。
【請求項８】
請求項２～６のいずれか一項に従ってシーンからの前記距離情報を提供するように更に構成された、請求項７に記載の測距装置。
【請求項９】
シーンへ向けて周期的光信号を放射する光源とともに使用され、シーンからの距離情報を提供するためのタイム・オブ・フライトセンサのためのタイミングモジュールであって、前記タイミングモジュールは、
ある摂動周波数と摂動周期とを有する周期的摂動によって拡散された基準周波数のクロックタイミングを有する変調信号を前記光源に対して提供する変調ユニット（３）を備え、
前記変調ユニットは、前記シーンからの前記周期的光信号の反射を検出する前記タイム・オブ・フライトセンサの検出器に、前記周期的摂動によって拡散された前記クロックタイミングに従って、複数の測定継続時間からなるセット全体に前記変調信号を提供するように適合されており、ここで、前記タイム・オブ・フライトセンサは、前記周期的光信号

の前記シーンで前記反射されて受信した光信号を前記セットの中の前記複数の測定継続時間のそれぞれで積分し、その結果の平均であるタイム・オブ・フライト情報を求め、
前記セットの中の各測定継続時間は、前記摂動周期の整数倍又は半整数倍であり、
前記複数の測定継続時間のセットの全体に亘って前記基準周波数の平均が一定に保たれ、
前記セットの中の１つの測定継続時間における前記変調信号は、前記セットの中の他の任意の１つの測定継続時間における前記変調信号と同一のスペクトル成分を有する、タイミングモジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、シーンに向けて変調された光パルスを放射し、そのシーンからの変調光パルスの反射を受信し、受信した変調光パルスの反射のタイム・オブ・フライト（ｔｉｍｅ－ｏｆ－ｆｌｉｇｈｔ）情報を評価し、受信した反射のタイム・オブ・フライト情報から距離情報を引き出すステップを含む、タイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラなどの測距装置でシーンの距離情報を提供する方法に関する。本発明はまた、上記の方法によりシーンからの距離情報を提供するタイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラなどの測距装置にも関する。

【背景技術】

【０００２】

タイム・オブ・フライトカメラはＴＯＦカメラとも称され、変調された光パルスを放射する光源又は放射ユニットと、光パルスの反射を捕捉する受信ユニットと、タイム・オブ・フライト情報又は受信した反射を評価する評価ユニットと、タイム・オブ・フライト情報から距離情報を導き出す演算ユニットとを一般的に備えるカメラである。距離情報は深度とも称される。放射ユニットはシーンに向けて変調された光パルスを放射し、変調された光パルスはそのシーンにある物体によって受信ユニットへ向けて反射される。ＴＯＦカメラと物体の距離に依存して、反射光は放射された変調光パルスに対して遅延を伴って受信される。この遅延は、タイム・オブ・フライトとも称され、評価ユニットによって評価されて、更に演算ユニットによって処理されてその物体の距離が求められる。

【０００３】

受信ユニットはピクセルとも呼ばれるいくつかの受光点と光学システムを備え、異なるピクセルが異なる物体からの反射を同時に受信することができる。各ピクセルは独立して変調光パルスの反射を受信する。またタイム・オブ・フライト情報と距離情報は各ピクセルで独立して処理され、その結果、シーン全体の距離情報が同時に提供される。

【０００４】

距離は、送信された変調光学信号と受信された変調光学信号の間の遅延時間又は位相差を測定することにより、ピクセルごとに間接的に計測される。一般的に変調はパルス変調、正弦波変調、擬似ノイズ変調などであってよい。送信された変調光学信号と受信された変調光学信号の位相差が遅延時間の尺度を与える。

【０００５】

高精度の距離情報を提供可能なＴＯＦカメラとするために、好ましくは小さな立ち上がり時間と立ち下がり時間を持った鋭いパルスが利用される。この要求のために、電子的光源からの光出力を変調するために利用する電子変調信号のスペクトル成分は、図１のスペクトル例に示すように、エネルギの大きな高調波を多く含んでいる。

【０００６】

また、位相測定を距離測定に変換するためには変調周波数を正確に知る必要があるために、変調周波数は通常明確に画定される。このため、スペクトルのピークは狭くて高くなりがちである。

【０００７】

ＴＯＦカメラは他の電子装置との共存を必要とするために問題が生じ得る。高調波の高

いエネルギが装置の電磁コンプライアンス（適合性）を阻害する可能性がある。通常、このような装置は別々の規準に適合しなければならない。電磁コンプライアンス（ＥＭＣ）の関連規準は、ＦＣＣ標準（米国）、ＥＣ標準（欧州）又はＣＣＣ標準（中国）に規定されている。従って、ＴＯＦカメラの使用はＥＭＣ要求を満足させる必要があり、それによってＴＯＦカメラの精度が間接的に制限されることもあり得る。典型的な変調周波数は１０Ｍｈｚ～１００ＭＨｚの間であり、関連する高調波を生じる。

【０００８】

電子装置から放射されるＥＭＩ量を低減することは、生産コストを下げようとする場合に最も困難な解決すべき課題である。設計段階で適切なステップが取られなければ、適合する装置を製造することは極めて高価になることがある。新製品開発コストの４０～５０％は、経済的な製品として好適な、コンプライアンス適合製品の探求に費やされることもあり得る。

【０００９】

クロック発振器が、高速デジタルシステムのタイミング用の矩形波信号を生成する。このクロックの周波数は一定であると仮定され、その周波数の逆数がクロック周期を与える。クロック周期は、クロックの立ち上がり端の一点から、そのすぐ隣のクロックの全く同じ立ち上がり端の一点までの時間である。理想的なクロックは、測定可能なほどのジッタがなく、各クロックサイクルが常に全く同じである。低ＥＭＩクロック発振器又はスペクトラム拡散クロックは特別な種類のデジタルクロックであって、通常のクロック発生器の出力に比べると、ＥＭＩが低くなっている。基準周波数は変調され、またより広範な周波数スペクトラムにエネルギが拡散される。これにより任意の１周波数に含まれるピークエネルギが低減される。基準周波数と高調波周波数のピークは相対強度が低くなる。基準周波数クロック信号の高調波にもともとあったエネルギの総量は単純に消滅するのではなく、より広帯域の周波数に分散される。クロックの周波数を変化させることで、そのクロックの周期もまた変化するが、これはジッタを与えることと全く同じである。従って、このクロックには周期から周期へのジッタが付加される。ジッタは、測距用のタイム・オブ・フライト装置の距離決定精度を損ねてしまう。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

本発明の目的は従って、タイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラなどの測距装置を用いてシーンの距離情報を提供する代替の方法、並びにその方法によってシーンからの距離情報を提供するように適合されたタイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラなどの代替の測距装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

この目的は独立請求項によって達成される。有利な実施形態は従属請求項で詳細に記述される。タイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラなどの方法及び測距装置の実施形態の利点は、距離情報がＥＭＩを低減しつつ高精度で得られることである。従って本発明による方法及びタイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラなどの測距装置の実施形態の利点は、高精度を維持したままＥＭＣ規準に適合できることである。

【００１２】

従って上記の目的は、タイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラなどの測距装置を用いてシーンの距離情報を提供する方法によって達成される。この方法は、一連の光パルスのような周期的光信号をシーンに向かって放射し、そのシーンからの周期的光信号の反射を受信し、その周期的光信号の受信した反射に対してタイム・オブ・フライト情報を求め、受信した反射に対するタイム・オブ・フライト情報から距離情報を導き出す、ステップを含む。ここで、周期的光信号は、周波数変調として変調信号の基準周波数に摂動が掛けられた、基準周波数の変調信号に従って放射される。この周波数に

摂動が掛けられた変調信号は、次に周期的光信号の発生に利用され、かつ反射光を受信してタイム・オブ・フライト情報を判定する検出器の参照信号としても利用される。これはピクセルごとに行うことが可能である。この距離情報並びにシーン画像から、３Ｄ画像を生成することが可能である。

【００１３】

従って本発明の一態様において、シーンの距離情報を提供する方法が、ある摂動周波数と摂動周期をもつ周期的摂動によって拡散された基準周波数を有するクロックタイミングに従ってシーンに向けて周期的光信号を放射し、そのシーンから周期的光信号の反射を受信し、参照信号として周期的摂動によって拡散されたクロックタイミングに従って複数の測定継続時間のセットに亘る周期的光信号の受信した反射に対するタイム・オブ・フライト情報を求め、その受信した反射に対するタイム・オブ・フライト情報から距離情報を導き出す、ステップを含んで構成される。ここで、セットの中の各測定継続時間は、摂動周期の整数倍又は半整数倍であり、かつ測定継続時間のセットの全体に亘って平均の基準周波数が一定に保たれる。

【００１４】

周期的光信号は、矩形波パルスなどのパルスであってよい。ただし正弦波信号などの他の波形であってもよい。

【００１５】

本発明の目的は、タイム・オブ・フライトセンサ又はタイム・オブ・フライトカメラなどの、シーンからの距離情報を提供する測距装置によっても達成される。ここでタイム・オブ・フライトカメラが上記の方法を実行する。

【００１６】

従って本発明の別の態様において、シーンへ向けて周期的光信号を放射する光源とともに使用されるタイム・オブ・フライトセンサが提供される。このセンサはシーンからの距離情報を提供するためのものであって、ある摂動周波数と摂動周期とを有する周期的摂動によって基準周波数を拡散させたクロックタイミングに基づいて光源に対して変調信号を与える変調ユニットと、受信ユニットと求値ユニットと処理ユニットとを有し変調信号を受信するために変調ユニットに接続された受信グループと、参照信号として周期的摂動により拡散されたクロックタイミングに従って複数の測定継続時間からなるセットに亘りシーンから受信した反射からタイム・オブ・フライト情報を求めるように適合された求値ユニットと、求値ユニットにより提供されるタイム・オブ・フライト情報から距離情報を導き出すように適合された演算ユニットと、を含む。ここで、セットの中の各測定継続時間は、摂動周期の整数倍又は半整数倍であり、かつ測定継続時間のセットの全体に亘って基準周波数の平均が一定に保たれる。

【００１７】

変調信号は、矩形波パルスなどのパルスであってよい。ただし正弦波信号などの他の波形であってもよい。

【００１８】

本発明はまた、シーンへ向けて周期的光信号を放射する光源とともに使用され、シーンからの距離情報を提供するためのタイム・オブ・フライトセンサのためのタイミングモジュールも提供する。このタイミングモジュールは、ある摂動周波数と摂動周期とを有する周期的摂動によって基準周波数を拡散させたクロックタイミングに基づいて光源に対して変調信号を与える変調ユニット（３）を備え、この変調は周期的摂動によって拡散されたクロックタイミングに従って複数の測定継続時間のセット全体に亘り変調信号を提供するように適合されており、セットの中の各測定継続時間は摂動周期の整数倍又は半整数倍でありかつ測定継続時間のセットの全体に亘って基準周波数の平均が一定に保たれる。

【００１９】

光源に印加される変調信号は、矩形波パルスなどのパルスであってよい。ただし正弦波信号などの他の波形であってもよい。

【００２０】

本発明の一態様は、光の変調の基準周波数に対して周期的周波数摂動を与え、この摂動を考慮して反射に対するタイム・オブ・フライト情報を求めることである。これにより、一位相差の値の決定に必要な測定継続時間のセットの中の各測定継続時間は、摂動周期の整数倍又は半整数倍である。更に一位相差の値の決定に必要な平均基準周波数は摂動に拘わらず、全測定継続時間の内の各測定継続時間に亘って一定に保たれる。同じ平均周波数を与えたとしても同一のスペクトル成分とはならないような、周波数のランダムな摂動は、周期的摂動には含まれない。摂動は、基準周波数の連続的な振動変化であっても、又は基準周波数を中心とする一連の異なる周波数であってもよい。

【００２１】

周期的光信号の基準周波数の摂動が、何らかの影響を及ぼすジッタを導入するにもかかわらず、反射に対するタイム・オブ・フライト情報の求値は高精度で行うことが可能である。シーン中の物体は信頼性良く検出され、これらの物体に対して好適な距離情報を提供することが可能である。印加される周波数摂動がＴＯＦセンサ又はＴＯＦカメラなどの測距装置の電磁コンプライアンスを改善する。これは、スペクトラム中には急峻に画定された周波数における高エネルギの基本波又は高調波ピークがもはや存在しない効果を持っている。ピークのエネルギはより広いスペクトル領域に拡散され、スペクトルエネルギ密度を低下させてＥＭＣを改善する。この手法は、周期的光信号に適用される“スペクトラム拡散”をもたらすのみならず、一位相差の値の決定に必要な測定継続時間のセットの全体に亘ってスペクトル成分を一定に維持する。周期的なクロックタイミングの摂動を有するスペクトラム拡散クロックは、容易に入手可能であるが、何らかのジッタも導入される。これらは、本発明による新規の変更された実施形態のＴＯＦセンサ又はＴＯＦカメラへ組み込まれ得る。

【００２２】

受信した反射のタイム・オブ・フライト情報は、いずれも同一の摂動を受けた、受信した周期的光信号と参照光との間の遅延時間又は位相変化を測定することによって決定される。このホモダイン測定原理により、摂動はタイム・オブ・フライト測定に何ら影響を及ぼさない。受信した反射は、放射パルスと受信パルスとの重なりによって相互に関連しあい、あるいは混合しているが、タイム・オブ・フライト情報に関しては容易に求値可能であり、タイム・オブ・フライト情報から距離情報を容易に導き出すことが可能である。ＴＯＦセンサ又はＴＯＦカメラの一実施形態においては、好ましくはスペクトラム拡散クロック又は単一摂動クロックを持つ単一システムクロックが、周期的光信号の生成のための変調信号生成とタイム・オブ・フライト情報の求値とに利用される。摂動は周期信号であり、例えば、変調の基準周波数に比べて低周波の信号である。

【００２３】

本発明の好適な実施形態によれば、変調基準周波数に摂動を加えることは、変調の基準周波数の±５％の範囲内で、好ましくは変調の基準周波数の±１．５％の範囲内で、より好ましくは変調の基準周波数の±０．１％の範囲内で変調の基準周波数に変更をかけることを含む。変調範囲の大きさは、高調波のエネルギがスペクトラム内でどれだけ拡散されるかに影響し、従って、周波数スペクトラムのスパイク波形のエネルギ密度に影響する。変調範囲が大きいほど、高調波のエネルギ密度が下がる。これによってＴＯＦセンサ又はＴＯＦカメラはＥＭＣ規制に対してより簡単に適合可能となる。

【００２４】

本発明の好適な実施形態においては、シーンのタイム・オブ・フライト情報は取得された順序で測定される。これらの別々に取得したものを組み合わせることで、周辺光の影響の除去と、物体の反射率及びタイム・オブ・フライト測定を阻害するその他の要因の除去を可能にする。この取得の結果、放射光と受信光との間の遅延時間又は位相差が決定される。その取得のステップとしては、周期的な光信号をシーンに向けて放射するステップと、そのシーンからの周期的光信号の反射を所与の順序で少なくとも２回受信するステップと、シーンからの周期的光信号の反射を受信するステップの全動作に亘って受信した周期的光信号の反射を積分することを含む周期的光信号の受信した反射に対するタイム・オブ

・フライト情報を求めるステップ、とを含む。反射した周期的光信号の持続時間全体に亘って受信した反射を積分することで、タイム・オブ・フライトをより正確に求めることができる。遠隔にある物体からの反射は、物体からの周期的光信号の反射が低い強度しか持たない場合であっても、容易に検出可能である。従って、遠くの物体と近接する物体とがある、“奥行きのある”シーンにも適用することができる。また、積分して求めることで、受信した反射を持続時間で平均化することができ、それによって孤立した誤差を回避できる。好ましくは、周期的光信号を放射し、シーンからの反射を受信するステップを少なくとも３回行って、その反射全体に対して積分を行う。１回のフライト距離決定の測定期間中に周期的光信号のスペクトル成分が変化した場合には、問題が生じ得る。このため、本発明の方法及び装置は、１つの距離決定に必要な全測定期間に亘って、スペクトル成分が一定となるように適合されている。

【００２５】

まず、本発明の好適な実施形態によれば、タイム・オブ・フライト測定に必要なすべてのデータは同一の平均周波数を利用して取得される。平均周波数は好ましくは、印加された摂動により基準周波数がそれを中心として変化する周波数である。このことは、均衡のとれた、中心で拡散される摂動であることが要求される。実質的に同一の平均基準周波数であれば、放射された周期的光信号の受信反射を有効なデプス情報に正確に処理することが可能となる。

【００２６】

本発明の好適な実施形態においては、タイム・オブ・フライト測定に要するそれぞれのデータ取得は、同一の基準周波数信号の摂動を含む、同一の周期的光信号を受ける。その結果は各データ取得に対して同一のスペクトル成分となることである。摂動は、既知の反復するシーケンスで基準周波数を変化させることであり、この既知の摂動シーケンスがＴｏＦ測定の全データ取得の間、基準周波数に対して同じように印加される。従って、周波数摂動が周期的であって、測定継続時間は摂動周期の整数倍又は半整数倍であるので、周期的光信号の放射は摂動周期内または半周期ずれた摂動信号内の常に同じ位置から始動させられる。半周期プラス周期の整数倍は、周期の整数倍プラス半周期に等しいので、これも純粋に整数の場合と同様のスペクトル成分を与える。

【００２７】

基準周波数と摂動周波数とが大きく異なる場合には、誘発される誤差は非常に小さいので、基準周波数の周期と摂動周期とを同期させる必要はない。従って、同一の“ ”スペクトル成分“ということは、”完全に同一のスペクトル成分“と同義語ではない。任意の差は好ましくは、システムの雑音レベルより小さい。例えば、０．１％又は０．０１％未満のオーダの差異は許容され得る。基本周期と摂動周期との間の同期は、更に精度を上げるために必要となる場合には、本発明から排除されるものではない。

【００２８】

好ましくは連続摂動信号を利用することができる。本発明の別の実施形態によれば、摂動は、周期的光信号の基準周波数に印加された不連続変調である。摂動変調は周期的に反復される信号であって、結果として得られる摂動された信号の平均周波数が既知であることのみが要件である。平均周波数は中心周波数であることが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【００２９】

本発明の好適な実施形態が添付の図に示されている。これらの実施形態は単なる例示であり、すなわち、添付の特許請求の範囲の内容及び範囲を制限することを意図するものではない。

【００３０】

【図１】タイム・オブ・フライトカメラのＥＭＣ測定結果を示す図である。

【図２】本発明の一実施形態による変調信号と低周波摂動信号のタイムチャートを示す図である。

【図３】本発明の一実施形態による変調信号のタイムチャートを示す図である。

【図４】本発明の一実施形態によるタイム・オブ・フライトカメラの模式図である。
【図５】本発明の一実施形態によるタイム・オブ・フライトカメラのタイミングモジュールの模式図である。
【図６】本発明の一実施形態によるタイム・オブ・フライトカメラの実装を模式的に示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００３１】
本発明は特定の実施形態に関して特定の図面を参照して説明されるが、本発明はこれらではなく、特許請求の範囲によってのみ限定される。記載の図面は単に模式的に示されたに過ぎず、非制限的である。図面においては、要素のあるものの寸法は説明のために誇張され、実寸どおりではない。単数名詞の言及において、例えば”ａ”や”ａｎ”、又は”ｔｈｅ”のような不定冠詞又は定冠詞が使用されている場合、特に他のことが明示されない限り、これはその名詞の複数形も含む。異なる図において、同一の参照符号は同一又は類似の要素を指す。図の表示は模式的である。
【００３２】
特許請求の範囲に使用されている“備える”という用語は、その後ろに列挙されている手段に限定されるものとして解釈すべきではない。他の要素またはステップを排除するものではない。例えば、“手段ＡとＢとを備える装置”という表現の範囲は、部品ＡとＢとだけから成る装置に限定されるべきではない。これは、本発明に関してはこの装置の中の関連する部品はＡとＢだけである、ということを意味している。
【００３３】
更に、説明中の、また特許請求の範囲の中における、第１の、第２の、第３の、などの用語は、類似の要素を識別するために用いられているものであって、必ずしも順序や時系列を述べているものではない。このように使用されている用語は適切な状況下では交換可能であり、本明細書において説明する本発明の実施形態は、本明細書において説明又は図示したものとは異なる順序で動作可能であることを理解されたい。
【００３４】
更には、明細書並びに特許請求の範囲における、頂部、底部、上に、下に、などの用語は、説明のために用いられているものであって、必ずしも相対的な位置を記述するものではない。このように使用されている用語は適切な状況下では交換可能であり、本明細書において説明する本発明の実施形態は、本明細書において説明又は図示したものとは異なる方向に動作可能であることを理解されたい。
【００３５】
本発明はＴＯＦカメラを参照して説明されるが、本発明はタイム・オブ・フライト原理で作用する任意の種類の測距装置を提供することも含んでいる。例えば、１ピクセルだけのＴＯＦセンサであってもよい。更に、ＴＯＦカメラ又はＴＯＦセンサは、必ずしも一体型の光源とともに提供されるものではない。光源とその動力供給源と駆動装置は分離して供給されてもよく、またカメラ又はセンサは光源を変調する信号を供給する回路を備えていさえすればよい。
【００３６】
本発明の一実施形態を、ＴＯＦカメラとともに使用可能なタイミングモジュール２０の模式的ブロック図である図５を参照して説明する。この実施形態は、例えば１０～３２０ＭＨｚの範囲内の一例として８０ＭＨｚで動作する、単純なシステムクロック２２を持っている。これを‘クリーンクロック‘と呼ぶことにする。クリーンクロック２２のクロック信号はスペクトラム拡散ブロック２４に送られ、ここで、‘摂動周波数変調信号’と呼ばれる周期的拡散機能を用いてこのクロック信号のスペクトラムが拡散される。任意選択により、クリーンクロック２２とスペクトラム拡散ブロック２４の間に、フィルタ、波形整形器、周波数変換器、位相同期ループなどの他の部品を配置することが可能である。このスペクトラム拡散ブロックの出力は‘拡散クロック信号’と呼ばれる。任意選択で、このスペクトラム拡散ブロックの後ろに、例えば正弦波のような所望の波形を持つ変調信号

を生成するための、フィルタ、波形整形器などの他の部品を配置することもできる。

【００３７】

摂動周波数は、変調の基準周波数の±５％内、好ましくは、変調基準周波数の±５％又は±１．５％の範囲内、又は変調基準周波数の±０．１％の範囲内である。周期的摂動は、例えば正弦波又は三角波又は鋸歯状波を持つことが可能である。

【００３８】

タイミングモジュール２０は、光源に不連続変調を供給するように適合させることも可能である。

【００３９】

拡散クロック信号は、信号混合及び照明発生ブロック２６によって利用され、典型的には恐らく２倍又は４倍低周波の所要のＴＯＦ光源駆動信号が生成される。これらのＴＯＦ信号は、光源を変調するために使用される、‘光変調信号’と呼ばれる信号と、シーンで反射されて入射する光の復調を可能とするための、センサに必要な混合信号とを含んでいる。このように、同じＴＯＦタイミング信号が、光源を備える照明ユニットと、受信した反射光を検出する為に使用される検出器との両方に送信される。任意選択で、この信号混合及び照明発生ブロック２６の後ろに、例えば正弦波のような所望の波形を持つ変調信号を生成するための、フィルタ、波形整形器などの他の部品を配置することもできる。

【００４０】

タイム・オブ・フライトの原理が有効であるためには、これらのＴＯＦ信号は周波数変調であってもよいが、その平均周波数は既知でなければならない。更に、それぞれの単一のＴＯＦ測距は、複数のデータ取得期間から求められる複数の積分で構成され、この平均周波数はこの複数の積分の間は同一でなければならない。このことは、複数の積分が時間的に連続して行われる場合には重要な要件となる。その場合に、もしも平均周波数がその複数の測定の間で同じに保たれないとすると、結果として算出される距離は正しくないか、またはそのための演算が非常に難しいか不正確になってしまう。

【００４１】

タイミングブロック２８は、複数の積分期間中に平均周波数が同じに保たれていることを確保する役目を持っている。本発明の一態様において、積分時間が摂動周波数変調信号の周期の正確な整数倍になっていることを確保することによってこれが達成される。摂動周波数変調信号が（例えば正弦波又は三角波などの）対称信号である場合には、積分時間は摂動周波数変調信号の半周期の整数倍を取ることも可能である。タイミングブロック２８は好ましくはシステムクロック２２からクリーンクロック信号を受け取り、これを利用してタイミングブロック２８は、各積分時間が光源に与えられた同じパルス数であり、従って平均周波数が一定であることを判定する。

【００４２】

更には、積分時間又は測定継続時間のセットの内の１つの積分時間又は測定継続時間の間に取り込まれる、光源に印加された周期的信号は、そのセットの任意の他の測定継続時間に取り込まれる周期的信号と同一のスペクトル成分を持っている。

【００４３】

更に、シーン内にある背景光（例えば太陽光、周囲光など）が取得された深度測定の有効性を低減もしくは損なう可能性があるので、好ましくは特別の配慮を行って、連続する積分のそれぞれにおいて正確に同一量の背景光がセンサに受信されるようにする。従って、連続する積分の間に利用されるＴＯＦ信号は、同一のスペクトル成分を持つことが必要であり、それらは好ましくは背景光に整合している必要がある。

【００４４】

この両方の要件はタイミングブロック２８で満たされて、ここではクリーンクロック信号を利用して各積分段階の間における平均周波数が同一であることを確認し、かつその積分段階は周囲光と完全に整合していることを確認する。例えば、典型的には５０Ｈｚ又は６０Ｈｚの主電源周波数が利用されるので、照明からの背景光はこの２つの共通周波数に関係する周波数成分を持つ。５０Ｈｚの背景光は、６０Ｈｚ背景光とは最適タイミング設

定が異なる。

【００４５】

スペクトラム拡散の適用は全体システムのＥＭＩ性能にプラスの効果を与えるが、その一方でシステムノイズ性能（ジッタ）に対しては僅かなマイナスの効果を与える。混合ブロック２６が摂動周波数を動的に増減させて実効的にスペクトラム拡散効果を増大又は減少させられるように適合されていれば、上記の方式は拡張可能であり有利である。そのような特徴は工場又はオンサイトでの較正に有効である。本発明の実施形態に用いられているように、スペクトラム拡散の効果はＥＭＩ限界内で実行されている場合には非常に小さい。

【００４６】

更なる実施形態によれば、摂動変調は光源に供給される電力に従って設定することができる。電磁放射の小さい低電力モードでは、このモードに対する最適のトレードオフを与えるために、混合ブロック２８によって低周波変調アルゴリズムを利用することができる。

【００４７】

次に図４においては、本発明の一実施形態による、ＴＯＦカメラ１とも称されるタイム・オブ・フライトカメラ１が示されている。タイム・オブ・フライトカメラ１は、少なくとも１つの光源２を持った照明ユニットを備え、本発明のこの実施形態においてはこれはＬＥＤであって、その光源の特性に依存する波長と周波数を有する変調光パルスなどの周期的光信号をシーンに向けて放射する。ＯＬＥＤ、レーザダイオード、レーザなどの他の光源も利用可能である。

【００４８】

光源２は変調ユニット３に接続され、これにより光源に摂動変調信号が与えられて変調される。変調ユニット３は、摂動変調信号を信頼性良く制御するためにオンチップ実装されてもよい。

【００４９】

タイム・オブ・フライトカメラは更に変調クロック、すなわち“クリーンクロック”４と摂動クロック５を備え、これは両方とも変調ユニット３に接続されている。変調クロック４は、図２の上側の時間軸に見られるような、変調ユニット３への周波数変調のための基準周波数としてのクロック信号を提供し、摂動クロック５は、変調ユニット３へ摂動信号としての更なるクロック信号を提供する。摂動クロック５は、周波数変調の基準周波数よりも低い摂動周波数を持つ摂動信号を提供する。

【００５０】

クロック４、５と変調ユニット３の間に、フィルタ、波形整形器、周波数変換器、位相同期ループなどの他の部品を配置してもよい。変調ユニット３の後ろに、フィルタや、例えば方形波又は正弦波のような周期的信号を生成するための波形整形器などの他の部品を配置してもよい。

【００５１】

変調ユニット３において変調基準周波数に対して印加される摂動は、変調基準周波数の±５％の範囲内で、好ましくは変調基準周波数の±１．５％の範囲内で、更により好ましくは変調基準周波数の±０．１％の範囲内で変調基準周波数に変更をかける。図２からわかるように、ｔ１、ｔ２、ｔ３、ｔ４で記された時刻において、摂動はその位相を０°から９０°、１８０°、２７０°へそれぞれ変化させる。

【００５２】

本発明のこの例示的実施形態においては、光源２、変調ユニット３、変調クロック４及び摂動クロック５は、タイム・オブ・フライトカメラ１の個別部品であるが、変形実施形態においては、上記の少なくとも２つの部品からなる機能グループとして提供することも可能である。

【００５３】

タイム・オブ・フライトカメラ１は更に、受信ユニット７と求値ユニット８と処理ユニ

ット９とを有する受信グループ６を備えている。受信グループ６は任意選択により、摂動クロック５に接続され、摂動信号を受信する。受信グループ６はまた参照信号として変調ユニット３の出力に接続されている。本発明のこの例示的実施形態においては、受信ユニット７と求値ユニット８と処理ユニット９が一体となって受信グループ６を形成するように提供されているが、本発明の変形実施形態においては、より小さい機能グループの個別機能ユニットとして提供されてもよい。

【００５４】

受信ユニット（７）は、図４の構成図には明示的に表示されていないが、いくつかの受光位置を備えており、これはピクセルとも称される。ＴＯＦカメラ１は更に、図４には示されていないが、光学システムも備えている。この光学システムにより、光源２から放射された光信号は、シーンに向けられ、シーンの中の複数の物体からの複数の反射は受信ユニット７の複数の異なるピクセルに向けられる。従って、複数の異なるピクセルは複数の異なる物体からの複数の反射を独立して、かつ同時に受信することができる。

【００５５】

求値ユニット８は、変調ユニットの出力、及び／又は摂動クロック５から与えられた摂動信号を考慮して、受信ユニット７の各ピクセルに対して個別に受信した反射のタイム・オブ・フライトを求める。

【００５６】

演算ユニット９は、各ピクセル又はピクセル群に対して求値ユニット８が与えたタイム・オブ・フライト情報から距離情報を導き出し、この距離情報を、図４には示されていないインタフェースを介してユーザ又は更なる処理装置へ提供する。

【００５７】

次に、シーンの距離情報を与えるプロセスについて詳細に説明する。

【００５８】

この方法は、光源２からの変調された光パルスなどの周期的光信号をシーンに向けて放射することから始まる。変調された光パルスなどの周期的光信号は、変調ユニット３によって提供される変調信号を利用して生成される。図３は摂動クロック５の周波数信号（上側のグラフ）と、変調ユニット３から光源２への変調信号（下側のグラフ）の模式的な例を示している。図３の上側のグラフは、変調ユニット３からの変調信号の周期的光信号の周波数が、印加された摂動に従って時間とともに変化することを示している。図３の下側のグラフからわかるように、変調信号のパルスは、周波数と波長を変化させて（周期的光信号を形成するために）光源２に提供される。

【００５９】

次に、光パルスなどの周期的光信号の反射が、シーンから光学システムを介して受信ユニット７に受信される。反射はシーンの中にある物体によって生成される。

【００６０】

変調パルスなどのような周期的光信号を放射し、シーンからの反射を受信するステップは、繰り返されて、受信した反射が求値ユニット８によって積分される。図２の下側の部分で示されるように、変調光パルスからの反射の受信はｔ１、ｔ２、ｔ３、ｔ４と記された時点で開始される。図２からわかるように、例えば変調光パルスなどの周期的光信号の反射の受信は、この実施例においては常に、摂動周波数変調信号のピークにおいて、従って摂動周波数変調信号の同一位置において開始される。本発明のこの実施例において受信は、摂動変調信号の一周期の整数回、例えば６回の期間に亘る測定時間の間行われ、その最初が“測定”としてマークされる。従って、シーンからの変調光パルスなどの周期的光信号の反射を受信するステップは、各測定が摂動周期の同じ数の期間に亘って行われ、図２からわかるように、摂動周期の長さは光パルスの各受信測定時間よりも短い。更に、この操作は、変調光パルスなどの周期的光信号をシーンに向けて放射するその実行のすべてにおいて、光源２に提供される変調信号の平均周波数が本質的に同じであるようにする。

【００６１】

本発明のこの例示的実施形態において、“測定”と記した４つの積分区間が逐次的に求

値される。代替の実施形態においては、受信された反射を、受信ユニット７によってすべて同時に積分することが可能である。

【００６２】

求値ユニット８は、周期的光信号の基準周波数に摂動が与えられていることを考慮して、受信した変調光パルスなどの周期的光信号の反射に対するタイム・オブ・フライト情報を全ピクセルに対して求め、そのタイム・オブ・フライト情報を演算ユニット９へ提供する。演算ユニット９は与えられたタイム・オブ・フライト情報から全ピクセル又はピクセル群に対して距離情報を導き出し、この情報をシーンの距離情報として更なる処理に提供する。このシーンの距離情報は従って４つの積分区間の平均として提供される。“読み出し”と記された時間を使って受信グループ６が受信した反射を処理する。

【００６３】

本発明のこの実施形態によるタイム・オブ・フライトカメラ１に対して得られるＥＭＣ測定のスペクトラムは、ピークエネルギが周波数帯域の少なくとも一部ではより均一となっている。

【００６４】

図６は、本発明によるＴＯＦカメラ又は測距システムの別の実施形態を示す。測距システムは、周期的光信号５１をシーン５５上に放射する光源４９を備え、これは好ましくは対象領域に集光されて、そこから光が反射される。測距システムは更に、反射光を受信するための少なくとも１つのピクセル３１を備えている。光源４９が変調光を放射するために、信号発生器４３がある。信号発生器４３は第１次のスペクトラム拡散摂動クロック信号あるいは変調信号をノード４８上に生成し、これは好ましくは所定の平均周波数、例えば約１０ＭＨｚで永続的に振動する。この信号発生器４３はまた、第２次から第５次のスペクトラム拡散摂動クロック信号（例えば単一のスペクトラム拡散クロック発生器４３から導かれる）を生成してそれぞれノード４４、４５、４６、４７に分配する。これらは摂動周期に関してノード４８上の第１のクロック信号とは０°、１８０°、９０°、２７０°の位相関係を有する。当業者であれば、動作方式においてそれ以外又はより多くのクロック位相を利用することを考え得るであろう。クロック位相が多ければ、測定時間はより長くなる代わりに、よりよい測定精度が得られる。摂動周波数は、基準周波数の±５％の範囲内であり、好ましくは基準周波数の±５％又は±１．５％の範囲内であり、又は変調基準周波数の±０．１％の範囲内である。周期的摂動は、例えば正弦波又は三角波であってよい。

【００６５】

信号発生器４３はまた、変調信号変更手段に変調信号の変更を決定させる制御信号４１を発生することもできる。これは例えば、セレクタ５８が、第２から第５の拡散スペクトラム摂動クロック信号を選択する、すなわちクロック信号の異なる位相を選択することを決定させる制御信号４１である。セレクタ５８はこれらの４つの位相を順次切り替えて、検出器／ミキサ段２００のミキサ２９の入力ノード４２を、ノード４４、４５、４６、４７の第２から第５のクロック信号へ順次接続する。これらの各位置において、セレクタ５８は、例えば約１ｍｓの緩和期間の間接続された状態にあることができる。

【００６６】

更なる制御信号を生成して、パルスシーケンス内での測定の開始と停止の位置を決定することができる。あるいはまた、各積分時間内に全く同じ数の摂動信号周期が使用されていることをシステムが確認する。測定が半周期の整数倍の期間である限りはスペクトル成分が影響を受けないので、測定を摂動信号の同じ瞬間（位相）で開始することが可能である。

【００６７】

バッファ５０が光源４９を駆動して光５１をシーン５５上に、好ましくは対象領域に集光して放射する。この光の一部が反射されて反射光５２を発生させる。この反射光５２は次にレンズ５６などの集光システムに到達し、そこを経由してピクセル３１内の検出器２８上に結像又は集光する。そこではこの入射部分は反射変調光（ＭＬ）２７と呼ばれる。

【００６８】
ＴＯＦ測定を目的としたものではない２次的な光源３０から生じる間接光５３と直接光５４の両方がシーンの中には存在し、集光システム５６に入射して検出器２８上に集光され得る。検出器２８に入るこの光の部分は、背景光（ＢＬ）２６と呼ばれる。ＢＬを発生させる光源３０としては、白熱灯、蛍光灯、太陽光、昼の光、又はシーン上にあってＴＯＦ測定用の光源４９から放射されたものではないその他の全ての光が含まれる。本発明の目的は、ＢＬ２６からの信号があったとしても、有効なＴＯＦ測定結果を得ることである。
【００６９】
ＭＬ２７とＢＬ２６は光検出器２８上に入射し、それぞれＭＬ電流とＢＬ電流を発生させる。これらは入射したＢＬ２６とＭＬ２７に対する光誘起電流応答である。検出器２８はこれらの電流を次の混合手段、例えばミキサ２９に出力して、入射したＢＬ２６とＭＬ２７に対する電流応答を、入力ノード４２上の位相シフトクロック信号と混合する。前に述べたように、このＢＬ２６は、ＴＯＦ測定用の受信したＭＬ２７で誘起されるＭＬ電流よりも最大で６桁大きいＢＬ電流を誘起し得る。
【００７０】
検出器／ミキサ段２００を構成する検出器２８とミキサ２９は、例えば欧州特許出願第１５１３２０２（Ａ１）号明細書に記載されているような単一デバイスとして実装されてもよい。そこでは光で誘起された電荷が混合されて混合積電流を同時に発生させる。
【００７１】
検出器／ミキサ段２００は、入射したＢＬ２６と位相シフトクロック信号を持つＭＬ２７との電流応答の混合積を生成する。これらの信号は、例えば、好ましくは周囲のトランジスタからの寄生容量などを小さくしたコンデンサ２５で実装された積分器によって、ノード３８で積分される。積分の間、積分器ノード３８上のミキサ出力信号の自動リセットが行われる。
【００７２】
これは例えば、リセットトランジスタ３２などのリセットスイッチにトリガを掛けるコンパレータ３３で実装されて、ノード３８上のミキサ出力信号が、参照値Ｖｒｅｆに達すると必ず自動的にリセットされて、飽和が回避されるようになっていてもよい。
【００７３】
別の実施形態においては、図には示されていないが積分器ノード３８上のミキサ出力信号の自動リセットを、いくつかの別の方法で実装することも可能である。その１つは、リセットスイッチ３２ではなく充電ポンプにトリガをかけて、固定量の電荷をコンデンサ２５に加える。これにより少し複雑にはなるがより良好なノイズ性能が得られる。
【００７４】
ミキサの出力信号を構成する混合積は、積分器ノード３８において、図示した例ではセレクタ５８である変調信号変更手段に同期した逐次形で入手可能である。出力ドライバ２４、例えばバッファは、出力ノード２３においてより強力な出力信号を提供できるように、実質的に１つの電圧ゲインと電流増幅を提供する。
【００７５】
光パルスに不連続摂動変調を与えるなどのような、様々な変更が本発明の範囲内に含まれる。更には、本システムは摂動周波数を動的に増加又は減少できるようになっていてもよい。更に、光パルスの電力が小さい場合、摂動周波数を減ずることも可能である。

【図１】

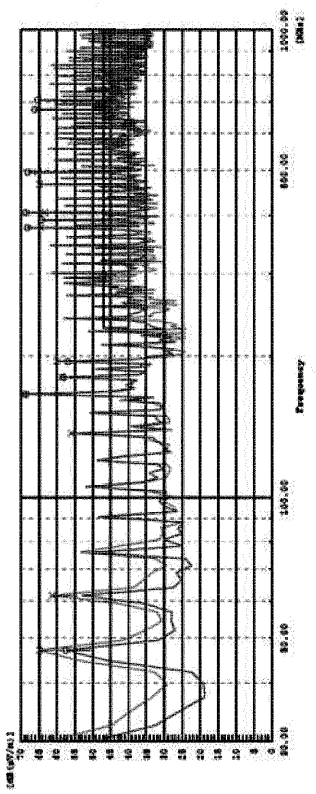
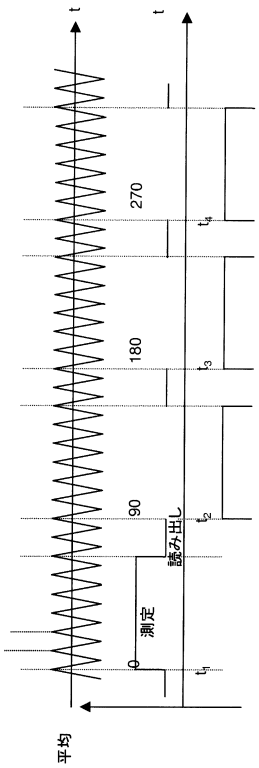
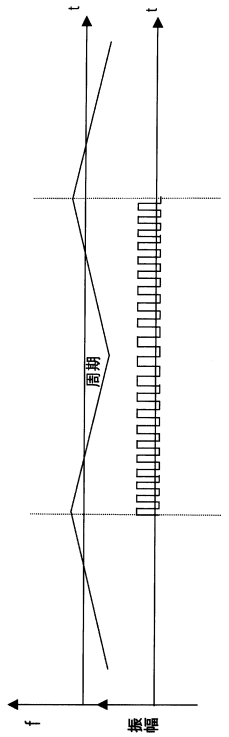


FIG. 1

【図２】




【図３】




【図４】

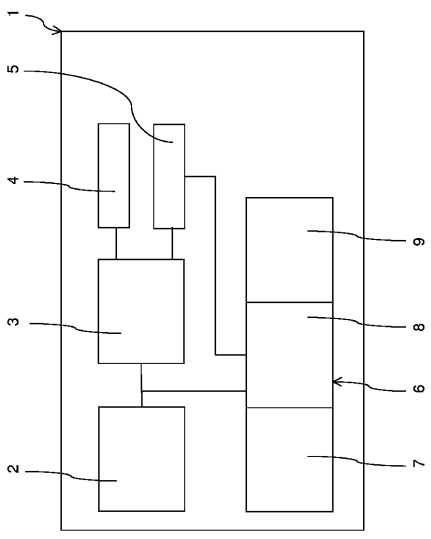
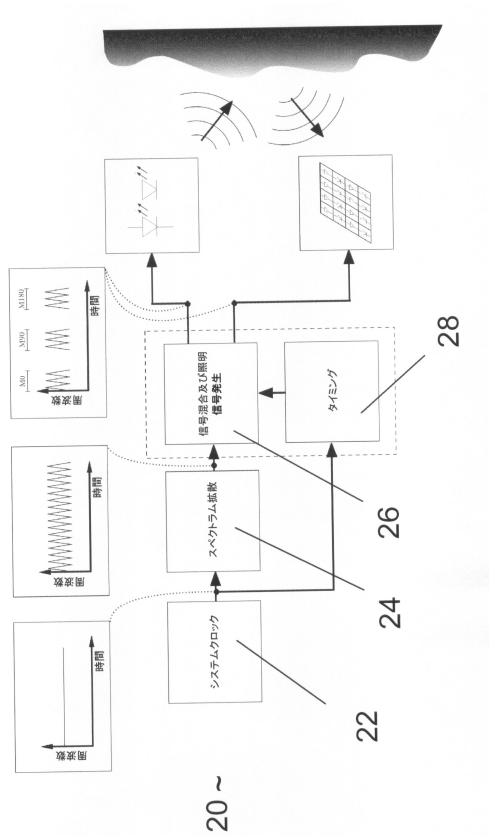



FIG. 4

【図５】


20
22
24
26
28
システムクロック
スペクトラム拡散
信号混合及び照明信号発生
タイミング
時間
周波数

【図６】

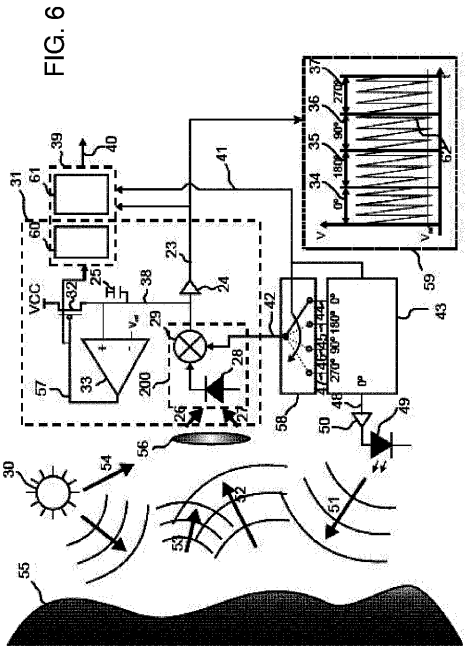


FIG. 6
VCC
0°
90°
180°
270°

フロントページの続き

(72)発明者　ファン　デル　テンペル　ワード
ベルギー国　ビー‐２８１２　マイゼン　ルーヴェンセステーンヴェーク　２７４
(72)発明者　フロートヤン　ライマー
ベルギー国　ビー‐２０００　アントワープ　トルシュトラート　５０

合議体
審判長　酒井　伸芳
審判官　関根　洋之
審判官　須原　宏光

(56)参考文献　特開２００８－１３４１０１（ＪＰ，Ａ）
特表２００９－５０８０９６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01S 17/32
G01S 17/89