

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2016-169985
(P2016-169985A)

(43) 公開日 平成28年9月23日 (2016.9.23)

(51) Int.Cl.
GO1S 17/36 (2006.01)
GO1S 17/10 (2006.01)

F I
GO1S 17/36
GO1S 17/10

テーマコード (参考)
5J084

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2015-48712 (P2015-48712)	(71) 出願人	000220343
(22) 出願日	平成27年3月11日 (2015.3.11)		株式会社トプコン
		(74) 代理人	100083563
			弁理士 三好 祥二
		(72) 発明者	大友 文夫
			埼玉県朝霞市朝志ヶ丘4丁目2番地26号
			株式会社O T リサーチ内
		(72) 発明者	熊谷 薫
			東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内
		F ターム (参考)	5J084 AA05 AD02 BA03 BA36 BA55 BB02 BB11 BB24 CA03 CA44 DA01 EA04 EA05

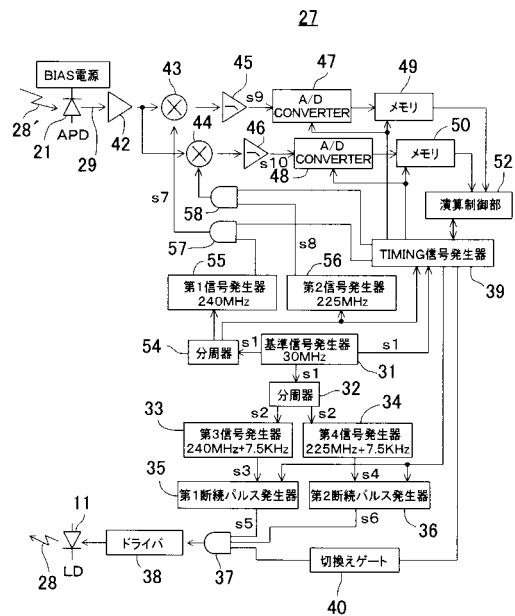
(54) 【発明の名称】 光波距離計

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】測定に必要な信号を効率よく作成し、短時間での測定を可能とする光波距離計を提供する。

【解決手段】測距光28を発する発光素子11と、複数の近接周波数を生成する信号発生器33, 34と、所定幅にパルス化した変調信号を発生する断続パルス発生器35, 36と、断続変調測距光を近接周波数毎に順次切替えて射出する射出光学系と、反射測距光28'を受光する受光部21と、所定の周波数の差を有する周波数信号を発生する他の信号発生器55, 56と、ミキシングにより差周波に周波数変換する周波数変換部39, 43, 44, 57, 58と、演算制御部52とを具備し、演算制御部は、断続変調測距光のパルス幅が差周波の周期より短くなる様に近接周波数をそれぞれ断続し、差周波波形を演算し、差周波一周期の波形から位相を求め精密測定距離値を、差周波相互の位相差を求め粗測定距離値を演算、粗測定距離値と精密測定距離値とにより距離を測定する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測距光を発する発光素子と、複数の近接周波数を生成する信号発生器と、前記複数の近接周波数をそれぞれ断続し、所定幅にパルス化した変調信号を発生する断続パルス発生器と、前記変調信号により所定幅にパルス化した断続変調測距光を前記近接周波数毎に順次切替え射出する射出光学系と、測定対象物からの反射測距光を受光し、所定パルス幅の断続受光信号を発生する受光部と、前記近接周波数に対してそれぞれ所定の周波数の差を有する周波数信号を発生する他の信号発生器と、前記受光部からの前記断続受光信号と前記周波数信号とのミキシングにより差周波に周波数変換し、それぞれの差周波に対応し、所定のパルス幅を有すると共にそれぞれの差周波に対応して変化する断続変換信号の信号列を得る周波数変換部と、演算制御部とを具備し、該演算制御部は、断続変調測距光のパルス幅が差周波の周期より短くなる様に前記近接周波数をそれぞれ断続し、又、それぞれの前記断続変換信号に対し差周波波形を演算し、少なくとも差周波一周期分の波形から位相を求め精密測定距離値を演算し、又、前記差周波相互の位相差を求めて粗測定距離値を演算し、該粗測定距離値と前記精密測定距離値とを合わせることで距離を測定する様構成したことを特徴とする光波距離計。

10

【請求項 2】

前記断続変調測距光を所定の断続数で一巡する発光パターンを生成させ、前記断続変換信号を発光パターン毎に複数回積算し、得られた積算波形からそれぞれの断続変換信号の平均位相を求め、平均位相から精密測定距離値を求め、前記複数の各断続変換信号相互の平均位相差から粗測定距離値を求め、前記精密測定距離値と前記粗測定距離値から測定対象物の距離を測定する請求項 1 に記載の光波距離計。

20

【請求項 3】

複数の前記断続変調測距光の切替え順序を変更し、変更した位置を位相測定の基準位置とした請求項 1 又は請求項 2 に記載の光波距離計。

【請求項 4】

前記演算制御部は、反射測距光の断続受光信号の遅延時間に基づき遠距離測定値を演算する請求項 1 ～請求項 3 のいずれか 1 つに記載の光波距離計。

【請求項 5】

前記演算制御部は、精密測定距離値と粗測定距離値との差が所定値以内でない場合は、異常信号を発生させる請求項 1 ～請求項 4 に記載の光波距離計。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変調された測定光を測定対象に照射し、測定対象からの反射測定光を受光して、測定光と反射測定光との位相差により測定対象迄の距離を測定する光波距離計に関するものである。

【背景技術】

【0002】

測定光と反射測定光との位相差を検出して距離測定を行う光波距離計では、測定可能な距離、測定精度が変調周波数によって決まる。この為、近距離から遠距離迄測定可能にするには、複数の変調周波数の測距光を照射する必要がある。

40

【0003】

例えば、30MHz の変調周波数、300KHz の変調周波数、更に30MHz－3KHz 及び300KHz－3KHz の周波数を作成し、30MHz の変調周波数、300KHz の変調周波数で測距光を射出すると共に、30MHz の変調周波数、300KHz の変調周波数を有する反射測距光を受光し、更に受光信号から30MHz－3KHz 及び300KHz－3KHz の周波数をミキシングすることにより、3KHz の差周波信号を検出し、それぞれの位相差を検出することで近距離から遠距離迄の光波距離測定を可能としている。

50

【0004】

従来の光波距離計では、複数の周波数を作成し、更に複数の周波数毎に測距光を発し、又測距を行うので、回路構成が複雑となると共に測定時間が長くなるという問題があった。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は斯かる実情に鑑み、測定に必要な信号を効率よく作成し、短時間での測定を可能とする光波距離計を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、測距光を発する発光素子と、複数の近接周波数を生成する信号発生器と、前記複数の近接周波数をそれぞれ断続し、所定幅にパルス化した変調信号を発生する断続パルス発生器と、前記変調信号により所定幅にパルス化した断続変調測距光を前記近接周波数毎に順次切替え射出する射出光学系と、測定対象物からの反射測距光を受光し、所定パルス幅の断続受光信号を発生する受光部と、前記近接周波数に対してそれぞれ所定の周波数の差を有する周波数信号を発生する他の信号発生器と、前記受光部からの前記断続受光信号と前記周波数信号とのミキシングにより差周波に周波数変換し、それぞれの差周波に対応し、所定のパルス幅を有すると共にそれぞれの差周波に対応して変化する断続変換信号の信号列を得る周波数変換部と、演算制御部とを具備し、該演算制御部は、断続変調測距光のパルス幅が差周波の周期より短くなる様に前記近接周波数をそれぞれ断続し、又、それぞれの前記断続変換信号に対し差周波波形を演算し、少なくとも差周波一周期分の波形から位相を求め精密測定距離値を演算し、又、前記差周波相互の位相差を求めて粗測定距離値を演算し、該粗測定距離値と前記精密測定距離値とを合わせることで距離を測定する様構成した光波距離計に係るものである。

【0007】

又本発明は、前記断続変調測距光を所定の断続数で一巡する発光パターンを生成させ、前記断続変換信号を発光パターン毎に複数回積算し、得られた積算波形からそれぞれの断続変換信号の平均位相を求め、平均位相から精密測定距離値を求め、前記複数の各断続変換信号相互の平均位相差から粗測定距離値を求め、前記精密測定距離値と前記粗測定距離値から測定対象物の距離を測定する光波距離計に係るものである。

【0008】

又本発明は、複数の前記断続変調測距光の切替え順序を変更し、変更した位置を位相測定の基準位置とした光波距離計に係るものである。

【0009】

又本発明は、前記演算制御部は、反射測距光の断続受光信号の遅延時間に基づき遠距離測定値を演算する光波距離計に係るものである。

【0010】

更に又本発明は、前記演算制御部は、精密測定距離値と粗測定距離値との差が所定値以内でない場合は、異常信号を発生させる光波距離計に係るものである。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、測距光を発する発光素子と、複数の近接周波数を生成する信号発生器と、前記複数の近接周波数をそれぞれ断続し、所定幅にパルス化した変調信号を発生する断続パルス発生器と、前記変調信号により所定幅にパルス化した断続変調測距光を前記近接周波数毎に順次切替え射出する射出光学系と、測定対象物からの反射測距光を受光し、所定パルス幅の断続受光信号を発生する受光部と、前記近接周波数に対してそれぞれ所定の周波数の差を有する周波数信号を発生する他の信号発生器と、前記受光部からの前記断続受光信号と前記周波数信号とのミキシングにより差周波に周波数変換し、それぞれの差周波に対応し、所定のパルス幅を有すると共にそれぞれの差周波に対応して変化する断続

変換信号の信号列を得る周波数変換部と、演算制御部とを具備し、該演算制御部は、断続変調測距光のパルス幅が差周波の周期より短くなる様に前記近接周波数をそれぞれ断続し、又、それぞれの前記断続変換信号に対し差周波波形を演算し、少なくとも差周波一周期分の波形から位相を求め精密測定距離値を演算し、又、前記差周波相互の位相差を求めて粗測定距離値を演算し、該粗測定距離値と前記精密測定距離値とを合わせることで距離を測定する様構成したので、回路構成が簡単となり、測定時間が短縮され、更に、測距光を断続光とすることで、光出力を変調させている時間のみに集中でき、ピークパワーを増大でき、又発光時間が短縮されるので、発光による電氣的、光學的なノイズが軽減され、S/Nが向上し、距離測定精度が向上する。

【0012】

10

又本発明によれば、前記断続変調測距光を所定の断続数で一巡する発光パターンを生成させ、前記断続変換信号を発光パターン毎に複数回積算し、得られた積算波形からそれぞれの断続変換信号の平均位相を求め、平均位相から精密測定距離値を求め、前記複数の各断続変換信号相互の平均位相差から粗測定距離値を求め、前記精密測定距離値と前記粗測定距離値から測定対象物の距離を測定するので、位相測定が容易に行える。

【0013】

又本発明によれば、複数の前記断続変調測距光の切替え順序を変更し、変更した位置を位相測定の基準位置としたので、位相測定が容易に行える。

【0014】

又本発明によれば、前記演算制御部は、反射測距光の断続受光信号の遅延時間に基づき遠距離測定値を演算するので、粗測定用の変調周波数の生成が不要であり、回路構成が簡潔となる。

20

【0015】

更に又本発明によれば、前記演算制御部は、精密測定距離値と粗測定距離値との差が所定値以内でない場合は、異常信号を発生させるので、異常測定値を排除でき、測定の信頼性が向上するという優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施例に係る光波距離計の光学系の概略図である。

【図2】本実施例に係る光波距離計の計測回路の概略図である。

30

【図3】(A)は測距光をパルス化した状態を示す説明図、(B)は受光信号を示す説明図、(C)は発光パターンを示す説明図、(D)(E)はそれぞれミキシング後の断続変換信号の状態を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

【0018】

先ず、図1に於いて、本発明の実施例に係る光波距離計の測距光学系1について説明する。

【0019】

40

図1中、該測距光学系1は射出光学系2、受光光学系3、視準光学系4から構成される。又、図1では測定対象物5が再帰反射体であるプリズムを示している。

【0020】

前記測距光学系1は前記測定対象物5に向けられる測距光軸6を有し、前記射出光学系2は射出光軸7、前記受光光学系3は受光光軸8、前記視準光学系4は視準光軸9を有する。

【0021】

前記射出光軸7上に発光素子11、集光レンズ12、ハーフミラー13、光量調整器14が配設され、更に前記射出光軸7上には偏向ミラー15、16が配設され、前記射出光軸7は前記測距光軸6と合致する様に前記偏向ミラー15、16によって偏向される。

50

【0022】

前記発光素子11は、例えばレーザダイオードであり、不可視光の測距光を発する。

【0023】

前記測距光軸6上には対物レンズ17、ダイクロイックミラー18が設けられる。該ダイクロイックミラー18は、可視光を透過し、測距光を反射する様になっている。前記測距光軸6が前記ダイクロイックミラー18を透過した部分は前記視準光軸9となっており、該視準光軸9上には接眼レンズ19が設けられている。

【0024】

前記対物レンズ17、前記ダイクロイックミラー18、前記接眼レンズ19等は、前記視準光学系4を構成する。

【0025】

前記集光レンズ12、前記ハーフミラー13、前記光量調整器14、前記偏向ミラー15、16、前記対物レンズ17等は、前記射出光学系2を構成する。

【0026】

前記測距光軸6が前記ダイクロイックミラー18によって反射された部分は、前記受光光軸8となっており、該受光光軸8上には受光素子21が設けられている。

【0027】

前記対物レンズ17、前記ダイクロイックミラー18等は、前記受光光学系3を構成する。

【0028】

前記ハーフミラー13の反射光軸は、内部参照光軸23として反射鏡22を経て前記受光素子21に導かれている。前記ハーフミラー13、前記反射鏡22は、内部参照光学系24を構成している。

【0029】

前記射出光軸7と前記内部参照光軸23とに掛渡し、光路切替え器25が設けられる。該光路切替え器25は、前記射出光軸7と前記内部参照光軸23とを択一的に遮断、開放を行うものであり、該光路切替え器25によって前記ハーフミラー13を透過した測距光が射出されるか、或は前記ハーフミラー13で反射された測距光の一部が前記内部参照光学系24に射出されるかが選択される様になっている。

【0030】

前記発光素子11、前記受光素子21は、それぞれ演算処理部27に電氣的に接続されている。

【0031】

以下、前記測距光学系1の作用について説明する。

【0032】

前記発光素子11からは変調された測距光28が発せられ、前記集光レンズ12で平行光束とされた測距光28は、前記光量調整器14で光量調整された後、前記対物レンズ17の中心部を透過して前記測定対象物5に射出される。

【0033】

該測定対象物5で反射された測距光は反射測距光28'として前記対物レンズ17に入射し、該対物レンズ17で集光され、前記ダイクロイックミラー18で反射され前記受光素子21に入射する。前記反射測距光28'は、該受光素子21で受光され、該受光素子21は断続受光信号29（後述）を発生する。

【0034】

前記発光素子11で射出された測距光28の一部（内部参照光28''）は、前記ハーフミラー13で反射される。前記光路切替え器25の光路切替えにより、前記内部参照光軸23が開放されると、前記内部参照光28''が前記受光素子21に入射する。該受光素子21は前記内部参照光28''の受光信号を発生する。

【0035】

前記対物レンズ17を経て入射する可視光は、前記ダイクロイックミラー18を透過し

10

20

30

40

50

、前記接眼レンズ 19 で集光される。測量者は前記接眼レンズ 19 を介して前記測定対象物 5 を視準することができる。

【0036】

前記演算処理部 27 は、前記発光素子 11 を駆動して変調光を射出させる。又、前記受光素子 21 から入力される反射測距光 28' の断続受光信号 29 に基づき前記測定対象物 5 迄の距離を測定し、内部参照光 28'' の断続受光信号 29 に基づき前記内部参照光学系 24 の光路長を測定する。最終的な測定値は反射測距光 28' に基づく測定結果と内部参照光 28'' の測定結果の差として得られる。反射測距光 28' の測定結果と内部参照光 28'' の測定結果との差を求めることで電気回路のドリフトによる影響を除去することができる。

10

【0037】

次に、前記演算処理部 27 について図 2 を参照して説明する。

【0038】

図 2 中、図 1 中で示したものと同等のものには同符号を付してある。

【0039】

基準信号発生器 31 は所定の周波数の基準周波数信号 s1 を発生する。尚、以下に示される数値は、測定距離、測定精度に応じて適宜変更が可能である。例えば、以下の説明では 30 MHz を基準周波数としている。

【0040】

前記基準信号発生器 31 から発せられた基準周波数信号 s1 は、分周器 32 によって 30 MHz が 1/4000 され、7.5 KHz の分周波信号 s2 が生成される。該分周波信号 s2 は、第 3 信号発生器 33 及び第 4 信号発生器 34 に入力される。

20

【0041】

又、前記基準信号発生器 31 から発せられた基準周波数信号 s1 は分周器 54 によって 1/2 に分周され、15 MHz の分周波信号として第 1 信号発生器 55 及び第 2 信号発生器 56 に入力される。該第 1 信号発生器 55 では、15 MHz の分周波信号に基づき 240 MHz の周波数信号を生成する。前記第 2 信号発生器 56 では、15 MHz の分周波信号に基づき 225 MHz の周波数信号を生成する。

【0042】

前記第 3 信号発生器 33 では、前記分周波信号 s2 と 30 MHz の基準信号とにより 240 MHz + 7.5 KHz の第 1 変調信号 s3 を生成し、第 1 断続パルス発生器 35 に出力する。又、前記第 4 信号発生器 34 では、前記分周波信号 s2 と 30 MHz の基準信号とにより 225 MHz + 7.5 KHz の第 2 変調信号 s4 を生成し、第 2 断続パルス発生器 36 に出力する。

30

【0043】

前記第 3 信号発生器 33 と、前記第 4 信号発生器 34 によって、周波数の近接した 2 つの変調信号、240 MHz + 7.5 KHz (s3) 及び 225 MHz + 7.5 KHz (s4) が生成される。

【0044】

前記第 1 断続パルス発生器 35 では、後述するタイミング信号発生器 39 からのタイミング信号に基づき連続信号である第 1 変調信号 s3 を所定時間幅で所定時間間隔毎に発せられる断続信号に変換する。即ち、連続信号の第 1 変調信号 s3 をパルス信号化する。前記第 1 断続パルス発生器 35 からアンド回路 37 にパルス化した第 1 パルス変調信号 s5 が入力される。

40

【0045】

従って、該第 1 パルス変調信号 s5 のパルスには 240 MHz + 7.5 KHz の周波が含まれており、パルスは 240 MHz + 7.5 KHz の周波で構成されている。

【0046】

同様に、前記第 2 断続パルス発生器 36 に於いて、前記タイミング信号発生器 39 からのタイミング信号に基づき連続信号である第 2 変調信号 s4 を所定時間幅で所定時間間隔

50

毎に発せられる断続信号に変換し、パルス信号化する。前記第2断続パルス発生器36から前記アンド回路37にパルス化した第2パルス変調信号s6が入力される。該第2パルス変調信号s6のパルスについても、前記第1パルス変調信号s5と同様、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の周波が含まれ、パルスは $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の周波で構成されている。

【0047】

前記基準信号発生器31が生成する基準周波数信号s1は、前記タイミング信号発生器39にも入力される。該タイミング信号発生器39は、前記基準周波数信号s1に基づき各種タイミング信号を生成する。

【0048】

前記タイミング信号発生器39はタイミング信号を前記第1断続パルス発生器35及び前記第2断続パルス発生器36に送出し、前記第1断続パルス発生器35、前記第2断続パルス発生器36からの第1パルス変調信号s5、第2パルス変調信号s6が、交互に且つ所定時間間隔で出力される様に制御する。

【0049】

又、前記タイミング信号発生器39からのタイミング信号は、切替えゲート40に入力される。該切替えゲート40からは切替え信号が前記アンド回路37に入力される。

【0050】

前記アンド回路37は、前記切替えゲート40からの切替え信号に対応して第1パルス変調信号s5、第2パルス変調信号s6を交互にドライバ38に出力する。

【0051】

図3(A)に示される様に、該ドライバ38は、第1パルス変調信号s5、第2パルス変調信号s6に基づき前記発光素子11を駆動し、 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ で変調された測距光、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ で変調された測距光をそれぞれ所定の時間幅で、且つ所定の時間間隔で交互に発光させる。

【0052】

前記発光素子11は、測距光28を断続的に発光し、測距光28はパルス光となる。更に交互に発せられるパルス光は、それぞれ $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の変調光、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の変調光によって構成されている(以下、パルス変調光と称す)。

【0053】

図3(C)は、 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光が交互に発光される状態を示している。又、本実施例では、パルス変調光のパルス幅は $1\mu\text{s}$ に設定され、パルス変調光 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ 自体及びパルス変調光 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ 自体のパルス間隔は $20\mu\text{s}$ に設定され、更にパルス変調光 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ とパルス変調光 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ との時間間隔は $10\mu\text{s}$ に設定されている。

【0054】

更に、測距光28が断続的に発光、即ちパルス発光されることで、発光素子(レーザダイオード:L D)11の発光負荷率が低下する。発光負荷率が低下した分ピーク値を増大させ得るので、眼に対する安全性を損うことなく、測距光の光強度を増大させ、遠距離測定が可能となる。尚、所定時間幅及び所定時間間隔は、測定状況に応じて適宜選択される。

【0055】

測距光28は、前記測定対象物5に向けて射出され、前記測定対象物5で反射され、前記受光光学系3を経て前記受光素子21に受光される。該受光素子21は断続受光信号29を発生する。使用される受光素子としては、例えば、フォトダイオード、更にアバランシフोटダイオード(APD)が用いられる。

【0056】

更に、前記光路切替え器25により光路が切替えられて、測距光28の一部は内部参照光28'として前記内部参照光学系24を経て、前記受光素子21で受光される。尚、

10

20

30

40

50

反射測距光 28' を受光した際の受光信号の処理と、内部参照光 28' ' についての受光信号の処理は同様であるので、以下は反射測距光 28' の受光信号の処理について説明する。

【0057】

前記受光素子 21 は、反射測距光 28' として、 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光を交互に受光する。従って、前記受光素子 21 の受光信号は、パルス出力となると共にパルス内部は $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ 、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の周波数を有する断続受光信号 29 となる。

【0058】

図 3 (B) は受光信号の発生状態を示している。尚、受光信号では、発光パルスとの間で距離に対応した遅延時間 (パルス遅延) が生じる。

10

【0059】

受光信号は増幅器 42 で増幅され、増幅された信号は第 1 ミキシング回路 43、第 2 ミキシング回路 44 に入力される。

【0060】

前記第 1 ミキシング回路 43 には前記第 1 信号発生器 55 から 240MHz の第 1 信号 s7 がアンド回路 57 を介して入力される。前記第 1 ミキシング回路 43 に於いて、 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の受光信号と前記 240MHz の第 1 信号 s7 がミキシングされる。ミキシングされることで、周波数変換され、 $(240\text{MHz} + 240\text{MHz} + 7.5\text{kHz})$ と 7.5kHz の周波数を有する信号が得られる。該信号は、 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光に対応するものであるので、パルス状の差周波信号となっている。

20

【0061】

ミキシング後の断続変換信号は、ローパスフィルタ 45 を経て高周波が除去され、 7.5kHz の周波数を有する差周波信号 (第 1 断続変換信号 s9) が得られ、A/D コンバータ 47 に入力される。該差周波信号がサンプリングされ、メモリ 49 に保存される。サンプリングのタイミング、前記メモリ 49 への保存のタイミングについては前記タイミング信号発生器 39 から入力されるタイミング信号によって制御される。

【0062】

ここで、前記ローパスフィルタ 45、ローパスフィルタ 46 (後述) として使用されるローパスフィルタはそれぞれ 7.5kHz に対応するものであるので、1 種類でよく回路構成が簡略化できる。更に、基準となる変調周波数も 240MHz 、 225MHz と近接しているので、回路構成を簡略化できる。

30

【0063】

同様にして、前記第 2 ミキシング回路 44 には前記第 2 信号発生器 56 から 225MHz の第 2 信号 s8 がアンド回路 58 を介して入力される。前記第 2 ミキシング回路 44 に於いて、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の受光信号と前記 225MHz の第 2 信号 s8 がミキシングされる。ミキシングされることで、周波数変換され、 $(225\text{MHz} + 225\text{MHz} + 7.5\text{kHz})$ と 7.5kHz の周波数を有する信号が得られる。該信号は、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光に対応するものであるので、パルス状の差周波信号となっている。

40

【0064】

ミキシング後の断続変換信号は、ローパスフィルタ 46 を経て高周波が除去され、 7.5kHz の周波数を有する差周波信号 (第 2 断続変換信号 s10) が得られ、A/D コンバータ 48 に入力される。該差周波信号がサンプリングされ、メモリ 50 に保存される。サンプリングのタイミング、前記メモリ 50 への保存のタイミングについては前記タイミング信号発生器 39 から入力されるタイミング信号によって制御される。

【0065】

図 3 (D)、図 3 (E) は、サンプリングされた第 1 断続変換信号 s9、第 2 断続変換信号 s10 を時系列に示している。

50

【0066】

上記した様に、パルス変調光のパルス幅は $1\mu\text{s}$ に設定されているので、第1断続変換信号s9、第2断続変換信号s10のパルス幅も $1\mu\text{s}$ となっている。このパルス幅は、ミキシングで得られる差周波の1周期より大幅に小さく、各第1断続変換信号s9、第2断続変換信号s10のピーク値は、差周波の変動、即ち 7.5kHz の変動に対応して変化する。

【0067】

従って、それぞれの第1断続変換信号s9、第2断続変換信号s10のピーク値を包絡する曲線を求めることで、差周波(7.5kHz)の信号波形61、62が求められる。

【0068】

演算制御部52は前記メモリ49、前記メモリ50にそれぞれ保存されたサンプリングデータから、前記信号波形61、前記信号波形62を演算し、更に両信号波形61、62からそれぞれ位相を求め、位相と光速から両信号波形61、62に対応して距離を演算する。位相に基づく距離測定は、精密測定として実行される。

【0069】

粗測定距離値は、 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の位相と $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ の位相の差を演算することにより求められる。それぞれの位相差は、断続変調周波数の差、 15MHz で測定した場合と等価であり、それぞれの位相を $\phi 1$ 、 $\phi 2$ とすると、周波数差 15MHz の場合の波長は 10m であるから、求める粗測定距離値を d とすると

$$d = 10\text{m} \times (\phi 1 - \phi 2) / 2\pi$$

と表され、 10m 迄の、粗測定距離値が得られる。精密測定距離値と粗測定距離値を合わせることで距離値が求められる。

【0070】

又、前記信号波形61、或は前記信号波形62から位相を求めて距離を演算する場合、測定精度に応じ所定数の周期について距離を演算し、平均化する。又、各信号波形61、62について演算された距離を更に平均化することで精度が向上する。

【0071】

上記実施例に於いて、図3(C)に示される様に、 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光、 $225\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光が交互に発光される状態を示しているが、差周波の1周期毎に、或は複数周期毎に周期の基準位置(或は周期の開始位置)が分る用に、発光パターンを変更してもよい。例えば、周期の開始では、 $240\text{MHz} + 7.5\text{kHz}$ のパルス変調光を2度続けて発光し、一巡の開始位置を検出可能とする。

【0072】

更に、一巡については、パルスの数に基づき設定してもよく、所定のパルス数で一巡する様に設定してもよい。

【0073】

所要巡回数で位相を平均化する際に、巡回の基準位置が明確になっていることで、信号処理が容易になる。

【0074】

次に、測距光パルスの受光時の遅延時間に基づき、粗測定より更に遠距離の測定を行うことができる。

【0075】

発光パルスが発せられるタイミングと受光信号が発せられるタイミングでは、測定距離に対応したパルス遅延、即ち、測距光パルスが往復する時間に相当する時間遅れが発生する。

【0076】

従って、パルス遅延時間を測定することで、TOF(Time of Flight)方式による距離測定を行うことができる。

【0077】

前記演算制御部52は、パルス遅延時間を測定し、パルス遅延時間と光速に基づき粗測

10

20

30

40

50

定を実行する。

【0078】

又、前記演算制御部52は、精密測定値と粗測定値或は遠距離測定値とを比較し、両者の差が所定値内でない場合は、表示器、警報器等の告知手段（図示せず）を作動させ、異常信号を発生する。

【0079】

更に、TOF方式では、発光パターンが一巡する時間を適宜設定することで、測定可能な距離を設定できる。即ち、発光パターンの一巡を7.5KHzの周期以上、例えば1周期を設定した場合、20km迄の遠距離測定が可能となる。

【0080】

従って、TOF方式の距離測定（遠距離測定）と、位相検出による距離測定（精密測定、粗測定）とを組み合わせることで、近距離から遠距離迄高精度の距離測定が可能となる。

【0081】

TOF方式による遠距離測定を行うことができるので、遠距離測定用の変調周波数を更に作成する必要が無く、回路構成を簡略化できる。更に、遠距離測定と粗測定と精密測定とを時分割して行う必要が無く、粗測定、精密測定、遠距離測定を同時に測定できるので、測定時間が短縮できる。更に、同一の測定時間では測定距離の伸長が図れる。

【0082】

又、一巡を決定する基準位置を変更することで、一巡する時間を変更することができる。従って、前記演算制御部52に於いて基準位置の設定を変更し、要求される測定距離に応じて測定可能な距離を簡単に変更することができる。

【0083】

更に、上記した様に、信号の周波数が240MHz、225MHzと近接している為、両周波数を精密測定に用いることができ、測定時間の削減となる。

【符号の説明】

【0084】

1	測距光学系
2	射出光学系
3	受光光学系
4	視準光学系
5	測定対象物
6	測距光軸
7	射出光軸
8	受光光軸
9	視準光軸
11	発光素子
14	光量調整器
18	ダイクロイックミラー
21	受光素子
24	内部参照光学系
25	光路切替え器
27	演算処理部
31	基準信号発生器
33	第3信号発生器
34	第4信号発生器
35	第1断続パルス発生器
36	第2断続パルス発生器
39	タイミング信号発生器
43	第1ミキシング回路
44	第2ミキシング回路

10

20

30

40

50

【図 3】

