

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5584400号
(P5584400)

(45) 発行日 平成26年9月3日 (2014.9.3)

(24) 登録日 平成26年7月25日 (2014.7.25)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 S 17/10 (2006.01)
GO 1 C 3/06 (2006.01)

GO 1 S 17/10
GO 1 C 3/06 1 2 O Q

請求項の数 13 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2008-180028 (P2008-180028)
(22) 出願日 平成20年7月10日 (2008.7.10)
(65) 公開番号 特開2009-20109 (P2009-20109A)
(43) 公開日 平成21年1月29日 (2009.1.29)
審査請求日 平成23年6月13日 (2011.6.13)
(31) 優先権主張番号 102007000377.5
(32) 優先日 平成19年7月16日 (2007.7.16)
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 591010170
ヒルティ アクチエンゲゼルシャフト
リヒテンシュタイン国 9494 シャー
ン, フェルトキルヒャーシュトラッセ
100
Feldkircherstrasse
100, 9494 Schaan, L
IECHTENSTEIN
(74) 代理人 100147485
弁理士 杉村 憲司
(74) 代理人 100134005
弁理士 澤田 達也
(74) 代理人 100151677
弁理士 播磨 里江子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パルス反射混合法を用いた手持ち式レーザ距離測定器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パルス反射混合法を使用する手持ち式レーザ距離測定器であって、
測定パルス (4) として測定対象 (3) で反射される送信パルス (7) と、器内部の基
準区間 (5) にわたって走行した基準パルス (6) とを、パルス繰り返し周波数 (f) で
発生させる局所発振器 (8) 及び送光器 (12)、

前記測定パルス (4) と前記基準パルス (6) とを受信する光検出器 (10)、並びに
前記測定パルス (4) と、前記基準パルス (6) との間で前記パルス繰り返し周波数 (f)
によって検出可能な少なくとも 1 つの周期的な時差 (τ) に基づいて、前記測定対象 (3)
までの距離 (D) を計算するための制御手段 (2)、を備える形式のものにおいて、
前記局所発振器 (8) は、前記測定パルス (4) と前記基準パルス (6) とを走査する
、前記パルス繰り返し周波数 (f) の走査パルス (11) を発生させ、

前記制御手段 (2) によって制御可能な少なくとも 1 つの遅延回路 (9a, 9b) が設
けられており、該遅延回路 (9a, 9b) が、前記局所発振器 (8) と、前記光検出器 (10)
及び／又は前記送光器 (12) との間に配置されており、前記測定パルス (4) お
よび前記基準パルス (6) を走査するために、前記走査パルス (11) と前記送信パルス
(7) との間に制御された遅延を発生させることを特徴とする、手持ち式レーザ距離測定
器。

【請求項 2】

第 1 の遅延回路 (9a) が、前記局所発振器 (8) と、前記光検出器 (10) との間に

配置され、第2の遅延回路(9b)が、前記局所発振器(8)と、前記送信パルス(7)を送出するための前記送光器(12)との間に配置されている、請求項1記載の手持ち式レーザ距離測定器。

【請求項3】

前記遅延回路(9a, 9b)の出力部にパルス発生器(13)が配置されている、請求項1または2記載の手持ち式レーザ距離測定器。

【請求項4】

前記制御手段(2)に接続された位相検出器(14)を備え、該位相検出器(14)の両方の入力部に、前記送信パルス(7)および前記走査パルス(11)が印加される、請求項1から3までのいずれか1項記載の手持ち式レーザ距離測定器。

10

【請求項5】

前記遅延回路(9a, 9b)が、デジタル式に形成されている、請求項1から4までのいずれか1項記載の手持ち式レーザ距離測定器。

【請求項6】

前記光検出器(10)が、遮断電圧によりバイアス電圧を印加されたアバランシェフォトダイオードであり、該アバランシェフォトダイオードには、前記走査パルス(11)が印加され、前記アバランシェフォトダイオードが、ホモダイン式のパルス混合のために使用される、請求項1から5までのいずれか1項記載の手持ち式レーザ距離測定器。

【請求項7】

前記光検出器(10)がローパスフィルタ(15)に、該ローパスフィルタ(15)が増幅器(16)に、該増幅器(16)がアナログ-デジタル式変換器(17)に、該アナログ-デジタル式変換器が前記制御手段(2)に、それぞれ接続されている、請求項1から6までのいずれか1項記載の手持ち式レーザ距離測定器。

20

【請求項8】

請求項1から7までのいずれか1項に記載の手持ち式レーザ距離測定器(1)を使用する距離測定方法であって、前記制御手段(2)の実施するアルゴリズムによって、測定パルス(4)と基準パルス(6)との間の少なくとも1つの時差(τ)に基づいて距離(D)を計算する計算ステップ(18)で、前記測定パルス(4)と前記基準パルス(6)との間の時差(τ)を決定するための少なくとも1つの所要時間決定ステップ(19)が実施される測定方法において、

30

前記所要時間決定ステップ(19)で複数回の走査ステップ(20)を実施し、該走査ステップ(20)が、光検出器(10)によって受信された、パルス繰返し周波数(f)の周期的な前記測定パルス(4)または前記基準パルス(6)を、前記パルス繰返し周波数(f)の走査パルス(11)によって前記光検出器(10)で直接に走査し、走査結果を制御手段(2)によって検出し、

遅延回路(9a, 9b)を用いた制御手段(2)によって、走査パルス(11)と送信パルス(7)との間の遅延を可変制御し、上位の所要時間決定ステップ(19)で、前記測定パルス(4)と前記基準パルス(6)との間の前記時差(τ)を、得られた走査結果に割り当てられている時間遅延からそれぞれ計算することを特徴とする、測定方法。

【請求項9】

40

前記走査ステップ(20)で、走査時に得られた走査結果を、アナログ式の等価信号の形態で、まずローパスフィルタ処理し、次いで増幅し、その後にアナログ-デジタル式変換器(17)により走査し、最後にデジタル式に前記制御手段(2)に供給する、請求項8記載の測定方法。

【請求項10】

前記所要時間決定ステップ(19)で、前記測定パルス(4)および前記基準パルス(6)を、時間的に連続した走査ステップ(20)で走査する、請求項8または9記載の測定方法。

【請求項11】

走査された前記基準パルス(6)および測定パルス(4)を、時間的に相関させる、請

50

求項 10 記載の測定方法。

【請求項 12】

前記所要時間決定ステップ (19) で、前記測定パルス (4) もしくは前記基準パルス (6) を、時間的に連続した複数回の前記走査ステップ (20) で繰返し走査し、検出する、請求項 8 から 11 までのいずれか 1 項記載の測定方法。

【請求項 13】

前記計算ステップ (18) で、距離 (D) を計算するための異なったパルス繰返し周波数 (f) による前記所要時間決定ステップ (19) から得られた時差 (τ) を使用する、請求項 8 から 12 までのいずれか 1 項記載の測定方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、パルス反射混合法を用いた手持ち式レーザ距離測定器、特に建設用手持ち式距離測定器に関する。

【背景技術】

【0002】

建設業では、数百メートルまでの測定範囲において数ミリメートルオーダの精度で距離を正確に測定することが必要である。このために適当に形成された、本発明が関わる手持ち式レーザ距離測定器が、距離測定のために、変調された視認可能なレーザ放射線のパルス反射混合法 (Impulsrueckmischverfahren) を使用する。

20

【0003】

特開 2002-323562 号公報 (ドイツ連邦共和国特許第 10112833 号明細書) により、パルス反射混合法を用いた手持ち式レーザ距離測定器が公知である。パルス反射混合法を用いたこのようなパルス反射混合法を用いた手持ち式レーザ距離測定器では、レーザ源として、視認可能な赤色波長領域で放出する市販のレーザダイオードが使用される。放出されたレーザ光は、極めて狭幅のスパイクパルスの列 (以下に「送信パルス列」と呼ぶ。) によって変調され、コリメータレンズによって測定レーザ放射線の形に束ねられる。したがって、この特殊なパルス反射混合法を使用する手持ち式レーザ距離測定器は、送信パルス列として、通常は 60 ps ~ 80 ps までの間の幅を備えた、極めて狭幅のレーザパルス列を必要とする。50 MHz ~ 200 MHz の範囲にあるレーザパルスのパルス繰返し周波数は、従来の手持ち式のパルス - レーザ距離測定器における数十 kHz というパルス繰返し周波数に比べて著しく高いので、所定の固定パルス繰返し周波数では、一般に測定によって、数百メートルまでの測定範囲の一義的な距離測定が可能ではない。したがって、一義的な距離決定のためには、本質的に異なる 2 つのパルス繰返し周波数における 2 つの測定値もしくはパルス繰返し周波数の差が不可欠であり、極めて大きい測定範囲のために高い精度で一義的な距離決定を行うためには、それ以上の複数の異なる測定値さえもが不可欠である。制御手段は、アルゴリズムにより、パルス繰返し周波数が異なる場合には低周波数混合パルス列の基準パルスと測定パルスとの間の一般に一義的ではない時差を決定し、この時差から、光速を用いた連立方程式に基づいて距離測定器から測定対象の照射スポットまでの一義的な距離を決定する。光検出器によって検出された一方の基準パルス列および他方の測定パルス列は、光検出器内で直接に後続のローパスフィルタ処理による直接混合にさらされ、この場合に、この直接混合は、測定場所で局所的に生成された局所発振パルス列による制御下に行われ、局所発振パルス列の走査比は、測定パルス列の走査比に等しいか、またはほぼ等しく、局所発振パルス列の繰返し周波数は、わずかに異なるように選択されている。したがって、得られた低周波数の混合パルス列の混合パルス繰返し周波数は、送信もしくは測定パルス列のパルス繰返し周波数と、局所発振パルス列のパルス繰返し周波数との間の差の値に相当する。これにより、時間基準は、大きい因数 (例えば百万) だけ拡張される。低周波混合パルス列は、高周波検出パルス列 (測定パルス列と基準パルス列との重畳) と同様に、周波数変換された基準パルスと測定パルスとからなり、これらの基準パルスおよび測定パルスの時間ずれは、距離のための尺

30

40

50

度である。例えば1 kHzよりも小さいわずかな混合パルス繰返し周波数を備えた低周波混合パルス列は、ローパスフィルタ処理され、増幅され、アナログ-デジタル変換器により走査され、制御手段に供給される。この制御手段は、周波数変換された基準パルスと測定パルスとの間の時差、および、これにより、（場合によってはまだ一義的ではない）測定対象までの距離を決定する。この距離は、冒頭に記載したように、様々なパルス繰返し周波数による複数回の測定によって一義的に決定される。上位概念部を形成する、パルス反射混合法を用いた手持ち式レーザ距離測定器のさらなる詳細に関しては、専門家がその文献を参照されることが指示され、その開示内容は本明細書に明確に取り込まれる。この方法では、わずかに異なる2つのパルス繰返し周波数が使用されるので、この方法は、ヘテロダイン式パルス反射混合と呼ばれる。このようなヘテロダイン式の方法では、情報内容が著しく短い間隔でしか存在しない、すなわち、基準および測定パルスの箇所には存在しないにもかかわらず、連続的にパルス周期の全ての時間が経過させられる。基準および測定パルスは、パルス周期のわずかなパーセントしか占めない、周波数混合時には、測定時間のごくわずかな部分のみが利用される。

10

【特許文献1】特開2002-323562号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

そこで本発明の課題は、パルス反射混合法において測定時間をよりの確に利用することにより、ひいては手持ち式レーザ距離測定器の感度または到達範囲を向上させることにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

この課題は、制御手段によって制御可能な少なくとも1つの遅延回路が設けられており、遅延回路が、局所発振器と光検出器および／または送光器との間に配置されており、測定パルスおよび基準パルスを走査するために、走査パルスと送信パルスとの間に遅延を発生させることにより本質的に解決される。

【発明の効果】

【0006】

これにより、測定対象で反射された測定パルスと、光学的に放射された送信パルスのうち機器内部の基準距離にわたって走行した基準パルスとの間の、パルス繰返し周波数によって検出可能な少なくとも1つの周期的な時差を介して、測定対象までの距離を計算するための、制御手段を備えるパルス反射混合-レーザ式距離測定器が、パルス繰返し周波数を有する送信パルスを生成するための局所発振器と、制御手段によって制御可能な可変の少なくとも1つの遅延回路とを有しており、この遅延回路は、局所発振器と光検出器および／または送光器との間に配置されており、測定パルスおよび基準パルスを走査するために、走査パルスと送信パルスとの間に遅延を発生させる。

30

【0007】

対応した測定方法は、制御手段のアルゴリズムによって、測定パルスと基準パルスとの間の少なくとも1つの時差から距離を計算するステップの中に、測定パルスと基準パルスとの間の時差を決定するための少なくとも1つの所要時間決定ステップ、ならびにこのステップの中に複数回の走査ステップを有しており、これらの走査ステップは、光検出器によって受信された、パルス繰返し周波数の周期的な測定パルスもしくは基準パルスをちょうどこのパルス繰返し周波数の走査パルスによって検出器で直接に走査し、走査結果を制御手段によって検出し、この場合に遅延回路を用いた制御手段によって、走査パルスと送信パルスとの間の遅延が制御され、上位の所要時間決定ステップでは、測定パルスと基準パルスとの間の時差が、得られた走査結果に割り当てられている時間遅延から厳密にそれぞれ計算される。

40

【0008】

この場合に、制御された遅延は、一様に送信パルスに関して走査パルスの遅延および走

50

査パルスに関して送信パルスの遅延であるとそれぞれ理解される。

【0009】

測定パルスおよび基準パルスが、パルス繰返し周波数が同一の場合に、送信パルスに関して可変に制御されて時間遅延された走査パルスによって走査されることにより、既知のヘテロダイン式パルス反射混合時の低周波混合パルス列ではなく、本発明によるホモダイン式パルス反射混合時には、走査結果として等価信号が生じる。この等価信号は、走査パルスが測定パルスまたは基準パルスと時間的に合致する場合には、高い値を有する。別の場合には、等価信号は小さい値を有しているか、もしくはゼロである。したがって、制御手段によって能動的に変化させられた時間ずれに基づいて、パルス周期内の測定パルスおよび基準パルスの時間的位置が制御手段にはわかっており、これにより、制御手段によってパルスを検出するための走査パルスが、これらの時間的に既知の位置でより頻繁に発生可能であり、これにより、測定時間が検出のためにより良好に利用可能である。

10

【0010】

有利には、局所発振器と、光検出器との間に配置された第1の遅延回路と、局所発振器と、送信パルスを送出するための送光器との間に配置された第2の遅延回路とが設けられており、さらに有利には、第2の遅延回路が、第1の遅延回路に対して異なった遅延時間を備えており、これにより、実施される遅延時間に関してより多くの組み合わせ可能性、ひいては時間分解が生じる。

【0011】

有利には、遅延回路の出力部にパルス発生器が配置されており、これにより、著しく短いパルス幅、ひいては短時間の走査が実施され、これにより、測定精度が高められる。この場合には、（有利には制御可能な）局所発振器自身は（良い）パルス発生器である必要はない。さらに有利には、パルス発生器の前にはプログラム可能な周波数分配器がそれぞれ位置しており、これにより、（同一の分配時には）制御可能な、しかし等しい繰返し周波数を備えたパルス列が発生され得る。

20

【0012】

有利には、制御手段に接続された位相検出器が設けられており、この位相検出器の両方の入力部には、送信パルスと走査パルスとが印加され、これにより、遅延回路を介して変化した時間遅延が測定可能であり、遅延回路の正確な機能形式が制御可能である。

【0013】

有利には、遅延回路はデジタル式の遅延回路として形成されており、さらに有利には、完全に組み込まれた遅延構成要素として形成されており、これにより、遅延回路は、制御手段によって直接にデジタル式に制御可能であり、こうして正確な遅延時間が調節可能である。

30

【0014】

有利には、光検出器は、局所発振器により供給された走査パルス列によって遮断バイアス電圧が重畳され、ホモダイン式のパルス混合のために用いられるアバランシェフォトダイオード（APD）であり、この場合に、アバランシェフォトダイオードの増幅因子は、走査パルス列の走査隙間では、走査パルスが存在する間よりも本質的に低く、これにより、受信された弱い光信号の高感度の走査が得られる。

40

【0015】

有利には、光検出装置はローパスフィルタに接続されており、このローパスフィルタは、さらに有利には増幅器に接続されており、この増幅器は、さらに有利にはアナログ-デジタル式変換器機に接続されており、このアナログ-デジタル式変換器は、さらに有利には制御手段に接続されており、これにより、等価信号が妨害に対して保護された状態で制御手段により検出可能である。

【0016】

有利には、走査ステップでは、走査時に得られた走査結果がアナログ式の等価信号の形態でまずローパスフィルタ処理され、次いで増幅され、その後アナログ-デジタル式変換器によって走査され、デジタル式に制御手段に供給される。

50

【0017】

有利には、所要時間決定ステップでは、測定パルスおよび基準パルスが（必ずしも厳密に交互にまたは均等に分配されずに）時間的に連続した走査ステップで走査され、これにより、これらの測定パルスおよび基準パルスの送信パルスに対する時間遅延は、それぞれ別個に妨害に対して保護されて検出可能である。

【0018】

有利には、走査された基準および測定パルスは時間的に相関され、これにより、時間ずれを検出することができる。

【0019】

有利には、所要時間決定ステップにおいて、測定パルスもしくは基準パルスは、時間的に連続した複数回の走査ステップで繰返し走査および検出され、これにより、測定パルスもしくは基準パルスの個々の走査結果が蓄積可能であり、送信パルスに対する時間遅延が相関による走査結果の重畳により決定可能である。

【0020】

有利には、計算ステップでは、異なったパルス繰返し周波数による所要時間決定ステップから得られた時差が距離を計算するために用いられ、これにより、測定の一義性が、距離が大きい場合にも保障される。さらに有利には、パルス繰返し周波数は、基準パルスと測定パルスとの間にオーバーラップが生じないように、調節もしくは変更される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

次に、本発明を有利な実施例につき更に詳細に説明する。

【0022】

図1によれば、パルス反射混合法を使用する手持ち式レーザ距離測定器1が、測定対象3で反射された測定パルス4と、光学的に放射された送信パルス7のうち機器内部の基準区間5にわたって走行した基準パルス6との間で、パルス繰返し周波数 f により検出可能な少なくとも1つの周期的な時差を介して、測定対象3までの距離 D を計算するマイクロコントローラの形態の制御手段2を有している。さらに、パルス繰返し周波数 f を備えた送信パルス7を発生させる制御された局所発振器8と、制御手段2によって可変的に制御可能な2つの遅延回路9a、9bが設けられており、この場合に、第1の遅延回路9aは、局所発振器8と光検出器10との間に配置されており、送信パルス7に関して遅延された、測定パルス4および基準パルス6を走査するための走査パルス11を生成する。第2の遅延回路9bは、局所発振器8と送光器12との間に、送信パルス7を送出するためのレーザダイオードの形態で配置されている。デジタル式の完全に組み込まれた遅延構成要素の形態の制御可能なこれらの遅延回路9a、9bは、出力部の前にそれぞれ1つのプログラム可能な周波数分配器21を有しており、これらの出力部にはそれぞれパルス発生器13が後置されている。さらに、制御手段2に接続された位相検出器14が設けられており、この位相検出器14の両方の入力部には、送信パルス8および走査パルス11が印加されている。光検出器10は、局所発振器8によって供給された走査パルス列によって遮断バイアス電圧 U_{APD} が重畳されるアバランシェフォトダイオードの形で形成されており、この場合に、アバランシェフォトダイオードの増幅因子は、走査パルス列の走査隙間では走査パルス11が存在している間よりも本質的に低い。さらに、光検出器10は、ローパスフィルタ15に接続されており、このローパスフィルタ15は増幅器16に接続されており、この増幅器16はアナログ-デジタル変換器17に接続されており、このアナログ-デジタル変換器17は、制御手段2に接続されている。これにより、走査時に生じた走査結果は、アナログ等価信号の形態で、まずローパスフィルタ処理され、次いで増幅され、その後アナログ-デジタル変換器17により走査され、最後にデジタル式に制御手段2に供給される。

【0023】

図2によれば、制御手段2（図1）のアルゴリズムによって実施された測定方法が、距離 D を一義的に計算するための計算ステップ18を有している。このために計算ステップ

10

20

30

40

50

18では、複数回の所要時間決定ステップ19が異なるパルス繰返し周波数 f により実施される。これらの所要時間決定ステップ19は、測定パルス4と基準パルス6との間に割り当てられたそれぞれの時差(τ)を決定する。しかしながら、これらの時差(τ)は、個々に考察した場合には、まだ必然的に一義的な距離 D であるとはいえない。しかしながら、距離 D は、計算ステップ18では、全てのパルス繰返し周波数 f と時差(τ)とに基づく一次方程式の一義的な解として計算される。この所要時間決定ステップ19では、複数回の走査ステップ20が実施される。これらの走査ステップ20は、数回にわたって繰り返して、光検出器10(図1)によって受信された、パルス繰返し周波数 f の周期的な測定パルス4(もしくは、時間的に連続した走査ステップで基準パルス6)を、直接に光検出器10(図1)で、パルス繰返し周波数 f の走査パルス11によって走査し、走査結果を制御手段2(図1)によって検出する。この場合に、遅延回路9a, 9b(図1)を用いて制御手段2(図1)によって、走査パルス11が送信パルス7に関して可変制御されて時間遅延され、上位の所要時間決定ステップ19では測定パルス4と基準パルス6との間の時差(τ)が、得られた走査結果に割り当てられた時間遅延から厳密にそれぞれ計算される。

10

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】パルス反射混合法を使用する手持ち式レーザ距離測定器を示す図である。

【図2】測定方法のアルゴリズムを示す図である。

20

【符号の説明】

【0025】

- 1 パルス反射混合法を使用する手持ち式レーザ距離測定器
- 2 制御手段
- 3 測定対象
- 4 測定パルス
- 5 基準区間
- 6 基準パルス
- 7 送信パルス
- 8 局所発振器
- 9 a, 9 b 遅延回路
- 10 光検出器
- 11 走査パルス
- 12 送光器
- 13 パルス発生器
- 14 位相検出器
- 15 ローパスフィルタ
- 16 増幅器
- 17 アナログ-デジタル変換器
- 18 計算ステップ
- 19 所要時間決定ステップ
- D 距離
- f パルス繰返し周波数
- τ 時差

30

40

フロントページの続き

- (72)発明者 トルステン ゴゴラ
リヒテンシュタイン国 9494 シャーン オベルガッセ 54
(72)発明者 アンドレアス ヴィンター
オーストリア国 6800 フェルトキルヒ イム グレンド 5アー
(72)発明者 ヘルムート ザイフェルト
ドイツ国 07616 ゼルバ アイゼンベルガー シュトラーセ 24アー

審査官 目黒 大地

- (56)参考文献 米国特許第03716858 (US, A)
特開2002-323562 (JP, A)
特表2004-538491 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01S7/48-7/51、17/00-17/95