(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5306376号
(P5306376)
(45)発行日　平成25年10月2日(2013.10.2)　(24)登録日　平成25年7月5日(2013.7.5)

(51)Int.Cl.　F I
G01S 17/36 (2006.01)　G01S 17/36

請求項の数 10　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2010-544678(P2010-544678)
(86)(22)出願日　平成21年1月27日(2009.1.27)
(65)公表番号　特表2011-522216(P2011-522216A)
(43)公表日　平成23年7月28日(2011.7.28)
(86)国際出願番号　PCT/EP2009/050887
(87)国際公開番号　WO2009/095383
(87)国際公開日　平成21年8月6日(2009.8.6)
審査請求日　平成23年8月3日(2011.8.3)
(31)優先権主張番号　102008008064.0
(32)優先日　平成20年2月1日(2008.2.1)
(33)優先権主張国　ドイツ(DE)
(31)優先権主張番号　102008014274.3
(32)優先日　平成20年3月3日(2008.3.3)
(33)優先権主張国　ドイツ(DE)

(73)特許権者　598064510
ファロ　テクノロジーズ　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国　フロリダ州　レイク　メリー　テクノロジー　パーク　１２５
(74)代理人　100075258
弁理士　吉田　研二
(74)代理人　100096976
弁理士　石田　純
(72)発明者　オシッヒ　マルティーン
ドイツ　タム　ヴィーゼンシュトラーセ　２３
(72)発明者　シューマン　フィリップ
ドイツ　シュトゥットガルト　ハッポールドシュトラーセ　３５ビー

最終頁に続く

(54)【発明の名称】対物距離計測方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

発光器（１２）からビーム光（１８）を出射するステップと、計測対象物（２０）で反射されたビーム光（２４）を受光器（１４）に入射するステップと、その出射（１８）から入射（２４）までのビーム光伝搬時間から計測対象物（２０）までの距離（ｄ）を求めるステップと、ビーム光（１８）の出射に際しそのビーム光（１８）を方形波変調信号（６６，７４）に従い振幅変調するステップと、を有し、使用する方形波変調信号（６６，７４）が、それぞれ複数個の方形パルス（６８，６８’）からなる複数個の方形パルス群（７６，７６’）を含み、それら方形パルス群（７６，７６’）間の時間間隔（ＰＡ）が変動し且つそれらの方形パルス群（７６，７６’）内の方形パルス（６８，６８’）の個数が変動する信号である対物距離計測方法であって、

ある周波数の第１方形波信号（６０）と、その周波数が第１方形波信号（６０）より低くそのパルス振幅が第１方形波信号（６０）より低い第２方形波信号（６２）と、その周波数が第１方形波信号（６０）より低く第２方形波信号（６２）とも異なり且つそのパルス振幅が第２方形波信号（６２）と実質的に等しい第３方形波信号とを加算し、さらにしきい値（７２）を超えるレベル部分だけを取り出すことで得られる信号と同一信号波形の二値の方形波変調信号（７４）として発光器（１２）に供給することを特徴とする対物距離計測方法。

【請求項２】

請求項１記載の対物距離計測方法であって、上記時間間隔（ＰＡ）を周期的に変動させ

ることを特徴とする対物距離計測方法。
【請求項３】
請求項１又は２記載の対物距離計測方法であって、上記方形パルス群（７６）毎の方形パルス（６８，６８’）の個数を周期的に変動させることを特徴とする対物距離計測方法。
【請求項４】
請求項１乃至３いずれか一項記載の対物距離計測方法であって、上記方形波変調信号（７４）に含まれる方形パルス（６８’）同士が実質的に同じ振幅であることを特徴とする対物距離計測方法。
【請求項５】
請求項１乃至４のいずれか一項記載の対物距離計測方法であって、発光器（１２）から出射されるビーム光（１８）上の変調信号（６６，７４）の位相角を計測し、そのビーム光（１８）と入射してくるビーム光（２４）との間の変調信号位相差に基づき上記ビーム光（１８，２４）の伝搬時間を求めることを特徴とする対物距離計測方法。
【請求項６】
ビーム光（１８）を出射する発光器（１２）と、計測対象物（２０）で反射されたビーム光（２４）が入射される受光器（１４）と、その出射（１８）から入射（２４）までのビーム光伝搬時間に基づき計測対象物（２０）までの距離（ｄ）を求める評価兼制御ユニット（１６）と、ビーム光（１８）の出射に際し方形波変調信号（６６，７４）に従いそのビーム光（１８）を振幅変調する手段と、を備え、使用する方形波変調信号（６６，７４）が、それぞれ複数個の方形パルス（６８，６８’）からなる複数個の方形パルス群（７６，７６’）を含み、それら方形パルス群（７６，７６’）間の時間間隔（ＰＡ）が変動し且つそれらの方形パルス群（７６，７６’）内の方形パルス（６８，６８’）の個数が変動する対物距離計測装置であって、
上記評価兼制御ユニット（１６）が、ある周波数の第１方形波信号（６０）と、その周波数が第１方形波信号（６０）より低くそのパルス振幅が第１方形波信号（６０）より低い第２方形波信号（６２）と、その周波数が第１方形波信号（６０）より低く第２方形波信号（６２）とも異なり且つそのパルス振幅が第２方形波信号（６２）と実質的に等しい第３方形波信号とを加算し、さらにしきい値（７２）を超えるレベル部分だけを取り出すことで得られる信号と同一信号波形の二値の方形波変調信号（７４）として発光器（１２）に供給するディジタル回路（５６）を有することを特徴とする対物距離計測装置。
【請求項７】
請求項６記載の対物距離計測装置であって、発光器（１２）内のレーザダイオードを上記二値の方形波変調信号（７４）で駆動することを特徴とする対物距離計測装置。
【請求項８】
請求項６又は７記載の対物距離計測装置であって、上記二値の方形波変調信号（７４）を発生させるディジタル回路（５６）がＦＰＧＡであることを特徴とする対物距離計測装置。
【請求項９】
請求項６乃至８のいずれか一項記載の対物距離計測装置であって、上記評価兼制御ユニット（１６）が、ディジタル化された受信データを受光器（１４）から読み込み、それらのデータに基づきレーザスキャナ（１０）と計測対象物（２０）の間の距離（ｄ）を求めるマイクロプロセッサ（５４）を有することを特徴とする対物距離計測装置。
【請求項１０】
請求項９記載の対物距離計測装置であって、そのマイクロプロセッサ（５４）と、上記二値の方形波変調信号（７４）を発生させるディジタル回路（５６）とが、当該二値の方形波変調信号（７４）の位相情報をマイクロプロセッサ（５４）に供給するための通信を含め、相互通信を実行することを特徴とする対物距離計測装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】

【０００１】
本発明は、請求項１の前提部分に記載の対物距離計測方法に関する。
【０００２】
本発明は、更に、請求項６の前提部分に記載の対物距離計測装置に関する。
【背景技術】
【０００３】
この種の方法及び装置としては、独国特許出願公開第１９８１１５５０号明細書（Ａ１）に記載の通り、その周波数が異なる三種類の変調信号を重畳させて（複合的）変調信号を生成するものが知られている。更に、下記特許文献１に記載の通り、それぞれ複数個の方形パルスを含む複数個の方形パルス群からなる変調信号を使用する方法及び装置も知られている。
【０００４】
そのなかでも本発明との関連が深いのはレーザスキャナである。レーザスキャナは周囲の空間に存する物体（計測対象物）を三次元的に計測できるよう構成された装置である。例えば下記特許文献２に例示されているスキャナでは、計測ヘッドによるビーム光の出射から計測対象物による反射を経てそのビーム光が再び入射してくるまでにかかるビーム光伝搬時間に基づき、計測ヘッド・計測対象物間の距離を求めるようにしている（本願でいう反射とは出射したビーム光の全反射、拡散反射、散乱反射等のことである）。更に、このスキャナでは、垂直軸周りで枢動可能な計測ヘッド上に枢動器を設け、その枢動器でビーム光出射方向を水平軸周りで枢動させている。計測ヘッドの方位軸周り枢動範囲は３６０°、枢動器稼働によるビーム光出射方向の仰角方向（立面内）枢動範囲は約２７０°に亘っているので、その周辺にある計測対象物であれば、概ねその方向によらず計測を行うことができる。その主な用途としては、建物内外、トンネル等の計測や、船体等の大型物体の計測がある。
【０００５】
出射から入射に至るビーム光伝搬時間は様々な手法で求めることができる。原理的には、それらはパルス伝搬時間法によるものと連続波（ＣＷ）法によるものとに大別される。パルス伝搬時間法とは、その持続時間が短いパルス状のビーム光を各回計測毎に１個ずつ出射し、そのパルスが反射を経て受光器に入射してくるまでの時間を計測する、という手法である。これに対し、ＣＷ法とは、ビーム光を（ほぼ）連続的に出射し、その出射ビーム光と入射ビーム光との間の変調信号位相差から伝搬時間を求める、という手法である。ＣＷ法では、出射ビーム光の振幅変調に使用した変調信号の位相と、入射ビーム光に重畳している変調信号の位相との差から、その伝搬時間を求めるのが普通である。このとき、変調周波数を高くすれば距離を正確に求めることができるが、変調周波数が高いと距離高確度域が狭くなってしまう。これは、出入射ビーム光間変調信号位相差が３６０°の位相サイクルで繰り返されるからである。
【０００６】
そのため、この欄の冒頭で言及した特許文献１では、方形波変調信号に従い所定周期に亘りビーム光を振幅変調した後暫時ビーム光出射を停止する形態のＣＷ法型距離計測装置を提案している。方形波変調信号による変調を高周波の第１変調信号による変調と見れば、それに続くビーム光出射停止は、より低周波の第２変調信号による変調ともいえる。即ち、この装置では、高周波の第１変調信号による振幅変調及び低周波の第２変調信号による振幅変調を実行しているといえる。距離高確度域の広さは使用する変調周波数で左右されるので、この装置の場合は一種類の変調周波数しか使用しない場合に比べ広くなる。
【０００７】
ただ、特許文献１に記載の手法には、下記特許文献３で指摘されている通り、低周波の第２変調信号で振幅変調される期間がある分、時間軸に沿った出射光強度平均値が低くなる、という難点がある。出射光強度の時間平均値が低くなれば信号対雑音比も低くなるので、光反射率が低い物体についての計測をもはや行うことができなくなる。この難点を回避するため、特許文献３では、高周波の第１変調信号で出射ビーム光を変調する動作と低

周波の第２変調信号で出射ビーム光を変調する動作とを交互に実行すること、即ちどの周期でも常に二種類のうち一種類の変調周波数だけで出射ビーム光を変調するようにすることを提案している。しかしながら、この手法にも、計測対象物１個当たり計測回数が二回になるので計測時間が嵩む、という難点がある。特に、レーザスキャナのように、ビーム光出射方向の枢動速度があまり高くない装値の場合、計測時間が嵩むのは問題である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】独国特許第４０２７９９０号明細書（Ｃ１）

【特許文献２】独国特許出願公開第１０３６１８７０号明細書（Ａ１）

【特許文献３】独国特許出願公開第４３０３８０４号明細書（Ａ１）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

こうした従来技術に鑑み、本発明は、入射光パワーの利用効率ひいては信号対雑音比が高まるよう、また高い計測精度及び広い距離高確度域が得られるよう、技術分野の欄で言及したタイプの方法及び装置を改良することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

このような目的を達成するために、本発明では、請求項１に記載の特徴を有する方法及び請求項６に記載の特徴を有する装置を提案する。

【発明の効果】

【００１１】

即ち、三種類の変調信号を表す格納済の計算手順、数値表又はその双方に基づき、ディジタル回路が二値のパルス列を発生させ、そのパルス列を二値の方形波変調信号として発光器に供給するようにする。

【００１２】

この構成によれば、本発明の方法及び装置を非常に簡便且つ省費用で実現することができる。更に、この構成では、複合的変調信号を非常に柔軟に変動させ、様々な環境、計測タスク等に適合させることができる。複合的変調信号やその素になる方形波信号は０，１列等でディジタル的に表現することができる。

【００１３】

本発明の実施形態に係る方法及び装置では、背景技術の欄で言及した独国特許出願公開第１９８１１５５０号明細書（Ａ１）及び特許文献１の記載に倣い方形波信号を使用して出射ビーム光を変調し、ＣＷ法型の伝搬時間計測原理に従い出入射ビーム光間変調信号位相差から伝搬時間を導出する。従来から出射ビーム光の振幅変調に常用されている正弦波信号ではなく方形波信号を使用するのは、同等の信号振幅（パルスピーク値）及び周波数を有する正弦波信号に比べ、その振幅値が最大値に留まる時間が長い方形波信号の方が、変調信号としては優れているためである。即ち、方形波信号を変調信号として使用した方が、入射ビーム光パワーが立ち上がりエッジであまり“無駄”にならないため、同等の正弦波信号を用いた場合よりも高い信号対雑音比が得られるからである。従って、変調信号として方形波信号を使用することで、入射ビーム光パワーがかなり効率的に活用されることとなる。

【００１４】

ただ、特許文献１記載の手法では、方形波信号による出射ビーム光の変調及びその出射の暫時停止を行うに留まっている。これに対し、本実施形態の手法では、方形パルス群間の時間間隔及び方形パルスの個数が変動するよう変調信号自体を変調する。例えば、０，１二値が継起するディジタル的な二値方形波信号を変調信号として使用し、個々の方形パルスをそのマークスペース比及びパルスクラスタリングが変動するよう発生させる。これに代え、非二値（例えば四値）の方形波信号及びそのパルスピークを、変調信号及びその

方形パルスとして使用してもよい。いずれにせよ、本実施形態によれば、その変調信号の周波数変調に使用される再帰的な周期パターン等に従い、方形パルスを変調信号中で精細配置することができる。

【００１５】

この点との関連では、方形波信号といっても厳密な方形波にはなり得ないことに留意すべきである。厳密な方形波にならないのは、実際の回路では帯域幅制限やオーバシュートを避けることができず、理想的な方形波からの乖離が常に生じるからである。但し、一般論としていえば、本実施形態の方法及び装置での光利用効率は、使用する変調信号の波形が理想的な方形波に近いと高い値になる。

【００１６】

従って、本実施形態の方法及び装置で出射ビーム光の振幅変調に使用される変調信号は、その波形に起因する複数通りの周波数成分を含む信号となる。即ち、方形波信号であればどのような信号でも含有しているフーリエ周波数成分（整数倍周波数成分）の上に、方形波の基本周波数よりも低周波の周波数成分が複数通り重畳した信号となる。本実施形態では、このような複合的変調信号に従い発光器を連続駆動し、変調信号中の諸周波数成分を（ほぼ）同時に調べるようにしているので、距離計測一回当たり一回の計測動作で計測を完遂させられるほか、そのうちの高周波成分で距離計測が高精度化され、更にパルス群間／内変動による低周波成分で距離高確度域が拡張される。

【００１７】

そして、本実施形態の変調信号では、正弦波の組合せで発生させた同等振幅の信号に比べ入射ビーム光パワーがかなり効率的に活用されるので、上掲の目的が全面的に達成されることとなる。

【００１８】

なお、本実施形態では、好ましくは、方形パルス群間時間間隔を周期的に変動させる。例えば、周期的な繰返しパターンに従い方形パルス群間時間間隔を伸縮させる。この構成では、方形パルス群間時間間隔を周期的に変動させることで、方形波信号の基本周波数より低周波の成分を含む変調信号を好適に発生させ、その変調信号を使用し距離高確度域を拡げることができる。更に、この構成では、方形パルス群間に“休み”が入るため、同じ平均発光パワーでも高めのピーク値で発光器を駆動することができ、信号対雑音比が更に高くなる。

【００１９】

本実施形態では、好ましくは、個別の方形パルス群に含まれる方形パルスの個数を周期的に変動させる。この構成では、上掲の複合的変調信号中に更に“低い”周波数成分が発生するため、その距離高確度域が更に拡がる。特に、上の段落で述べた構成とこの構成を組み合わせ、方形パルス群間時間間隔及び個別方形パルス群内方形パルス個数を同一周期内で共に周期変動させた構成では、個別方形パルス群内方形パルス個数を減らすことで方形パルス群間時間間隔を拡げることができるので、その実施が容易であり、またその入射ビーム光パワー利用効率が非常に高くなる。

【００２０】

本実施形態では、好ましくは、ある周波数の第１方形波信号と、その周波数がその第１方形波信号より低い第２方形波信号と、の加算で上掲の変調信号を発生させる。第１方形波信号の周波数（第１変調周波数）は第２方形波信号の周波数（第２変調周波数）の５倍以上にするのが望ましい。この構成では、その変調信号を発生させる手段、ひいては本実施形態の装置自体を、非常に簡便且つ低コストに実現することができる。更に、第１方形波信号と第２方形波信号を加算することで、それら方形波信号中の不要な“二次周波数成分”を抑えることができる。原理上は乗算でもよいが加算の方が効果的であり、入射ビーム光パワーを可使用／被使用周波数により多く集中させることができる。

【００２１】

本実施形態では、好ましくは、その周波数（第３変調周波数）が第１変調周波数より低く且つ第２変調周波数とも異なる第３方形波信号を、第１方形波信号及び第２方形波信号

に更に加算する。特に、第２変調周波数と第３変調周波数を互いにほぼ同じ値か十分に近い値にすること、即ち第２，第３変調周波数間周波数差が第２，第１変調周波数間周波数差又は第３，第１変調周波数間周波数差に比べかなり小さくなるようにすることが望ましい。例えば、第１変調周波数を約１２５ＭＨｚ、第２変調周波数を約１５ＭＨｚ、第３変調周波数を約１３ＭＨｚにする。

【００２２】

このように第３方形波信号を加算する構成には、第３変調周波数も距離計測処理に利用できて距離高確度域が更に拡がる、という利点がある。特に、上掲の数値例のように第２変調周波数と第３変調周波数を比較的近い値にすると、第２，第３変調周波数間周波数差に相当する周波数のビート成分が発生する。この成分の周波数は変調信号中の他の諸成分の周波数に比べ非常に低いので、この構成では距離高確度域がかなり大きく拡がる。そのビート成分をわざわざ分離する必要がないこともあり、この構成では、本実施形態の装置で使用する回路部品の選択及び調整がかなり簡単になる。

【００２３】

本実施形態では、好ましくは、第２，第３方形波信号間でパルス振幅を実質的に等しくする。この構成では、信号処理が簡便になり入射ビーム光利用効率も高まる。特に、第２変調周波数と第３変調周波数を十分近い周波数にすれば、ビート成分も信号処理の対象にすることができる。

【００２４】

本実施形態では、好ましくは、第１方形波信号のパルス振幅を第２方形波信号のパルス振幅より大きくする。特に望ましいのは、第２，第３方形波信号間でパルス振幅を等しくし、第１方形波信号のパルス振幅を第２及び第３方形波信号のパルス振幅に対しほぼ２の冪乗倍にすることである。この構成の利点は、その複合的変調信号における方形パルス群間時間間隔が拡がることである。方形パルス群間時間間隔が拡がると出射ビーム光の平均パワーが下がるので、その分発光器の駆動に使用されるパルスのピークパワーを高めることができる。方形パルス群間時間間隔が拡がっているので発光器の破損を避けつつパルスのピークパワーを高めうる。これもまた、入射ビーム光から得られる信号における信号対雑音比の向上につながる。

【００２５】

本実施形態では、好ましくは、変調信号に含まれる方形パルス同士を実質的に同じ振幅にする。例えば、上掲の複合的変調信号を、ディジタル技術の分野での通例に倣い０，１二値が継起する二値信号にしてもよいし、ｎ通り（ｎ＞２）のパルス振幅値を採りうるｎ値方形波信号にしてもよい。更に、どのパルスでも出射ビーム光が最大振幅になるので、この構成でも入射ビーム光パワーを効率的に利用することができる。

【００２６】

本実施形態では、好ましくは、発光器から出射されるビーム光上の変調信号位相角を計測し、そのビーム光と入射してくるビーム光との間の変調信号位相差に基づきそれらのビーム光の伝搬時間を求める。この構成では、それ自体発明的なことに、出射ビーム光上の変調信号位相角を度量衡学的に求めてその値を基準に伝搬時間を導出することができる。即ち、出射ビーム光における変調信号位相角の瞬時値を用い伝搬時間を導出することができる。特に、発光器をレーザダイオードで構成し、そのレーザダイオードに流れる制御電流の位相角を計測するようにすれば、出射ビーム光上の変調信号における実際の瞬時位相角を、制御電流位相角の計測という簡便な手法で高精度に求めることができる。この構成では、発光器付近で位相ドリフトを除去することで、更に高精度に距離を計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

【図１】本発明の好適な実施形態に係るレーザスキャナを示す図である。

【図２】図１に示したレーザスキャナで使用される変調信号群の例を簡略に示す図である。

【図３】変調信号の好適例を示す図である。
【図４】図３に示した変調信号の周波数スペクトラムを示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００２８】
以下、本発明の実施形態に関し別紙図面を参照してより詳細に説明する。なお、上述した諸事項や後述する諸事項は、それ自体で使用することも、本願記載の如く組み合わせて使用することも、或いはそれ以外の組合せ方で使用することもできる。本発明の技術的範囲はそれらを包含するものである。
【００２９】
図１に、本発明の好適な実施形態に係る装置１０の全体構成を示す。この装置１０はレーザスキャナとして構成されているが、出射ビーム光及び入射ビーム光を利用し計測対象物までの距離を測る仕組みであればよいので、本発明の仕組み及び方法は他の装置にも適用することができる。また、本発明は、３００～１０００ｎｍの波長域に属する狭義の光に限らず、原理上はより長波長の電磁波でも実施することができる。狭義の光に類する形態で伝搬するものであればよい。従って、本願でいうところの“ビーム光”はそれらの波長域の電磁波等も包含している。
【００３０】
このレーザスキャナ１０では、発光器１２及び受光器１４が評価兼制御ユニット１６に接続されている。その発光器１２内には例えば波長＝約７９０ｎｍで発振するレーザダイオード１３がある（図５及び図６参照）。発光器１２は、そのダイオード１３で発生するレーザビーム１８を出射し、計測対象物２０上の計測対象点をそのビーム光１８で照らすように構成されている。この例の場合、その出射ビーム光１８は方形波変調信号に従い振幅変調されている。これについては図２～図６を参照しより詳細に後述する。
【００３１】
出射ビーム光１８は計測対象物２０に届くようミラー２２で方向転換されている。また、対象物２０によるビーム光１８の反射で生じた入射ビーム光２４も、受光器１４に届くようミラー２２で方向転換されている。評価兼制御ユニット１６は、出射（１８）から入射（２４）に至るビーム光の伝搬時間に基づき、対象物２０上の計測対象点までの距離ｄを導出する。その際には、ビーム光１８，２４間に生じている変調信号位相差を求める。
【００３２】
そのミラー２２は図示の通りシリンダ２６の先端面上にあり、そのシリンダ２６はシャフト２８を介しロータリドライブ（枢動器）３０に連結されている。従って、枢動器３０を稼働させるとこのミラー２２は軸３２周りで枢動する。ミラー２２の枢動角はエンコーダ３４で随時検知される。このエンコーダ３４の出力信号もまた評価兼制御ユニット１６に送られているが、ここでは簡明化のためその点の図示を省略している。
【００３３】
その枢動軸３２は図示の通り水平軸であり、ミラー２２はその軸３２に対し約４５°の傾斜をなしている。ミラー２２で方向転換された出射ビーム光１８は垂直面（立面）沿いに進むので、ミラー２２を軸３２周りで枢動させると、空間領域３６内がその垂直面沿いに走査されることとなる。即ち、ビーム光１８による垂直走査ファン（扇）が発生する。
【００３４】
更に、このレーザスキャナ２０は、共通の基板４２上に配された２個のハウジングパーツ３８，４０内にほぼ収まっている。例えば、図中左側のパーツ３８には発光器１２、受光器１４及び評価兼制御ユニット１６が、また右側のパーツ４０にはエンコーダ３４付の枢動器３０及びミラー２２付のシリンダ２６が、それぞれ収まっている。シリンダ２６はパーツ４０から突き出ていて、その先端のミラー２２はパーツ３８とパーツ４０の間、ほぼ中間点に位置している。
【００３５】
その基板４２を支えている枢動器４４は、高さ調整が可能な脚４６上に着座している。その脚４６には、その高さ設定を再現できるよう目盛り４８が付されている。枢動器４４

の枢動角は図中のエンコーダ５０で検知されており、そのエンコーダ５０の出力信号もまた評価兼制御ユニット１６に送られている（図示せず）。

【００３６】

枢動器４４はレーザスキャナ１０を垂直軸５２周りで枢動させる部材であり、その軸５２は前掲の枢動軸３２と交差している。両者の交点はミラー２２のほぼ中央に位置しており、この例では全距離計測値ｄの基準となる座標系原点として使用されている。従って、この枢動器４４を稼働させ、方位軸周りで垂直走査ファンを３６０°に亘り枢動させることで、スキャナ１０の周辺にある実質的に全ての点をその出射ビーム光１８で照明することができる。但し、基板４２によって底方向に影ができるため、底方向についてだけはスキャナ１０の視角が制限されている。

【００３７】

更に、評価兼制御ユニット１６は図示の通りマイクロプロセッサ５４及びＦＰＧＡ(field programmable gate array)５６で構成されている。ＦＰＧＡ５６は、発光器１２内のレーザダイオードを駆動するため二値の方形波変調信号を発生させている。マイクロプロセッサ５４は、ディジタル化された受信データを受光器１４から読み込み、レーザスキャナ１０・計測対象物２０間の距離ｄをそれらのデータに基づき求めている。マイクロプロセッサ５４及びＦＰＧＡ５６は、例えば、伝搬時間導出用にマイクロプロセッサ５４が出射ビーム光１８の位相情報を受信する、といった相互通信を行っている。

【００３８】

図２に、変調に使用される三種類の信号６０，６２，６４の時間軸沿い理想波形を示す。これらの信号６０，６２，６４は、順に、その基本周波数が例えば１２５ＭＨｚ，１３ＭＨｚ，１５ＭＨｚの方形波信号である。図中の信号６６はこれら三種類の方形波信号６０，６２，６４を加算して得られる和信号であり、第１方形波信号６０の基本周波数と同じ周波数で複数の方形パルス６８，７０が継起する方形波信号になっている。この和信号６６でパルス６８，７０間にレベル差（パルス振幅差）があるのは、第２方形波信号６２及び第３方形波信号６４が加算対象になっているためである。同じ理由で、この和信号６６には、第１方形波信号６０の基本周波数と同じ周波数の成分に加え、更に別の周波数の成分が含まれている。第１の別周波数成分は、第２方形波信号６２，第３方形波信号６４間の基本周波数差に相当する周波数の成分である。この成分はある周期パターンを呈しており、レベル（パルス振幅）が高く図中のしきい値７２を上回っている方のパルス６８は、その周期パターンに従い発生している。第２の別周波数成分は、それら二種類の方形波信号６２，６４間の基本周波数平均値に相当する周波数の成分である。上掲の数値例でいえば、第１の別周波数は１５ＭＨｚ－１３ＭＨｚ＝約２ＭＨｚ、第２の別周波数は（１５ＭＨｚ＋１３ＭＨｚ）／２＝約１４ＭＨｚとなる。こうした和信号６６は、出射ビーム光１８の振幅変調用の変調信号として適している。それは、距離ｄの正確な導出に適する高精細な位相差値が１２５ＭＨｚの高周波成分から得られる一方、距離高確度域の拡張に寄与する粗い位相差値が２ＭＨｚの低周波成分から得られるためである。いうまでもなく、本装置１０では、これらの周波数成分及び位相差値を評価兼制御ユニット１６で然るべく処理することで、サイクル毎に計測を精密実行することができる。

【００３９】

また、図示例では第１方形波信号６０が第２方形波信号６２及び第３方形波信号６４に比し２倍のパルス振幅を有している。そのため、和信号６６は、方形パルス６８，７０それぞれのレベルを含め四通りのレベルを採りうる四値信号になっている。原理的には、この四値の和信号６６も出射ビーム光用変調信号として使用することができる。

【００４０】

しかし、本実施形態で変調信号として使用しているのは四値の和信号６６ではなくて二値の信号７４である。この信号７４は和信号６６から生成される信号であり、方形パルス６８のうち図中のしきい値７２を上回るレベルの部分だけを、方形パルス６８’として取り出したものである。言い換えれば、和信号６６のうちレベルが低い部分を“捨てて”パルス６８の“突き出た”ピーク部分だけを取り出し使用している。一見して判る通り、方

形パルス６８’相互の時間間隔ＰＡは周期的に変動しており、方形パルス６８’の個数もその群７６毎に変動している。このように、本実施形態で変調信号として使用するのは、第１方形波信号６０の基本周波数（上掲の数値例では１２５ＭＨｚ）に等しい基本周波数を有する二値の方形波信号７４である。しかも、その方形波変調信号７４は、第２方形波信号６２・第３方形波信号６４間の周波数差により生じるビート周波数によって周波数変調されている。

【００４１】

図３に、ディジタル回路による演算で発生させた変調信号７４（図２）相当の変調信号を示す。図４に、その変調信号の周波数スペクトラムを示す。図示の通り、この信号は、高レベルピークで表される基本周波数（１２５ＭＨｚ）成分８０に加え、それとは別のピークで表される周波数成分８２も含んでいる。後者は方形波を組成する成分であり、通例通り基本周波数の奇数倍に相当する周波数、即ち３７５ＭＨｚ、６２５ＭＨｚ、８７５ＭＨｚ等々の周波数を有している。

【００４２】

この変調信号７４は、更に別のピークに係る周波数成分８４，８６を含んでいる。これは、加算された方形波信号のうち第２方形波信号６２及び第３方形波信号６４によってもたらされた成分であり、本実施形態では、第１方形波信号６０によってもたらされる基本周波数成分と共に、出射（１８）から入射（２４）に至るビーム光伝搬時間ひいては距離ｄの導出に使用されている。更に、当該ビーム光伝搬時間の導出には、基本周波数に対し奇数倍の周波数を有する成分８２や、その周辺に存する一群の周波数成分８８をも、利用することが可能である。但し、本実施形態では、それら奇数倍周波数成分８２やその周辺の成分８８の使用を避け、基本周波数成分８０やその周辺の成分８４，８６で賄うようにしている。そのため、図示しないが、受光器１４のそばに適当な入射フィルタを設けて高周波の成分８２，８８を抑圧している。自明な通り、高周波成分をも距離計測に利用したい場合は、そうした入射フィルタを省略乃至変形することとなろう。

【００４３】

本実施形態では、こうした変調信号７４をディジタル回路を使用し二値の方形波変調信号として発生させている。使用するのは、方形波信号６０，６２，６４を与える計算手順、数値表等が格納されているＦＰＧＡ５６である。ＦＰＧＡ５６は、そうした計算手順、数値表等を使用し二値のパルス列を発生させ、そのパルス列を変調信号７４として発光器１２に供給している。

【図１】

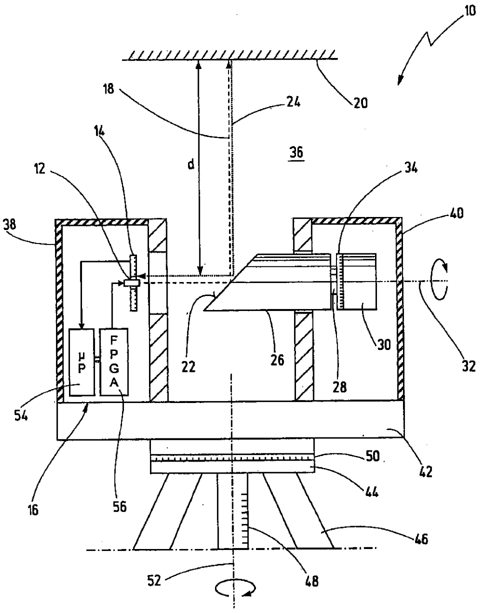

Fig.1

【図２】

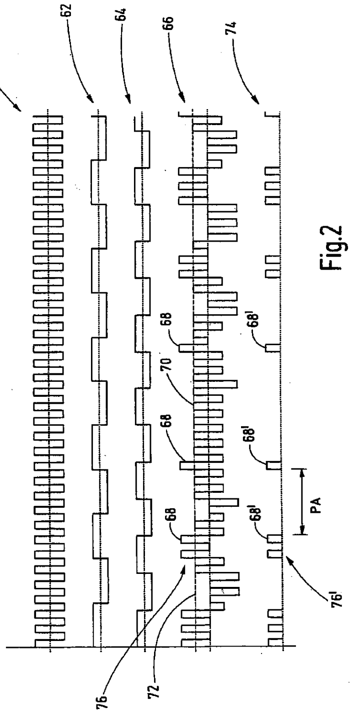

Fig.2

【図３】

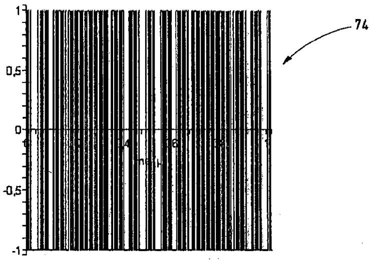

Fig.3

【図４】

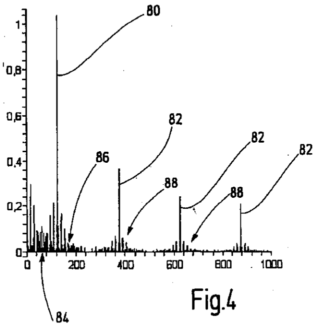

Fig.4

フロントページの続き

審査官　中村　説志

(56)参考文献　特開平１１－３５２２２７（ＪＰ，Ａ）
独国特許発明第０４０２７９９０（ＤＥ，Ｃ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｓ　７／００－　７／５１
Ｇ０１Ｓ１３／００－１３／９５
Ｇ０１Ｓ１７／００－１７／９５