

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4328917号  
(P4328917)

(45) 発行日 平成21年9月9日(2009.9.9)

(24) 登録日 平成21年6月26日(2009.6.26)

(51) Int.Cl. F1  
**G02B 26/00 (2006.01)** G02B 26/00  
**G01C 3/06 (2006.01)** G01C 3/06 120Q

請求項の数 5 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平10-353989  
 (22) 出願日 平成10年11月27日(1998.11.27)  
 (65) 公開番号 特開2000-162517(P2000-162517A)  
 (43) 公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)  
 審査請求日 平成17年11月17日(2005.11.17)

(73) 特許権者 000220343  
 株式会社トプコン  
 東京都板橋区蓮沼町75番1号  
 (74) 代理人 100089967  
 弁理士 和泉 雄一  
 (72) 発明者 大石 政裕  
 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社  
 トプコン内  
 (72) 発明者 大友 文夫  
 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社  
 トプコン内

審査官 吉田 英一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光波距離計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

定められた変調周波数で変調された光を発光するための光源部と、この光源部からの光を測定対象物を經由して受光部に導くための外部測距光路と、前記光源部からの光を測定対象物を經由させずに受光部に導くための内部測距光路とを備え、前記外部測距光路により得られた距離値と、前記内部測距光路により得られた距離値との差から、前記測定対象物までの距離を算出するための演算処理手段とを有する光波距離計において、前記光源からの光をミキシングするためのミキシング装置を備え、このミキシング装置は、格子形状が市松模様の位相変調素子である回折格子を備えた位相板と、位相板で回折された0次回折光及びm次回折光を集光し、後段の光ファイバー端面上に結像させる集光レンズと、この位相板を駆動するための駆動手段とからなり、前記位相板は、前記回折格子のパターンが点対称でなく回転する偏心した位置に回転中心が来る様に構成されている光波距離計。

【請求項2】

光をパルス的に発光させるための光源部と、この光源部からの光を測定対象物を經由して受光部に導くための外部測距光路と、前記光源部からの光を測定対象物を經由させずに受光部に導くための内部測距光路とを備え、前記外部測距光路により得られた距離値と、前記内部測距光路により得られた距離値との差から、前記測定対象物までの距離を算出するための演算処理手段とを有する光波距離計において、前記光源からの光をミキシングするためのミキシング装置を備え、このミキシング装置は、格子形状が市松模様の位相変調素子である回折格子を備えた位相板と、位相板で回折された0次回折光及びm次回折光を

集光し、後段の光ファイバー端面上に結像させる集光レンズと、この位相板を駆動するための駆動手段とからなり、前記位相板は、前記回折格子のパターンが点対称でなく回転する偏心した位置に回転中心が来る様に構成されている光波距離計。

【請求項 3】

ミキシング装置が、チャンバーと内部参照光用ファイバーとから構成されており、チャンバーは、拡散反射ミラーとミラー駆動部とから構成されており、ミラー駆動部が、拡散反射ミラーを移動させることにより、外部測距光路と内部参照光路とを交互に選択する請求項 1 ~ 2 の何れか 1 項記載の光波距離計。

【請求項 4】

回折格子が、位相変調格子である請求項 1 ~ 2 の何れか 1 項記載の光波距離計。

10

【請求項 5】

位相変調格子の位相差が、前記光源の波長の 2 分の 1 である請求項 4 記載の光波距離計

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、レーザー光源に使用するミキシング装置と、これを使用した光波距離計に係わり、特に、偏心した位相板を使用したミキシング装置と、これを使用した光波距離計に関するものである。

【0002】

20

【従来の技術】

従来から光源にレーザーダイオードを使用する光波距離計等が存在しており、高精度の測定が可能となっている。この光源に使用するレーザーダイオードは、レーザー光を発光する際に、波形ムラが生じることが避けられず、波形が射出する角度により異なるという問題点があった。

【0003】

これらの問題点に鑑み、レーザー光源の波形ムラを解消するためのミキシング装置が開発されていた。これらのミキシング装置は、例えば、「特開昭 63 - 216003 号公報」に記載されている。ここで図 16 に基づいて、「特開昭 63 - 216003 号公報」に記載されているミキシング装置を説明する。

30

【0004】

この従来のミキシング装置は、半導体レーザー(1)から射出された光は、コンデンサレンズ(2)によって、ステップインデックス型光ファイバー(3)に結合される。光ファイバー(3)は、モータ(4)とアーム(5)及びローラ(6)で構成された光ファイバー振動装置に巻き付けられている。光ファイバーを通過した光は、射出端(3b)から射出される。そしてモータ(4)が回転すると、ローラ(6)と光ファイバー(3)との当接位置が変化して光ファイバー(3)に振動が生じる。

【0005】

光ファイバー(3)の歪位置が振動により変化し、光ファイバー(3)の内部の全反射状態が変化するため、射出端(3b)では光波形ムラがミキシングされることになる。

40

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記「特開昭 63 - 216003 号公報」に記載されているミキシング装置は、モータ(4)の回転によるローラ(6)の当接位置の変化により、光ファイバー(3)が常に繰り返し曲げ伸ばされるため、光ファイバー(3)の耐久性に心配があるという問題点があった。

【0007】

更にローラ(6)を駆動するモータ(4)に光ファイバー(3)の曲げ伸ばしのため、常にトルクが掛かり、モータ(4)の消費電力が大きくなるという問題点があった。

【0008】

50

そしてミキシング装置から生じる振動を無視することができないので、光波距離計に応用する場合には、徹底した振動対策が必要となりコスト高となるという問題点があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、定められた変調周波数で変調された光を発光するための光源部と、この光源部からの光を測定対象物を經由して受光部に導くための外部測距光路と、前記光源部からの光を測定対象物を經由させずに受光部に導くための内部測距光路とを備え、前記外部測距光路により得られた距離値と、前記内部測距光路により得られた距離値との差から、前記測定対象物までの距離を算出するための演算処理手段とを有する光波距離計において、前記光源からの光をミキシングするためのミキシング装置を備え、このミキシング装置は、格子形状が市松模様の位相変調素子である回折格子を備えた位相板と、位相板で回折された0次回折光及びm次回折光を集光し、後段の光ファイバー端面上に結像させる集光レンズと、この位相板を駆動するための駆動手段とからなり、前記位相板は、前記回折格子のパターンが点対称でなく回転する偏心した位置に回転中心が来る様に構成されている。

10

【0010】

また本発明の光波距離計は、光をパルス的に発光させるための光源部と、この光源部からの光を測定対象物を經由して受光部に導くための外部測距光路と、前記光源部からの光を測定対象物を經由させずに受光部に導くための内部測距光路とを備え、前記外部測距光路により得られた距離値と、前記内部測距光路により得られた距離値との差から、前記測定対象物までの距離を算出するための演算処理手段とを有する光波距離計において、前記光源からの光をミキシングするためのミキシング装置を備え、このミキシング装置は、格子形状が市松模様の位相変調素子である回折格子を備えた位相板と、位相板で回折された0次回折光及びm次回折光を集光し、後段の光ファイバー端面上に結像させる集光レンズと、この位相板を駆動するための駆動手段とからなり、前記位相板は、前記回折格子のパターンが点対称でなく回転する偏心した位置に回転中心が来る様に構成されている。

20

【0013】

そして本発明の光波距離計は、ミキシング装置が、チャンバーと内部参照光用ファイバーとから構成されており、チャンバーは、拡散反射ミラーとミラー駆動部とから構成されており、ミラー駆動部が、拡散反射ミラーを移動させることにより、外部測距光路と内部参照光路とを交互に選択する構成にすることもできる。

30

【0014】

また本発明の光波距離計の回折格子を、位相変調格子とすることもできる。

【0015】

そして本発明の光波距離計の位相変調格子の位相差が、光源の波長の2分の1の構成にすることもできる。

【0017】

【発明の実施の形態】

本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、光源部が、定められた変調周波数で変調された光を発光し、外部測距光路が、光源部からの光を測定対象物を經由して受光部に導き、内部測距光路が、光源部からの光を測定対象物を經由させずに受光部に導き、演算処理手段が、外部測距光路により得られた距離値と、内部測距光路により得られた距離値との差から、測定対象物までの距離を算出するようになっており、ミキシング装置は、位相板が、格子形状が市松模様の位相変調素子である回折格子を備えており、集光レンズが、位相板で回折された0次回折光及びm次回折光を集光し、後段の光ファイバー端面上に結像させ、駆動手段が位相板を駆動し、位相板は、回折格子のパターンが点対称でなく回転する偏心した位置に回転中心が来る様になっている。

40

【0018】

また本発明の光波距離計は、光源部がパルス的に発光し、外部測距光路が、光源部からの光を測定対象物を經由して受光部に導き、内部測距光路が、光源部からの光を測定対象

50

物を經由させずに受光部に導き、演算処理手段が、外部測距光路により得られた距離値と、内部測距光路により得られた距離値との差から、測定対象物までの距離を算出する様になっており、ミキシング装置は、位相板が、格子形状が市松模様の位相変調素子である回折格子を備えており、集光レンズが、位相板で回折された0次回折光及びm次回折光を集光し、後段の光ファイバー端面上に結像させ、駆動手段が位相板を駆動し、位相板は、回折格子のパターンが点対称でなく回転する偏心した位置に回転中心が来る様になっている。

【0021】

そして本発明の光波距離計は、ミキシング装置が、チャンバーと内部参照光用ファイバーとから構成されており、チャンバーは、拡散反射ミラーとミラー駆動部とから構成されており、ミラー駆動部が、拡散反射ミラーを移動させることにより、外部測距光路と内部参照光路とを交互に選択することができる。

10

【0022】

また本発明の光波距離計の回折格子を、位相変調格子とすることもできる。

【0023】

そして本発明の光波距離計の位相変調格子の位相差が、光源の波長の2分の1の構成にすることもできる。

【0025】

【実施例】

【0026】

本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

20

【0027】

「第1実施例」

【0028】

図1に基づいて、本発明の第1実施例である変調光を利用した光波距離計10000を説明する。

【0029】

光波距離計10000の分周器10は、発振器11からの15MHzの信号を分周して、75kHzと3kHzの2つの信号を発生する。合成器13は、発振器11からの信号である15MHzと、分周器10からの信号である3kHzとの差である14.997MHzと、分周器10からの信号の3kHzの24倍の72kHzの信号とを発生する。

30

【0030】

第1の切り替え器14は、処理制御回路15からの信号16によって、15MHz又は75kHzの何れか一方の信号を出力する様になっている。なお処理制御回路15は、演算処理手段に該当するものである。

【0031】

ミキシング装置17内に配置された半導体レーザー18は、第1の切り替え器14の出力信号で駆動され、変調された光を放出する。この放出された光は、レンズ19とレンズ20とで構成された光学エキスパンダー21により光ファイバー24に入射される。なお半導体レーザー18は、光源部に該当する。

40

【0032】

上記2つのレンズ19、20の間には、円板型の後述する位相板22が挿入されており、位相板22は、モータ23により回転する様になっている。光ファイバー24から射出された光は、セルホックレンズ25、26で構成された光の位置角度変換器27によって位置角度変換された後、第2の光ファイバー28に入射する。

【0033】

第2の光ファイバー28から射出した光は、分割プリズム29で2つの光路に分割される。即ち、その一方の光路は、分割プリズム29の分割部29を透過し、チョッパー30を透過してプリズム32の反射面32aで反射され、対物レンズ33により平行光束にされて装置外部へ射出される。そして被測定点にあるコーナーキューブ34により反射されて

50

対物レンズ 33 を再び通過し、プリズム 32 の反射面 32b で反射されて濃度フィルタ 31 を通過し、次いで分割プリズム 35 の分割部 35a を通過して受光側ファイバ 36 へ入射する外部測距光路 37 を形成する。

【0034】

前記光路の他方は、分割プリズム 29 の分割部 29a と 29b で反射され、チョッパ 30 を通過してレンズ 38 で平行光束にされ、レンズ 39 で集光されて濃度フィルタ 31 を通過し、次いで分割プリズム 35 の分割部 35a、35b で反射されて受光側ファイバ 36 へ入射する内部参照光路 40 を形成する。

【0035】

上記チョッパ 30 は、内部参照光路 40 と外部測距光路 37 を交互に選択し、濃度フィルタ 31 は、内部参照光路 40 及び外部測距光路 37 の光量レベルの調整を行うものである。受光側ファイバ 36 へ入射した光は、レンズ 41、42 により受光素子 43 で受光される。ここで受光素子 43 は、受光部に該当するものである。

10

【0036】

内部参照光路 40 は、光波距離計を構成する電気回路の温度ドリフト等に起因する位相変化により測定データに誤差が生じない様にするためのものであり、内部参照光路 40 による測定値を外部測距光路 37 による測定値から減ずることにより正確なデータを得る。

【0037】

第 2 の切替器 44 は、処理制御回路 15 からの信号 16 によって、14.997 MHz 又は 72 KHz の何れか一方の信号を出力する。受光素子 43 からの出力は、コンデンサ 45 を介して増幅器 46 で増幅され、混合器 47 に入力される。混合器 47 は、増幅器 46 からの信号と、第 2 の切替器 44 からの信号を混合することにより、ビート信号を形成し、それを検出して 3 KHz の正弦波を出力する。波形整形器 48 は、3 KHz の正弦波を矩形波に整形してその信号（以下、「ビートダウン信号」という）を出力する。

20

【0038】

ゲート回路 49 は、分周器 10 からの 3 KHz の信号をスタート信号とし、波形整形器 48 からの信号をストップ信号として、その間に発振器 11 からの 15 MHz の信号を計数器 50 へ出力する。この信号を計数器 50 で計数することにより、位相差を測定する。計数器 50 で得られる計数値は N 回測定の合計数である。この N 回の回数を知るために、分周器 10 からの 3 KHz の信号が処理制御回路 15 へ供給される。N 回の計数が終了すると、処理制御回路 15 から計数器 50 へリセット信号 52 が供給されて計数器 50 はリセット状態となる。N 回の計数値は、処理制御回路 15 で 1/N の平均値とされ、距離に換算された後、距離測定値として表示器 51 に出力される。

30

【0039】

混合器 47 の出力を 3 KHz にするために、第 1 の切替器 14 の出力信号と第 2 の切替器 44 の出力信号は、前者が 15 MHz の時に後者が 14.997 MHz となり、75 KHz の時に 72 KHz になる様に、処理制御回路 15 からの信号 16 によって制御される

【0040】

半導体レーザー 18 を、15 MHz と 75 KHz の 2 種類の周波数で変調するのは、波長 20 m に相当する 15 MHz を精測定に使用し、波長 4,000 m に相当する 75 KHz を粗測定に使用するためである。また、15 MHz 及び 75 KHz の周波数を混合器 47 により、それぞれ 3 KHz の周波数にするのは、15 MHz 或いは 75 KHz での位相を 3 KHz の位相として測定することにより、位相測定の分解能を高くするためである。

40

【0041】

ここで、本発明のミキシング装置 17 を説明する。

【0042】

まず、光源である半導体レーザー 18 の発光波形ムラの原因及びミキシング装置 17 の原理を説明する。

【0043】

一般に半導体レーザー 18 の発光波形ムラの原因については、2 つの要因が指摘されてい

50

る。その1つは、光の照射角による応答の違いによるもの、そしてもう1つは、スペックルパターンの時間的な変化によるものである。

【0044】

まず、スペックルパターンの時間的な変化について説明する。半導体レーザー18は、一般的に発光波長が温度により変化することが知られており、その様子を図2(1)に示すことにする。即ち、半導体レーザー18の発光波長は、そのチップ温度 $T_e$ が上昇するに従って長くなると共に、チップ温度 $T_e$ に対して連続的に変化する。これは半導体レーザー18の発光波長が、

【0045】

エル・ $n = (\quad / 2) * q \quad \dots \dots$  第1式

10

【0046】

ここでエルは、レーザーチップの共振器長

$n$ は、活性層の屈折率

は、波長

$q$ は、整数

【0047】

によって決定されることから、活性層の屈折率 $n$ が温度により変化すると、それにつれて波長が変化するためである。また、この時の温度変化による活性層の屈折率の変化を $n$ とすると、活性層の光学的長さの変化である $n$ エルが、半導体レーザー18の共振波長の $1/2$ より小さい場合には、共振波長が連続的に変化するが、 $n$ エルが、半導体レーザー18の共振波長の $1/2$ より大きい場合には、モードジャンプと呼ばれる波長変化の不連続現象が起こる。

20

【0048】

このモードジャンプは、半導体レーザー18の共振器長を共振器の長さ方向の光の定在波(縦モード)の半波長以上に変えた際に、それまでの発振モードと異なる縦モードに跳び移る現象である。

【0049】

いま図2(2)に基づいて、半導体レーザー18に矩形の変調電流を流した時の様子を説明する。

【0050】

30

半導体レーザー18に時刻 $t_0$ から $t_1$ まで図2(2) 1 に示す様な矩形波の電流を流したと仮定する。半導体レーザー18は、その可干渉性から図3に示す様なスペックルパターンを生じる。一方、半導体レーザー18のチップは、駆動電流が流れることにより発熱し、この発熱量と、半導体レーザー18が取り付けられている銅のベース又は空気中への放熱量とが釣り合う温度まで、温度が上昇することになる。図2(2) 2 は、この様なチップの温度上昇を表したものである。

【0051】

半導体レーザー18の温度が上昇すると、発光波長は前述した原因で変化し、発光波長が変化すると、干渉パターンとして生じていた図3のスペックルパターンがこれに伴って変化することになる。図2のA点、B点の各点の光強度波形をそれぞれ図2の 3、4 に示す。即ち、図2のA点では、時刻 $t_0$ でスペックルパターンの光の強い位置にあり、発光波長の変化によって次第に光が弱くなる一方(図2 3)、図2のB点では、時刻 $t_1$ でスペックルパターンの光の弱い位置にあったものが、発光波長の変化によって次第に光が強くなって行く(図2 4)という現象が起きる。

40

【0052】

この結果、A点の波形とB点の波形とを比べて見ると、波形の基本波成分の位相がずれており、前者が後者より位相が進んでいることが判る。この様に、半導体レーザー18を変調すると、その可干渉性と波長の温度依存性により発光波形のムラが生じることになる。

【0053】

もう1つの発光波形ムラである光の射出角による応答の違いによるものは、発光の可干渉

50

性とは関係のない単なる応答ムラと考えられる。

【0054】

次にミキシング装置17について説明する。

【0055】

ミキシング装置17は、2つのミキシング装置から構成されており、その1つは位相板22であり、もう1つは位相角度変換器27である。位相角度変換器27は、半導体レーザー18の射出角による応答の違いに起因する波形ムラをミキシングするためのものであり、その原理、作動等については、「特開昭63-216003号公報」に記載されている。

【0056】

10

そして次に、位相板22の原理を説明する。

【0057】

まず図4に基づいて、一般的な位相変調格子の一例を説明する。

【0058】

この位相変調格子は、平行平板ガラスにピッチdの間隔で深さtの「オウトツ」を設けたものであり、波長の光が、この位相変調格子に入射すると回折が生じる。

【0059】

この時のm次の回折角  $\theta_m$ 、m次の回折角の強度  $I_m$  は、それぞれ以下の式で表される。

【0060】

$\theta_m = m * ( \quad / d ) \quad \dots \dots \dots$  第2式

20

【0061】

$I_m = 4 * ( S / d ) ^ 2 * ( S i n ( \quad * M ) * S i n ( \quad * m * S / d ) / ( \quad * m * S / d ) ) ^ 2$

【0062】

但し、

【0063】

$M = t * ( n_1 - n_0 ) * ( 2 * \quad ) \quad \dots \dots \dots$  第3式

【0064】

ここで、

Sは、トツ部の幅

30

$n_1$ は、格子の屈折率

$n_0$ は、空気の屈折率

【0065】

図5は、 $S / d = 0.5$ の時のMと  $\theta_m$  の関係を示したものであり、 $M = 1$  (オウ部とトツ部を通った光の光路長差が  $\lambda / 2$ ) の時に回折光の光が最も強く、+1次、-1次の光で全体の81%の光量となる。

【0066】

そして図6に示すパターンを考える。この位相板22は、一辺の長さがd/2となっており、斜線部分と白抜き部分とが、千鳥配置(市松模様)となっている。ここで、斜線部分はトツ部であり、白抜き部分はオウ部であり、トツ部とオウ部との位相差は、 $\lambda / 2$ となっている。

40

【0067】

なお、このパターンは、図8に示す様に平面ガラス板の第1面と第2面に互いに45度傾けた形で設けることもできる。

【0068】

次に位相板22をレンズ19、20の間に挿入した時の動作を図7に基づいて説明する。

【0069】

半導体レーザー18から射出された光は、レンズ19によって平行光束となり、位相板22で回折される。0次光の光及び回折された光は、レンズ20により集光され光ファイバー24の端面上に像を結ぶ。光ファイバー24の端面上の像は、0次回折光による像及び

50

回折光による像及び回折光による像が重なりあった像である。

【0070】

位相板22をモータ23により回転させる。すると、レンズ19と20の間の平行光束上の位相板パターンが変化する。これに伴い、光の回折パターンも変化する。光ファイバ24の端面に結像する結像パターンも時間的に変化する。結像パターンが変化することにより、光ファイバ24内部での光の干渉状態が変化する。光ファイバ24の射出端におけるスペックルパターンも時間的に変化する。

【0071】

これにより、図2及び図3に述べた波形ムラが時間的に変化する。波形を時間的に平均することにより波形ムラを除去することができる。この位相板22のピッチはdであり、m次の回折角は  $\theta_m = m * (\lambda / d)$  と表される。

10

【0072】

この結果、光ファイバ24の端面上のm次回折像も、ある一定の範囲で結像し位相板22が回転することにより、ある一定の範囲内で様々な結像パターンができることになり、効率のよいミキシングを行うことができる。

【0073】

なお図9に示す様に、本実施例のミキシング装置17は、位相板22の格子部分が偏心されている。従って、回転中心から回折格子の中心を偏らせて回転させることにより、よりミキシング効率を高めることができる。

【0074】

20

なお本実施例では、従動歯車171を介して間接的に駆動している。従ってモータ23には、駆動歯車172が取り付けられ、回転駆動力が位相板22に伝達される様になっている。なお、モータ23と駆動歯車172とは、駆動手段に該当するものである。

【0075】

単に位相板22を回転させている場合には、光源からの光束に対して、回折格子のパターンが点対称に回転するため、ミキシング効果が低いが、偏らせて回転させることにより、理想的なミキシングが可能となる。

【0076】

「第2実施例」

【0077】

30

図10に基づいて、本発明の第2実施例であるパルス光を利用した光波距離計20000を説明する。

【0078】

図11は、本発明を光測距装置20000に適用した実施例の構成を示すものである。本実施例の光測距装置20000は、第1の水晶発振器100と、分周器200と、第2の水晶発振器300と、光学系(50-120)と、概算カウンタ140と、位相検出回路150と、ローパスフィルタ160と、電圧制御発振器170と、ミキサ180と、バンドパスフィルタ250と、コンパレータ260と、位相比較回路190と、演算器200等とからなっている。

【0079】

40

位相検出回路150とローパスフィルタ160と電圧制御発振器170とは、フィードバックループを形成している。ミキサ180は、電圧制御発振器170の出力信号と、第1の水晶発振器100の出力信号とを混合検波し、差の周波数を取り出すものである。位相比較回路190は、ミキサ180の出力信号と、分周器200の出力信号との位相を比較するものである。バンドパスフィルタ250とコンパレータ260は、位相比較を行い易くするためのものである。また、第2の水晶発振器300と概算カウンタ140とが粗測定をするための概算カウンタ手段を構成している。

【0080】

次に光測距装置20000の光路を説明する。この光学系は、レーザダイオード18と、光ファイバ24と、チョッパ30と、測距光路37と、内部光路40と、対物レンズ33

50

と、受光側ファイバ36と、受光素子43と、コーナキューブ34とから構成されている。

【0081】

コーナキューブ34は、光測距装置本体から離れた位置に設置される目標物であり、光線を反射する機能を有している。

【0082】

レーザダイオード18は、パルスレーザダイオードであって、比較的大きなピークパワーを持ち、デューティ比が0.01%程度のパルス波を発生することができる。受光素子43は、レーザダイオード18から発射されたパルス光線を受光できる素子であれば足りる。チョッパ30は、測距光路37と内部光路40とを切り替えるための切り替え器である。

10

【0083】

以上の様に構成された本光学系において、レーザダイオード18から出射された光パルスは、光ファイバ24を通過してチョッパ30に入射する。この時、チョッパ30が測距光路37を選択していれば、光パルスは、対物レンズ33を経由して本体から発射される。発射された光パルスは、目標物として置かれたコーナキューブ34で反射される。このコーナキューブ34で反射された光パルスは、対物レンズ34及び、受光側ファイバ36を経由して受光素子43に入射される。これらの光路が、測定の対象となる本体と目標物との距離を含む測距光路37を形成する。

【0084】

これに対して、レーザダイオード18から出射した光パルスが、内部光路40を通り受光側ファイバ36を経由して受光素子43に入る光路がある。この光路は本体内部で生じる不安定要素を除去する目的で形成されたものである。

20

【0085】

一般に光測距装置は多数の電子部品を使用しており、この電子部品の遅延時間が温度変化等の影響を受けやすいので、本体内で不安定状態が発生する可能性がある。そこで、測距光路37と内部光路40とで測定を行い、その測定値の差を取ることで、前記両光路に共通して含まれる測距装置本体内部の不安定要素を除去することができる。

【0086】

次に本実施例の作用を説明する。第1の水晶発振器100は、周波数 $f_1$ で発振しており、この出力信号は分周器200に送出される。この分周器200は、入力された周波数 $f_1$ を分周し、 $1/n$ の周波数を出力している。

30

【0087】

この分周器200の出力信号は、概算カウンタ140に送出され、この概算カウンタ140のスタート信号となる。更に、この分周器200の出力信号はレーザダイオードドライバ400に送られ、レーザダイオードドライバ400がレーザダイオード18を発光させる様になっている。

【0088】

レーザダイオード18から発射された光パルスは、光学系を通過して、測距装置本体から発射される。そして、発射された光パルスは、目標物であるコーナキューブ34で反射され、測距装置内の受光素子43に入射される。入射した光パルスは、受光素子43で電気変換され、更に、アンプ130で増幅される。このアンプ130の出力信号(受信パルス)は、概算カウンタ140のストップ信号となる。概算カウンタ140には、第2の水晶発振器300からのクロック信号が入力されており、概算カウンタ140がスタート信号(分周器200の出力信号)からストップ信号(アンプ130の出力信号)までのクロックをカウントし、演算器2000にデータを送信している。またアンプ130の出力信号(受信パルス)は、位相検出器150にも送出される。この位相検出器150の出力は、ローパスフィルタ160を通過して電圧制御発振器170の周波数制御端子に入力される様になっている。

40

【0089】

50

この位相検出器 150 とローパスフィルタ 160 と電圧制御発振器 170 とは、フィードバックループを形成しており、アンプ 130 の出力信号と電圧制御発振器 170 の出力信号とが、同期する様に構成されている。ここで、電圧制御発振器 170 の発振周波数  $f_1 + f_2$  は、

【0090】

$$f_2 = (1/n) * f_1$$

【0091】

となる様に選択される。そして、電圧制御発振器 170 の出力信号は、ミキサ 180 に送られ、第 1 の水晶発振器 100 の発振信号  $f_1$  と混合検波されて、バンドパスフィルタ 250 及びコンパレータ 260 により波形整形され、差の周波数である  $f_2$  を出力する様になっている。

10

【0092】

そして、コンパレータ 260 の出力信号は位相比較器 190 に送出され、位相比較器 190 によって、分周器 200 の出力信号と位相比較がなされる。

【0093】

ここで送受信パルスとの関係と、コンパレータ 260 の出力と分周器 200 の位相関係について図 12 で説明する。まず、チョッパ 30 で測距光路 37 を選択したとする。分周器 200 の出力の立上りからレーザーダイオード 18 が発光するまでの時間及び光パルスがコーナキューブ 34 で反射して戻ってくる往復時間を  $t$  とすると、受光素子 43 の出力には、分周器 200 の出力の立上りから  $t$  経過した後受信パルスが現れる。

20

【0094】

電圧制御発振器 170 は、受信パルスと同期が取られ、電圧制御発振器 170 の出力と受光素子 43 の出力との位相関係は図 13 で示す様になる。  $t$  を電圧制御発振器 170 の出力周波数 ( $f_1 + f_2$ ) で表すと

【0095】

$$t = k / (f_1 + f_2) + ( \quad / 2 ) * ( 1 / (f_1 + f_2) )$$

【0096】

となる。但し、 $k$  は整数である。また  $\quad$  は

【0097】

$$0 < 2$$

30

【0098】

であり、 $1 / (f_1 + f_2)$  の 1 周期より短い端数時間を、 $1 / (f_1 + f_2)$  を 1 周期とした時の位相量で表したものである。

【0099】

そして、電圧制御発振器 170 の出力は、ミキサ 180 で第 1 の水晶発振器 100 の周波数  $f_1$  と混合検波され、バンドパスフィルタ 250 を通り  $f_2$  となる。更に分周器 200 の出力と位相比較を行いやすい様にコンパレータ 260 によって矩形波となる。ここで、位相比較器 190 によって位相比較されるコンパレータ 260 の出力と、分周器 200 の出力の位相差は前式の  $\quad$  と等しい。

【0100】

40

従って  $t$  を計測する為には、前式の  $k$  と  $\quad$  を検出すればよい。

【0101】

例えば  $f_1 = 15 \text{ MHz}$ 、 $n = 5000$  とすれば、 $f_2$  は

【0102】

$$f_2 = 15 \text{ MHz} * (1 / 5000)$$

【0103】

$$= 3 \text{ KHz}$$

【0104】

であり、電圧制御発振器 170 の発振周波数  $f_1 + f_2$  は

【0105】

50

$$f_1 + f_2 = 15.003 \text{ MHz}$$

【0106】

となる。この時 は

【0107】

$$(15.003 \text{ MHz} / 3 \text{ KHz}) = 5001 \text{ 倍}$$

【0108】

に拡大されたことになる。この拡大された は、位相比較器 190 において第 1 の水晶発振器 100 のクロック数によって数値化されて、演算器 2000 に送出される。

【0109】

また k は、概算カウンタ 140 による粗測定値として求められ演算器 2000 へ送出される。 10

【0110】

演算器 2000 は、概算カウンタ 140 による粗測定値と、位相比較器 190 で得られた精測定値とを合成し、求める遅延時間を演算する。ここで、概算カウンタ 140 は、第 2 の水晶発振器 300 のクロック信号をカウントしている。

【0111】

従って、第 1 の水晶発振器 100 のクロックとは同期が取られていない。このため、レーザダイオード 18 の発光や受信パルス、更に、スタート、ストップ信号も第 2 の水晶発振器 300 と同期が取られていない。従って、第 2 の水晶発振器 300 のクロックによって生じる量子化誤差は軽減され、複数回の測定を平均化することにより、第 2 の水晶発振器 300 の周期より長い周期を 1 クロック以下の値まで測定することができる。 20

【0112】

これに対して、精密測定は、第 1 の水晶発振器 100 の周期より長い周期を計測することができない。そこで演算器 2000 は、粗測定値の 1 クロック以下の値と、精密測定値の最上桁とを比較し、粗測定値を調整して、この値と精測定値を加え合わせることににより、求める測定値を演算する。

【0113】

以上で測距光路 37 での測定が終了する。次にチョッパ 30 により内部光路 40 が選択されると、測距光路 37 が選択された場合と同様に、分周器 200 の出力の立上りから受光素子 43 の出力である受信パルスまでの時間  $t_i$  に対応する粗測定値  $k_i$  及び位相差  $\phi_i$  が求められる。 30

【0114】

更に、測距光路 37 での粗測定値  $k$  及び位相差 から、内部光路 40 での粗測定値  $k_i$  及び位相差  $\phi_i$  を減じてコーナーキューブまでの距離を求めることができる。

【0115】

この様に構成された本実施例は、分周器 200 の出力の立上りからレーザダイオード 18 が発光されるまでの時間や、電気回路のドリフト等による測距装置内部の不安定さを除去することができ、正確な距離を測定することができるという効果がある。

【0116】

次に、位相検出の具体的実施例を図 13 に基いて説明する。この実施例は、一般的な PLL (フェーズロックループ) である。電圧制御発振器 210 と、分周器 220 と、位相比較器 230 と、ローパスフィルタ 240 とからなっている。 40

【0117】

電圧制御発振器 210 の出力信号は、分周器 220 によって  $(n+1)$  分に 1 に分周され、位相比較器 230 で受信信号との位相比較が行われる。位相比較器 230 の出力信号は、ローパスフィルタ 240 を通過し、電圧制御発振器 210 の制御端子に出力されて、フィードバックループが形成される。この回路が動作すると、受信信号と分周器 220 の出力信号との同期がとられる様になる。

【0118】

なお、電圧制御発振器 210 の可変周波数範囲が広域すぎると、例えば、ミキサ 180 の 50

出力周波数が 3 KHz すると、

【 0 1 1 9 】

$$15 \text{ MHz} - 3 \text{ KHz} = 14.997 \text{ MHz}$$

【 0 1 2 0 】

$$15 \text{ MHz} + 3 \text{ KHz} = 15.003 \text{ MHz}$$

【 0 1 2 1 】

の 2 つの周波数になってしまうため、ある程度制限を設けて、

【 0 1 2 2 】

$$f < f_2$$

【 0 1 2 3 】

とすることが必要となる。

【 0 1 2 4 】

なお、他の変形例を図 1 4 に基いて説明する。この実施例は、レーザダイオード 1 8 の発光パルスがほぼ三角波であることに着目し、受信信号の中心位置の検出を同時に行おうとするものである。この実施例は、図 1 4 ( a ) に示す様に、サンプルホールド 3 1 0、3 2 0、ローパスフィルタ 3 3 0、3 4 0、3 6 0、電圧制御発振器 3 7 0、分周器 3 8 0、ワンショットマルチバイブレータ 3 9 0、遅延回路 4 0 0 等からなっている。受光素子 4 3 で受光された光パルスは、アンプ 3 0 0 で増幅され、サンプルホールド 3 1 0、3 2 0 に出力される。なお、サンプルホールド 3 1 0、3 2 0 は、電圧制御発振器 3 7 0 からのクロックを分周器 3 8 0 で分周されたタイミングでサンプルホールド動作を行う様にな

っている。

【 0 1 2 5 】

この時、サンプルホールド 3 2 0 には、遅延回路 4 0 0 が挿入されており、サンプルホールド 3 2 0 は、サンプルホールド 3 1 0 より遅れたタイミングでサンプルホールド動作を行う様になっている。そして、ホールドされた信号は、ローパスフィルタ 3 3 0、3 4 0 を通過した後、差動アンプ 3 5 0 で増幅される。このホールド信号は、ローパスフィルタ 3 6 0 を通過した後、電圧制御発振器 3 7 0 の制御端子に出力される。このフィードバックループは、受信信号と、サンプルホールドタイミングパルスとが、図 1 4 ( b ) の位相関係になる様に動作する。

【 0 1 2 6 】

このため、本実施例は、受信信号と同期した (  $f_1 + f_2$  ) 信号を出力するだけでなく、受信パルスの中心位置の検出も同時に行える効果がある。

【 0 1 2 7 】

そして位相板 2 2 を備えたミキシング装置 1 7 をレンズ 1 9、2 0 の間に挿入して、ミキシングを行っている。

【 0 1 2 8 】

なお、このミキシング装置 1 7 の構成及び作用は、第 1 実施例と同様であるから説明を省略する。

【 0 1 2 9 】

また、本実施例のミキシング装置 1 7 は、光波距離計の応用に限定されるものではなく、適宜のレーザ光源に適用することが可能となる。

【 0 1 3 0 】

「第 1 の変形例」

【 0 1 3 1 】

次に本実施例のミキシング装置 1 7 の変形例を図 1 5 に基づいて説明する。ここでは、第 1 実施例への応用で説明する。

【 0 1 3 2 】

レーザ光を使用することに対する影響を少なくするため、外部測距光路 3 7 に加えて内部参照光路 4 0 の光路をも変更する。

【 0 1 3 3 】

10

20

30

40

50

第1実施例の測距光は、チョッパー30により、外部測距光路37と内部参照光路40との交互に選択される。チョッパー30により選択された内部参照光は、分割プリズム29とチョッパー30とレンズ38、39と濃度フィルター31と分割プリズム29とを通り、受光素子43で受光されていた。この構成に代えて、チャンバー175と内部参照光用ファイバー176を使用する。

【0134】

チャンバー175は、拡散反射ミラー1751とミラー駆動部1752とからなり、ミラー駆動部1752は、拡散反射ミラー1751をレーザー光路内に入出力させ、交互に、外部測距光路37と内部参照光路40の光路を選択する様になっている。

【0135】

拡散反射ミラー1751は、位相板22の後に設けられ、内部参照光用ファイバー176に向けて測距光を反射する。内部参照光となった測距光は、光ファイバーを通り受光素子43から直接受光する様になっている。

【0136】

拡散反射ミラー1751の反射面には、拡散反射シート等から構成され、直接の反射光が受光されない様に、拡散反射ミラー1751は、内部参照光用ファイバー176に対して45度の角度にならない様に配置されている。

【0137】

使用部品に対して高精度を要求しないので、コスト削減が可能である。

【0138】

【効果】

以上の様に構成された本発明は、定められた変調周波数で変調された光を発光するための光源部と、この光源部からの光を測定対象物を經由して受光部に導くための外部測距光路と、前記光源部からの光を測定対象物を經由させずに受光部に導くための内部測距光路とを備え、前記外部測距光路により得られた距離値と、前記内部測距光路により得られた距離値との差から、前記測定対象物までの距離を算出するための演算処理手段とを有する光波距離計において、前記光源からの光をミキシングするためのミキシング装置を備え、このミキシング装置は、格子形状が市松模様の位相変調素子である回折格子を備えた位相板と、位相板で回折された0次回折光及びm次回折光を集光し、後段の光ファイバー端面上に結像させる集光レンズと、この位相板を駆動するための駆動手段とからなり、前記位相板は、前記回折格子のパターンが点対称でなく回転する偏心した位置に回転中心が来る様に構成されているので、高いミキシング効果が得られるという卓越した効果がある。

【0139】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例である光波距離計10000の構成を説明する図である。

【図2】半導体レーザー18の動作を説明する図である。

【図3】半導体レーザー18のスペックルパターンを説明する図である本実施例の

【図4】位相変調格子を説明する図である。

【図5】位相変調格子を説明する図である。

【図6】位相板22を示す図である。

【図7】位相変調格子を説明する図である。

【図8】位相変調格子を両面に形成した場合を説明する図である。

【図9】本実施例のミキシング装置17を説明する図である。

【図10】第2実施例の光波距離計20000の構成を説明する図である。

【図11】第2実施例の光波距離計20000の電気的構成を説明する図である。

【図12】受信パルスと電圧制御発振器の位相関係を説明する図である。

【図13】位相検出器を説明する図である。

【図14】変形例を説明する図である。

【図15】第1の変形例を説明する図である。

【図16】従来技術を説明する図である。

10

20

30

40

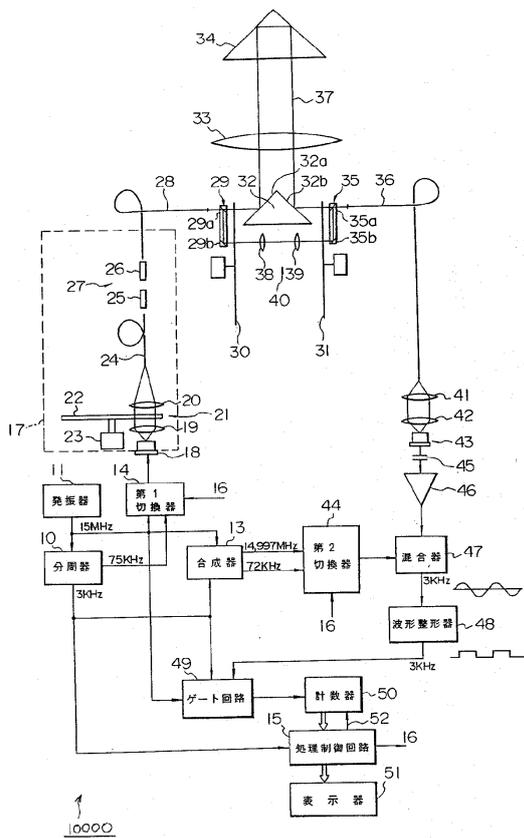
50

## 【符号の説明】

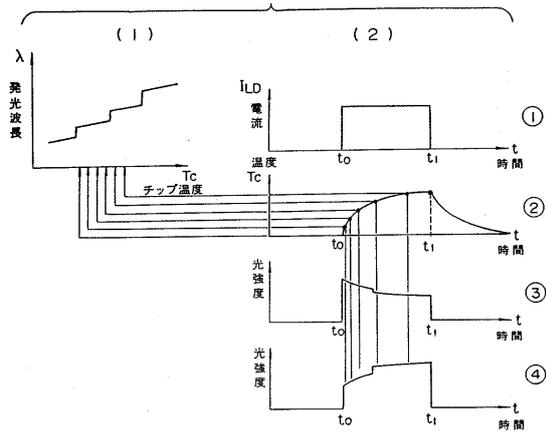
1 0 0 0 0	第 1 実施例の光波距離計	
2 0 0 0 0	第 2 実施例の光波距離計	
1 0	分周器	
1 1	発振器	
1 3	合成器	
1 4	第 1 の切り替え器	
1 5	処理制御回路	
1 7	ミキシング装置	
1 7 1	従動歯車	10
1 7 2	駆動歯車	
1 7 5	チャンバー	
1 7 5 1	拡散反射ミラー	
1 7 5 2	ミラー駆動部	
1 7 6	内部参照光用ファイバー	
1 8	半導体レーザー	
1 9	レンズ	
2 0	レンズ	
2 1	光学エキスパンダー	
2 2	位相板	20
2 3	モータ	
2 4	光ファイバー	
2 5	セルホックレンズ	
2 6	セルホックレンズ	
2 7	位置角度変換器	
2 8	第 2 の光ファイバー	
2 9	分割プリズム	
3 0	チョッパー	
3 1	濃度フィルタ	
3 2	プリズム	30
3 3	対物レンズ	
3 4	コーナーキューブ	
3 6	受光側ファイバー	
3 7	外部測距光路	
3 8	レンズ	
4 0	内部参照光路	
4 3	受光素子	
4 4	第 2 の切替器	
4 5	コンデンサー	
4 6	増幅器	40
4 7	混合器	
4 8	波形整形器	
4 9	ゲート回路	
5 0	計数器	
5 1	表示器	
1 0 0	第 1 の水晶発振器	
1 1 0	第 2 の光ファイバ	
1 4 0	概算カウンタ	
1 5 0	位相検出回路	
1 6 0	ローパスフィルタ	50

- 170 電圧制御発振器
- 180 ミキサ
- 190 位相比較回路
- 200 分周器
- 250 バンドパスフィルタ
- 260 コンパレータ
- 300 第2の水晶発振器
- 2000 演算器

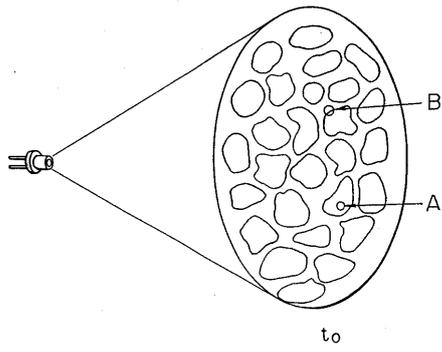
【図1】



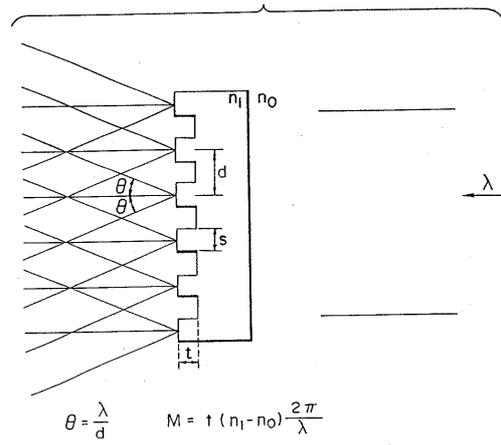
【図2】



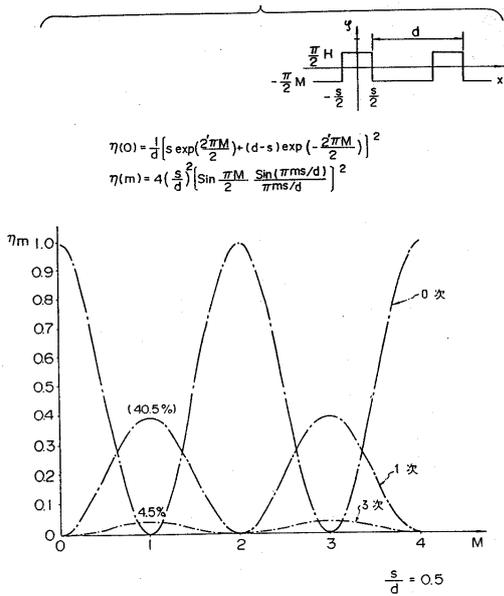
【 図 3 】



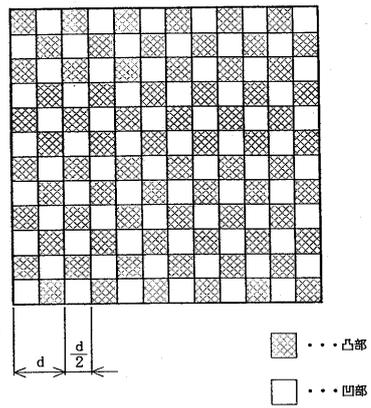
【 図 4 】



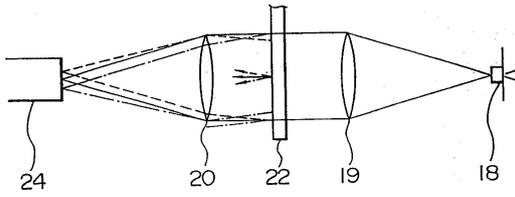
【 図 5 】



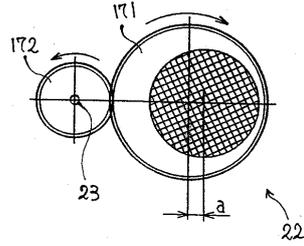
【 図 6 】



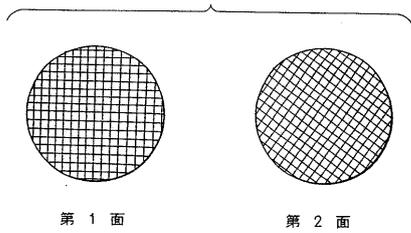
【図7】



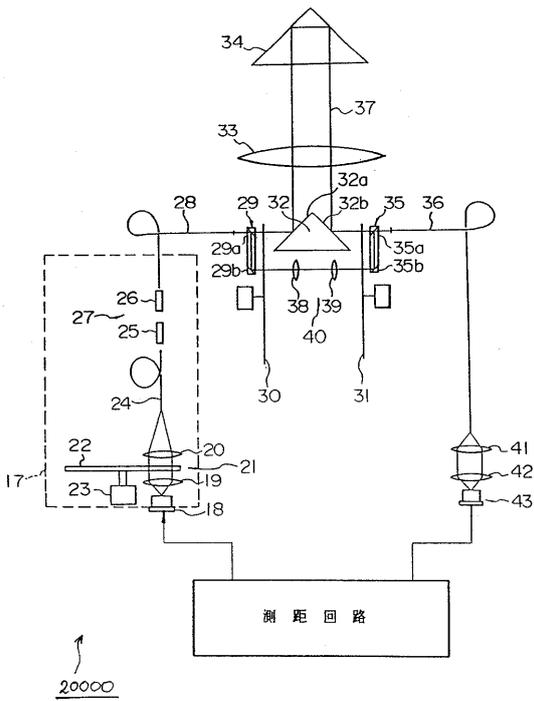
【図9】



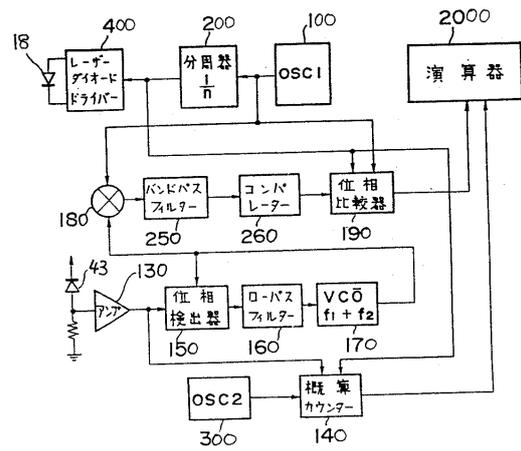
【図8】



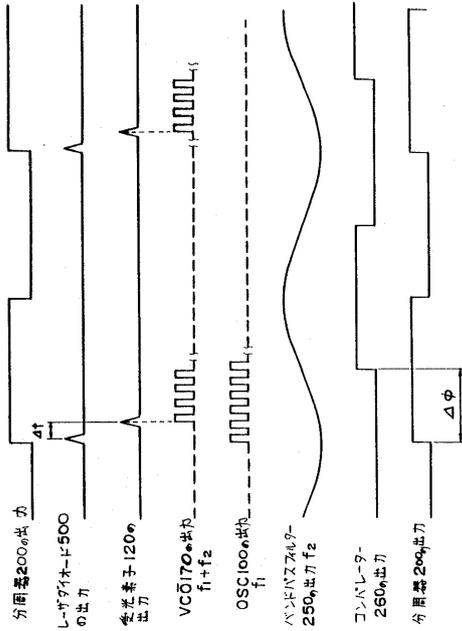
【図10】



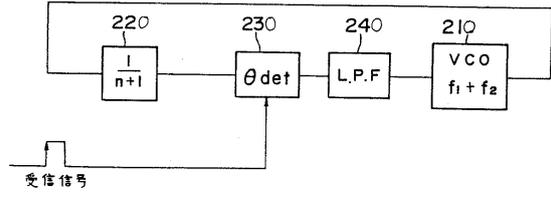
【図11】



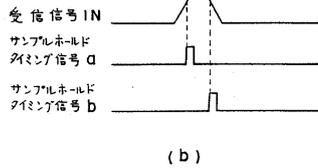
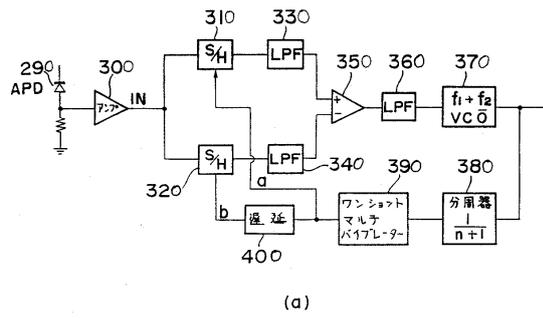
【図12】



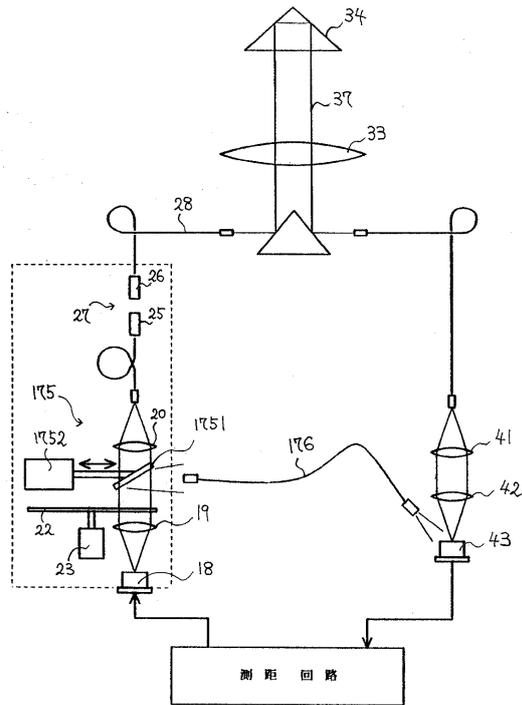
【図13】



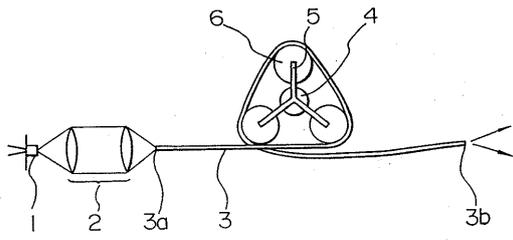
【図14】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平03-282392(JP,A)  
特開平08-166511(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/00

G01C 3/06