(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年3月7日(07.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/048103 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/00 (2006.01) *G01B 9/02056* (2022.01)
G01B 9/02004 (2022.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/026344

(22) 国際出願日： 2023年7月19日(19.07.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2022-137663 2022年8月31日(31.08.2022) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

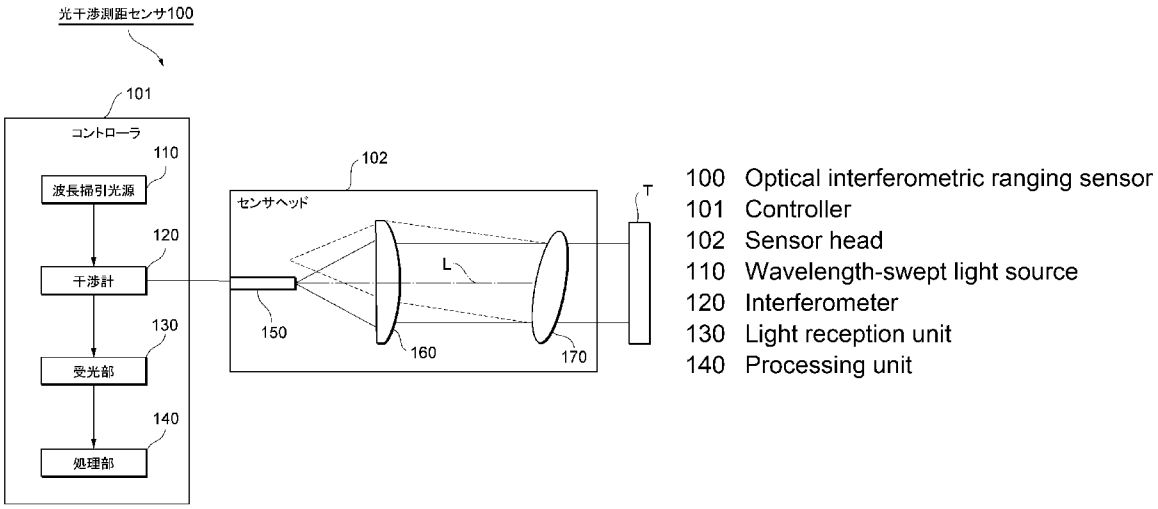
(72) 発明者: 長崎 裕介 (**NAGASAKI, Yusuke**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 木村 和哉 (**KIMURA, Kazuya**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 稲葉 良幸, 外 (**INABA, Yoshiyuki** et al.); 〒1066123 東京都港区六本木６－１０－１ 六本木ヒルズ森タワー２３階 ＴＭＩ総合法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) **Title:** OPTICAL INTERFEROMETRIC RANGING SENSOR

(54) 発明の名称： 光干渉測距センサ



(57) **Abstract:** Provided is an optical interferometric ranging sensor that makes it possible to properly measure the distance to a measurement target, while alleviating the influence of light reflected by an optical element disposed in a sensor head. An optical interferometric ranging sensor 100 is provided with: a light source 110 that projects light while changing the wavelength of the light; an interferometer 120 to which the light projected from the light source 110 is supplied and that generates interference light based on measurement light and reference light, the measurement light being radiated onto a measurement target T by a sensor head 102 and being reflected by the measurement target T, and the reference light following an optical path at least partially different from that of the measurement light; a light reception unit 130 that receives the interference light and converts the interference light into an electrical signal; and a processing unit 140 that calculates the distance to the measurement target T on the basis of the electrical signal. The sensor head 102 includes an

WO 2024/048103 A1

［続葉有］

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能):ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告(条約第21条(3))

optical element 170 disposed so as to be tilted by a prescribed angle with respect to a direction perpendicular to the optical axis L of light radiated from an optical fiber 150 to the inside of the sensor head 102.

(57) 要約:センサヘッド内に配置された光学素子による反射光の影響を軽減し、計測対象物までの距離を適切に計測可能な光干渉測距センサを提供する。光干渉測距センサ１００は、波長を変化させながら光を投光する光源１１０と、光源１１０から投光された光が供給され、センサヘッド１０２により計測対象物Ｔに照射して反射される測定光と、測定光とは少なくとも一部異なる光路を辿る参照光とに基づく干渉光を生成する干渉計１２０と、干渉光を受光して電気信号に変換する受光部１３０と、電気信号に基づいて計測対象物Ｔまでの距離を算出する処理部１４０と、を備え、センサヘッド１０２は、光ファイバ１５０から当該センサヘッド１０２内に出射される光の光軸Ｌの垂直方向に対して、所定角度だけ傾けて配置された光学素子１７０を含む。

明　細　書

発明の名称 ： 光干渉測距センサ

技術分野

[0001]　本発明は、光干渉測距センサに関する。

背景技術

[0002]　近年、非接触で計測対象物までの距離を計測する光測距センサが普及している。例えば、光測距センサとして、波長掃引光源から投光される光から、参照光と測定光とに基づく干渉光を生成し、当該干渉光に基づいて計測対象物までの距離を計測する光干渉測距センサが知られている。

[0003]　このような光干渉測距センサでは、干渉光に基づいて計測対象物までの距離を計測しているため、例えば、当該干渉光を受光するフォトディテクタなどによって受光される光にノイズや不要なピークを混在させないようにすることが求められる。

[0004]　例えば、特許文献１では、参照光と、被測定物により反射された測定光とを合波することにより干渉信号を生成し、当該干渉信号に基づいて被測定物を測定する光干渉測定装置に関する技術が開示されている。当該光干渉測定装置では、参照光について、参照光用デバイスを透過した参照光と、参照光用デバイスで反射した参照光との光路長を調整することにより、干渉信号の波形全体に発生するノイズを低減している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１８－２０５２０３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006]　しかしながら、特許文献１に開示される光学測定装置では、光路長を調整することにより干渉信号の波形全体に発生するノイズを低減するようにしているが、センサヘッド内に配置された光学素子による反射光に関する対策は

なされていない。特に、光干渉測距センサでは、計測対象物による反射光と、他の光路を辿る参照光とにより生成される干渉信号に基づいて計測対象物までの距離を計測するため、センサヘッド内に配置された光学素子による反射光は、他の光路を辿る参照光と干渉することにより、波形全体に不要なピークが発生し、計測対象物までの距離を適切に計測できないという問題が生じるおそれがある。

[0007] そこで、本発明は、センサヘッド内に配置された光学素子による反射光の影響を軽減し、計測対象物までの距離を適切に計測可能な光干渉測距センサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様に係る光干渉測距センサは、波長を変化させながら光を投光する光源と、光源から投光された光が供給され、センサヘッドにより計測対象物に照射して反射される測定光と、測定光とは少なくとも一部異なる光路を辿る参照光とに基づく干渉光を生成する干渉計と、干渉計からの干渉光を受光して電気信号に変換する受光部と、受光部によって変換された電気信号に基づいて、センサヘッドから計測対象物までの距離を算出する処理部と、を備え、センサヘッドは、光源から投光された光を当該センサヘッドに導くための光ファイバに接続され、光ファイバから当該センサヘッド内に出射される光の光軸の垂直方向に対して、所定角度だけ傾けて配置された光学素子を含む。

[0009] この態様によれば、センサヘッドにおける光学素子は、光ファイバから当該センサヘッド内に出射される光の光軸の垂直方向に対して、所定角度だけ傾けて配置されているため、当該光学素子による反射光の影響を軽減し、計測対象物までの距離を適切に計測することができる。

[0010] 上記態様において、所定角度だけ傾けて配置された光学素子は、コリメートレンズ、対物レンズ、光学フィルタ、偏光素子、波長板、ビームスプリッター、回折格子、プリズム、及び回折光学素子のうち少なくとも１つ以上であってもよい。

[0011] この態様によれば、所定角度だけ傾けて配置された光学素子は、コリメートレンズ、対物レンズ、光学フィルタ、偏光素子、波長板、ビームスプリッター、回折格子、プリズム、及び回折光学素子のうち少なくとも１つ以上であるため、具体的に、これらの光学素子の形状や特性に応じて、適切に、当該光学素子による反射光の影響を軽減することができる。

[0012] 上記態様において、センサヘッドは、光ファイバとの接続側から順に、コリメートレンズ、及び所定角度だけ傾けて配置された対物レンズを含み、光ファイバから当該センサヘッド内に出射される光が対物レンズで反射し、当該反射光はコリメートレンズを介して、当該反射光のスポットの中心が光ファイバのコア径より外側になってもよい。

[0013] この態様によれば、センサヘッドは、コリメートレンズ及び所定角度だけ傾けて配置された対物レンズを含み、対物レンズでの反射光のスポットの中心が光ファイバのコア径より外側になるため、当該反射光の影響を軽減しつつ、精度良く計測対象物までの距離を適切に計測することができる。

[0014] 上記態様において、コリメートレンズの焦点距離ｆ、光ファイバの開口数ＮＡ、光ファイバのコア半径ｒ及び光の波長λを用いて、所定角度θは、θ＞ａｒｃｔａｎ｛（ｒ＋１．６４λ／ＮＡ）／ｆ｝を満たしてもよい。

[0015] この態様によれば、対物レンズでの反射光のスポットの中心が光ファイバのコア径より外側にずれて、当該反射光の一部が光ファイバのコア径に入射されたとしても、その光の強度が小さいため、当該反射光の影響を軽減しつつ、より精度良く計測対象物までの距離を適切に計測することができる。

[0016] 上記態様において、所定角度が閾値よりも小さくなると、その旨を通知してもよい。

[0017] この態様によれば、所定角度が閾値よりも小さくなると、その旨を通知するため、センサヘッドにおける光学素子の配置を適切に調整することができる。

[0018] 本発明の一態様に係る光干渉測距センサは、波長を変化させながら光を投光する光源と、光源から投光された光が供給され、センサヘッドにより計測

対象物に照射して反射される測定光と、測定光とは少なくとも一部異なる光路を辿る参照光とに基づく干渉光を生成する干渉計と、干渉計からの干渉光を受光して電気信号に変換する受光部と、受光部によって変換された電気信号に基づいて、センサヘッドから計測対象物までの距離を算出する処理部と、を備え、センサヘッドは、光源から投光された光を当該センサヘッドに導くための光ファイバに接続され、光ファイバから当該センサヘッド内に出射される光が反射し、当該反射光のスポットの中心が光ファイバのコア径より外側になるように、所定角度だけ傾けて配置された光学素子を含む。

[0019] この態様によれば、センサヘッドにおける光学素子は、当該光学素子での反射光のスポットの中心が光ファイバのコア径より外側になるように所定角度だけ傾けて配置されているため、当該反射光の影響を軽減しつつ、精度良く計測対象物までの距離を適切に計測することができる。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、センサヘッド内に配置された光学素子による反射光の影響を軽減し、計測対象物までの距離を適切に計測可能な光干渉測距センサを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本開示に係る変位センサ１０の概要を示す外観模式図である。

[図2]本開示に係る変位センサ１０によって計測対象物Ｔが計測される手順を示すフローチャートである。

[図3]本開示に係る変位センサ１０が用いられるセンサシステム１の概要を示す機能ブロック図である。

[図4]本開示に係る変位センサ１０が用いられるセンサシステム１によって計測対象物Ｔが計測される手順を示すフローチャートである。

[図5A]本開示に係る変位センサ１０によって計測対象物Ｔが計測される原理を説明するための図である。

[図5B]本開示に係る変位センサ１０によって計測対象物Ｔが計測される別の原理を説明するための図である。

[図6A]センサヘッド２０の概略構成を示す斜視図である。

[図6B]センサヘッド２０の内部構造を示す模式図である。

[図7]コントローラ３０における信号処理について説明するためのブロック図である。

[図8]コントローラ３０における処理部５９によって実行される、計測対象物Ｔまでの距離を算出する方法を示すフローチャートである。

[図9A]波形信号（電圧ｖｓ時間）がスペクトル（電圧ｖｓ周波数）に周波数変換される様子を示す図である。

[図9B]スペクトル（電圧ｖｓ周波数）がスペクトル（電圧ｖｓ距離）に距離変換される様子を示す図である。

[図9C]スペクトル（電圧ｖｓ距離）に基づいてピークを検出し、それに対応する距離値が算出される様子を示す図である。

[図10]本発明の一実施形態に係る光干渉測距センサ１００の構成概要を示す模式図である。

[図11A]計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２から遠い場合における、対物レンズ１７０での反射光及び計測対象物Ｔでの反射光の様子を示す図である。

[図11B]計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２から近い場合における、対物レンズ１７０での反射光及び計測対象物Ｔでの反射光の様子を示す図である。

[図12]光ファイバ１５０からセンサヘッド１０２内に出射される光の光軸Ｌの垂直方向に対して、対物レンズ１７０が所定角度θだけ傾けて配置されている様子を模式的に示す図である。

[図13]１枚のレンズで構成されるセンサヘッドの具体例を示す図である。

[図14]測定光と参照光とを用いて干渉光を発生させる干渉計のバリエーションを示す図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の好適な各実施形態について、添付図面を参照しながら具体的に説明する。なお、以下で説明する各実施形態は、あくまで、本発明を実施するための具体的な一例を挙げるものであって、本発明を限定的に解釈さ

せるものではない。また、説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する場合がある。

[0023] ［変位センサの概要］

先ず、本開示に係る変位センサの概要について説明する。

図１は、本開示に係る変位センサ１０の概要を示す外観模式図である。図１に示されるように、変位センサ１０は、センサヘッド２０とコントローラ３０とを備え、計測対象物Ｔの変位（計測対象物Ｔまでの距離）を計測する。

[0024] センサヘッド２０とコントローラ３０とは、光ファイバ４０で接続されており、センサヘッド２０には対物レンズ２１が取り付けられている。また、コントローラ３０は、表示部３１と、設定部３２と、外部インタフェース（Ｉ／Ｆ）部３３と、光ファイバ接続部３４と、外部記憶部３５とを含み、さらに、内部には、計測処理部３６を有する。

[0025] センサヘッド２０は、コントローラ３０から出力される光を計測対象物Ｔに照射し、当該計測対象物Ｔからの反射光を受光する。センサヘッド２０は、コントローラ３０から出力されて光ファイバ４０を介して受光した光を反射させ、上述した計測対象物Ｔからの反射光と干渉させるための参照面を、内部に有している。

[0026] なお、センサヘッド２０には対物レンズ２１が取り付けられているが、当該対物レンズ２１は着脱可能な構成となっている。対物レンズ２１は、センサヘッド２０と計測対象物Ｔとの距離に応じて、適切な焦点距離を有する対物レンズに交換可能であって、又は可変焦点の対物レンズを適用してもよい。

[0027] さらに、センサヘッド２０を設置する際には、ガイド光（可視光）を計測対象物Ｔに照射して、当該変位センサ１０の計測領域内に計測対象物Ｔが適切に位置するようにセンサヘッド２０及び／又は計測対象物Ｔを設置してもよい。

[0028] 光ファイバ４０は、コントローラ３０に配置される光ファイバ接続部３４に接続されて延伸し、当該コントローラ３０とセンサヘッド２０とを接続する。これにより、光ファイバ４０は、コントローラ３０から投光される光をセンサヘッド２０に導き、さらに、センサヘッド２０からの戻り光をコントローラ３０へ導くように構成されている。なお、光ファイバ４０は、センサヘッド２０及びコントローラ３０に着脱可能であって、長さ、太さ及び特性等において種々の光ファイバを適用することができる。

[0029] 表示部３１は、例えば、液晶ディスプレイ又は有機ＥＬディスプレイ等で構成される。表示部３１には、変位センサ１０の設定値、センサヘッド２０からの戻り光の受光量、及び変位センサ１０によって計測された計測対象物Ｔの変位（計測対象物Ｔまでの距離）等の計測結果が表示される。

[0030] 設定部３２は、例えば、機械式ボタンやタッチパネル等をユーザが操作することによって、計測対象物Ｔを計測するために必要な設定が行われる。これらの必要な設定の全部又は一部は、予め設定されていてもよいし、外部Ｉ／Ｆ部３３に接続された外部接続機器（図示せず）から設定されてもよい。また、外部接続機器は、ネットワークを介して有線又は無線で接続されていてもよい。

[0031] ここで、外部Ｉ／Ｆ部３３は、例えば、Ｅｔｈｅｒｎｅｔ（登録商標）、ＲＳ２３２Ｃ、及びアナログ出力等で構成される。外部Ｉ／Ｆ部３３には、他の接続機器に接続されて当該外部接続機器から必要な設定が行われたり、変位センサ１０によって計測された計測結果等を外部接続機器に出力したりしてもよい。

[0032] また、コントローラ３０が外部記憶部３５に記憶されたデータを取り込むことにより、計測対象物Ｔを計測するために必要な設定が行われてもよい。外部記憶部３５は、例えば、ＵＳＢ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ Ｓｅｒｉａｌ Ｂｕｓ）メモリ等の補助記憶装置であって、計測対象物Ｔを計測するために必要な設定等が予め記憶されている。

[0033] コントローラ３０における計測処理部３６は、例えば、連続的に波長を変

化させながら光を投光する波長掃引光源、センサヘッド２０からの戻り光を受光して電気信号に変換する受光素子、及び電気信号を処理する信号処理回路等を含む。計測処理部３６では、センサヘッド２０からの戻り光に基づいて、最終的には、計測対象物Ｔの変位（計測対象物Ｔまでの距離）が算出されるように制御部及び記憶部等を用いて様々な処理がなされている。これらの処理についての詳細は後述する。

[0034] 図２は、本開示に係る変位センサ１０によって計測対象物Ｔが計測される手順を示すフローチャートである。図２に示されるように、当該手順は、ステップＳ１１～Ｓ１４を含む。

[0035] ステップＳ１１では、センサヘッド２０を設置する。例えば、センサヘッド２０から計測対象物Ｔにガイド光を照射して、それを参考にして、センサヘッド２０を適切な位置に設置する。

[0036] 具体的には、コントローラ３０における表示部３１に、センサヘッド２０からの戻り光の受光量を表示し、ユーザは、当該受光量を確認しながら、センサヘッド２０の向き及び計測対象物Ｔとの距離（高さ位置）等を調整してもよい。基本的には、センサヘッド２０からの光を計測対象物Ｔに対して垂直に（より垂直に近い角度で）照射できれば、当該計測対象物Ｔからの反射光の光量が大きく、センサヘッド２０からの戻り光の受光量も大きくなる。

[0037] また、センサヘッド２０と計測対象物Ｔとの距離に応じて、適切な焦点距離を有する対物レンズ２１に交換してもよい。

[0038] さらに、計測対象物Ｔを計測するに際して適切な設定ができない場合（例えば、計測に必要な受光量を得られない、又は対物レンズ２１の焦点距離が不適切である等）には、エラー又は設定未完了等を、表示部３１に表示したり、外部接続機器に出力したりして、ユーザに通知するようにしてもよい。

[0039] ステップＳ１２では、計測対象物Ｔを計測するに際して種々の計測条件を設定する。例えば、センサヘッド２０が有する固有の校正データ（線形性を補正する関数等）を、ユーザがコントローラ３０における設定部３２を操作することによって設定する。

[0040] また、各種パラメータを設定してもよい。例えば、サンプリング時間、計測範囲、及び計測結果を正常とするか異常とするかの閾値等が設定される。さらに、計測対象物Ｔの反射率及び材質等の計測対象物Ｔの特性に応じて測定周期が設定され、及び計測対象物Ｔの材質に応じた測定モード等が設定されるようにしてもよい。

[0041] なお、これらの計測条件及び各種パラメータの設定は、コントローラ３０における設定部３２を操作することによって設定されるが、外部接続機器から設定されてもよいし、外部記憶部３５からデータを取り込むことによって設定されてもよい。

[0042] ステップＳ１３では、ステップＳ１１で設置されたセンサヘッド２０で、ステップＳ１２で設定された計測条件及び各種パラメータに従って、計測対象物Ｔを計測する。

[0043] 具体的には、コントローラ３０の計測処理部３６において、波長掃引光源から光が投光され、センサヘッド２０からの戻り光を受光素子で受光し、信号処理回路によって周波数解析、距離変換及びピーク検出等がなされて、計測対象物Ｔの変位（計測対象物Ｔまでの距離）が算出される。具体的な計測処理についての詳細は、後述する。

[0044] ステップＳ１４では、ステップＳ１３で計測された計測結果を出力する。例えば、ステップＳ１３で計測された計測対象物Ｔの変位（計測対象物Ｔまでの距離）等を、コントローラ３０における表示部３１に表示したり、外部接続機器に出力したりする。

[0045] また、ステップＳ１３で計測された計測対象物Ｔの変位（計測対象物Ｔまでの距離）が、ステップＳ１２で設定された閾値に基づいて、正常の範囲内であるか異常かについても計測結果として表示又は出力されてもよい。さらに、ステップＳ１２で設定された計測条件、各種パラメータ及び測定モード等も共に表示又は出力されてもよい。

[0046] ［変位センサを含むシステムの概要］

図３は、本開示に係る変位センサ１０が用いられるセンサシステム１の概

要を示す機能ブロック図である。図３に示されるように、センサシステム１は、変位センサ１０と、制御機器１１と、制御信号入力用センサ１２と、外部接続機器１３とを備える。なお、変位センサ１０は、制御機器１１及び外部接続機器１３とは、例えば、通信ケーブル又は外部接続コード（例えば、外部入力線、外部出力線及び電源線等を含む）で接続され、制御機器１１と制御信号入力用センサ１２とは信号線で接続される。

[0047] 変位センサ１０は、図１及び図２を用いて説明したように、計測対象物Ｔの変位（計測対象物Ｔまでの距離）を計測する。そして、変位センサ１０は、その計測結果等を制御機器１１及び外部接続機器１３に出力してもよい。

[0048] 制御機器１１は、例えば、ＰＬＣ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｌｏｇｉｃ Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）であって、変位センサ１０が計測対象物Ｔを計測するに際して、当該変位センサ１０に対して各種の指示を与える。

[0049] 例えば、制御機器１１は、制御機器１１に接続された制御信号入力用センサ１２からの入力信号に基づいて、測定タイミング信号を変位センサ１０に出力してもよいし、ゼロリセット命令信号（現在の計測値を０に設定するための信号）等を変位センサ１０に出力してもよい。

[0050] 制御信号入力用センサ１２は、変位センサ１０が計測対象物Ｔを計測するタイミングを指示するオン／オフ信号を、制御機器１１に出力する。例えば、制御信号入力用センサ１２は、計測対象物Ｔが移動する生産ラインの近傍に設置され、計測対象物Ｔが所定の位置に移動してきたことを検知して、制御機器１１にオン／オフ信号を出力すればよい。

[0051] 外部接続機器１３は、例えば、ＰＣ（Ｐｅｒｓｏｎａｌ Ｃｏｍｐｕｔｅｒ）であって、ユーザが操作することによって、変位センサ１０に対して様々な設定を行うことができる。

[0052] 具体例としては、測定モード、動作モード、測定周期、及び計測対象物Ｔの材質等が設定される。

[0053] 測定モードの設定として、制御機器１１内部で周期的に計測開始する「内部同期計測モード」、又は制御機器１１外部からの入力信号に応じて計測開

始する「外部同期計測モード」等が選択される。

[0054] 動作モードの設定として、実際に計測対象物Ｔを計測する「運転モード」、又は計測対象物Ｔを計測するための計測条件を設定する「調整モード」等が選択される。

[0055] 測定周期は、計測対象物Ｔを測定する周期であり、計測対象物Ｔの反射率に応じて設定すればよいが、仮に、計測対象物Ｔの反射率が低い場合であっても、測定周期を長くして適切に測定周期を設定すれば、計測対象物Ｔを適切に測定することができる。

[0056] 計測対象物Ｔについて、反射光の成分として拡散反射が比較的多い場合に適した「粗面モード」、反射光の成分として鏡面反射が比較的多い場合に適した「鏡面モード」、又はこれらの中間的な「標準モード」等が選択される。

[0057] このように、計測対象物Ｔの反射率及び材質に応じて、適切な設定を行うことによって、より高精度に計測対象物Ｔを計測することができる。

[0058] 図４は、本開示に係る変位センサ１０が用いられるセンサシステム１によって計測対象物Ｔが計測される手順を示すフローチャートである。図４に示されるように、当該手順は、上述した外部同期計測モードの場合の手順であって、ステップＳ２１～Ｓ２４を含む。

[0059] ステップＳ２１では、センサシステム１は、計測される対象である計測対象物Ｔを検知する。具体的には、制御信号入力用センサ１２は、生産ライン上において、計測対象物Ｔが所定の位置に移動してきたことを検知する。

[0060] ステップＳ２２では、センサシステム１は、ステップＳ２１で検知された計測対象物Ｔを変位センサ１０によって計測するように計測指示する。具体的には、制御信号入力用センサ１２は、制御機器１１にオン／オフ信号を出力することにより、ステップＳ２１で検知された計測対象物Ｔを測定するタイミングを指示し、制御機器１１は、当該オン／オフ信号に基づいて、変位センサ１０に測定タイミング信号を出力して、計測対象物Ｔを計測するように計測指示する。

[0061] ステップＳ２３では、変位センサ１０によって計測対象物Ｔが計測される。具体的には、変位センサ１０は、ステップＳ２２で受け取った計測指示に基づいて、計測対象物Ｔを計測する。

[0062] ステップＳ２４では、センサシステム１は、ステップＳ２３で計測された計測結果を出力する。具体的には、変位センサ１０は、計測処理の結果を、表示部３１に表示したり、外部Ｉ／Ｆ部３３を経由して制御機器１１又は外部接続機器１３等に出力したりする。

[0063] なお、ここでは、図４を用いて、制御信号入力用センサ１２によって計測対象物Ｔが検知されることにより計測対象物Ｔを計測する外部同期計測モードの場合についての手順を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、内部同期計測モードの場合は、ステップＳ２１及びＳ２２に代わって、予め設定された周期に基づいて測定タイミング信号が生成されることにより、計測対象物Ｔを計測するように変位センサ１０に指示する。

[0064] 次に、本開示に係る変位センサ１０によって計測対象物Ｔが計測される原理を説明する。

図５Ａは、本開示に係る変位センサ１０によって計測対象物Ｔが計測される原理を説明するための図である。図５Ａに示されるように、変位センサ１０は、センサヘッド２０及びコントローラ３０を備える。センサヘッド２０は、対物レンズ２１と、複数のコリメートレンズ２２ａ～２２ｃとを含み、コントローラ３０は、波長掃引光源５１と、光増幅器５２と、複数のアイソレータ５３及び５３ａ～５３ｂと、複数の光カプラ５４及び５４ａ～５４ｅと、減衰器５５と、複数の受光素子（例えば、フォトディテクタ（ＰＤ））５６ａ～５６ｃと、複数の増幅回路５７ａ～５７ｃと、複数のアナログデジタル（ＡＤ）変換部（例えば、アナログデジタルコンバータ）５８ａ～５８ｃと、処理部（例えば、プロセッサ）５９と、バランスディテクタ６０と、補正信号生成部６１とを含む。

[0065] 波長掃引光源５１は、波長を掃引したレーザ光を投光する。波長掃引光源５１としては、例えば、ＶＣＳＥＬ（Ｖｅｒｔｉｃａｌ Ｃａｖｉｔｙ Ｓ

ｕｒｆａｃｅ　Ｅｍｉｔｔｉｎｇ　Ｌａｓｅｒ）を電流で変調する方式を適用すれば、共振器長が短いためにモードホップを起こしにくく、波長を変化させることが容易であり、低コストで実現することができる。

[0066] 光増幅器５２は、波長掃引光源５１から投光される光を増幅する。光増幅器５２は、例えば、ＥＤＦＡ（ｅｒｂｉｕｍ－ｄｏｐｅｄ　ｆｉｂｅｒ　ａｍｐｌｉｆｉｅｒ）を適用し、例えば、１５５０ｎｍ専用の光増幅器であってもよい。

[0067] アイソレータ５３は、入射した光を一方向に透過させる光学素子であって、戻り光によって発生するノイズの影響を防ぐために、波長掃引光源５１の直後に配置されてもよい。

[0068] このように、波長掃引光源５１から投光された光は、光増幅器５２によって増幅され、アイソレータ５３を介して、光カプラ５４によって主干渉計と副干渉計とに分岐される。例えば、光カプラ５４では、主干渉計と副干渉計とに分岐する光の割合は、主干渉計側に９０％以上分岐させるようにしてもよい。

[0069] 主干渉計に分岐された光は、さらに、１段目の光カプラ５４ａによって、センサヘッド２０の方向と２段目の光カプラ５４ｂの方向とに分岐される。

[0070] １段目の光カプラ５４ａによってセンサヘッド２０の方向に分岐された光は、センサヘッド２０において、光ファイバの先端からコリメートレンズ２２ａ及び対物レンズ２１を通過して計測対象物Ｔに照射される。そして、当該光ファイバの先端（端面）が参照面となり、当該参照面で反射した光と、計測対象物Ｔで反射した光とが干渉し、干渉光が生成されて、１段目の光カプラ５４ａに戻り、その後、受光素子５６ａで受光されて電気信号に変換される。

[0071] １段目の光カプラ５４ａによって２段目の光カプラ５４ｂの方向に分岐された光は、アイソレータ５３ａを介して２段目の光カプラ５４ｂに向かい、当該２段目の光カプラ５４ｂによって、さらにセンサヘッド２０の方向と３段目の光カプラ５４ｃの方向とに分岐される。光カプラ５４ｂからセンサヘ

ッド２０の方向に分岐された光は、１段目と同様に、センサヘッド２０において、光ファイバの先端からコリメートレンズ２２ｂ及び対物レンズ２１を通過して計測対象物Ｔに照射される。そして、当該光ファイバの先端（端面）が参照面となり、当該参照面で反射した光と、計測対象物Ｔで反射した光とが干渉し、干渉光が生成されて、２段目の光カプラ５４ｂに戻り、当該光カプラ５４ｂによってアイソレータ５３ａ及び受光素子５６ｂそれぞれの方向へ分岐される。光カプラ５４ｂから受光素子５６ｂの方向へ分岐された光は、受光素子５６ｂで受光されて電気信号に変換される。一方、アイソレータ５３ａは、前段の光カプラ５４ａから後段の光カプラ５４ｂへ光を透過し、後段の光カプラ５４ｂから前段の光カプラ５４ａへの光を遮断するため、光カプラ５４ｂからアイソレータ５３ａの方向へ分岐された光は、遮断される。

[0072] ２段目の光カプラ５４ｂによって３段目の光カプラ５４ｃの方向に分岐された光は、アイソレータ５３ｂを介して３段目の光カプラ５４ｃに向かい、当該３段目の光カプラ５４ｃによって、さらにセンサヘッド２０の方向と減衰器５５の方向とに分岐される。光カプラ５４ｃからセンサヘッド２０の方向に分岐された光は、１段目及び２段目と同様に、センサヘッド２０において、光ファイバの先端からコリメートレンズ２２ｃ及び対物レンズ２１を通過して計測対象物Ｔに照射される。そして、当該光ファイバの先端（端面）が参照面となり、当該参照面で反射した光と、計測対象物Ｔで反射した光とが干渉し、干渉光が生成されて、３段目の光カプラ５４ｃに戻り、当該光カプラ５４ｃによってアイソレータ５３ｂ及び受光素子５６ｃそれぞれの方向へ分岐される。光カプラ５４ｃから受光素子５６ｃの方向へ分岐された光は、受光素子５６ｃで受光されて電気信号に変換される。一方、アイソレータ５３ｂは、前段の光カプラ５４ｂから後段の光カプラ５４ｃへ光を透過し、後段の光カプラ５４ｃから前段の光カプラ５４ｂへの光を遮断するため、光カプラ５４ｃからアイソレータ５３ｂの方向へ分岐された光は、遮断される。

[0073] なお、３段目の光カプラ５４ｃによってセンサヘッド２０でない方向に分岐された光は、計測対象物Ｔの計測に用いられないため、反射して戻ってこないように、例えば、ターミネータ等の減衰器５５によって減衰されるとよい。

[0074] このように、主干渉計では、３段の光路（３チャネル）を有し、それぞれセンサヘッド２０の光ファイバの先端（端面）から計測対象物Ｔまでの距離の２倍（往復）を光路長差とした干渉計であり、それぞれ光路長差に応じた３つの干渉光を生成している。

[0075] 受光素子５６ａ～５６ｃは、上述したように主干渉計からの干渉光を受光し、当該受光した受光量に応じた電気信号を生成する。

[0076] 増幅回路５７ａ～５７ｃは、それぞれ受光素子５６ａ～５６ｃから出力される電気信号を増幅する。

[0077] ＡＤ変換部５８ａ～５８ｃは、それぞれ増幅回路５７ａ～５７ｃによって増幅された電気信号を受信して、当該電気信号に関してアナログ信号からデジタル信号に変換する（ＡＤ変換）。ここで、ＡＤ変換部５８ａ～５８ｃは、副干渉計における補正信号生成部６１からの補正信号に基づいて、ＡＤ変換する。

[0078] 副干渉計では、波長掃引光源５１の掃引時における波長の非線形性を補正するために、副干渉計にて干渉信号を取得し、Ｋクロックと呼ばれる補正信号を生成する。

[0079] 具体的には、光カプラ５４によって副干渉計に分岐された光は、光カプラ５４ｄによって、さらに分岐される。ここで、分岐された各光の光路は、例えば、光カプラ５４ｄと光カプラ５４ｅとの間において異なる長さの光ファイバを用いて光路長差を有するように構成されて、当該光路長差に応じた干渉光が光カプラ５４ｅから出力される。そして、バランスディテクタ６０は、光カプラ５４ｅからの干渉光を受光し、その逆位相の信号との差分を取ることによってノイズを除去しつつ、光信号を増幅して電気信号に変換する。

[0080] なお、光カプラ５４ｄ及び光カプラ５４ｅは、いずれも５０：５０の割合

で光を分岐すればよい。

[0081] 補正信号生成部６１は、バランスディテクタ６０からの電気信号に基づいて、波長掃引光源５１の掃引時における波長の非線形性を把握し、当該非線形に応じたＫクロックを生成し、ＡＤ変換部５８ａ～５８ｃに出力する。

[0082] 波長掃引光源５１の掃引時における波長の非線形性から、主干渉計においてそれぞれＡＤ変換部５８ａ～５８ｃに入力されるアナログ信号の波の間隔は等間隔ではない。ＡＤ変換部５８ａ～５８ｃでは、波の間隔が等間隔になるように、上述したＫクロックに基づいてサンプリング時間を補正してＡＤ変換（サンプリング）される。

[0083] なお、Ｋクロックは、上述したように、主干渉計のアナログ信号をサンプリングするために用いられる補正信号であるため、主干渉計のアナログ信号よりも高周波に生成される必要がある。具体的には、副干渉計における光カプラ５４ｄと光カプラ５４ｅとの間で設けられた光路長差を、主干渉計における光ファイバの先端（端面）と計測対象物Ｔとの間で設けられた光路長差よりも長くしてもよいし、補正信号生成部６１で周波数を逓倍（例えば、８倍等）して高周波化してもよい。

[0084] 処理部５９は、それぞれＡＤ変換部５８ａ～５８ｃによって非線形性が補正されつつＡＤ変換されたデジタル信号を取得し、当該デジタル信号に基づいて、計測対象物Ｔの変位（計測対象物Ｔまでの距離）を算出する。具体的には、処理部５９では、高速フーリエ変換（ＦＦＴ：ｆａｓｔ　Ｆｏｕｒｉｅｒ　ｔｒａｎｓｆｏｒｍ）を用いてデジタル信号を周波数変換し、それらを解析することによって距離が算出される。処理部５９における詳細な処理については後述する。

[0085] なお、処理部５９では、高速処理が要求されることから、ＦＰＧＡ（ｆｉｅｌｄ－ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　ｇａｔｅ　ａｒｒａｙ）等の集積回路で実現される場合が多い。

[0086] また、ここでは、主干渉計において３段の光路を設けて、センサヘッド２０によってそれぞれの光路から計測対象物Ｔに対して測定光が照射され、そ

れぞれから得られる干渉光（戻り光）に基づいて、計測対象物Ｔまでの距離等が計測される（マルチチャネル）。主干渉計におけるチャネルは、３段に限定されるものではなく、１段又は２段であってもよいし、４段以上であってもよい。

[0087] 図５Ｂは、本開示に係る変位センサ１０によって計測対象物Ｔが計測される別の原理を説明するための図である。図５Ｂに示されるように、変位センサ１０は、センサヘッド２０及びコントローラ３０を備える。センサヘッド２０は、対物レンズ２１と、複数のコリメートレンズ２２ａ～２２ｃとを含み、コントローラ３０は、波長掃引光源５１と、光増幅器５２と、複数のアイソレータ５３及び５３ａ～５３ｂと、複数の光カプラ５４及び５４ａ～５４ｊと、減衰器５５と、複数の受光素子（例えば、フォトディテクタ（ＰＤ））５６ａ～５６ｃと、複数の増幅回路５７ａ～５７ｃと、複数のアナログデジタル（ＡＤ）変換部（例えば、アナログデジタルコンバータ）５８ａ～５８ｃと、処理部（例えば、プロセッサ）５９と、バランスディテクタ６０と、補正信号生成部６１とを含む。図５Ｂに示された変位センサ１０は、主に、光カプラ５４ｆ～５４ｊを備えている点で、図５Ａに示された変位センサ１０の構成とは異なり、当該異なる構成による原理について、図５Ａと比較しながら詳しく説明する。

[0088] 波長掃引光源５１から投光された光は、光増幅器５２によって増幅され、アイソレータ５３を介して、光カプラ５４によって主干渉計側と副干渉計側とに分岐されるが、主干渉計側に分岐された光は、さらに、光カプラ５４ｆによって測定光と参照光とに分岐される。

[0089] 測定光は、図５Ａで説明したように、１段目の光カプラ５４ａによってコリメートレンズ２２ａ及び対物レンズ２１を通過して計測対象物Ｔに照射され、当該計測対象物Ｔで反射する。ここで、図５Ａでは、光ファイバの先端（端面）を参照面として、当該参照面で反射した光と計測対象物Ｔで反射した光とが干渉し、干渉光が生成されていたが、図５Ｂでは、光が反射する参照面を設けていない。すなわち、図５Ｂでは、図５Ａのように参照面で反射

する光が発生しないため、計測対象物Ｔで反射された測定光が１段目の光カプラ５４ａに戻ることなる。

[0090] 同様に、１段目の光カプラ５４ａから２段目の光カプラ５４ｂの方向に分岐された光は、当該２段目の光カプラ５４ｂによってコリメートレンズ２２ｂ及び対物レンズ２１を通過して計測対象物Ｔに照射され、当該計測対象物Ｔで反射して２段目の光カプラ５４ｂに戻る。２段目の光カプラ５４ｂから３段目の光カプラ５４ｃの方向に分岐された光は、当該３段目の光カプラ５４ｃによってコリメートレンズ２２ｃ及び対物レンズ２１を通過して計測対象物Ｔに照射され、当該計測対象物Ｔで反射して３段目の光カプラ５４ｃに戻る。

[0091] 一方、光カプラ５４ｆによって分岐された参照光は、さらに、光カプラ５４ｇによって光カプラ５４ｈ、５４ｉ及び５４ｊに分岐される。

[0092] 光カプラ５４ｈでは、光カプラ５４ａから出力される計測対象物Ｔで反射された測定光と、光カプラ５４ｇから出力される参照光とが干渉し、干渉光が生成されて、受光素子５６ａで受光されて電気信号に変換される。換言すれば、光カプラ５４ｆによって測定光と参照光とに分岐され、当該測定光の光路（光カプラ５４ｆから、光カプラ５４ａ、コリメートレンズ２２ａ、対物レンズ２１を介して計測対象物Ｔで反射し、光カプラ５４ｈまで到達する光路）と、当該参照光の光路（光カプラ５４ｆから、光カプラ５４ｇを介して光カプラ５４ｈまで到達する光路）との光路長差に応じた干渉光が生成されて、当該干渉光が受光素子５６ａで受光されて電気信号に変換される。

[0093] 同様に、光カプラ５４ｉでは、測定光の光路（光カプラ５４ｆから、光カプラ５４ａ、５４ｂ、コリメートレンズ２２ｂ、対物レンズ２１を介して計測対象物Ｔで反射し、光カプラ５４ｉまで到達する光路）と、参照光の光路（光カプラ５４ｆから、光カプラ５４ｇを介して光カプラ５４ｉまで到達する光路）との光路長差に応じた干渉光が生成されて、当該干渉光が受光素子５６ｂで受光されて電気信号に変換される。

[0094] 光カプラ５４ｊでは、測定光の光路（光カプラ５４ｆから、光カプラ５４

ａ、５４ｂ、５４ｃ、コリメートレンズ２２ｃ、対物レンズ２１を介して計測対象物Ｔで反射し、光カプラ５４ｊまで到達する光路）と、参照光の光路（光カプラ５４ｆから、光カプラ５４ｇを介して光カプラ５４ｊまで到達する光路）との光路長差に応じた干渉光が生成されて、当該干渉光が受光素子５６ｃで受光されて電気信号に変換される。なお、受光素子５６ａ～５６ｃは、例えば、バランスフォトディテクタであってもよい。

[0095] このように、主干渉計では、３段の光路（３チャネル）を有し、それぞれ計測対象物Ｔで反射されて光カプラ５４ｈ、５４ｉ及び５４ｊに入力される測定光と、光カプラ５４ｆ及び５４ｇを介してそれぞれ光カプラ５４ｈ、５４ｉ及び５４ｊに入力される参照光との光路長差に応じた３つの干渉光を生成している。

[0096] なお、測定光と参照光との光路長差は、３チャネルにおいてそれぞれ異なるように、例えば、光カプラ５４ｇと、各光カプラ５４ｈ、５４ｉ及び５４ｊとの光路長を異なるように設定してもよい。

[0097] そして、それぞれから得られる干渉光に基づいて、計測対象物Ｔまでの距離等が計測される（マルチチャネル）。

[0098] ［センサヘッドの構造］

ここで、変位センサ１０に用いられるセンサヘッドの構造について説明する。

図６Ａは、センサヘッド２０の概略構成を示す斜視図であり、図６Ｂは、センサヘッドの内部構造を示す模式図である。

[0099] 図６Ａに示されるように、センサヘッド２０は、レンズホルダ２３に対物レンズ２１及びコリメートレンズが格納されている。例えば、レンズホルダ２３のサイズは、対物レンズ２１を囲う一辺の長さが２０ｍｍ程度であり、光軸方向への長さが４０ｍｍ程度である。

[0100] 図６Ｂに示されるように、レンズホルダ２３には、１つの対物レンズ２１及び３つのコリメートレンズ２２ａ～２２ｃが格納されている。光ファイバからの光は、光ファイバアレイ２４を介して３つのコリメートレンズ２２ａ

～２２ｃに導かれるように構成されており、さらに、３つのコリメートレンズ２２ａ～２２ｃを通過した光は、対物レンズ２１を介して計測対象物Ｔに照射される。

[0101] このように、これらの光ファイバ、コリメートレンズ２２ａ～２２ｃ及び光ファイバアレイ２４は、対物レンズ２１とともに、レンズホルダ２３によって保持されて、センサヘッド２０を構成している。

[0102] また、センサヘッド２０を構成するレンズホルダ２３は、高強度で、また高精度に加工できる金属（例えば、Ａ２０１７）で作製されていてもよい。

[0103] 図７は、コントローラ３０における信号処理について説明するためのブロック図である。図７に示されるように、コントローラ３０は、複数の受光素子７１ａ～７１ｅと、複数の増幅回路７２ａ～７２ｃと、複数のＡＤ変換部７４ａ～７４ｃと、処理部７５と、差動増幅回路７６と、補正信号生成部７７とを備える。

[0104] コントローラ３０では、図５Ａで示されたように、波長掃引光源５１から投光された光を光カプラ５４によって主干渉計と副干渉計とに分岐し、それぞれより得られる主干渉信号及び副干渉信号を処理することによって、計測対象物Ｔまでの距離値を算出している。

[0105] 複数の受光素子７１ａ～７１ｃは、図５Ａに示された受光素子５６ａ～５６ｃに相当し、主干渉計からの主干渉信号をそれぞれ受光して、電流信号としてそれぞれ増幅回路７２ａ～７２ｃに出力する。

[0106] 複数の増幅回路７２ａ～７２ｃは、電流信号を電圧信号に変換（Ｉ－Ｖ変換）して増幅する。

[0107] 複数のＡＤ変換部７４ａ～７４ｃは、図５Ａに示されたＡＤ変換部５８ａ～５８ｃに相当し、後述する補正信号生成部７７からのＫクロックに基づいて、電圧信号をデジタル信号に変換する（ＡＤ変換）。

[0108] 処理部７５は、図５Ａに示された処理部５９に相当し、ＡＤ変換部７４ａ～７４ｃからのデジタル信号をＦＦＴを用いて周波数に変換し、それらを解析して、計測対象物Ｔまでの距離値を算出する。

[0109] 複数の受光素子７１ｄ～７１ｅ及び差動増幅回路７６は、図５Ａに示されたバランスディテクタ６０に相当し、副干渉計における干渉光をそれぞれ受光して、一方は位相の反転した干渉信号を出力し、２つの信号の差分を取ることによってノイズを除去しつつ、干渉信号を増幅して電圧信号に変換する。

[0110] 補正信号生成部７７は、図５Ａに示された補正信号生成部６１に相当し、電圧信号をコンパレータで２値化し、Ｋクロックを生成し、ＡＤ変換部７４ａ～７４ｃに出力する。Ｋクロックは、主干渉計のアナログ信号よりも高周波に生成される必要があるため、補正信号生成部７７で周波数を逓倍（例えば、８倍等）して高周波化してもよい。

[0111] 図８は、コントローラ３０における処理部５９によって実行される、計測対象物Ｔまでの距離を算出する方法を示すフローチャートである。図８に示されるように、当該方法は、ステップＳ３１～Ｓ３４を含む。

[0112] ステップＳ３１では、処理部５９は、下記ＦＦＴを用いて、波形信号（電圧ｖｓ時間）をスペクトル（電圧ｖｓ周波数）に周波数変換する。図９Ａは、波形信号（電圧ｖｓ時間）がスペクトル（電圧ｖｓ周波数）に周波数変換される様子を示す図である。

[数1]

$$\sum_{t=0}^{N-1} f(t)exp\left(-\mathrm{i}\frac{2\pi\omega t}{N}\right) = F(\omega)$$

Ｎ：データ点数

[0113] ステップＳ３２では、処理部５９は、スペクトル（電圧ｖｓ周波数）をスペクトル（電圧ｖｓ距離）に距離変換する。図９Ｂは、スペクトル（電圧ｖｓ周波数）がスペクトル（電圧ｖｓ距離）に距離変換される様子を示す図である。

[0114] ステップＳ３３では、処理部５９は、スペクトル（電圧ｖｓ距離）に基づ

いてピークに対応する距離値を算出する。図９Ｃは、スペクトル（電圧ｖｓ距離）に基づいてピークを検出し、それに対応する距離値が算出される様子を示す図である。図９Ｃに示されるように、ここでは、３チャネルにおいて、それぞれスペクトル（電圧ｖｓ距離）に基づいてピークが検出され、それぞれピークに対応する距離値が算出される。

[0115] ステップＳ３４では、処理部５９は、ステップＳ３３で算出された距離値を平均化する。具体的には、処理部５９は、ステップＳ３３で３チャネルにおいてそれぞれスペクトル（電圧ｖｓ距離）に基づいてピークが検出され、それに対応する距離値が算出されているため、それらを平均化して、当該平均化した算出結果を計測対象物Ｔまでの距離として出力する。

[0116] なお、ステップＳ３４では、処理部５９は、ステップＳ３３で算出された距離値を平均化する際に、ＳＮＲが閾値以上である距離値平均化することが好ましい。例えば、３チャンネルのうち、いずれかのチャンネルにおいて、そのスペクトル（電圧ｖｓ距離）に基づいてピークが検出されたものの、ＳＮＲが閾値未満の場合には、当該スペクトルに基づいて算出される距離値は、信頼性が低いと判断し、採用しない。

[0117] 次に、本開示に関して、より特徴的な構成、機能及び性質を中心に、具体的な実施形態として詳細に説明する。なお、以下に示される光干渉測距センサは、図１～図９を用いて説明した変位センサ１０に相当し、当該光干渉測距センサに含まれる基本的な構成、機能及び性質の全部又は一部は、図１～図９を用いて説明した変位センサ１０に含まれる構成、機能及び性質と共通している。

[0118] ＜一実施形態＞

［光干渉測距センサの構成］

図１０は、本発明の一実施形態に係る光干渉測距センサ１００の構成概要を示す模式図である。図１０に示されるように、光干渉測距センサ１００は、コントローラ１０１とセンサヘッド１０２とを備える。コントローラ１０１は、波長掃引光源１１０と、干渉計１２０と、受光部１３０と、処理部１

４０とを備える。センサヘッド１０２は、光ファイバ１５０を介してコントローラ１０１と接続され、コリメートレンズ１６０及び対物レンズ１７０を含む。なお、波長掃引光源１１０から投光された光が供給され、計測対象物Ｔまでの距離を算出するための干渉光を生成するということから、干渉計１２０にセンサヘッド１０２を含めて干渉計と言うこともできる。

[0119] 波長掃引光源１１０は、連続的に波長を変化させながら光を投光する。すなわち、波長掃引光源１１０から投光される光は、継続して波長が変化している。

[0120] 干渉計１２０は、波長掃引光源１１０から投光された光が供給され、センサヘッド１０２により計測対象物Ｔに照射して反射される測定光と、測定光とは少なくとも一部異なる光路を辿る参照光とに基づく干渉光を生成する。例えば、干渉計１２０は、光カプラやサーキュレータ等で構成され、波長掃引光源１１０から投光された光を、光ファイバ１５０を介してセンサヘッド１０２に供給し、さらに、センサヘッド１０２からの戻り光を受光部１３０に導く。

[0121] 具体的には、波長掃引光源１１０から投光された光が干渉計１２０に供給され、光カプラ等の光分岐部によって光ファイバ１５０を介してセンサヘッド１０２に導かれる。センサヘッド１０２において、光ファイバ１５０から出射された光は、測定光としてコリメートレンズ１６０及び対物レンズ１７０を介して、計測対象物Ｔに照射される。計測対象物Ｔで反射された測定光は、対物レンズ１７０及びコリメートレンズ１６０を介して光ファイバ１５０に入射される。

[0122] また、干渉計１２０から光ファイバ１５０を介してセンサヘッド１０２に供給される光の一部は、参照光として、光ファイバ１５０の先端に設けられた参照面で反射される。そして、上述した測定光と当該参照光とが干渉することにより、測定光及び参照光の光路長差に応じた干渉光が生成される。

[0123] さらに、対物レンズ１７０は、例えば、表面に反射防止膜（ＡＲコート）をコーティングする等の対策により、光ファイバ１５０から出射された光の反

射を軽減している場合もあるものの、光ファイバ１５０から出射された光は、対物レンズ１７０の表面で反射され、当該反射光がコリメートレンズ１６０を介して光ファイバ１５０側に戻る。光干渉測距センサ１００のセンサヘッド１０２では、対物レンズ１７０を傾けて配置することにより、対物レンズ１７０の反射光のうち、光ファイバ１５０側に戻って当該光ファイバ１５０に入射される反射光を軽減している。当該反射光についての詳細は、後述する。

[0124] 受光部１３０は、干渉計１２０からの干渉光を受光して電気信号に変換する。具体的には、受光部１３０は、受光回路及びＡＤ変換部を有し、受光回路は、例えば、フォトディテクタである受光素子を含み、干渉計１２０からの光を受光し、受光量に応じた電気信号に変換する。ＡＤ変換部は、当該電気信号をアナログ信号からデジタル信号に変換する。

[0125] 処理部１４０は、受光部１３０によって変換された電気信号に基づいて、センサヘッド１０２から計測対象物Ｔまでの距離を算出する。例えば、処理部１４０は、ＦＰＧＡ等の集積回路で実現されるプロセッサであって、入力された各デジタル信号を、ＦＦＴを用いて周波数変換し、それに基づいて計測対象物Ｔまで距離が算出される。

[0126] なお、センサヘッド１０２から計測対象物Ｔまでの距離とは、典型的には、センサヘッド１０２の先端から計測対象物Ｔまでの距離であり、処理部１４０は、当該距離を算出するが、これに限定されるものではない。例えば、処理部１４０は、センサヘッド１０２から計測対象物Ｔまでの距離として、センサヘッド１０２に接続される光ファイバの先端から計測対象物Ｔまでの距離、センサヘッド１０２に配置される対物レンズ１７０から計測対象物Ｔまでの距離、又はセンサヘッド１０２内部において予め設定された基準位置から計測対象物Ｔまでの距離等を算出してもよい。

[0127] ここで、対物レンズ１７０での反射光、及び計測対象物Ｔでの反射光に基づいて、処理部１４０によって処理される波形信号について説明する。

[0128] 図１１Ａは、計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２から遠い場合における、

対物レンズ１７０での反射光及び計測対象物Ｔでの反射光の様子を示す図であり、図１１Ｂは、計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２から近い場合における、対物レンズ１７０での反射光及び計測対象物Ｔでの反射光の様子を示す図である。

[0129] 図１１Ａに示されるように、計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２から遠い場合には、処理部１４０によって処理される波形信号において、対物レンズ１７０での反射光に伴うピークと、計測対象物Ｔでの反射光に伴うピークとが離れている。

[0130] 図１１Ａにおいて、センサヘッド１０２に供給される光は、光ファイバ１５０から出射され、測定光として、コリメートレンズ１６０及び対物レンズ１７０を介してセンサヘッド１０２より計測対象物Ｔに照射される。当該計測対象物Ｔで反射された光は、センサヘッド１０２に戻り、対物レンズ１７０及びコリメートレンズ１６０を介して再び光ファイバ１５０に入射する。一方、センサヘッド１０２に供給される光の一部は、参照光として、光ファイバ１５０の先端（端面）が参照面となり、当該参照面で反射する。

[0131] そして、計測対象物Ｔで反射された測定光と、参照面で反射された参照光とが干渉して、干渉光が生成され、処理部１４０は、当該干渉光に基づいて、計測対象物Ｔまでの距離を算出する。図１１Ａの波形信号は、受光部１３０によって受光された干渉光に基づくものであって、処理部１４０は、計測対象物Ｔで反射された測定光と参照面で反射された参照光との干渉で現れるピークから、計測対象物Ｔまでの距離を算出する。

[0132] また、センサヘッド１０２に供給される光は、光ファイバ１５０から出射され、その一部は、コリメートレンズ１６０を介して対物レンズ１７０の表面で反射される。当該対物レンズ１７０で反射された光は、コリメートレンズ１６０を介して再び光ファイバ１５０側に戻る。ここで、対物レンズ１７０は、光ファイバ１５０から当該センサヘッド１０２内に出射される光の光軸Ｌの垂直方向に対して、所定角度だけ傾けて配置されているため、光ファイバ１５０に戻る反射光を軽減している。すなわち、対物レンズ１７０で反

射された光のスポットの中心が光ファイバ１５０のコア径より外側になるようにしている。

[0133] 仮に、対物レンズ１７０で反射された反射光が光ファイバ１５０に戻った場合には、当該反射光と参照面で反射された参照光との干渉でピークが現れるが、上述したように、対物レンズ１７０を傾けて配置していることにより、光ファイバ１５０に戻る対物レンズ１７０での反射光は軽減される。これにより、図１１Ａの波形信号において、当該反射光と参照面で反射された参照光との干渉によるピークは、現れ難くなる。

[0134] このように、図１１Ａの波形信号において、計測対象物Ｔで反射された測定光と参照面で反射された参照光との干渉で現れるピーク以外の不要なピークを現れ難くすることによって、処理部１４０は、計測対象物Ｔまでの距離を適切に算出することができる。

[0135] 特に、図１１Ｂに示されるように、計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２に近い場合には、その効果が顕著である。図１１Ｂにおいて、図１１Ａと同様に、計測対象物Ｔで反射された測定光と、光ファイバ１５０の先端（端面）の参照面で反射された参照光との干渉でピークが現れている。

[0136] ここで、計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２に近い場合には、当該計測対象物Ｔと対物レンズ１７０との距離が近い。このため、仮に、対物レンズ１７０で反射された反射光が光ファイバ１５０に戻った場合には、当該反射光と参照面で反射された参照光との干渉でピークが発生し、そのピークは、計測対象物Ｔで反射された測定光と、光ファイバ１５０の先端（端面）の参照面で反射された参照光との干渉で発生するピークと近くなる（図１１Ｂでは一部重なっている）。

[0137] 上述した図１１Ａと同様に、対物レンズ１７０を傾けて配置していることにより、光ファイバ１５０に戻る対物レンズ１７０での反射光は軽減され、図１１Ｂの波形信号においても、当該反射光と参照面で反射された参照光との干渉によるピークは、現れ難くなる。

[0138] このように、図１１Ｂの波形信号において、計測対象物Ｔで反射された測

定光と参照面で反射された参照光との干渉で現れるピーク以外の不要なピークを現れ難くすることによって、処理部１４０は、計測対象物Ｔまでの距離を適切に算出することができる。

[0139] 次に、対物レンズ１７０の傾きについて、詳しく説明する。

図１２は、光ファイバ１５０からセンサヘッド１０２内に出射される光の光軸Ｌの垂直方向に対して、対物レンズ１７０が所定角度θだけ傾けて配置されている様子を模式的に示す図である。図１２に示されるように、コリメートレンズ１６０の焦点距離ｆ、光ファイバ１５０の開口数ＮＡ、光ファイバ１５０のコア半径ｒ及び光の波長λとする。

[0140] 光の強度が中心強度の（１／ｅ）^{2}となる半径であるスポット半径W_0は、下記（数２）で表すことができる。

$W_0 \fallingdotseq 0.82\lambda / NA$ ・・・（数２）

[0141] 光軸Ｌの垂直方向に対して、対物レンズ１７０が所定角度θだけ傾けて配置されているため、対物レンズ１７０での反射光は、コリメートレンズ１６０を介して再び光ファイバ１５０側に戻るところ、その反射光のスポットの中心Ｓは、光ファイバ１５０のコアの中心から距離ｄだけずれることになる。距離ｄは、下記（数３）を用いて表すことができる。

$d = f \tan\theta$ ・・・（数３）

[0142] そして、スポット半径W_0の２倍の位置におけるビーム強度は、ピーク強度の０．１％（例えば、ガウシアン分布では、ガウシアン半径の２倍の位置における強度は、ピーク値の０．０００３）となり、ほとんど無視できるレベルであると考えられる。つまり、距離ｄは、下記（数４）を満たすことで、対物レンズ１７０での反射光のうち、光ファイバ１５０のコアに戻る光は無視できると考えられる。

$d > r + 2W_0$ ・・・（数４）

[0143] すなわち、上記（数２）～（数４）を用いて、対物レンズ１７０が光軸Ｌの垂直方向に対して傾けて配置される所定角度θは、下記（数５）を満たすとよい。

θ＞ａｒｃｔａｎ｛（ｒ＋１．６４λ／ＮＡ）／ｆ｝　・・・（数５）

[0144] これにより、対物レンズ１７０での反射光のスポットの中心Ｓが光ファイバ１５０のコア径より外側になって、光ファイバ１５０のコア径に入射される反射光の強度は、無視できる程度まで小さくなる。

[0145] 換言すると、上記（数５）を満たさない場合には、対物レンズ１７０での反射光のうち、光ファイバ１５０のコアに戻る光は無視できない程度に大きくなり、例えば、図１１Ｂに示された波形信号において、不要ピークが現れると、計測対象物Ｔまでの距離を適切に算出することができなくなるおそれがある。例えば、振動などが原因で、対物レンズ１７０の角度が光軸Ｌの垂直方向に近づいた場合、その旨を通知し、上記（数４）を満たさなくなる前に、対物レンズ１７０の配置を調整するとよい。

[0146] より具体的には、対物レンズ１７０が光軸Ｌの垂直方向に対して傾けて配置される所定角度θが閾値よりも小さくなると、その旨を通知するとよい。ここで、閾値は、上記（数５）に示されたａｒｃｔａｎ｛（ｒ＋１．６４λ／ＮＡ）／ｆ｝以上である。

[0147] 以上のように、本発明の一態様に係る光干渉測距センサ１００によれば、センサヘッド１０２における対物レンズ１７０は、光ファイバ１５０から当該センサヘッド１０２内に出射される光の光軸Ｌの垂直方向に対して、所定角度θだけ傾けて配置されているため、当該対物レンズ１７０による反射光の影響を軽減し、計測対象物Ｔまでの距離を適切に計測することができる。

[0148] 特に、図１１Ｂに示されたように、計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２と近い場合において、対物レンズ１７０による反射光の影響で不要ピークが現れ難くし、光干渉測距センサ１００で計測不可能な不感帯が存在しないようにすることができる。すなわち、計測対象物Ｔがセンサヘッド１０２と近い場合であっても、計測対象物Ｔまでの距離を適切に計測することができる。

[0149] なお、本実施形態では、センサヘッド１０２には、コリメートレンズ１６０及び対物レンズ１７０が配置されていたが、これに限定されるものではな

く、例えば、さらに、コリメートレンズを配置したり、逆に、レンズを１枚の構成にしたりしてもよい。

[0150] 図１３は、１枚のレンズで構成されるセンサヘッドの具体例を示す図である。図１３（Ａ）に示されるように、センサヘッド２０２は、所定角度だけ傾けたコリメートレンズ１６１が配置されている。また、図１３（Ｂ）に示されるように、センサヘッド２０３は、所定角度だけ傾けた対物レンズ１７１が配置されている。

[0151] このように、コリメートレンズ１６１及び対物レンズ１７１が所定角度だけ傾けて配置されることにより、コリメートレンズ１６１及び対物レンズ１７１による反射光のうち、光ファイバ１５０のコアに戻る光を軽減し、不要ピークが現れ難くすることができる。

[0152] なお、１枚のレンズで構成されるセンサヘッドでは、配置されるコリメートレンズ１６１及び対物レンズ１７１は、所定角度として、５度以上傾けて配置されることが好ましい。

[0153] また、ここでは、コリメートレンズ１６１の表面は、光ファイバ１５０からの光が入射される側を平面形状である例に挙げているが、本実施形態において、コリメートレンズの表面は、凸形状であってもよい。

[0154] さらに、本実施形態では、所定角度だけ傾けて配置された光学素子として、コリメートレンズ及び対物レンズを例に挙げて説明したが、これらに限定されるものではなく、例えば、光学フィルタ、偏光素子、波長板、ビームスプリッター、回折格子、プリズム、及び回折光学素子やその他の光学レンズ等であってもよい。また、これらの光学素子は、典型的には、透過型の光学素子であり、少なくとも１つ以上配置されればよい。

[0155] ［干渉計の変形例］

上述した実施形態では、光干渉測距センサ１００は、干渉計１２０において光ファイバの先端を参照面とすることで参照光を発生させるフィゾー型干渉計を用いていたが、干渉計は、これに限定されるものではない。

[0156] 図１４は、測定光と参照光とを用いて干渉光を発生させる干渉計のバリエ

ーションを示す図である。図１４（ａ）では、干渉計における光分岐部１２１によって分岐された光路において、光ファイバの先端（端面）を参照面とする参照光と、センサヘッドから照射され計測対象物Ｔで反射される測定光との光路長差に基づいて干渉光が生成される。上述した実施形態に係る光干渉測距センサ１００の干渉計の構成であり（フィゾー型干渉計）、当該参照面は、光ファイバと空気との屈折率の違いによって光が反射するように構成されていてもよい（フレネル反射）。また、光ファイバの先端に反射膜をコーティングしてもよいし、光ファイバの先端に無反射コーティングを施して、別途、レンズ面等の反射面を配置してもよい。

[0157] 図１４（ｂ）では、干渉計における光分岐部１２１によって分岐された光路において、計測対象物Ｔに測定光を導く測定光路Ｌｍと、参照光を導く参照光路Ｌｒとを形成し、参照光路Ｌｒの先には参照面が配置されている（マイケルソン型干渉計）。参照面は、光ファイバの先端に反射膜をコーティングしてもよいし、光ファイバの先端に無反射コーティングを施して、別途、ミラー等を配置してもよい。当該構成では、測定光路Ｌｍの光路長と参照光路Ｌｒの光路長とで光路長差を設けることによって干渉光が生成される。

[0158] 図１４（ｃ）では、干渉計における光分岐部１２１によって分岐された光路において、計測対象物Ｔに測定光を導く測定光路Ｌｍと、参照光を導く参照光路Ｌｒとを形成し、参照光路Ｌｒには、バランスディテクタが配置されている（マッハツェンダ型干渉計）。当該構成では、測定光路Ｌｍと参照光路Ｌｒの光路長とで光路長差を設けることによって、干渉光が生成される。

[0159] このように、干渉計は、実施形態で説明したフィゾー型干渉計に限定されるものではなく、例えば、マイケルソン型干渉計やマッハツェンダ型干渉計であってもよいし、測定光と参照光との光路長差を設定することによって干渉光を発生させることができれば、どのような干渉計を適用してもよいし、これらの組み合わせ等やその他の構成を適用してもよい。

[0160] なお、本発明の実施形態では、光干渉測距センサ１００は、シングルチャネルとして説明したが、これに限定されるものではなく、例えば、波長掃引

光源１１０から投光された光を、複数の光カプラ等を用いて分岐させて、多段式の光干渉測距センサとして構成してもよい。本発明は、多段式の光干渉測距センサに適用することも可能である。

[0161] 以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。実施形態が備える各要素並びにその配置、材料、条件、形状及びサイズ等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、異なる実施形態で示した構成同士を部分的に置換し又は組み合わせることが可能である。

[0162] ［附記］

波長を変化させながら光を投光する光源（１１０）と、

前記光源から投光された光が供給され、センサヘッドにより計測対象物に照射して反射される測定光と、前記測定光とは少なくとも一部異なる光路を辿る参照光とに基づく干渉光を生成する干渉計（１２０）と、

前記干渉計からの干渉光を受光して電気信号に変換する受光部（１３０）と、

前記受光部によって変換された電気信号に基づいて、前記センサヘッドから前記計測対象物までの距離を算出する処理部（１４０）と、を備え、

前記センサヘッド（１０２）は、

前記光源から投光された光を当該センサヘッドに導くための光ファイバ（１５０）に接続され、

前記光ファイバから当該センサヘッド内に出射される光の光軸（Ｌ）の垂直方向に対して、所定角度だけ傾けて配置された光学素子を含む、

光干渉測距センサ（１００）。

符号の説明

[0163] １…センサシステム、１０…変位センサ、１１…制御機器、１２…制御信号入力用センサ、１３…外部接続機器、２０…センサヘッド、２１…対物レンズ、２２ａ～２２ｃ…コリメートレンズ、２３…レンズホルダ、２４…光ファイバアレイ、３０…コントローラ、３１…表示部、３２…設定部、３３…

外部インタフェース（Ｉ／Ｆ）部、３４…光ファイバ接続部、３５…外部記憶部、３６…計測処理部、４０…光ファイバ、５１…波長掃引光源、５２…光増幅器、５３，５３ａ～５３ｂ…アイソレータ、５４，５４ａ～５４ｅ…光カプラ、５５…減衰器、５６ａ～５６ｃ…受光素子、５８…ＡＤ変換部、５９…処理部、６０…バランスディテクタ、６１…補正信号生成部、７１ａ～７１ｅ…受光素子、７２ａ～７２ｃ…増幅回路、７４ａ～７４ｃ…ＡＤ変換部、７５…処理部、７６…差動増幅回路、７７…補正信号生成部、１００…光干渉測距センサ、１０１…コントローラ、１０２，２０２，２０３…センサヘッド、１１０…波長掃引光源、１２０…干渉計、１２１…光分岐部、１３０…受光部、１４０…処理部、１５０…光ファイバ、１６０，１６１…コリメートレンズ、１７０，１７１…対物レンズ、Ｔ…計測対象物、Ｌ…光軸、Ｌｍ…測定光路、Ｌｒ…参照光路

請求の範囲

[請求項1] 波長を変化させながら光を投光する光源と、

前記光源から投光された光が供給され、センサヘッドにより計測対象物に照射して反射される測定光と、前記測定光とは少なくとも一部異なる光路を辿る参照光とに基づく干渉光を生成する干渉計と、

前記干渉計からの干渉光を受光して電気信号に変換する受光部と、

前記受光部によって変換された電気信号に基づいて、前記センサヘッドから前記計測対象物までの距離を算出する処理部と、を備え、

前記センサヘッドは、

前記光源から投光された光を当該センサヘッドに導くための光ファイバに接続され、

前記光ファイバから当該センサヘッド内に出射される光の光軸の垂直方向に対して、所定角度だけ傾けて配置された光学素子を含む、

光干渉測距センサ。

[請求項2] 前記所定角度だけ傾けて配置された光学素子は、コリメートレンズ、対物レンズ、光学フィルタ、偏光素子、波長板、ビームスプリッター、回折格子、プリズム、及び回折光学素子のうち少なくとも１つ以上である、

請求項１に記載の光干渉測距センサ。

[請求項3] 前記センサヘッドは、前記光ファイバとの接続側から順に、コリメートレンズ、及び前記所定角度だけ傾けて配置された対物レンズを含み、

前記光ファイバから当該センサヘッド内に出射される光が前記対物レンズで反射し、当該反射光は前記コリメートレンズを介して、当該反射光のスポットの中心が前記光ファイバのコア径より外側になる、

請求項１に記載の光干渉測距センサ。

[請求項4] 前記コリメートレンズの焦点距離ｆ、前記光ファイバの開口数ＮＡ、前記光ファイバのコア半径ｒ及び前記光の波長λを用いて、前記所

定角度θは、

θ＞ａｒｃｔａｎ｛（ｒ＋１．６４λ／ＮＡ）／ｆ｝

を満たす、

請求項３に記載の光干渉測距センサ。

[請求項5] 前記所定角度が閾値よりも小さくなると、その旨を通知する、

請求項１に記載の光干渉測距センサ。

[請求項6] 波長を変化させながら光を投光する光源と、

前記光源から投光された光が供給され、センサヘッドにより計測対象物に照射して反射される測定光と、前記測定光とは少なくとも一部異なる光路を辿る参照光とに基づく干渉光を生成する干渉計と、

前記干渉計からの干渉光を受光して電気信号に変換する受光部と、

前記受光部によって変換された電気信号に基づいて、前記センサヘッドから前記計測対象物までの距離を算出する処理部と、を備え、

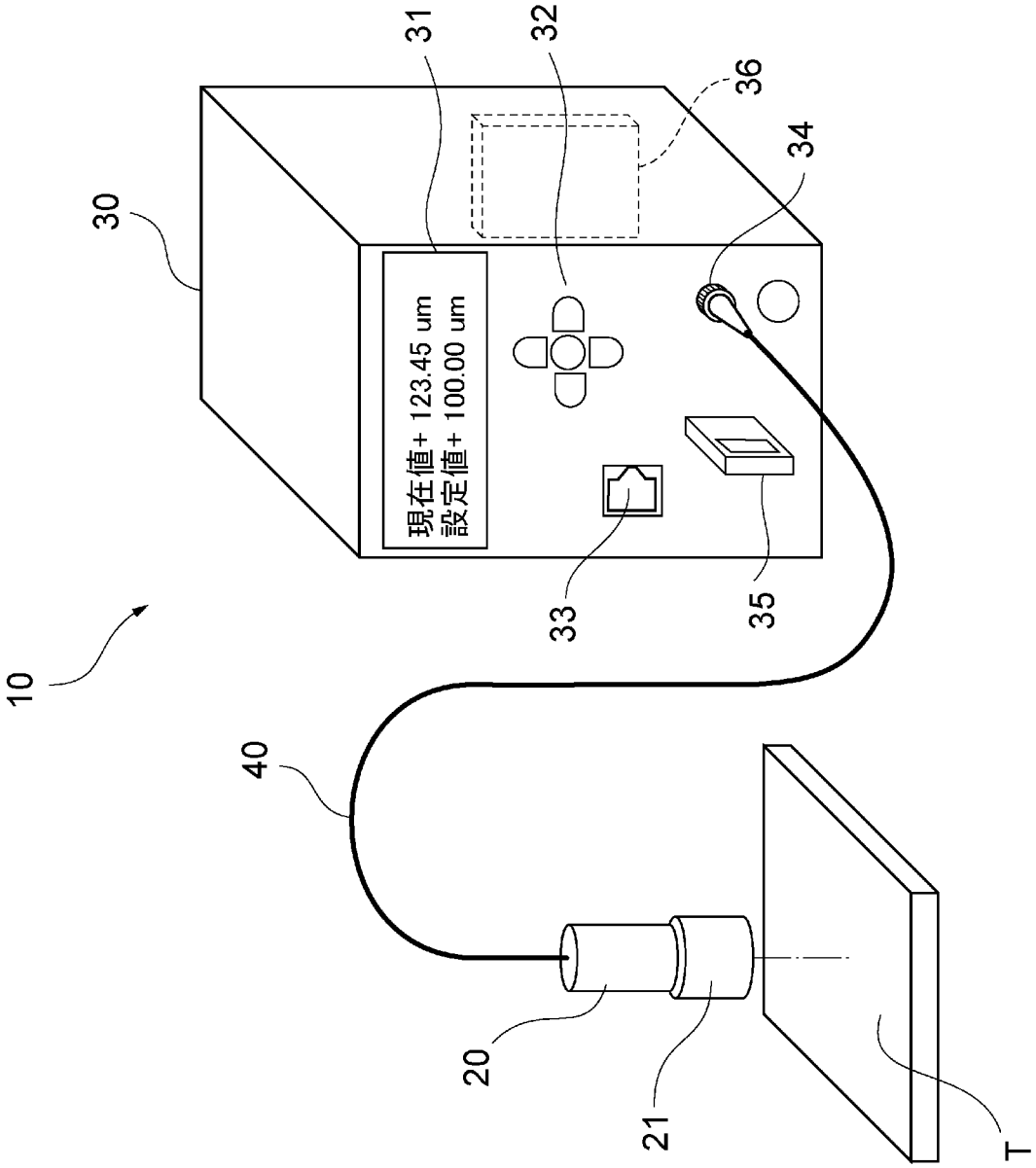
前記センサヘッドは、

前記光源から投光された光を当該センサヘッドに導くための光ファイバに接続され、

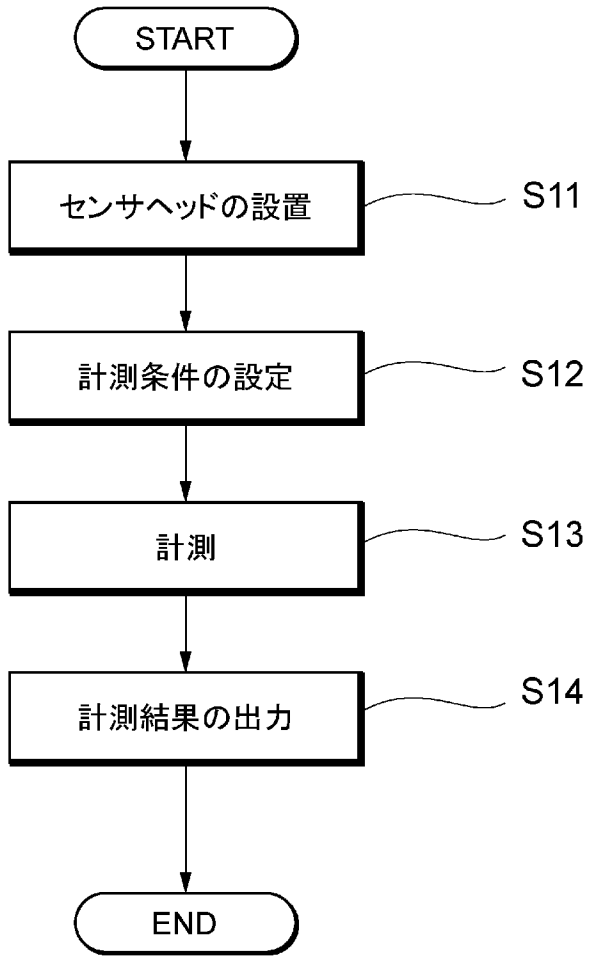
前記光ファイバから当該センサヘッド内に出射される光が反射し、当該反射光のスポットの中心が前記光ファイバのコア径より外側になるように、所定角度だけ傾けて配置された光学素子を含む、

光干渉測距センサ。

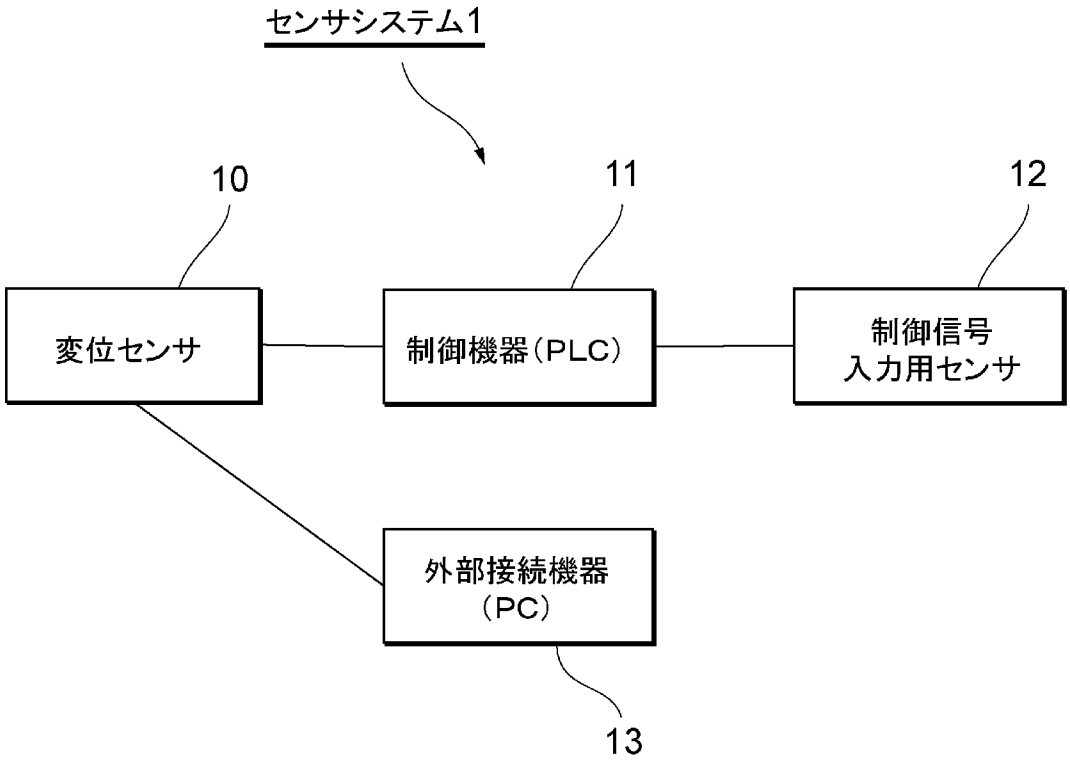
[図1]



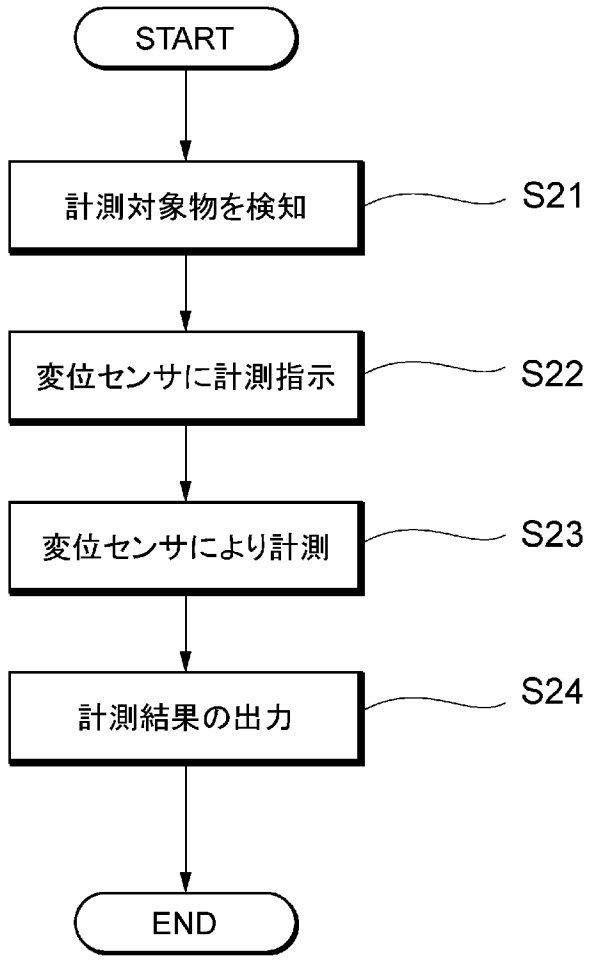
[図2]



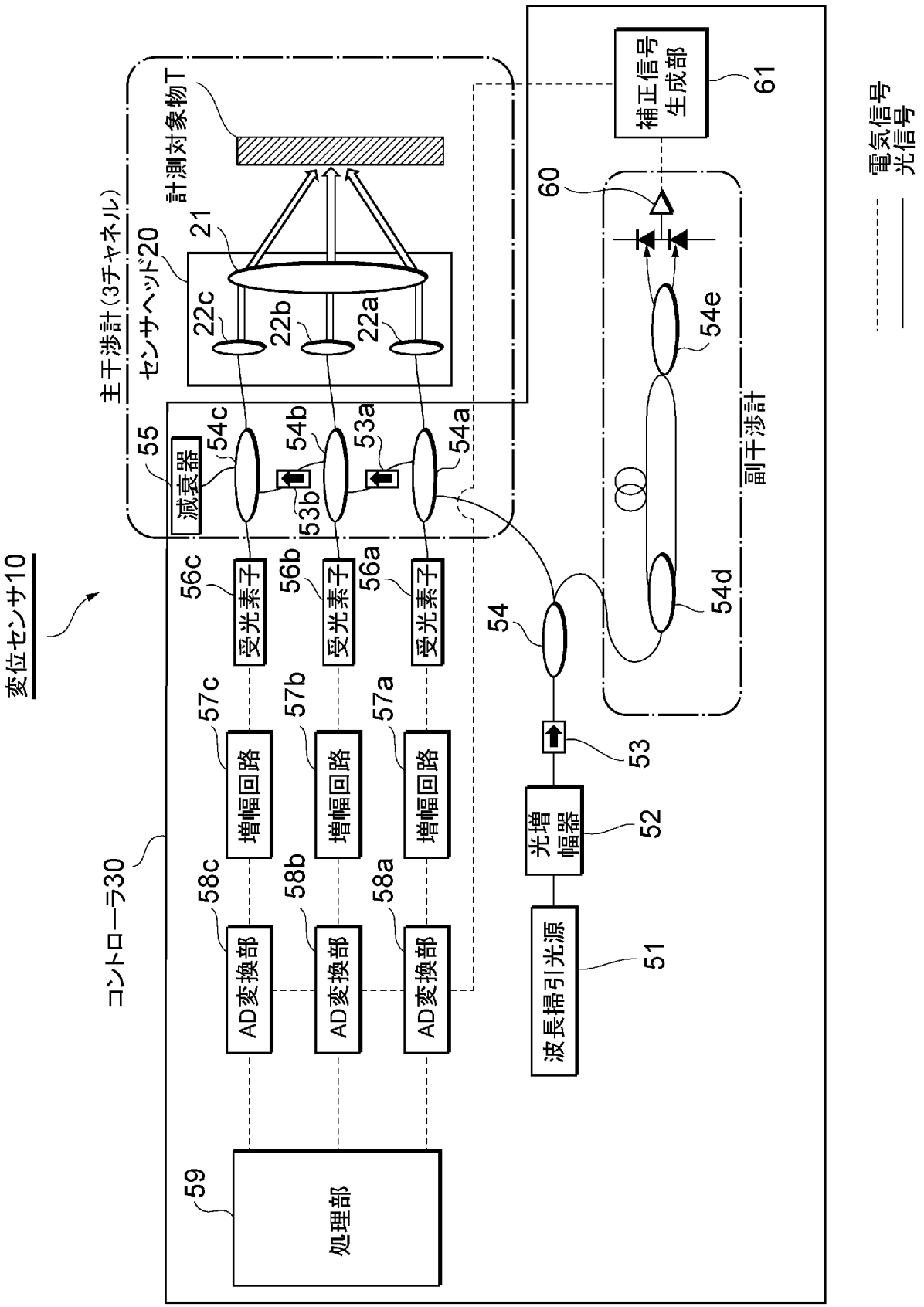
[図3]



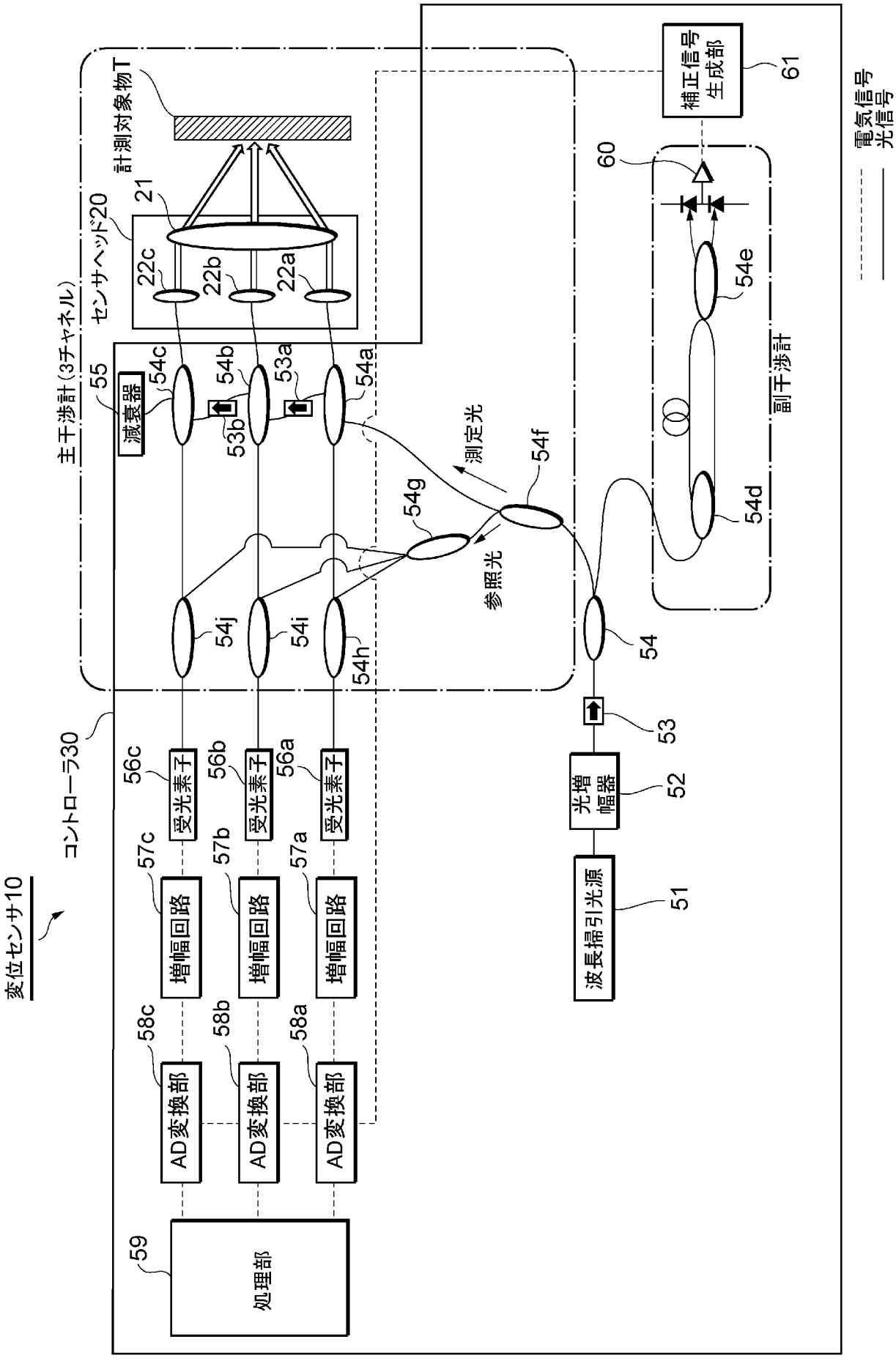
[図4]


START
計測対象物を検知
S21
変位センサに計測指示
S22
変位センサにより計測
S23
計測結果の出力
S24
END

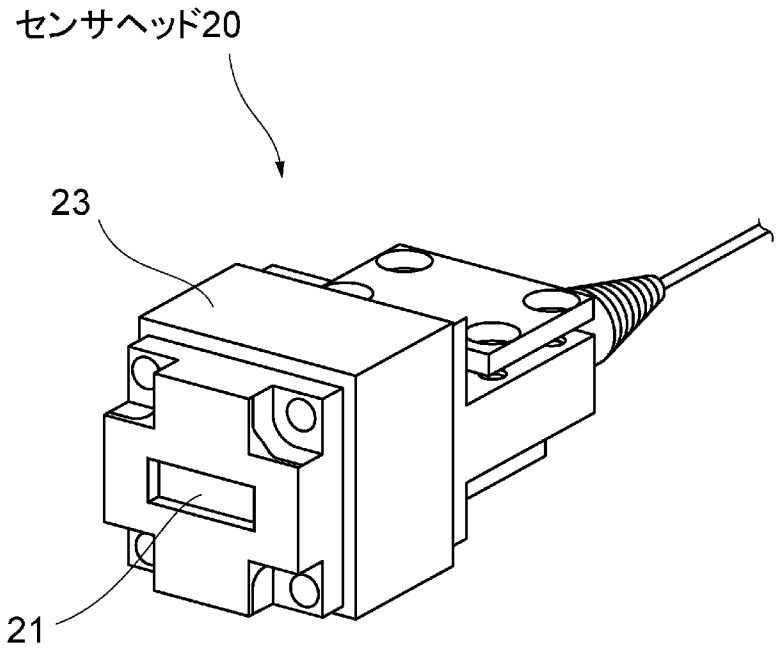
[図5A]


変位センサ10
コントローラ30
主干渉計(3チャネル)
センサヘッド20
計測対象物T
21
22c
22b
22a
55
減衰器
54c
54b
53b
53a
54a
56c
56b
56a
受光素子
57c
57b
57a
増幅回路
58c
58b
58a
AD変換部
59
処理部
54
53
光増幅器
52
波長掃引光源
51
副干渉計
54e
54d
60
補正信号生成部
61
電気信号
光信号

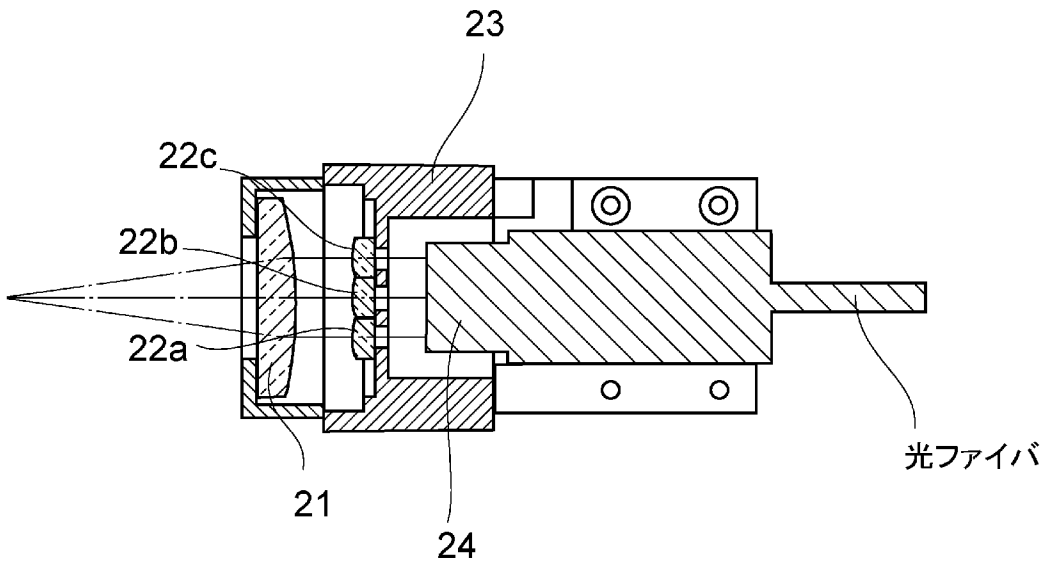
[図5B]


変位センサ10
コントローラ30
主干渉計(3チャネル)
センサヘッド20
計測対象物T
21
22c
22b
22a
55
減衰器
54c
54b
53b
53a
54a
測定光
参照光
54f
54g
54j
54i
54h
54
副干渉計
54e
54d
60
61
補正信号生成部
53
光増幅器
52
波長掃引光源
51
受光素子
56c
56b
56a
増幅回路
57c
57b
57a
AD変換部
58c
58b
58a
処理部
59
電気信号
光信号

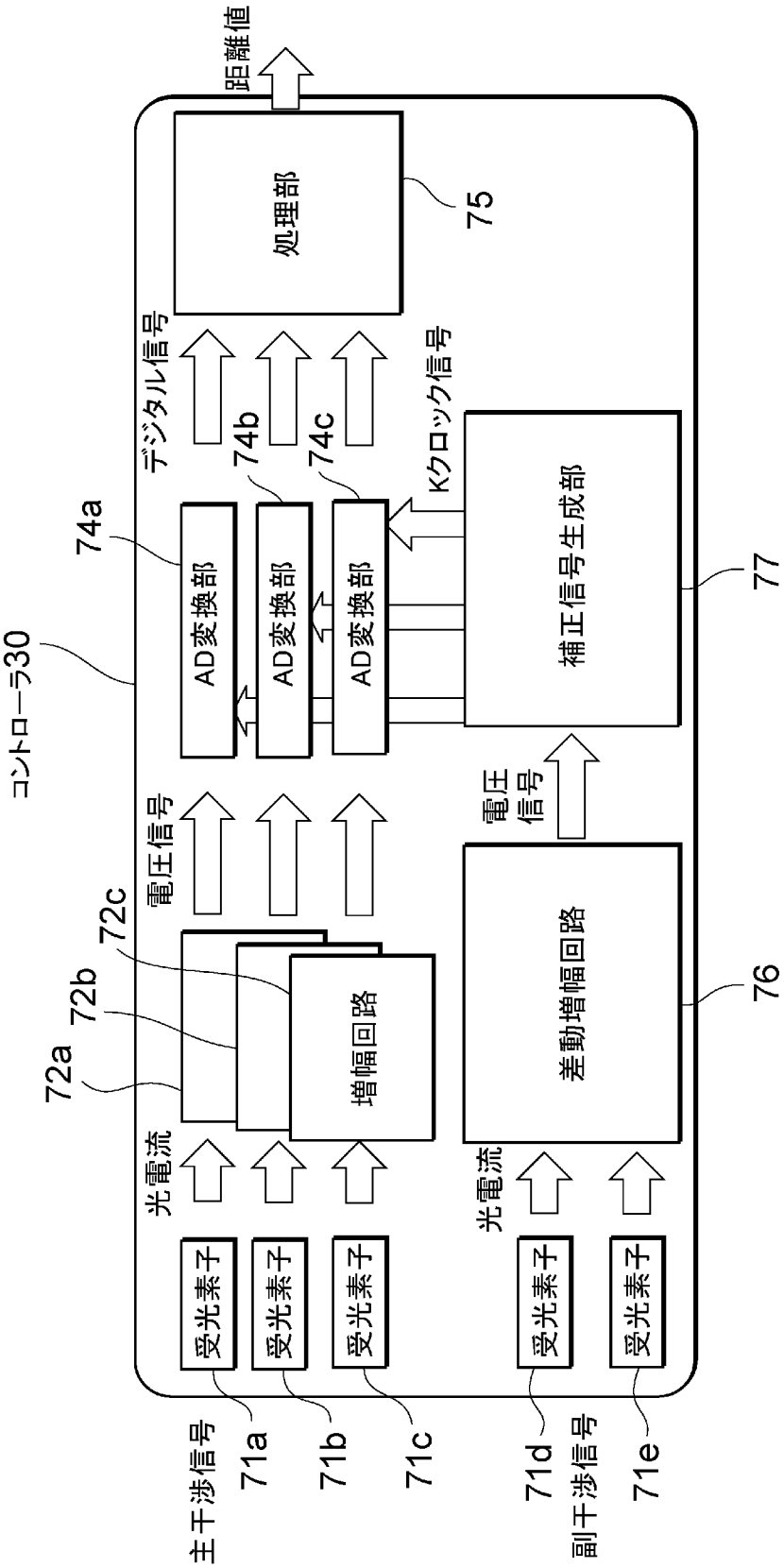
[図6A]



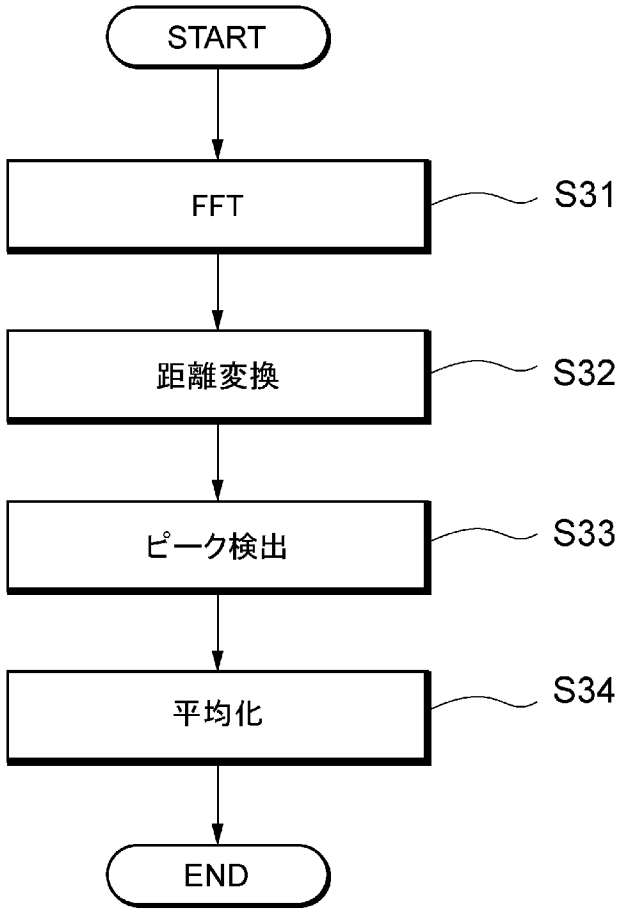
[図6B]



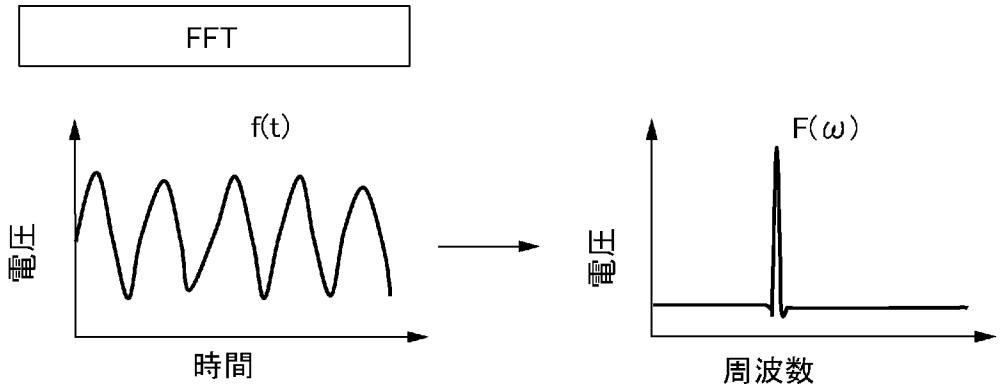
[図7]


距離値
処理部
75
デジタル信号
74b
74c
Kクロック信号
74a
AD変換部
AD変換部
AD変換部
補正信号生成部
77
コントローラ30
電圧信号
電圧信号
72c
72b
72a
増幅回路
差動増幅回路
76
光電流
光電流
受光素子
受光素子
受光素子
受光素子
受光素子
主干渉信号
71a
71b
71c
71d
副干渉信号
71e

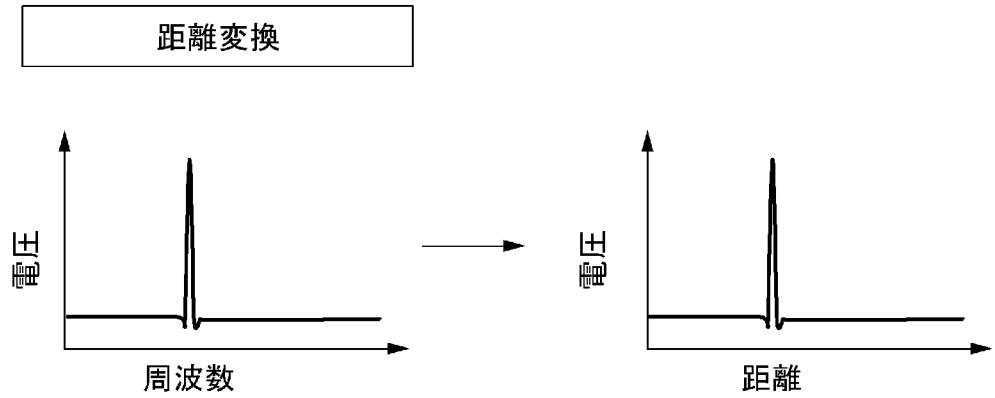
[図8]


START
FFT
S31
距離変換
S32
ピーク検出
S33
平均化
S34
END

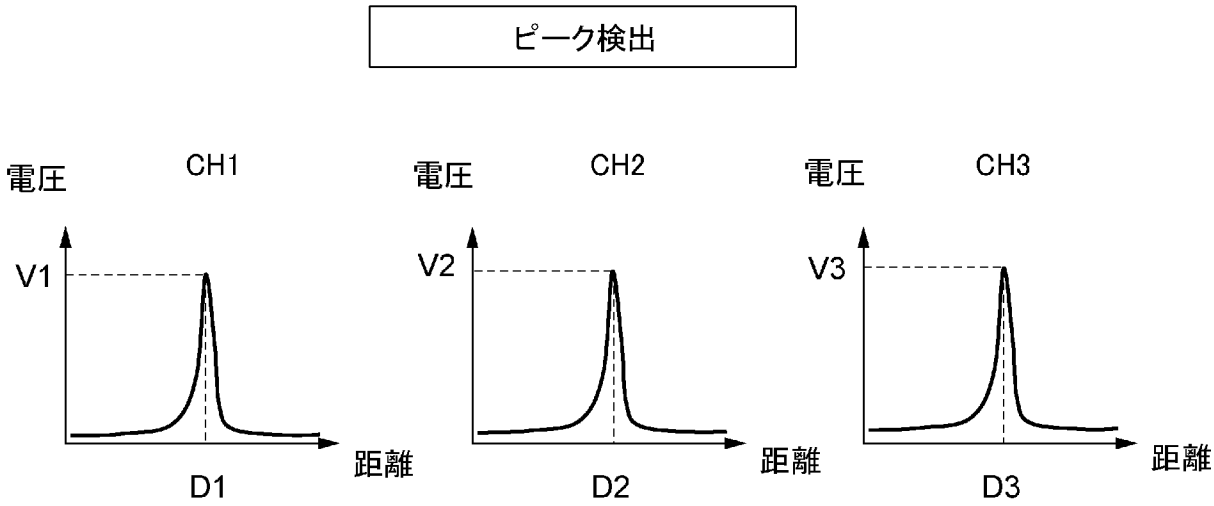
[図9A]


FFT
f(t)
電圧
時間
F(ω)
電圧
周波数

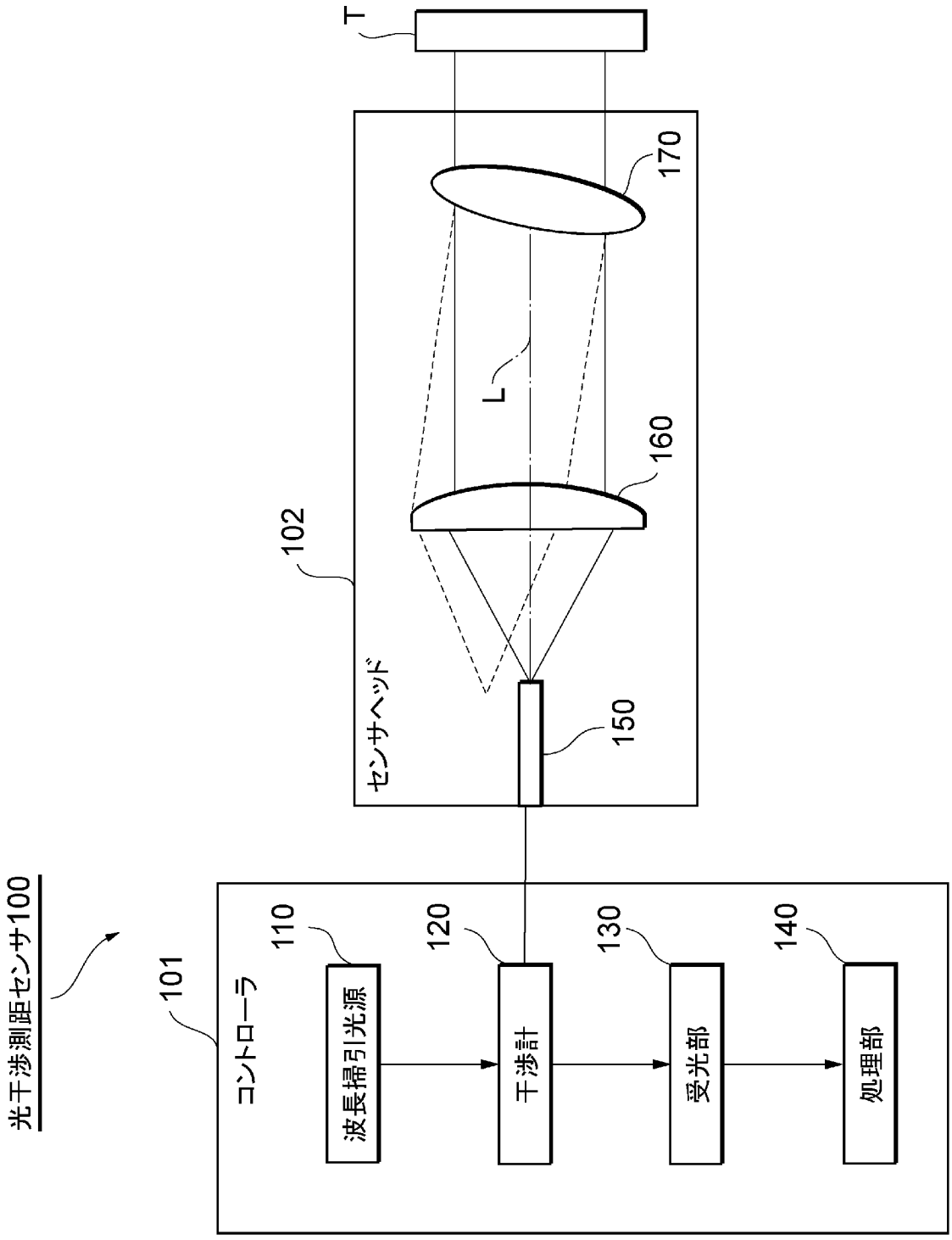
[図9B]


距離変換
電圧
周波数
電圧
距離

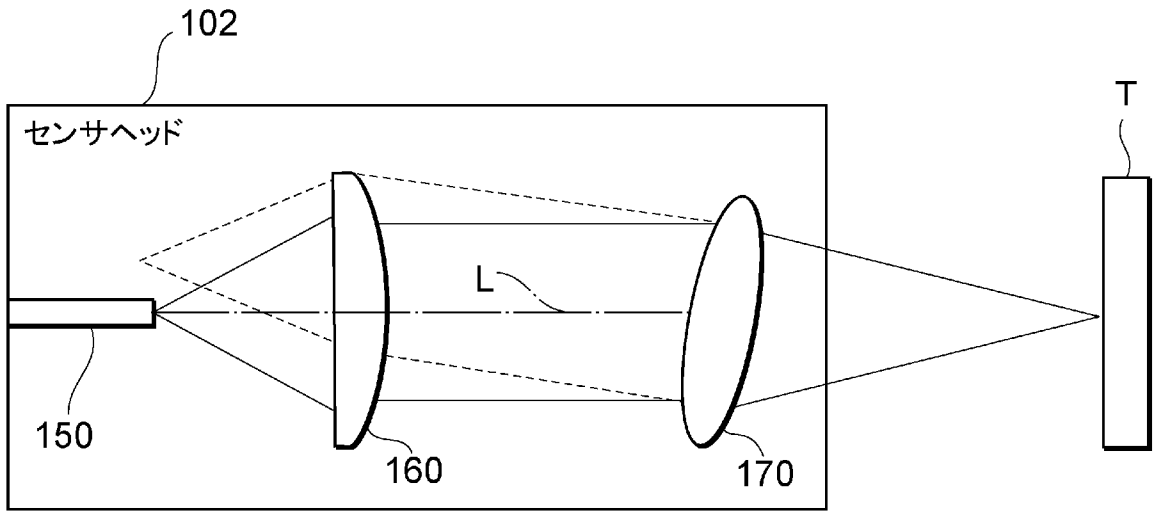
[図9C]

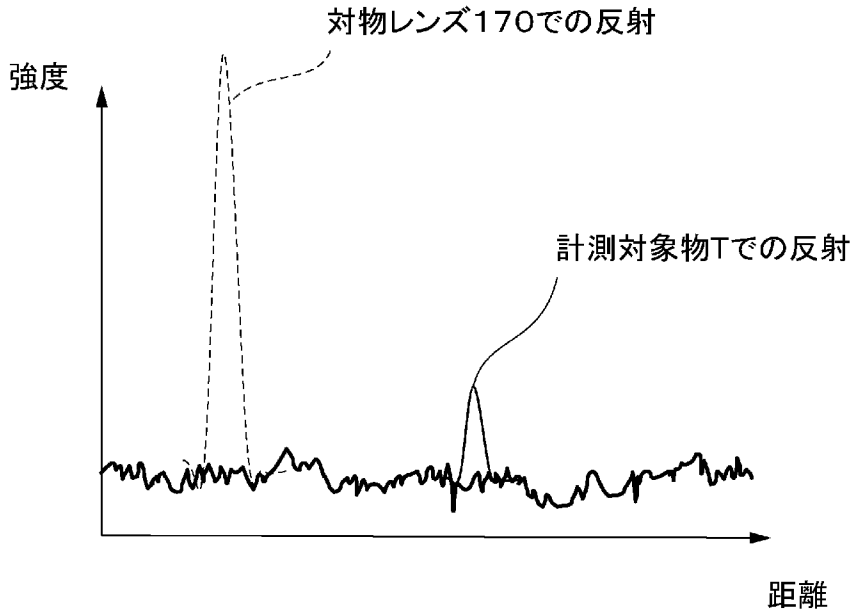

ピーク検出
電圧
CH1
V1
D1
距離
電圧
CH2
V2
D2
距離
電圧
CH3
V3
D3
距離

[図10]

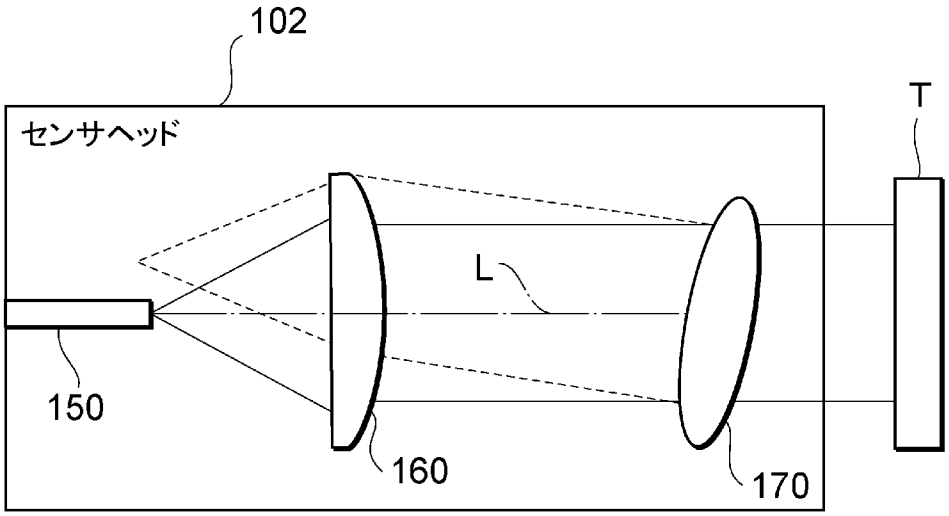

光干渉測距センサ100
101
コントローラ
110
波長掃引光源
120
干渉計
130
受光部
140
処理部
102
センサヘッド
150
160
170
L
T

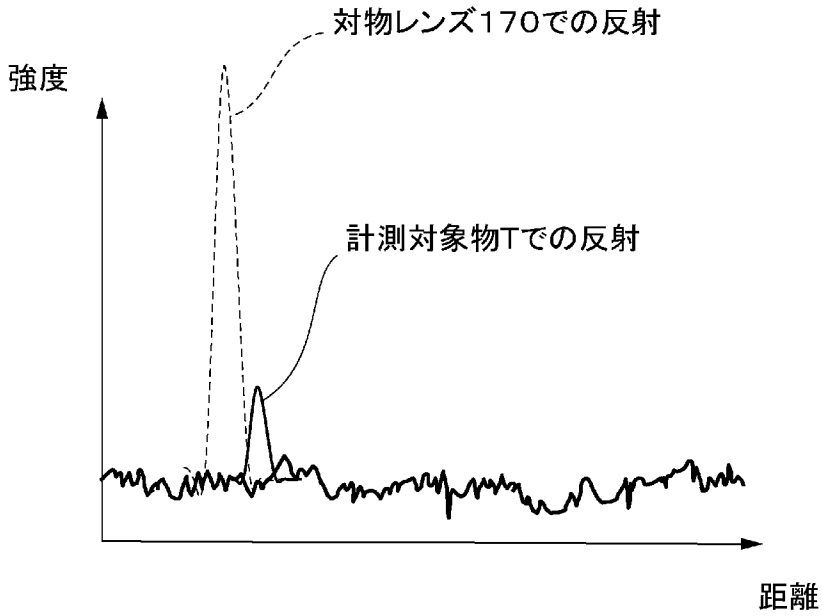
[図11A]



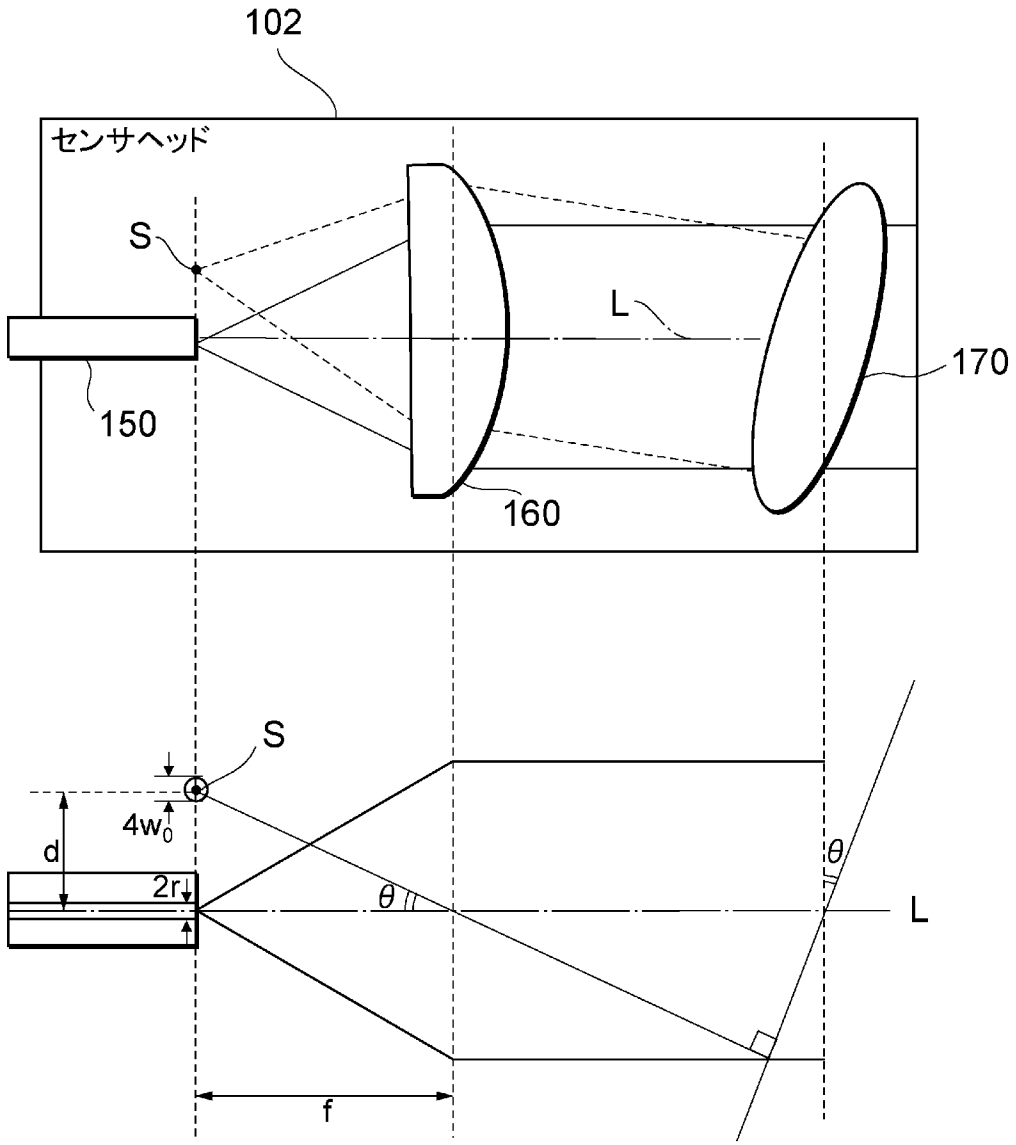


[図11B]

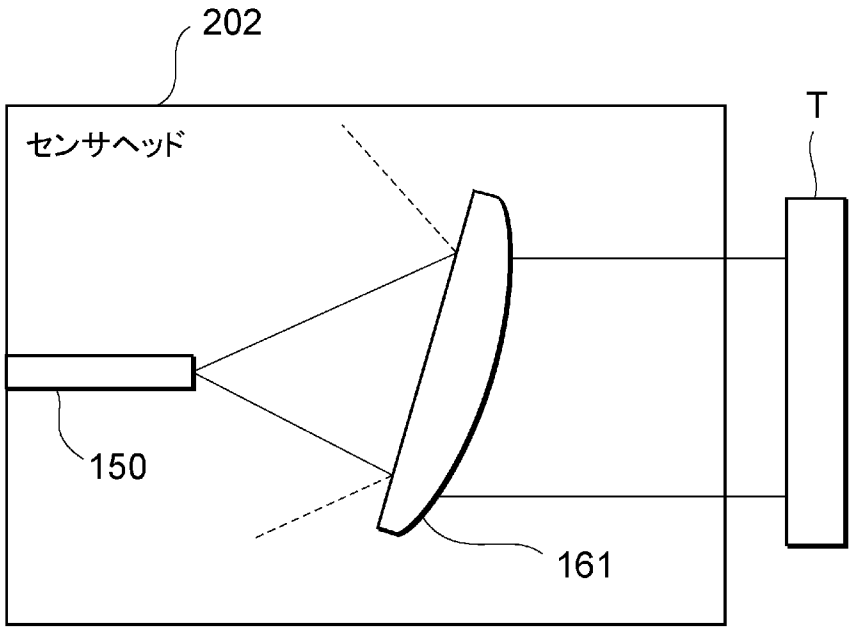




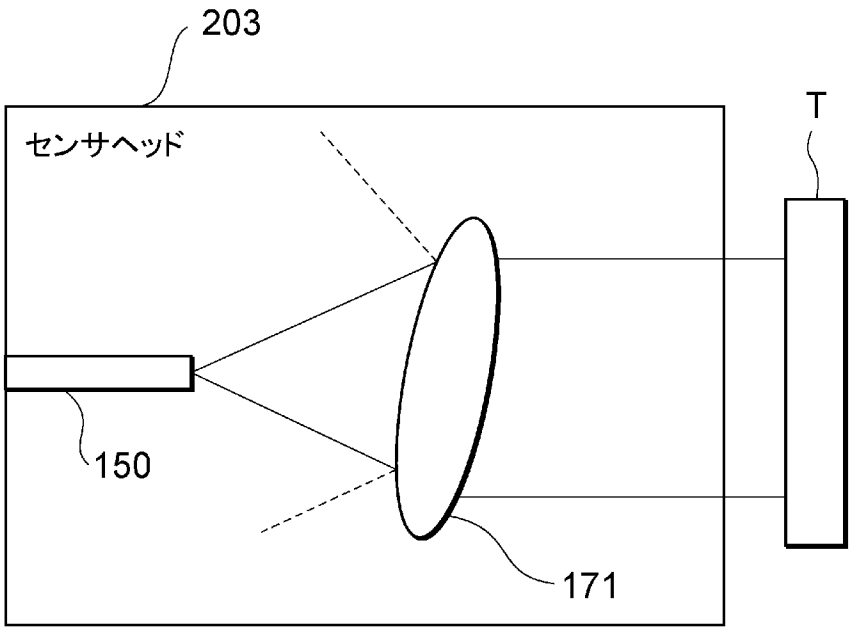
[図12]



[図13]

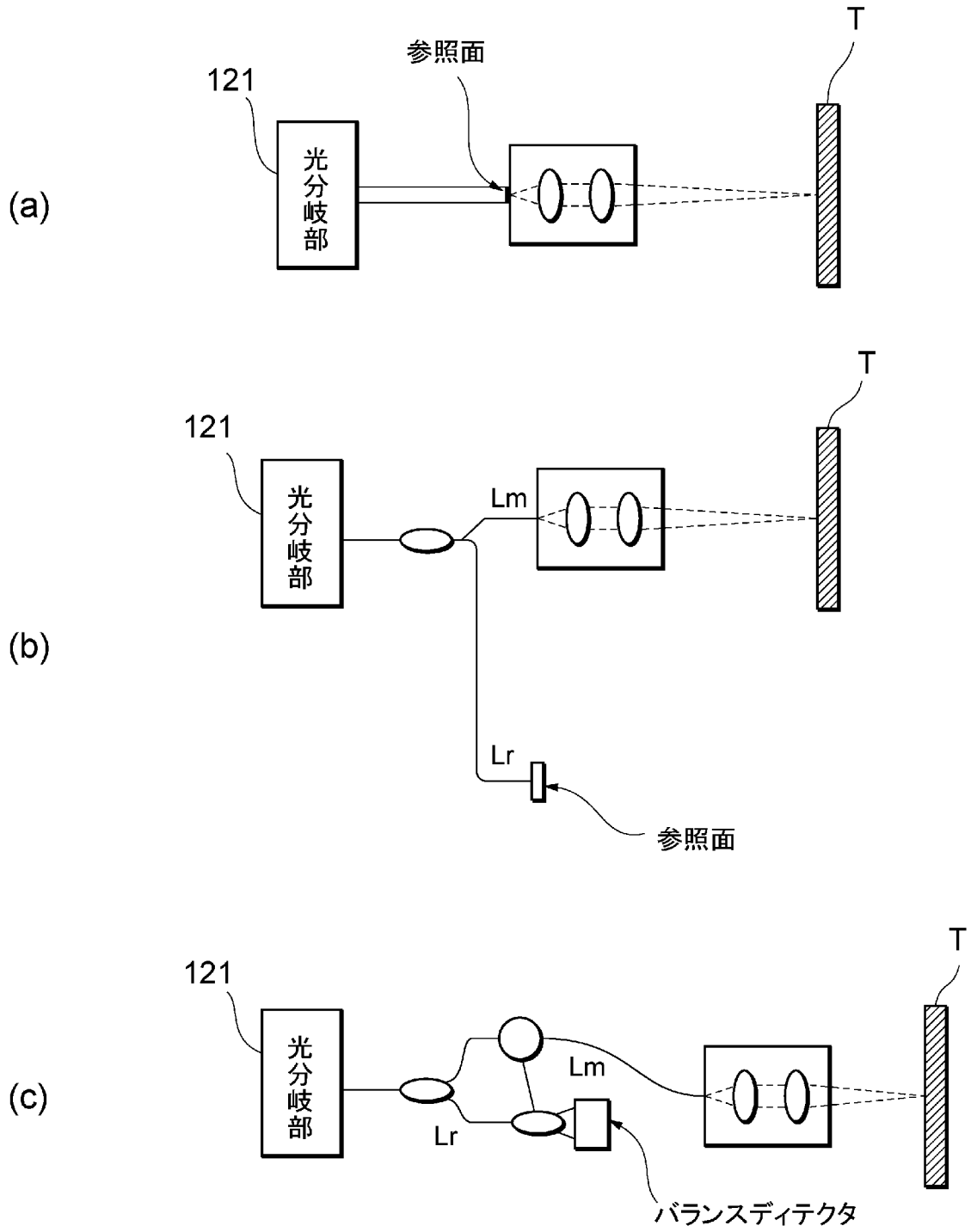


(A)



(B)

[図14]


(a)
121
光分岐部
参照面
T
(b)
121
光分岐部
Lm
Lr
参照面
T
(c)
121
光分岐部
Lm
Lr
バランスディテクタ
T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/026344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 11/00(2006.01)i; ***G01B 9/02004***(2022.01)i; ***G01B 9/02056***(2022.01)i
FI: G01B11/00 G; G01B9/02056; G01B9/02004

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B11/00; G01B9/02004; G01B9/02056

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2018-084434 A (TOUKIYOU SEIMITSU K.K.) 31 May 2018 (2018-05-31) paragraphs 1, 29-84, fig. 1-9	1, 2, 6
Y	JP 2008-268093 A (YOKOGAWA ELECTRIC CORP.) 06 November 2008 (2008-11-06) 5, 6, 12, 15-19, fig. 1-5	1, 6
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 072389/1986 (Laid-open No. 184406/1987) (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) 24 November 1987 (1987-11-24), p. 3, line 8 to p. 7, line 18, fig. 1-5	1, 2, 6
A	JP 2006-322912 A (YAMATAKE CORP.) 30 November 2006 (2006-11-30) entire text, all drawings	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 September 2023	**03 October 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/026344

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-084434 A	31 May 2018	(Family: none)	
JP 2008-268093 A	06 November 2008	(Family: none)	
JP 62-184406 U1	24 November 1987	(Family: none)	
JP 2006-322912 A	30 November 2006	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/026344

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01B 11/00(2006.01)i; G01B 9/02004(2022.01)i; G01B 9/02056(2022.01)i
FI: G01B11/00 G; G01B9/02056; G01B9/02004

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01B11/00; G01B9/02004; G01B9/02056

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2018-084434 A (株式会社東京精密) 31.05.2018 (2018-05-31) 段落１，２９－８４，図１－９	1,2,6
Y	JP 2008-268093 A (横河電機株式会社) 06.11.2008 (2008-11-06) ５，６，１２，１５－１９，図１－５	1,6
Y	日本国実用新案登録出願61-072389号(日本国実用新案登録出願公開62-184406号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（三菱電線工業株式会社）24.11.1987 (1987-11-24) 第３頁第８行-第７頁第１８行，図１－５	1,2,6
A	JP 2006-322912 A (株式会社山武) 30.11.2006 (2006-11-30) 全文全図	1-6

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
19.09.2023	03.10.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
櫻井　仁 2S 9008

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/026344

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-084434 A	31.05.2018	（ファミリーなし）	
JP 2008-268093 A	06.11.2008	（ファミリーなし）	
JP 62-184406 U1	24.11.1987	（ファミリーなし）	
JP 2006-322912 A	30.11.2006	（ファミリーなし）	