(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3639377号
(P3639377)
(45)発行日　平成17年4月20日(2005.4.20)　(24)登録日　平成17年1月21日(2005.1.21)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G01B 11/00	G01B	11/00	G
G01B 9/02	G01B	9/02	
G01D 5/26	G01D	5/26	F

請求項の数 15　(全 20 頁)

(21)出願番号　特願平8-70487
(22)出願日　平成8年3月26日(1996.3.26)
(65)公開番号　特開平9-257421
(43)公開日　平成9年10月3日(1997.10.3)
審査請求日　平成15年3月26日(2003.3.26)

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100058479
弁理士　鈴江　武彦
(72)発明者　伊藤　正孝
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号　オリンパス光学工業株式会社内

審査官　白石　光男

(56)参考文献　特開平０７－０５５４２３（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光学式変位センサ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
上部反射手段と下部反射手段からなる垂直共振器を有する垂直共振器型面発光レーザと、
前記垂直共振器型面発光レーザと組み合わさって複合共振器を構成する外部反射手段と、
前記複合共振器の内部または外部に配置され、前記垂直共振器型面発光レーザから出射した光の特定部分を検出する第一の受光手段と、
前記複合共振器の内部または外部に配置されるとともに、前記垂直共振器型面発光レーザから出射した光の前記特定部分とは異なる位置に配置されて、前記第一の受光手段の出力信号に対して所定の位相差を持つ信号を出力する第二の受光手段と、
前記第一の受光手段と前記第二の受光手段から出力される周期的な出力信号から前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段の間の相対的な変位量と変位の向きを検出可能な変位検出手段とを備えている光学式変位センサ。
【請求項２】
請求項１に記載の光学式変位センサにおいて、前記第一の受光手段及び前記第二の受光手段の二つの受光手段の内、一方の受光手段を前記垂直共振器型面発光レーザの光軸上に配置し、他方の受光手段を前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段の間の多重反射により生じる干渉縞の一部を検出するように前記垂直共振器型面発光レーザの光軸外に配置したことを特徴とする光学式変位センサ。

【請求項３】
請求項２に記載の光学式変位センサにおいて、前記垂直共振器型面発光レーザが両面出射型の垂直共振器型面発光レーザであり、前記第一の受光手段が前記垂直共振器型面発光レーザに対して前記外部反射手段と反対側に配置されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項４】
請求項１に記載の光学式変位センサにおいて、前記第一の受光手段が前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段との間の多重反射により生じる干渉縞の第一の部分を受光する垂直共振器型面発光レーザであり、前記第二の受光手段が前記干渉縞の第一の部分と異なる第二の部分を受光する受光手段であることを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項５】
請求項１乃至請求項４のいずれか１つに記載の光学式変位センサにおいて、所定の位相差がθ≠ｎπ（θは位相差、ｎは整数）であることを特徴する光学式変位センサ。
【請求項６】
請求項１、請求項２、請求項４、請求項５のいずれか１つに記載の光学式変位センサにおいて、前記第一及び第二の受光手段が一体に形成された受光素子アレイを有することを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項７】
請求項１乃至請求項６のいずれか１つに記載の光学式変位センサにおいて、前記外部反射手段は光の一部を透過するハーフミラーであり、前記第一及び第二の受光手段の少なくともひとつの受光手段がハーフミラーに対して前記垂直共振器型面発光レーザと反射側に配置されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項８】
請求項７に記載の光学式変位センサにおいて、同一基板中の上層に前記ハーフミラーが形成され、下層に前記第一及び第二の受光手段の少なくともひとつの受光手段が形成されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項９】
請求項１、請求項４乃至請求項６のいずれか１つに記載の光学式変位センサにおいて、前記第一及び第二の受光手段の少なくともひとつの受光手段が前記垂直共振器面発光レーザと同一基板上に形成されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項１０】
上部反射手段と下部反射手段からなる垂直共振器を有する垂直共振器型面発光レーザと、
前記垂直共振器型面発光レーザと組み合わさって複合共振器を構成する外部反射手段と、
前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段の間の多重反射により生じる干渉縞の移動を検出する受光素子アレイと、
前記受光素子アレイから出力された信号から前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段の間の相対的な変位量と変位の向きを検出可能な変位検出手段とを備えている光学式変位センサ。
【請求項１１】
請求項１０に記載の光学式変位センサにおいて、前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段との間の相対的な変位によって生じる周期的な光出力の変化を検出する変位量検出用受光手段を備え、前記変位検出手段が前記受光素子アレイによって出力される信号から変位方向の検出を行うとともに、前記変位検出手段が前記変位量検出用受光手段によって検出された周期的な光出力の変化によって変位量を検出することを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項１２】
請求項１１に記載の光学式変位センサにおいて、前記変位量検出用受光手段が高速応答受光素子であることを特徴とする光学式変位センサ。

【請求項１３】
請求項１０または請求項１１に記載の光学式変位センサにおいて、前記外部反射手段は光の一部を透過するハーフミラーであり、前記受光素子アレイが前記ハーフミラーに対して前記垂直共振器型面発光レーザと反対側に配置されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項１４】
請求項１３に記載の光学式変位センサにおいて、同一基板中の上層に前記ハーフミラーが形成され、下層に前記受光素子アレイが形成されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【請求項１５】
請求項１０または請求項１１に記載の光学式変位センサにおいて、前記受光素子アレイが前記垂直共振器型面発光レーザと同一基板上に形成されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、対象物の変位を光学的に測定する光学式変位センサに関する。
【０００２】
【従来の技術】
特開平７－５５４２３号は、垂直共振器型面発光レーザを用いた光学式変位センサを開示している。この光学式変位センサは、図１５に示すように、垂直共振器型面発光レーザ１と外部ミラー２が組み合わされた複合共振器を備え、外部ミラー２の移動に伴って生じるレーザ光の強度変化を検出する受光手段３を有している。外部ミラー２から帰還するレーザ光の位相は、外部ミラー２と垂直共振器型面発光レーザ１の相対的な変位により決まり、レーザ光の波長の１／２に相当する変位量の周期でレーザ光出力が変動する。この変位量は、計数装置４で変動の周期数を計数し、これに演算装置５でレーザ光の波長の１／２を乗じることにより算出される。
これにより、極めて簡単な構成で高精度の変位測定が可能なコンパクトな光学式変位センサが実現されている。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
特開平７－５５４２３号は、外部ミラー２の移動方向を判別する三つの手法を開示している。
第一の手法では、外部ミラー２が垂直共振器型面発光レーザ１から遠ざかるときにはレーザ出力のピークが減少し、反対に近づくときに増大する性質を利用し、ピークの高さを調べることにより外部ミラー２の移動方向を判別している。
【０００４】
第二の手法では、外部ミラー２からの反射光の位相をシフトする手段を設けて、レーザ出力の変化の一周期中に大小のピークが発生するようにし、大小のピークの現れる順番を検知することにより外部ミラー２の移動方向を判別している。
【０００５】
第三の手法では、垂直共振器型面発光レーザと外部ミラーからなる二組の共振器を設け、その一方の光路中に位相シフト手段を設け、レーザ光出力の周期的な変化に位相差を有する二つの信号を得、これに基づいて外部ミラー２の移動方向を判別している。
【０００６】
しかしながら、第一と第二の手法では、レーザ出力の周期的変化の一周期内で外部ミラーの移動方向が繰り返し反転した場合の対応策については何も示唆していない。つまり、受光手段３からの信号に基づいて常に外部ミラー２の変位を検知しているため、受光手段３からの出力信号がたまたま一方向に移動している時と似た波形となった場合には、外部ミラー２が実際には一方向に移動していないにも関わらず、装置は誤って外部ミラー２が一

方向に移動したものと判断してしまう。また、受光手段３からの出力信号の波形が移動時の波形に似ていない場合や、外的要因などで出力変動が生じる場合等において、装置は誤った信号を出力し続けることになる。

【０００７】

また、第三の手法では、二つの垂直共振器型面発光レーザを用いているため、両者の特性の相違（例えば発振波長の相違）がある場合には、検知される変位は実際の変位とは異なってしまい、測定結果は精度の高いものとは言えない。

【０００８】

本発明の目的は、対象物の変位の方向と量を常に正確に測定できる、極めて簡単な構成で高精度な変位測定が可能なコンパクトな光学式変位センサを提供することである。言い換えれば、本発明の目的は、一周期内で外部ミラーの移動方向が繰り返し反転した場合にもエラーを発生しない光学式変位センサを提供することである。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

本発明による光学式変位センサは、上部反射手段と下部反射手段からなる垂直共振器を有する垂直共振器型面発光レーザと、前記垂直共振器型面発光レーザと組み合わさって複合共振器を構成する外部反射手段と、前記複合共振器の内部または外部に配置され、前記垂直共振器型面発光レーザから出射した光の特定部分を検出する第一の受光手段と、前記複合共振器の内部または外部に配置されるとともに、前記垂直共振器型面発光レーザから出射した光の前記特定部分とは異なる位置に配置されて、前記第一の受光手段の出力信号に対して所定の位相差を持つ信号を出力する第二の受光手段と、前記第一の受光手段と前記第二の受光手段から出力される周期的な出力信号から前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段の間の相対的な変位量と変位の向きを検出可能な変位検出手段とを備えている。ここで、「複合共振器」とは、上部反射手段と下部反射手段からなる光学共振器と、外部反射手段と下部反射手段と上部反射手段からなる光学共振器が組み合わされた形態の光学系を意味する。

【００１０】

本発明による別の光学式変位センサは、上部反射手段と下部反射手段からなる垂直共振器を有する垂直共振器型面発光レーザと、前記垂直共振器型面発光レーザと組み合わさって複合共振器を構成する外部反射手段と、前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段の間の多重反射により生じる干渉縞の移動を検出する受光素子アレイと、前記受光素子アレイから出力された信号から前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段の間の相対的な変位量と変位の向きを検出可能な変位検出手段とを備えている。

【００１２】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。

〔第一の実施の形態（図１に対応）〕

第一の実施の形態の光学式変位センサの構成を図１に示す。図１に示すように、光学式変位センサは、垂直共振器型面発光レーザ２１、外部反射手段２２、第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂ、変位検出手段２８を有している。垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２は組み合わさって複合共振器を構成している。ここで複合共振器とは、垂直共振器型面発光レーザ２１の上部反射手段と下部反射手段からなる光学共振器と、垂直共振器型面発光レーザ２１の下部反射手段と外部反射手段２２からなる光学共振器と、垂直共振器型面発光レーザ２１の上部反射手段と外部反射手段２２からなる光学共振器とが組み合わさった光学系を意味する。

【００１３】

外部反射手段２２には、ガラス等の平滑面に金属の蒸着膜等の反射層を設けたものが適している。第一の受光手段２３ａは、垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２との間の相対的な位置変化に起因して生じるレーザ出力の周期的変化を計測し、第二の受光手段２３ｂは、垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２の間の多重反射により

生じる干渉縞を検出する。第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂには、シリコンフォトダイオード等の半導体受光素子が適している。受光手段２３ａと２３ｂは、後述する干渉縞に関して異なる位相の位置に配置されている。変位検出手段２８は、第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂから出力される周期的な出力信号から、垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２の間の相対的な位置変化を検知する。

【００１４】

垂直共振器型面発光レーザ２１からの出力光は、矢印２７で模式的に示されるように、垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２の間で多重反射する。その一部は垂直共振器型面発光レーザ２１に戻り、距離Ｌで決まる戻り光の位相により垂直共振器型面発光レーザ２１のレーザ出力に強弱が生じる。

【００１５】

一方、出力光は矢印２７で示される多重反射により同心円状の干渉縞を形成する。この干渉縞は、距離Ｌが変化するに伴い、Ｌの変化量λ／２（λは出力光の波長）を一周期とし、Ｌが増加するときには同心円の外側から内側へ移動し、Ｌが減少するときには同心円の内側から外側へ移動する。第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂは干渉縞の異なる位相の位置に配置されているので、その出力は略同じ周期で異なる位相の周期的な信号となり、Ｌの増減に対応して時間軸上での相互の位相の進みと遅れの関係が反転する。

【００１６】

図２（Ａ）と図２（Ｂ）は、発明者が実験により観察した干渉縞と、その移動の様子を示した模式図である。図２（Ｂ）は干渉縞の形状を、図２（Ａ）は干渉縞の直径方向を横軸にとったときの光強度分布を示している。同図から分かるように、Ｌの増加に伴って干渉縞が外側から内側に移動するのが観察された。ここで、図２（Ａ）の$X=X_0$と$X=X_1$の位置（検出出力間の位相差が$\theta \neq n\pi$となる位置）に配置された第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂの出力信号をそれぞれ図３（Ａ）と図３（Ｂ）に示す。なお、実際の出力信号の波形は、受光手段２３ａと２３ｂ、外部反射手段２２、垂直共振器型面発光レーザ２１の相互間の位置関係、垂直共振器型面発光レーザ２１の構造や駆動条件等によって異なるが、以下の説明では簡単のため略正弦波であるものとする。

【００１７】

変位検出手段２８は、第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂからの出力信号に基づいて、垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２との間の相対的な変位を検知する。

【００１８】

変位の検知には、例えば、ｘｙ平面上において、受光手段２３ａからの出力信号をｘ軸にとり、受光手段２３ｂからの出力信号をｙ軸にとって得られる軌跡（リサージュ曲線）を利用する手法が適用できる。この場合、変位方向はプロット点がリサージ曲線上を移動する方向で判断され、変位量はプロット点がリサージュ曲線上を移動した周期数にλ／２を乗じて求められる。

【００１９】

あるいは、別の手法として、受光手段２３ａと２３ｂからの出力信号を二値化して信号処理する手法が適用できる。以下、図４を参照しながら、二値化による信号処理に基づく変位検出手段２８の具体例について説明する。図４において、上段は変位検出手段２８の構成を示すブロック図であり、下段は処理される波形を模式的に示している。下段の左右は入力される二信号の位相差が逆の場合を比較して表している。

【００２０】

変位検出手段２８は、第一の二値化回路２８ａ、微分回路２８ｂ、第二の二値化回路２８ｃ、乗算回路２８ｄを有している。受光手段２３ａの出力信号は第一の二値化回路２８ａによって０と１に二値化され、信号Ａが得られる。この信号Ａは微分回路２８ｂによって時間で微分され、信号Ｂが得られる。一方、受光手段２３ｂの出力信号は第二の二値化回路２８ｃによって０と１に二値化され、信号Ｃが得られる。信号Ｂと信号Ｃは乗算回路２８ｄによって乗算され、信号Ｄが得られる。図の左右を比較すると容易に理解できるよう

に、信号Ｄは、一周期ごとに出力されるパルス信号であり、受光手段２３ａと２３ｂの出力信号の位相関係に対応する符号を有している。従って、変位方向は信号Ｄの符号で判断され、変位量はパルス数にλ／２を乗じて求められる。

【００２１】

以上の説明から分かるように、本実施形態の光学式変位センサは、垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２の間の相対的な変位量（変位の絶対値）のみならず変位方向も検出できる。しかも、外部ミラー移動方向の反転が繰り返された場合でもエラーは発生しない。

【００２２】

勿論、この実施の形態の各構成は各種の変形や変更が可能である。例えば、本実施形態では受光手段２３ａと２３ｂは外部反射手段２２の表面に配置されたが、垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２の間の空間に配置されても一向に構わない。また、第一の受光手段２３ａは垂直共振器型面発光レーザ２１の光軸上に配置されたが、これ以外の場所に配置されても一向に構わない。さらに、第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂを一体に形成した光学素子アレイとしてもよい。

【００２３】

〔第二の実施の形態（図５に対応）〕

第二の実施の形態の光学式変位センサの構成を図５に示す。第一の実施の形態の部材と同等の部材は同一の符号で示し、その詳しい説明はここでは省略する。

【００２４】

本実施形態では、図５に示すように、第一の受光手段２３ａは垂直共振器型面発光レーザ２１の裏面に配置されており、垂直共振器型面発光レーザ２１の裏面放射光４１を受光する。従って、矢印２７で示される多重反射の光路中には第二の受光手段２３ｂのみが配置されている。

【００２５】

裏面放射光４１は外部反射手段２２の移動に伴ってやはり強弱を生じるので、本実施形態においても第一の実施の形態と同様の手法により変位の方向と量が求められる。

【００２６】

この実施の形態は第一の実施の形態で得られる効果の他に以下に述べる特有の効果を有する。

第一の実施の形態では第一の受光手段２３ａを垂直共振器型面発光レーザ２１の光軸上に配置したときに最も変調度の高い信号を取り出すことができるが、複合共振器中の光軸上に第一の受光手段２３ａを配置すると受光手段の縁辺での光線の回折・散乱等によって迷光が生じ、信号レベルの低下を招いたり、出力信号のノイズとなるおそれがある。

【００２７】

これに対して、本実施形態の光学式変位センサにおいては複合共振器中の光軸上に受光手段が位置しないので、光量損失が減少し、変調度の大きな出力信号が得られる。

【００２８】

〔第三の実施の形態（図６に対応）〕

第三の実施の形態の光学式変位センサの構成を図６に示す。第二の実施の形態の部材と同等の部材は同一の符号で示し、その詳しい説明はここでは省略する。

【００２９】

本実施形態では、図６に示すように、外部反射手段２２はハーフミラーであり、第二の受光手段２３ｂは外部反射手段２２に対して垂直共振器型面発光レーザ２１の反対側に配置されており、外部反射手段２２を透過した光を受光する。外部反射手段２２には、平滑なガラス基板等の光透過性の材料に金属薄膜等を施したものを用いることができる。

【００３０】

出力光は矢印２７で示される多重反射により干渉縞を形成する。第一の受光手段２３ａは裏面放射光４１を受光し、第二の受光手段２３ｂは外部反射手段２２を透過した干渉光を受光する。従って、第二の実施の形態と同様の手法により変位の方向と量を求めることが

できる。

【００３１】

この実施の形態は、第二の実施の形態で得られる効果の他に次のような特有の効果を有する。本実施形態の光学式変位センサでは、複合共振器の光路中に受光手段がいっさい存在しないので、受光手段の縁辺での光の回折により発生する迷光による測定への悪影響を受けることがない。

【００３２】

また、次のような別の効果も有する。第一と第二の実施の形態においては受光手段２３ａまたは受光手段２３ｂと変位検出手段２８を接続するための電気配線を外部反射手段２２に対して設ける必要がある。このとき、外部反射手段２２と垂直共振器型面発光レーザ２１の間の相対的な変位を測定するためには、外部反射手段２２の垂直共振器型面発光レーザ２１に対する相対的な変位を妨げないために、この電気配線はフレキシブル配線部材等の柔軟な配線部材が望ましい。しかし、このような配線部材を選択した場合であっても配線部材の曲げ弾性等に起因する抵抗力が作用し、外部反射手段２２の変位を物理的に妨害したり、外部反射手段２２にたわみ等の変形を生じさせたりする可能性がある。その結果、測定対象物の変位が正確に測定できなくなるおそれがある。つまり、一般の光学式変位測定が本来有する非接触センシングの利点の一部が損なわれる場合が生じ得る。これに対して、本実施の形態では外部反射手段２２に電気配線を付与する必要がないため、電気配線部材による外部反射手段２２の移動に対する物理的な妨害等が生じず、正確な変位測定が行なえる。

【００３３】

〔第四の実施の形態（図７に対応）〕

第四の実施の形態の光学式変位センサの構成を図７に示す。第三の実施の形態の部材と同等の部材は同一の符号で示し、その詳しい説明はここでは省略する。

【００３４】

本実施形態では、図７に示すように、外部反射手段２２は基板２２ａとハーフミラー層２２ｂとからなっている。また、基板２２ａの中に第二の受光手段２３ｂが形成されている。このような外部反射手段２２は半導体製造プロセスによって作製可能である、例えば、基板２２ａには表面が鏡面状のシリコン基板を使用し、その一部にフォトダイオードを形成して受光手段２３ｂとし、その上層に窒化シリコン薄膜等の光透過性の電気絶縁層を介して金属蒸着薄膜等のハーフミラー層２２ｂを形成して得られる。

【００３５】

この実施の形態は、第三の実施の形態と同様の効果の他に、次のような特有の効果を有する。外部反射手段２２と第二の受光手段２３ｂを一体的に製作できるので、部品数が少なく、組立が容易である。

【００３６】

なお、この発明の実施の各構成は各種の変更が可能である。例えば、第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂを共に基板２２ａに製作した場合も同様の利点が得られる。

【００３７】

〔第五の実施の形態（図８に対応）〕

第五の実施の形態の光学式変位センサの構成を図８に示す。第四の実施の形態の部材と同等の部材は同一の符号で示し、その詳しい説明はここでは省略する。

【００３８】

本実施形態では、図８に示すように、垂直共振器型面発光レーザ２１と同一基板に第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂが形成されている。このような構造体はフォトリソグラフィー等の半導体製造プロセスによって作製可能である。

【００３９】

本実施形態は次に述べる特有の効果を有する。垂直共振器型面発光レーザ２１と第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂを同一基板に形成することにより、部品数が少なくなり、組立工程が簡略化され、製造コストが低減される。また、垂直共振器型面発光レー

ザ２１と第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂは半導体製造技術によって高い位置精度で基板に形成されるため、組立時に相互の位置関係の調整が不要である。

【００４０】

本実施形態では、第一の受光手段２３ａと第二の受光手段２３ｂを共に垂直共振器型面発光レーザ２１の基板に形成したが、これらのいずれか一方のみを基板に形成した場合も同様の利点が得られる。

【００４１】

〔第六の実施の形態（図９に対応）〕

第六の実施の形態の光学式変位センサの構成を図９に示す。図９に示すように、光学式変位センサは、垂直共振器型面発光レーザ２１、外部反射手段２２、一次元の受光素子アレイ８１、変位検出手段８２を有している。

【００４２】

垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２は組み合わさって複合共振器を構成している。ここで複合共振器とは、垂直共振器型面発光レーザ２１の上部反射手段と下部反射手段からなる光学共振器と、垂直共振器型面発光レーザ２１の下部反射手段と外部反射手段２２からなる光学共振器と、垂直共振器型面発光レーザ２１の上部反射手段と外部反射手段２２からなる光学共振器とが組み合わさった光学系を意味する。

【００４３】

受光素子アレイ８１は外部反射手段２２に設けられており、外部反射手段２２の表面に形成される干渉縞の間隔に比べて十分に小さい間隔で並んだ多数の受光素子を有し、例えば図２（Ａ）の$X_0 \leqq X \leqq X_1$に相当する範囲を延びている。受光素子アレイ８１には、例えばＣＣＤ（電荷結合デバイス）ラインセンサ等が使用される。

【００４４】

第一の実施の形態に関して図２（Ａ）と図２（Ｂ）を用いて説明したように、外部反射手段２２の表面に形成される同心円状の干渉縞は外部反射手段２２の移動に伴って移動し、しかも、外部反射手段２２が垂直共振器型面発光レーザ２１から遠ざかるときには干渉縞は周囲から中心へ、近づくときには中心から周囲へと移動する。

【００４５】

受光素子アレイ８１は、外部反射手段２２の表面に形成される干渉縞の明暗分布を検知し、図２（Ａ）の$X_0 \leqq X \leqq X_1$の範囲に相当する波形信号を出力する。変位検出手段８２はこの波形信号から干渉縞の移動を検知し、垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２との間の相対的な変位を検知する。

【００４６】

以下、図１０を参照しながら、変位検出手段８２の具体例について説明する。図１０において、上段は変位検出手段８２の構成を示すブロック図であり、下段は処理される信号の波形を模式的に示している。下段の左右は干渉縞の移動の向きが逆の場合を比較して表している。

【００４７】

時間$T = T_0$の時点において受光素子アレイ８１からの信号が入力され、信号波形記憶装置８２ａに記憶される。この波形の横軸は受光素子アレイ８１の受光面の位置に対応したものであり、この位置をＸで表す。この信号波形は、ピーク検出回路８２ｂに送られて処理され、ピーク位置P_1、P_2、P_3が検出され、ピーク位置で立ち上がるパルスを有する信号Ａが得られる。このピーク位置はピーク位置記憶装置８２ｃにより記憶される。一方、信号波形記憶装置８２ａに記憶された信号波形は、微分回路８２ｄに送られて位置Ｘで微分され、信号Ｂが得られる。この信号Ｂはさらに二値化反転回路８２ｇにより＋１と－１に二値化されるとともに正負の符号が反転され、信号Ｃが得られる。

【００４８】

次いで時間$T = T_1 = T_0 + \Delta T$の時点において受光素子アレイ８１からの信号が入力され、信号波形記憶装置８２ａに記憶される。この信号波形は、ピーク検出回路８２ｂに送られて処理され、ピーク位置P_4、P_5、P_6が検出され、ピーク位置で立ち上がるパル

スを有する信号Ｄが得られる。
【００４９】
ここで、信号Ｃと信号Ｄを乗算回路８２ｅで乗算することにより、波形の移動方向に応じた符号を有する信号Ｅが得られる。この符号を符号検出回路８２ｈで検出することにより、波形の移動方向に対応した符号が得られる。図１０においては、右に移動するときはプラス、左に移動するときはマイナスの符号が得られる。
【００５０】
減算回路８２ｆは、ピーク位置記憶装置８２ｃに記憶された$T=T_1$におけるピーク位置から$T=T_0$におけるピーク位置を減算し、これにより符号を含めたピーク移動量すなわち干渉縞の移動量を算出する。この際、符号検出回路８２ｈの出力に応じて、波形の移動方向が右側の時には、$T=T_0$の時のピーク位置P_mに対して$P_m<P_n$の条件を満たす最小の、$T=T_1$の時のピーク位置P_nを選択してP_n-P_mを演算すればよい。また、波形の移動方向が左側の時には、$T=T_0$の時のピーク位置P_mに対して$P_m>P_n$の条件を満たす最大の、$T=T_1$の時のピーク位置P_nを選択してP_n-P_mを演算すればよい。この減算は、任意の一つのピークに関して行なってもよいが、複数のピークに関して算出して平均を取ってもよい。
【００５１】
このように、変位検出手段８２は符号を含めたピーク移動量すなわち干渉縞の移動量を算出する。さらに、受光素子アレイ８１は干渉縞の間隔に対して厳密に位置合わせを行う必要がないので、光学式変位センサを製造する際の組立・調整が容易である。
【００５２】
勿論、この実施の形態の各構成は種々の変形や変更が可能である。
例えば、本実施形態では干渉縞の移動量を検出する手法により変位量を検出したが、受光素子アレイ８１を構成する受光素子中の特定の一つの受光素子からの出力信号に着目し、その周期的な変化から変位量を検出してもよい。
【００５３】
また、本実施形態では干渉縞の移動方向を検出する手法により変位方向を検出したが、受光素子アレイ８１を構成する受光素子中の特定の二つの受光素子から出力される位相差を持った信号に着目し、第一の実施の形態と同じ手法により変位方向を検出してもよい。
【００５４】
〔第七の実施の形態（図１１に対応）〕
第七の実施の形態の光学式変位センサの構成を図１１に示す。第六の実施の形態の部材と同等の部材は同一の符号で示し、その詳しい説明はここでは省略する。
【００５５】
本実施形態では、図１１に示すように、外部反射手段２２はハーフミラーであり、受光素子アレイ８１は外部反射手段２２に対して垂直共振器型面発光レーザ２１の反対側に配置されており、外部反射手段２２を透過した光を受光する。変位の方向と量は第六の実施の形態と同じ手法により求められる。
【００５６】
本実施形態は、第六の実施の形態の効果の他に、以下に述べる特有の効果を有する。本実施の形態の光学式変位センサは、複合共振器の光路中に受光素子アレイが存在しないので、受光素子アレイの縁辺での光の回折により発生する迷光による測定への悪影響が回避される。また、外部反射手段２２に電気配線を設ける必要がないため、第三の実施の形態と同様に、電気配線による外部反射手段２２の移動に対する物理的な妨害等が生じることはなく、正確な変位測定が行なえる。
【００５７】
〔第八の実施の形態（図１２に対応）〕
第八の実施の形態の光学式変位センサの構成を図１２に示す。第七の実施の形態の部材と同等の部材は同一の符号で示し、その詳しい説明はここでは省略する。
【００５８】

本実施形態では、図１２に示すように、外部反射手段２２は基板２２ａとハーフミラー層２２ｂとからなっている。また、基板２２ａには第四の実施の形態と同様の手法により受光素子アレイ８１が形成されている。変位の方向と量は第六の実施の形態と同じ手法により求められる。

【００５９】

本実施形態は、第七の実施の形態の効果の他に、次に述べる特有の効果を有する。外部反射手段２２と受光素子アレイ８１が一体的に作製されるので、部品数が少なくなり、組立が容易になる。

【００６０】

〔第九の実施の形態（図１３に対応）〕

第九の実施の形態の光学式変位センサの構成を図１３に示す。第六の実施の形態の部材と同等の部材は同一の符号で示し、その詳しい説明はここでは省略する。

【００６１】

本実施形態では、図１３に示すように、垂直共振器型面発光レーザ２１と同一基板に受光素子アレイ８１が形成されている。受光素子アレイ８１は、垂直共振器型面発光レーザ２１の基板に容易に製作できるフォトダイオードアレイが適している。このような受光素子アレイは半導体製造プロセスによって製作可能である。

【００６２】

本実施形態は、次のような特有の効果を奏する。垂直共振器型面発光レーザ２１と受光素子アレイ８１を同一基板上に形成することにより、部品数が少なくなり、組立工程が簡略化され、製造コストが低減される。

【００６３】

〔第十の実施の形態（図１４に対応）〕

第十の実施の形態の光学式変位センサの構成を図１４に示す。第六の実施の形態の部材と同等の部材は同一の符号で示し、その詳しい説明はここでは省略する。

【００６４】

本実施形態の光学式変位センサは、図１４に示すように、垂直共振器型面発光レーザ２１の裏面放射光４１を受光する変位量検出用受光手段１０１と、受光素子アレイ８１と受光手段１０１の出力信号から垂直共振器型面発光レーザ２１と外部反射手段２２との間の相対的な変位を検知する変位検出手段１０２を有している。変位量検出用受光手段１０１には例えばＰＩＮ型フォトダイオード（Ｐ型半導体とＮ型半導体の間に高抵抗層を形成したフォトダイオード）等の高速応答型の受光素子が適している。

【００６５】

変位検出手段１０２は、変位速度が所定速度以上のときは、受光手段１０１の出力する周期的な信号から変位量を検知するが、変位方向は一定であるので、変位方向の検知は行わない。反対に、変位速度が所定速度以下のときは、変位検出手段１０２は、受光手段１０１の出力する周期的な信号から変位量を検知すると共に、変位方向が変わる可能性があるので、第六の実施の形態と同じ手法により受光素子アレイ８１の出力信号から変位方向を検知する。ここで述べた変位速度は受光手段１０１の出力信号から検知される変位量を時間微分することで容易に得られる。

【００６６】

変位方向が反転する際およびその前後の時刻では必然的に変位速度は０（ゼロ）および０（ゼロ）近傍（すなわち比較的低速）になるので、変位検出手段１０２は変位方向を正しく検出できる。これにより、受光素子アレイ８１の動作速度を上回る高速な変位や、変位検出手段１０２が変位方向検知に要する信号処理速度を上回る高速な変位に対しても変位検知可能な、高速で動作する光学式変位センサを提供できる。本実施形態において変位方向の反転が繰り返された場合にも正確な測定が行われるのは言うまでもない。

【００６７】

本発明は、上述の実施の形態に何等限定されるものではない。発明の要旨を逸脱しない範囲で行なわれる実施は、すべて本発明に含まれる。

本発明は以下の各項に記した技術思想を含んでいる。

【００６８】

１．

［構成］上部反射手段と下部反射手段からなる垂直共振器を有する垂直共振器型面発光レーザと、

この垂直共振器型面発光レーザと組み合わさって複合共振器を構成する外部反射手段と、

第一の受光手段と、

前記第一の受光手段の出力信号に対して所定の位相差を有する出力信号を出力する第二の受光手段とを有し、

前記第一及び第二の受光手段からそれぞれ出力される周期的な出力信号から前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段との間の相対的な変位を検出する変位検出手段を備えていることを特徴とする光学式変位センサ。

【００６９】

［対応する実施の形態］第一、第二、第三、第四、第五の実施の形態が対応する。なお、「複合共振器」とは、上部反射手段と下部反射手段からなる光学共振器と、外部反射手段と下部反射手段及び上部反射手段からなる光学共振器が組み合わされた形態の光学系を意味する。

【００７０】

［作用］第一及び第二の受光手段によって垂直共振器型面発光レーザと外部反射手段との間の相対的な変位に応じた周期的かつ相互に所定の位相差を有する二つの出力信号を検出し、それらの信号から変位検出手段によって相対的な変位を検出する。

【００７１】

［効果］周期的かつ相互に所定の位相差を有する二つの出力信号から変位を検出するので、高精度で安定した測定の可能な光学式変位センサを提供できる。

２．

［構成］第１項の光学式変位センサにおいて、前記変位検出手段が変位方向の検出を行うことを特徴とする光学式変位センサ。

【００７２】

［対応する実施の形態］第一、第二、第三、第四、第五の実施の形態が対応する。「変位方向の検出」とは、垂直共振器型面発光レーザと外部反射手段との距離が増加しているのか減少しているのかを検出することを意味する。

【００７３】

［作用効果］第一及び第二の受光手段によって位置変化量の増減に応じて相互の位相関係の変化する周期的信号を検出し、変位検出手段によってそれらの周期的な信号の位相関係から相対的な変位方向を検出するので、変位方向が反転した場合にも正確な変位量を測定できる。

【００７４】

３．

［構成］第１項、第２項記載の光学式変位センサにおいて、前記第一の受光手段及び第二の受光手段の二つの受光手段の内、一方の受光手段を前記垂直共振器型面発光レーザの光軸上に配置し、他方の受光手段を前記垂直共振器型面発光レーザと外部反射手段の間の多重反射により生じる干渉縞の一部を検出するように前記垂直共振器型面発光レーザの光軸外に配置したことを特徴とする光学式変位センサ。

【００７５】

［対応する実施の形態］第一、第二、第三、第四の実施の形態が対応する。

［作用効果］第一の受光手段は、垂直共振器型面発光レーザの光軸上に配置されるので、レーザ光の強度分布の最大ピーク周辺の光を受光し、強度の大きな、すなわち振幅の大きな信号を出力する。従って、電磁ノイズ等の外乱に対して耐性の高い光学式変位センサが得られる。

【００７６】

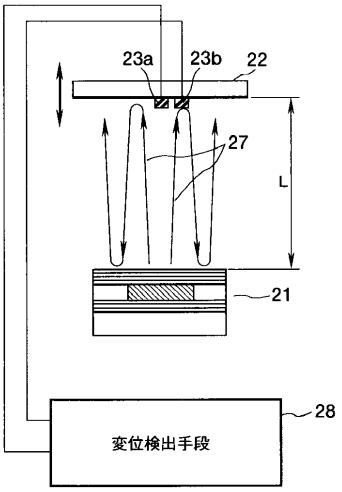
４．
［構成］第３項の光学式変位センサにおいて、
前記垂直共振器型面発光レーザが両面出射型の垂直共振器型面発光レーザであり、
前記第一の受光手段が前記垂直共振器型面発光レーザに対して前記外部反射手段と反対側に配置されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【００７７】
［対応する実施の形態］第二、第三、第四の実施の形態が対応する。
［作用効果］少なくとも一つの受光手段が複合共振器の外に配置されるため、複合共振器中の光量損失が減少し、強度の大きな変位出力信号が得られる。そのため、電磁ノイズ等の外乱に対して耐性の高い光学式変位センサが提供できる。また、少なくとも一つの受光手段が複合共振器の外に配置されることにより、複合共振器中に受光手段を配置した場合に生じる回折光等の有害な迷光が軽減もしくは排除される。
【００７８】
５．
［構成］第１項、第２項の光学式変位センサにおいて、
前記第一の受光手段が前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段との間の多重反射により生じる干渉縞の第一の部分を受光する垂直共振器型面発光レーザであり、
前記第二の受光手段が前記干渉縞の前記第一の部分と異なる第二の部分を受光する受光手段であることを特徴とする光学式変位センサ。
【００７９】
［対応する実施の形態］第一、第五の実施の形態が対応する。
［作用効果］干渉縞上の第一及び第二の受光手段が受光する部分を適宜選択することによって垂直共振器型面発光レーザと外部反射手段との間の相対的な位置の変化の方向に応じて相互の位相関係の変化する周期的信号を検出することができる。変位検出手段によってそれらの周期的な信号の位相関係から相対的な変位方向を検出するので、変位方向が反転した場合にも正確な変位量を測定することの可能な光学式変位センサが得られる。
【００８０】
６．
［構成］第１項、第２項、第３項、第４項、第５項の光学式変位センサにおいて、前記所定の位相差がθ≠ｎπ（θは位相差、ｎは整数）であることを特徴する光学式変位センサ。
【００８１】
［対応する実施の形態］第一、第二、第三、第四、第五の実施の形態が対応する。
［作用効果］第一及び第二の受光手段が出力する信号の位相差をθ≠ｎπ（θは位相差、ｎは整数）とすることで、相互の位相関係による変位方向検出が可能となり、変位方向が反転した場合にも正確な変位量を測定できる。
【００８２】
７．
［構成］第１項、第２項、第３項、第５項、第６項の光学式変位センサにおいて、第一及び第二の受光手段が一体に形成された受光素子アレイを有することを特徴とする光学式変位センサ。
【００８３】
［対応する実施の形態］第一、第五の実施の形態が対応する。
［作用効果］第一及び第二の受光手段が一体に形成された受光素子アレイを有する構成とすることによって、センサの部品数が削減され、調整が容易で極めて簡単な構成の光学式変位センサが提供できる。
【００８４】
８．
［構成］第１項、第２項、第３項、第４項、第５項、第６項、第７項の光学式変位センサにおいて、

前記外部反射手段は光の一部を透過するハーフミラーであり、
前記第一及び第二の受光手段の少なくともひとつの受光手段が前記ハーフミラーに対して前記垂直共振器型面発光レーザと反射側に配置されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【００８５】
［対応する実施の形態］第三、第四の実施の形態が対応する。
［作用効果］少なくとも一つの受光手段が複合共振器の外に配置されることにより、複合共振器中に受光手段を配置した場合に生じる回折光等の有害な迷光が軽減もしくは排除される。
【００８６】
９．
［構成］第８項の光学式変位センサにおいて、
同一基板中の上層に前記ハーフミラーが形成され、
下層に第一及び第二の受光手段の少なくともひとつの受光手段が形成されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【００８７】
［対応する実施の形態］第四の実施の形態が対応する。
［作用効果］ハーフミラーと受光手段が同一基板中に形成されることにより、センサの部品数が少なくなり、調整が容易で極めて簡単な構成の光学式変位センサが得られる。
【００８８】
１０．
［構成］第１項、第２項、第５項、第６項、第７項の光学式変位センサにおいて、前記第一及び第二の受光手段の少なくともひとつの受光手段が前記垂直共振器面発光レーザと同一基板上に形成されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【００８９】
［対応する実施の形態］第五の実施の形態が対応する。
［作用効果］垂直共振器型面発光レーザと受光手段が同一基板中に形成されていることによって、センサの部品数が少なくなり、調整が容易で極めて簡単な構成の光学式変位センサが得られる。
【００９０】
１１．
［構成］上部反射手段と下部反射手段からなる垂直共振器を有する垂直共振器型面発光レーザと、
この垂直共振器型面発光レーザと組み合わさって複合共振器を構成する外部反射手段と、
前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段との間の多重反射により生じる干渉縞の明暗の分布を検出する受光素子アレイと、
前記受光素子アレイから出力された信号から前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段との間の相対的な変位を検出する変位検出手段を備えていることを特徴とする光学式変位センサ。
【００９１】
［対応する実施の形態］第六、第七、第八、第九の実施の形態が対応する。「受光素子アレイ」は、実施の形態の中の一次元の受光素子アレイ８１が該当するが、二次元の受光素子アレイであってもよい。
【００９２】
［作用］受光素子アレイによって垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段との間の多重反射により生じる干渉縞の明暗の分布を検出し、その信号から変位検出手段によって相対的な変位を検出する。
【００９３】
［効果］干渉縞の明暗の分布を検知して相対的な変位を検出するので、例えば電源変動による垂直共振器型面発光レーザの出力変化等の外乱の影響を受けにくい光学式変位センサ

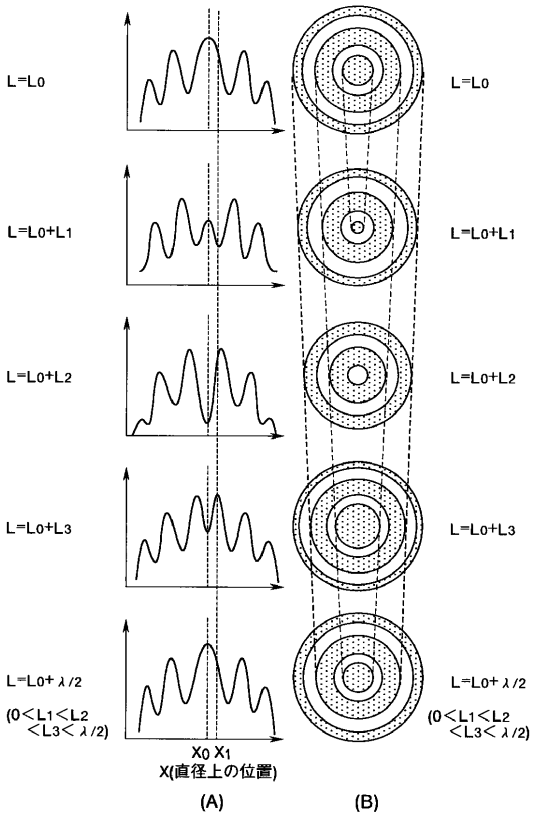
が得られる。
【００９４】
１２．
［構成］第１１項の光学式変位センサにおいて、前記変位検出手段が変位方向の検出を行うことを特徴とする光学式変位センサ。
［対応する実施の形態］第六、第七、第八、第九の実施の形態が対応する。
【００９５】
［作用効果］変位検出手段が干渉縞の明暗の分布から相対的な変位方向を検出するので、変位方向が反転した場合にも正確な変位を測定できる。
１３．
［構成］第１２項の光学式変位センサにおいて、
前記垂直共振器型面発光レーザと前記外部反射手段との間の相対的な変位によって生じる周期的な光出力の変化を検出する変位量検出用受光手段を備え、
前記変位検出手段が前記受光素子アレイによって出力される信号から変位方向の検出を行うとともに、前記変位検出手段が前記変位量検出用受光手段によって検出された周期的な光出力の変化によって変位量を検出することを特徴とする光学式変位センサ。
【００９６】
［対応する実施の形態］第十の実施の形態が対応する。変位量検出用受光手段には垂直共振器型面発光レーザ２１の裏面放射光４１を受光する受光手段１０１が対応するが、これに限らず、例えば受光素子アレイ８１と一体に形成されたものであってもよい。
【００９７】
［作用効果］垂直共振器型面発光レーザと外部反射手段との間の距離が一様に増加もしくは減少する際には、変位量検出用受光手段から出力される周期的な出力信号から相対的な変位量を検出するので、受光素子アレイから変位検出手段に信号を転送する速度や変位検出手段が干渉縞の明暗の分布から相対的な変位量を検出する信号処理速度に制限されることなく、高速な変位量検出が可能になる。一方、垂直共振器型面発光レーザと外部反射手段との間の変位方向が反転する際およびその前後の時刻では必然的に変位速度は０（ゼロ）および０（ゼロ）近傍（すなわち比較的低速）になるので、第１２項と同様に変位検出手段が干渉の明暗の分布から相対的な変位方向を検出する。よって、変位方向が反転した場合にも正確な変位を測定できる。したがって、第１２項の構成で得られる効果に加えて、高速時にも正確な変位検出が可能になるという特有の効果を有する。
【００９８】
１４．
［構成］第１３項の光学式変位センサにおいて、前記変位量検出用受光手段が高速応答受光素子であることを特徴とする光学式変位センサ。
［対応する実施の形態］第十の実施の形態が対応する。
【００９９】
［作用効果］変位量検出用受光手段が高速応答受光素子であることにより、高速な変位に対しても正確な出力信号が得られるので、高速な変位の測定に好適な光学式変位センサが得られる。
【０１００】
１５．
［構成］第１１項、第１２項、第１３項の光学式変位センサにおいて、
前記外部反射手段は光の一部を透過するハーフミラーであり、
前記受光素子アレイが前記ハーフミラーに対して前記垂直共振器型面発光レーザと反対側に配置されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【０１０１】
［対応する実施の形態］第七、第八の実施の形態が対応する。
［作用効果］複合共振器の外に受光素子アレイが配置されることにより、複合共振器中に受光素子アレイを配置した場合に生じる回折光等の有害な迷光が排除される。

【０１０２】
１６．
［構成］第１５項の光学式変位センサにおいて、
同一基板中の上層に前記ハーフミラーが形成され、
下層に前記受光素子アレイが形成されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【０１０３】
［対応する実施の形態］第八の実施の形態が対応する。
［作用効果］ハーフミラーと受光素子アレイが同一基板中に形成されていることにより、センサの部品数が少なくなり、調整が容易で極めて簡単な構成の光学式変位センサが得られる。
【０１０４】
１７．
［構成］第１１項、第１２項、第１３項の光学式変位センサにおいて、
前記受光素子アレイが前記垂直共振器型面発光レーザと同一基板上に形成されていることを特徴とする光学式変位センサ。
【０１０５】
［対応する実施の形態］第九の実施の形態が対応する。
［作用効果］垂直共振器型面発光レーザと受光素子アレイが同一基板中に形成されていることにより、センサの部品数が少なくなり、調整が容易で極めて簡単な構成の光学式変位センサが得られる。
【０１０６】
【発明の効果】
本発明によれば、対象物の変位の方向と量を常に正確に測定できる、極めて簡単な構成で高精度な変位測定が可能なコンパクトな光学式変位センサを提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の第一の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図２】実験により観察した干渉縞とその移動の様子を示す模式図であり、干渉縞の一断面の光強度分布（Ａ）と干渉縞の形状（Ｂ）を示す。
【図３】図２は、$X = X_0$ に配置された第一の受光手段の出力信号と$X = X_1$ の位置に配置された第二の受光手段の出力信号を示し、同図（Ａ）は距離Ｌが減少するとき、同図（Ｂ）は距離Ｌが増加するときを示す。
【図４】図１の光学式変位センサの変位検出手段の具体例を説明するための図である。
【図５】本発明の第二の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図６】本発明の第三の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図７】本発明の第四の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図８】本発明の第五の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図９】本発明の第六の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図１０】図９の光学式変位センサの変位検出手段の具体例を説明するための図である。
【図１１】本発明の第七の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図１２】本発明の第八の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図１３】本発明の第九の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図１４】本発明の第十の実施の形態の光学式変位センサの構成を示す。
【図１５】特開平７－５５４２３号に開示されている光学式変位センサを示す。
【符号の説明】
２１　垂直共振器型面発光レーザ
２２　外部反射手段
２３ａ，２３ｂ　受光手段
２８　変位検出手段

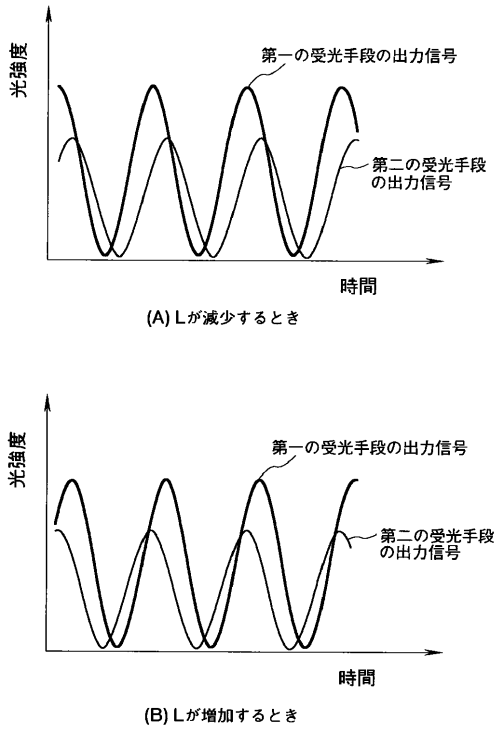
【図１】


23a
23b
22
27
L
21
28
変位検出手段

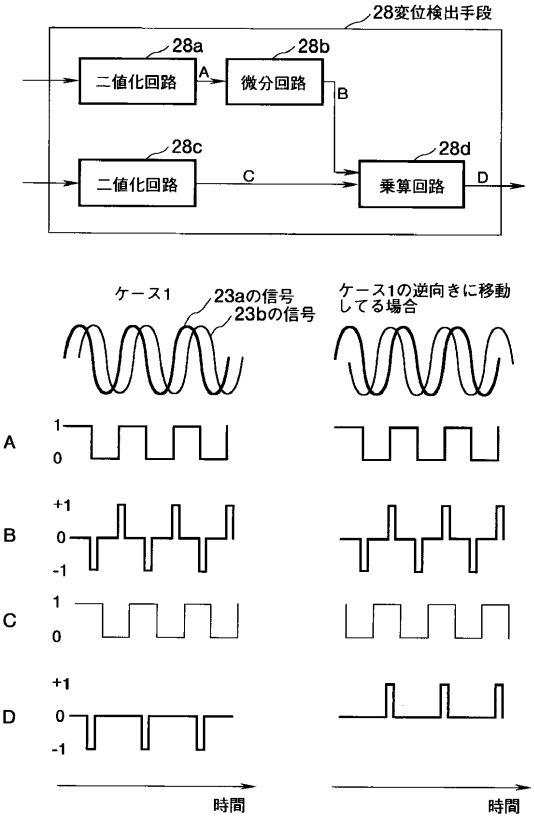
【図２】


L=L0
L=L0+L1
L=L0+L2
L=L0+L3
L=L0+λ/2
(0<L1<L2<L3<λ/2)
X0 X1
X(直径上の位置)
(A)
(B)

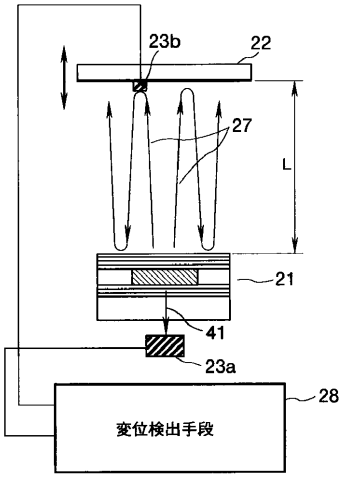
【図３】


光強度
第一の受光手段の出力信号
第二の受光手段の出力信号
時間
(A) Lが減少するとき
光強度
第一の受光手段の出力信号
第二の受光手段の出力信号
時間
(B) Lが増加するとき

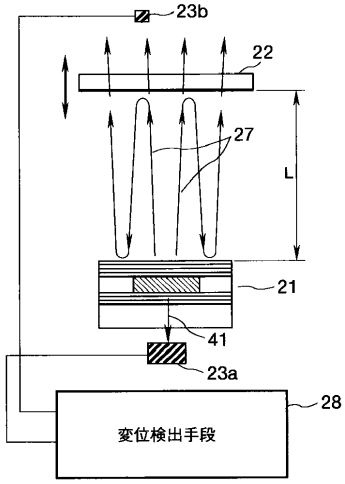
【図４】


28変位検出手段
28a
二値化回路
A
28b
微分回路
B
28c
二値化回路
C
28d
乗算回路
D
ケース1
23aの信号
23bの信号
ケース1の逆向きに移動してる場合
A
B
C
D
時間
時間

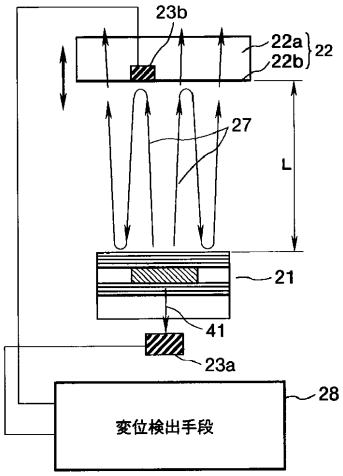
【図５】


23b
22
27
L
21
41
23a
28
変位検出手段

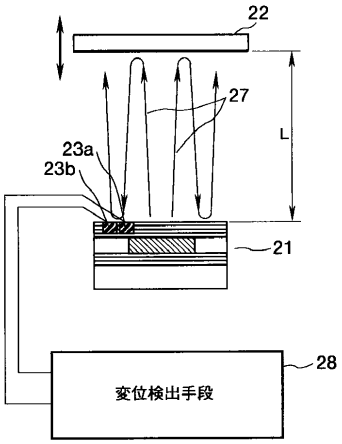
【図６】


23b
22
27
L
21
41
23a
28
変位検出手段

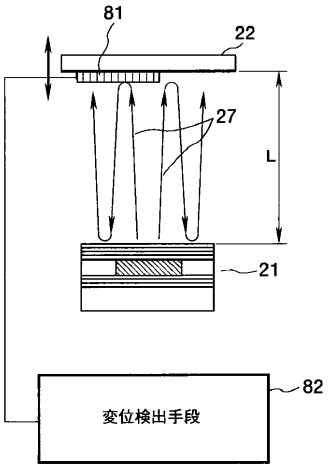
【図７】


23b
22a
22b
22
27
L
21
41
23a
28
変位検出手段

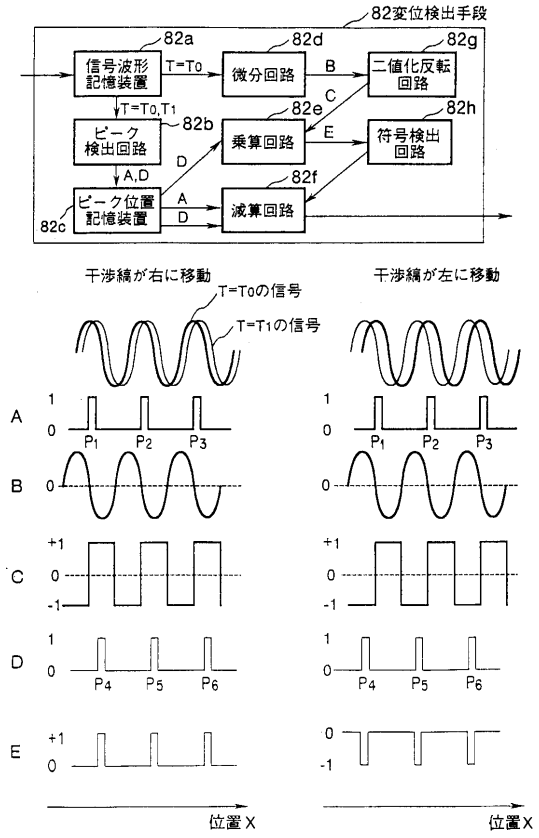
【図８】


22
27
L
23a
23b
21
28
変位検出手段

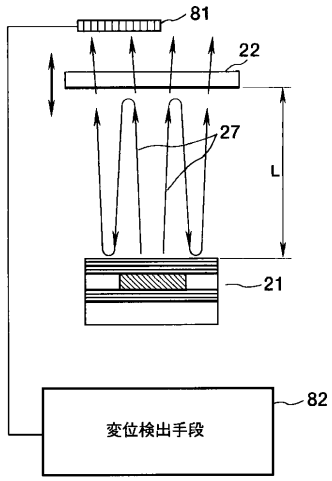
【図９】



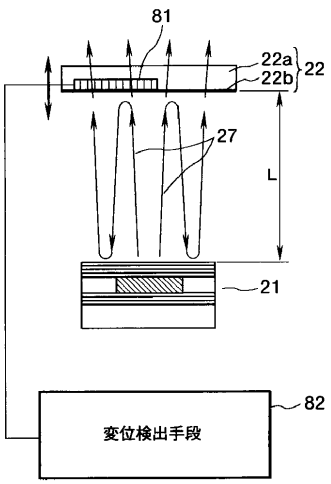
【図１０】



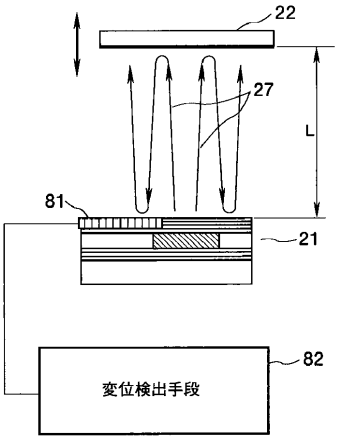
【図１１】



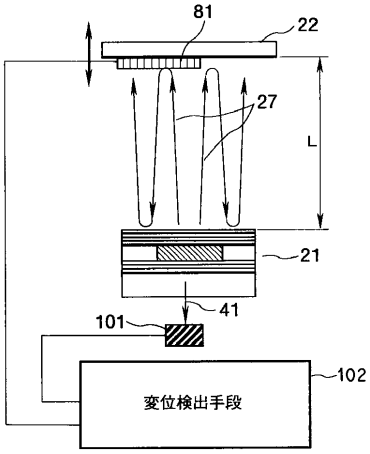
【図１２】



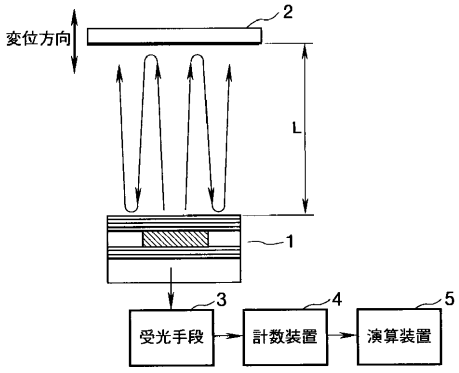
【図１３】

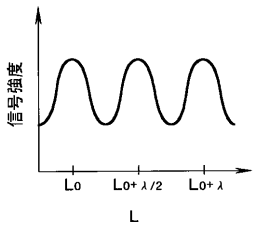


【図１４】



【図１５】





受光手段で検出される信号

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
G01B 11/00-11/30
G01D 5/26-5/38
G01B 9/00-9/10