(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3548275号
(P3548275)
(45)発行日　平成16年7月28日(2004.7.28)　(24)登録日　平成16年4月23日(2004.4.23)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G01S 17/58　G01S 17/58
G01P 3/36　G01P 3/36　D

請求項の数 2　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平7-138429
(22)出願日　平成7年5月12日(1995.5.12)
(65)公開番号　特開平8-304544
(43)公開日　平成8年11月22日(1996.11.22)
審査請求日　平成13年6月29日(2001.6.29)

前置審査

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　加藤　成樹
神奈川県川崎市中原区今井上町５３番地
キヤノン株式会社　小杉事業所内

審査官　松下　公一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】変位情報測定装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
光源手段からの光束を２つの回折光に分離する回折格子に入射させ、該回折格子からの２つの回折光を第１レンズと第２レンズを介して、移動物体上に異なった方向で且つ前記回折格子により分離された回折角とは異なる角度で入射した前記２つの回折光が該移動物体面付近で交差するように各要素を設定して照射し、該移動物体面からのドップラーシフトを受けた散乱光を検出手段で検出し、該検出手段で得られるドップラー信号を利用して該移動物体の移動情報を検出する変位情報測定装置でにおいて、
第１レンズを保持する第１保持部材と第２レンズを保持する第２保持部材を該第１、第２保持部材の熱膨張率と異なる熱膨張率のベース部材で支持し、
環境変化に伴い発生する光源の波長変動による検出誤差分と波長変動に伴う入射角度の変化による誤差分とを、前記第１、第２保持部材間の距離を変化させることにより概略補正するように前記第１保持部材、第２保持部材、ベース部材の熱膨張率を設定したことを特徴とする変位情報測定装置。
【請求項２】
前記第１、第２保持部材間のベース部材の距離の熱膨張による変化と、前記第１、第２保持部材自身の熱膨張による変化によって、前記検出誤差を概略補正する様に前記第１、第２保持部材の前記ベース部材への固定位置を調整したことを特徴とする請求項１記載の変位情報測定装置。
【発明の詳細な説明】

【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は変位情報測定装置に関し、例えば移動する物体や流体等（以下「移動物体」と称する。）にレーザー光を照射し、該移動物体の移動速度に応じてドップラーシフトを受けた散乱光の周波数の偏移を検出することにより移動物体の変位に関する変位情報や移動物体の移動速度を非接触で測定するようにしたドップラー効果を利用した変位情報測定装置に良好に適用できる。
【０００２】
【従来の技術】
従来より移動物体の移動速度を非接触且つ高精度に測定する装置として、レーザードップラー速度計が使用されている。レーザードップラー速度計は移動物体にレーザー光を照射し、該移動物体からの散乱光の周波数が、移動物体の移動速度に比例して偏移（シフト）する効果（ドップラー効果）を利用して、移動物体の移動速度を測定している。
【０００３】
一例として図３に特開平４－２３０８８５号で提案されているレーザードップラー速度計の要部概略図を示す。同図において、１０１はレーザードップラー速度計である。１はレーザー、２はコリメーターレンズ、７は移動物体としての被測定物体、１０は格子ピッチｄの回折格子、１１，１２は焦点距離がｆの第１，第２レンズであり、図に示すような配置構成になっている。回折格子１０から第１レンズ１１までの距離をａ，第２レンズ１２から被測定物体（移動物体）７までの距離ｂとしたとき、ａ，ｂはａ＋ｂ＝２ｆの関係を満足している。
【０００４】
波長λが約０．６８μｍのレーザーダイオード１からのレーザー光はコリメーターレンズ２によって直径１．２ｍｍφの平行光束３となり、格子ピッチｄが３．２μｍの透過型の回折格子１０の格子配列方向に垂直に入射する。このとき±１次の回折光５ａ，５ｂの回折角θはｄｓｉｎθ＝ｍλ（ｍ＝１）より回折角θ１＝１２°で出射する。
【０００５】
光束５ａ，５ｂが焦点距離ｆ（＝１５ｍｍ）の第１レンズ１１に入射すると、図のような光束１３ａ，１３ｂが得られる。光束１３ａ，１３ｂが２ｆ（＝３０ｍｍ）離れたもう１つの第２レンズ１２に入射すると、再び平行光１４ａ，１４ｂが得られ、前述の回折格子１０からの回折角θ１と等しい角度で１．２ｍｍφのスポット径となって速度Ｖ（ｍｍ／ｓｅｃ）の被測定物体７を照射する。
【０００６】
被測定物体７からの散乱光を第２レンズ１２及び集光レンズ８により効率よく光検出器９受光部９ａへと集光させる。このとき受光部９ａ面上では２光束１４ａ，１４ｂの散乱光による明暗の変化が生じる。検出部９では、（ａ）式に示すドップラー信号が含有された光信号（ドップラー周波数Ｆ）を検出する。そして演算手段２４により（ａ）式を用いて移動物体７の速度情報を得ている。
【０００７】
Ｆ＝２Ｖ／ｄ＝Ｖ／１．６（ｋＨｚ）　　・・・・・・（ａ）
ここで、例えばａ＝１０ｍｍ，ｂ＝２０ｍｍとしており、ｂは比較的長くなりワーキングディスタンスを大きくして速度計設置の自由度を大きくしている。
【０００８】
ここでレーザーダイオード１からのレーザー光の波長λが変化したとすると、ｄｓｉｎθ＝λに対応して回折角θが変動するが、ドップラー信号Ｆは変動しない。又この装置では２光束スポットの位置２５も不動にしている。即ち、被測定物体７を図３に示す配置に設定して、被測定物体７上で２光束のスポットの位置が不動となるようにしてスポット間の位置ずれが生じないようにして、常に適正な交差状態を保っている。
【０００９】
【発明が解決しようとする課題】

図３に示す構成のドップラー速度計はグレーティング１０からの回折角と被測定物体７上での入射角が等しい構成となっている。これによりレーザー波長が変化した場合でもドップラー信号は変動せず高精度な速度測定を実現している。しかしながら、回折角＝交差角（照射角）であるが故に光学設計が制約を受ける可能性がある。

【００１０】

回折角≠交差角の構成をとれば、例えば「グレーティングピッチ＜被測定物上での干渉縞ピッチ」のような構成をとれば、光学設計に自由度が大きくなり、例えば容易にワーキングディスタンスを長くとることができる。しかしながら、このような構成にすると、一般に半導体レーザーからの発振波長が温度特性を持っており、温度変化に伴ってレーザー波長が変化した場合、回折角$\theta = \sin^{-1}(\lambda / d)$が変動して、結果として干渉縞ピッチにも影響するためこのままでは高精度な測定に影響する可能性がある。

【００１１】

本発明は移動物体の変位情報を高精度に検出することのできるドップラー効果を利用した変位情報測定装置の提供を目的とする。

【００１２】

【課題を解決するための手段】

請求項１の発明の変位情報測定装置は、光源手段からの光束を２つの回折光に分離する回折格子に入射させ、該回折格子からの２つの回折光を第１レンズと第２レンズを介して、移動物体上に異なった方向で且つ前記回折格子により分離された回折角とは異なる角度で入射した前記２つの回折光が該移動物体面付近で交差するように各要素を設定して照射し、該移動物体面からのドップラーシフトを受けた散乱光を検出手段で検出し、該検出手段で得られるドップラー信号を利用して該移動物体の移動情報を検出する変位情報測定装置でにおいて、

第１レンズを保持する第１保持部材と第２レンズを保持する第２保持部材を該第１、第２保持部材の熱膨張率と異なる熱膨張率のベース部材で支持し、

環境変化に伴い発生する光源の波長変動による検出誤差分と波長変動に伴う入射角度の変化による誤差分とを、前記第１、第２保持部材間の距離を変化させることにより概略補正するように前記第１保持部材、第２保持部材、ベース部材の熱膨張率を設定したことを特徴としている。

【００１３】

請求項２の発明は、請求項１の発明において前記第１、第２保持部材間のベース部材の距離の熱膨張による変化と、前記第１、第２保持部材自身の熱膨張による変化によって、前記検出誤差を概略補正する様に前記第１、第２保持部材の前記ベース部材への固定位置を調整したことを特徴としている。

【００１４】

【実施例】

図１は本発明の実施例１の要部平面図である。

【００１５】

本実施例では図１の紙面内（移動面内）において移動物体７が速度Ｖで矢印７ａの如く移動している場合を示している。図１において１０１は速度計（変位情報測定装置）である。

【００１６】

１は光源で、例えばレーザーダイオード等（以下「レーザー」と称する。）より成っており、波長λ＝０．６８μｍのレーザー光を放射している。２はコリメーターレンズであり、レーザー１からの光束を直径２ｍｍの平行光束３にしている。１０は回折格子であり、例えば格子ピッチｄが３．２μｍの透過型の回折格子より成り±１次回折光５ａ，５ｂが回折角θ１（θ１＝１２°）で回折するように設定している。

【００１７】

１１は焦点距離ｆ１の第１レンズであり第１保持部材１１ａに保持している。１２は焦点距離ｆ２の第２レンズであり第２保持部材１２ａに保持している。第１保持部材と第２保

持部材はそれらの熱膨張率とは異なる熱膨張率のベース部材１３に支持されている。

【００１８】

第１レンズ１１は回折格子１０からの±１次回折光５ａ，５ｂを集光し、光束６ａ，６ｂとし、点Ｐに集光した後に第２レンズ１２に導光している。第２レンズ１２は光束６ａ，６ｂを平行光束１５ａ，１５ｂとして射出させて入射角（照射角）θ２で移動物体７に双方の光束が重畳するように入射させている。

【００１９】

第１レンズ１１と第２レンズ１２はそれらの間隔が略$f_1 + f_2$となるように配置している。７は移動物体または移動流体（以下「移動物体」と称する。）であり、移動速度Ｖで矢印７ａ方向に移動している。

【００２０】

８は集光レンズであり、移動物体７からの反射光をレンズ群１２を介して集光して光検出器（検出手段）９に導光している。

【００２１】

本実施例において、レーザー１から出射されたレーザー光はコリメーターレンズ２によって平行光束３となり、回折格子１０に垂直入射する。そして回折格子１０からの±１次（ｎ次）回折光５ａ，５ｂは回折角θ１で射出し、第１レンズ１１に入射する。そして回折光５ａ，５ｂは第１レンズ１１で光束６ａ，６ｂとして点Ｐに集光した後に第２レンズ１２に入射している。

【００２２】

このとき光束６ａ，６ｂを距離$f_1 + f_2$離れた第２レンズ１２に入射させて、速度測定方向では再び平行光１５ａ，１５ｂとして入射角θ２で移動物体７に照射している。

【００２３】

被測定物体７からの散乱光を第２レンズ１２及び集光レンズ８により効率よく光検出器９の受光部９ａへと集光させ、（１）式に示すドップラー信号Ｆが含有された光信号を検出している。

【００２４】

$F = 2V\sin\theta_2 / \lambda$　　・・・・・・（１）

ここで、環境変化（温度変化）によりレーザーダイオード１からの光束の波長λが変化すると、

$d\sin\theta_1 = \lambda$　　・・・・・・・・（２）

に対応して回折角θ_1が変動する。

【００２５】

このとき、

$f_1 \tan\theta_1 = f_2 \tan\theta_2$

であれば、$\sin\theta \quad \tan\theta \quad \theta$より、ドップラー信号Ｆは、

$F = 2Vf_1 / f_2 \quad d = V/2.5$（ｋＨｚ）　　・・・・・・（３）

となり、近似的にではあるが波長依存性のない光学系を実現することができる。そこで光検出器９の出力よりドップラー信号Ｆの値を求め、不図示の演算器で（３）式より速度Ｖを算出する。

【００２６】

しかしながら、本実施例ではワーキングディスタンスを大きくとる為に、

$f_1 \tan\theta_1 \neq f_2 \tan\theta_2$

としている。この結果、レーザーダイオード１からの光束の波長λが変化するとドップラー信号Ｆは（１）式より誤差が生じる。

【００２７】

例えば回折格子１０のピッチｄが３．２μｍ、干渉縞ピッチ５μｍの構成では温度変化により表－１の検出誤差が生じる（温度変化０→２２．５→４５℃に対して６７９．５→６８５．１→６９０．８ｎｍの波長変動をする半導体レーザを例にとる）。

【００２８】

【表１】

表－１

0 ℃	679.5nm	0.070%
22.5℃	685.1nm	0.004%
45 ℃	690.8nm	-0.062%

またレンズの位置ズレに対する誤差は第１レンズ１１と第２レンズ１２に対するズレが最も影響度が大きく位置ズレに対して表－２の検出誤差が生じる。

【００２９】

【表２】

表－２

+17μm	+0.068%
0μm	-0.004%
-17μm	-0.067%

そこで本実施例では、第１レンズ１１を保持する第１保持部材１１ａと第２レンズ１２を保持する第２保持部材１２ａ、そして該第１，第２保持部材を支持するベース部材１３を適切なる熱膨張率を有する材質より構成して、温度変化によりレーザーダイオード１からの光束の波長が変化して発生する移動物体７への光束の照射角の変化による誤差分を第１，第２レンズ間の距離を熱膨張によって変えて、これに起因する誤差分で略相殺して補正（キャンセル）するようにしている。

【００３０】

具体的には、第１レンズ１１と第２レンズ１２の保持部材に第１レンズと第２レンズ間の距離３４．５（ｍｍ）に対して±２２．５℃の温度変化に対して±１７μｍの熱膨張をするマグネシウム合金（$\alpha = 26 \times 10^{-6}$）を使用し、ベース部材１３にアルミニウム（Ａ３００３，$\alpha = 23.2 \times 10^{-6}$）を使用し、図１に示すようなレンズ鏡筒固定位置（ネジ止め位置）に設定している。これにより温度変化±２２．５℃に対する誤差、即ちドップラー信号Ｆの検出誤差を補正している。具体的には、温度変化±２２．５℃に対して波長変動による光学的誤差を０．０１％以下になるまで相殺する様に設計すれば、即ちこれは誤差を測定時のノイズ以下までおさえたことになる。

【００３１】

図２は本発明の第２実施例の要部平面図である。

【００３２】

本実施例では図１の実施例１に比べて、ベース部材１３に直接レンズ１１，１２を固定する構成にした点が異なる。レーザーダイオード１から出射されたレーザー光はＺ軸に直線偏光となるように配置され、コリメーターレンズ２によって平行光束３となる。平行光束３は回折格子１０により角度θで回折され２光束５ａ，５ｂに分割されて凸レンズ１１に入射する。光束は集束光１０ａ，１０ｂになるが、レンズ１２により再び平行光束１５ａ，１５ｂになり速度Ｖで移動している被測定物７に入射角θ′で２光束照射される。物体もしくは流体による散乱光は、集光レンズ８を介して光検出器９で検出される。理想的には回折角θ＝照射角θ′であれば光学的な誤差はほとんど生じない。しかし本実施例ではワーキングディスタンスを大きくとるためにθ≠θ′で構成している。θ≠θ′の場合、光学的な誤差が理論的に生じる。例えば回折格子ピッチ３．２μｍ、干渉縞ピッチ５μｍの構成では表－３の誤差が生じる。

【００３３】

【表３】

表－３

0　℃	679.5nm	0.070%
22.5℃	685.1nm	0.004%
45　℃	690.8nm	-0.062%

またレンズの位置ズレに対する誤差はレンズ１１、レンズ１２に対するズレが最も影響度が大きく位置ズレに対して表－４の誤差が生じる。

【００３４】

【表４】

表－４

+15μm	+0.058%
0μm	-0.004%
-15μm	-0.062%

以上のことを踏まえ本実施例ではレンズ１１とレンズ１２が最適に位置ズレする、即ち温度変化によるレーザーダイオード波長変化起因の誤差とレンズ１１，１２間の熱膨張による距離変動起因の誤差とが相殺されるような材質を選定してある。実際の設計ではレンズ１１、レンズ１２間距離３４．５に対して±２２．５℃の温度変化に対して１５μｍの熱膨張をする材質、例えば真ちゅう（$\alpha = 19.9 \times 10^{-6}$）がほぼ光学的誤差を消去する。

【００３５】

【発明の効果】

本発明によれば以上のように、回折格子より生ずる回折光を集光する第１レンズを保持する第１保持部材と第２レンズを保持する第２保持部材、そして第１，第２保持部材を支持するベース部材を適切なる熱膨張率の部材より構成し、回折角と照射角が異なることで生じる光学的誤差を該第１レンズ及び第２レンズ間の距離の熱膨張による変化（誤差）でキャンセルすることにより、移動物体の変位情報を高精度に検出することのできるドップラー効果を利用した変位情報測定装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施例１の要部平面図

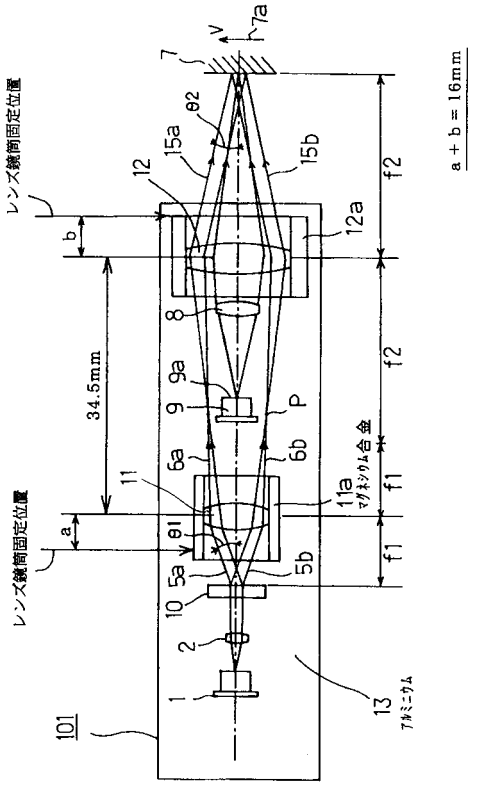
【図２】本発明の実施例２の要部平面図

【図３】従来のドップラー速度計の概略図

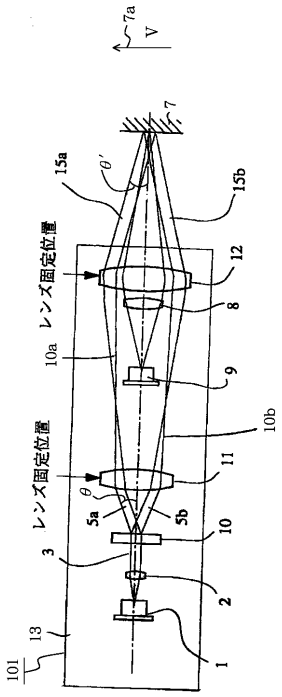
【符号の説明】

１　光源
２　コリメーターレンズ
７　被測定物
８　集光レンズ
９　光検出器
１０　回折格子
１１　第１レンズ
１２　第２レンズ
１１ａ　第１保持部材
１２ａ　第２保持部材
１３　ベース部材
２１，２２　レンズ鏡筒

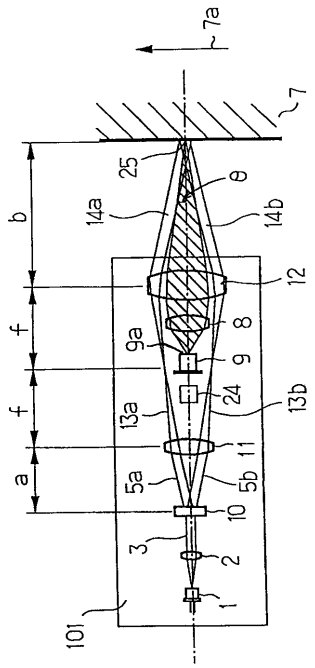
【図１】


レンズ鏡筒固定位置
レンズ鏡筒固定位置
a + b = 16mm
34.5mm
マグネシウム合金
アルミニウム
101

【図２】


レンズ固定位置
レンズ固定位置
101

【図３】


101

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０６－３３７３３７（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－３２００７９（ＪＰ，Ａ）
特開平５－１８９８２（ＪＰ，Ａ）
特開平４－２３０８８５（ＪＰ，Ａ）
実開昭５５－７７２０５（ＪＰ，Ｕ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01S 7/48- 7/51
G01S17/00-17/95
G01P 3/36
G02B 7/02