

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-132727

(P2007-132727A)

(43) 公開日 平成19年5月31日(2007.5.31)

(51) Int. Cl.

G 0 1 B 9/02 (2006.01)

F I

G 0 1 B 9/02

テーマコード (参考)

2 F 0 6 4

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2005-324349 (P2005-324349)

(22) 出願日 平成17年11月9日 (2005.11.9)

(71) 出願人 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 100075948

弁理士 日比谷 征彦

(72) 発明者 加藤 成樹

東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キ

ヤノン株式会社内

Fターム(参考) 2F064 AA01 CC10 DD02 EE01 FF02

FF06 GG04 GG12 GG23 GG24

GG32 GG38 GG42 GG44 HH01

JJ01

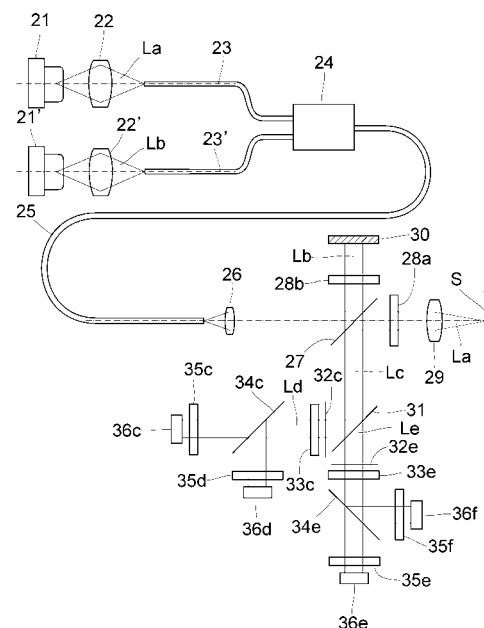
(54) 【発明の名称】 干渉測定装置

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバを用いて安定かつ高精度の測定を可能とする。

【解決手段】 光源21から射出された波長1の測定光La、光源21'から射出された波長2の参照光Lbは、光ファイバ23、23'の入射端面に導光され、更に合波器24を介して光ファイバ25に導光される。光ファイバ25の出射端面から射出された光束は、偏光ビームスプリッタ27の面でP波とS波に分離される。スプリッタ27の透過光束は測定光Laとして被測定物Sに照射し反射され、反射光束は参照光Lbとして参照ミラー30で反射されて、合波光Lcとなる。この合波光Lcを波長1、2の光束に分離し、マイケルソン干渉計の原理により、 $(1/2)$ 1移動及び $(1/2)$ 2移動に対して1周期の正弦波の測定信号を得る。2つの光源21、21'からの光束は、光ファイバ25の出射面で完全な点光源として扱うことができ、光学系の安定性が得られる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光束を光透過部材内で 2 つの光束に分割し、一方の参照光を参照ミラーで反射させ、他方の測定光を測定対象物で反射させ、それぞれの光束を前記光透過部材内で合波し、該合波光から干渉光束を得る干渉測定装置において、前記参照光と測定光は同一光ファイバの出射端面から前記光透過部材に向けて出射する複数波長を持つことを特徴とする干渉測定装置。

【請求項 2】

前記複数の光束はそれぞれ別個に生成してそれぞれ別個の光ファイバにより導光して合波器で合波し、前記同一光ファイバの入射端面に導光することを特徴とする請求項 1 に記載の干渉測定装置。

【請求項 3】

前記別個の光ファイバは偏波面保持ファイバであることを特徴とする請求項 2 に記載の干渉測定装置。

【請求項 4】

前記同一光ファイバの出射端面からの光束を偏光素子によって偏光することを特徴とする請求項 1 に記載の干渉測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非接触で測定対象物の変位を検出する干渉測定装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

図 4 は従来例の半導体レーザー光源を使用した一般的な干渉計の構成図を示しており、この種の干渉測定装置は例えば特許文献 1、2 に開示されている。

【0003】

半導体レーザー光源 1 から射出されたレーザー光束 L はコリメータレンズ 2 で平行光とされ、偏光ビームスプリッタ 3 に入射し、測定光 L a と参照光 L b に分割される。測定光 L a は 1 / 4 波長板 4 a を透過し、集光レンズ 5 で集光され被測定物 S に照射され反射される。

【0004】

一方、偏光ビームスプリッタ 3 で反射された参照光 L b は、1 / 4 波長板 4 b を透過し参照ミラー 6 で反射される。被測定物 S、参照ミラー 6 でそれぞれ反射された光束 L a、L b は、再び 1 / 4 波長板 4 a、4 b をそれぞれ透過し、今度は偏光ビームスプリッタ 3 を参照光 L b は透過し、測定光 L a は反射して合波光 L c となって 1 / 4 波長板 4 c に入射する。合波光 L c は測定光 L a の帰りの偏光情報のみ変調されているので、1 / 4 波長板 4 c を透過した光束は回転する直線偏光となる。

【0005】

その後、合波光 L c は非偏光ビームスプリッタ 7 に入射し、測定光 L d、L e に分割される。更に、互いに光学軸を 45 度傾けた偏光板 8 a、8 b をそれぞれ測定光 L d、L e が通過することにより、図 5 に示すように互いに位相が 90 度異なる 2 つの正弦波信号 A、B が光電センサ 9 a、9 b で得られる。

【0006】

被測定物 S の変位によって、合波光 L c の偏光方向が回転するので、被測定物 S の変位に応じて、このような $\pi/2$ で 1 周期の正弦波信号が得られる。この従来例の変位計はインクリメンタルの正弦波信号が出力がなされるが、基準位置情報がないため、測定開始後の相対位置しか分からないという問題がある。

【0007】

図 6 は上述の従来例の改良案を示している。半導体レーザー光源 1 a により波長 λ_1 を持つ光束を発光し、光源 1 b により波長 λ_2 を持つ光束を発光する。それぞれの光束をコ

10

20

30

40

50

リメータレンズ 2 a、2 b で平行光とし、偏光ビームスプリッタ 3 a を用いて図 4 と同様に測定光 L a と参照光 L b との合波光 L c を生成し、マイケルソン型干渉計を使用する。

【0008】

合波光 L c は非偏光ビームスプリッタ 1 0 に入射し、測定光 L d、L e に分割される。光束 L d は波長 1 を透過するバンドパスフィルタ 1 1 a を透過し、透過光は波長 1 の情報のみを持つ。波長 1 の光束 L d は 1 / 4 波長板 1 2 a を透過することで直線偏光となり、偏光情報は被測定物 S の変位に基づいて偏光方向が回転する。回転する直線偏光の光束 L d は非偏光ビームスプリッタ 1 3 a で分割され、透過光は偏光板 1 4 a を透過し、反射光は偏光板 1 4 b を透過することにより光の明暗信号となり、それぞれ光電センサ 1 5 a、1 5 b で電気信号となる。この電気信号は被測定物 S の移動に伴い、(1 / 2) 1 移動に対して 1 周期の正弦波の信号となる。

10

【0009】

一方、非偏光ビームスプリッタ 1 0 を透過した光束 L e は、波長 2 を透過するバンドパスフィルタ 1 1 e を透過し、透過光は波長 2 の情報のみを持つ。以後、1 / 4 波長板 1 2 e を透過し、非偏光ビームスプリッタ 1 3 f で分割された後に、偏光板 1 4 e、1 4 f をそれぞれ透過し、光電センサ 1 5 e、1 5 f に入射する。今度は、電気信号は被測定物 S の移動に伴い、(1 / 2) 2 移動に対して 1 周期の正弦波信号となる。

【0010】

この構成により得られた正弦波信号 A、B の周期は、被測定物 S の移動に応じて得られ、図 7 (a)、(b) に示すようにそれぞれ 1 / 2、2 / 2 の周期で得られる。この 2 種類の信号の位相差は、参照光 L b の光路長と測定光 L a の光路長が一致した場合に 0 となり、光路長差に応じてそれぞれの正弦波信号の位相差が生ずる信号となる。この位相差を観測することによって、被測定物 S の絶対位置の測定が可能となる。

20

【0011】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 9 4 5 1 3 号公報

【特許文献 2】特開平 1 1 - 9 4 5 1 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

上述の従来例では、或る一定距離での絶対値測定を可能としているが、波長を例えば 6 5 0 n m と 6 5 5 n m 等の現実的な波長に選択した場合に、隣り合う正弦波信号の位相ずれが元の正弦波信号の 1 / 1 0 0 周期以下となる。検出を十分な精度で行うには、その数分の 1 の周期つまり約 1 / 5 0 0 周期と極めて微小な安定性が要求される。

30

【0013】

図 6 に示す従来例のような構成の場合に、2 つの半導体レーザー光源 1 a、1 b の光軸及び位置を厳密に設定しなければならない。つまり、それぞれの光軸の変化、ターゲットの測定中の微小な傾き、移動による光学系内での光束がそれぞれ異なった移動をし、最終的に判定すべき 1 / 5 0 0 周期 (= 1 . 3 n m) 以下の位相差の安定性が確保することが極めて困難である。

【0014】

更に、半導体レーザー光源 1 a、1 b が光学系付近に設置されることは、光源 1 a、1 b に電源を投入した瞬間から、巨大な熱量が光学系に放射されることになり、自らの発熱で確保すべき安定性を損ねるという問題もある。

40

【0015】

本発明の目的は、上述の問題点を解消し、光ファイバを用いて安定しかつ高精度の測定をなし得る干渉測定装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するための本発明に係る干渉測定装置技術的特徴は、光束を光透過部材内で 2 つの光束に分割し、一方の参照光を参照ミラーで反射させ、他方の測定光を測定対

50

象物で反射させ、それぞれの光束を前記光透過部材内で合波し、該合波光から干渉光束を得る干渉測定装置において、前記参照光と測定光は同一光ファイバの出射端面から前記光透過部材に向けて出射する複数波長を持つことにある。

【発明の効果】

【0017】

本発明に係る干渉測定装置によれば、測定光と参照光を同一光ファイバの出射端面から複数波長の光束を出射することによって、絶対位置測定をより高精度に行うことが可能となる。

【0018】

また、別個の光ファイバの出射端面から射出される複数波長を持つ光束を合波器を介して同一光ファイバに導光すると、より簡易的な構成での複数波長の測定を可能にする。

【0019】

更に、同一光ファイバの出射端面からの光束を偏光素子によって偏光すると、光ファイバの不安定性を取り除き、より高精度の測定が実現でき、更に合波器に導く光ファイバを偏波面保持ファイバにすれば、更に高精度の測定ができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

本発明を図1～図3に図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

【実施例1】

【0021】

図1は実施例1の干渉計の構成図である。半導体レーザー光源21、21'の光軸上にはそれぞれレンズ22、22'が配置され、レンズ22、22'の集光点に偏波面保持光ファイバ23、23'の入射端面がそれぞれ設けられている。2つの光ファイバ23、23'の出射端面は合波器24に接続され、合波器24の出射端には他の光ファイバ25の入射端面が接続されている。

【0022】

そして、光ファイバ25の出射端面の光軸上には、コリメータレンズ26、偏光ビームスプリッタ27、1/4波長板28a、集光レンズ29、被測定物Sが配列されている。また、偏光ビームスプリッタ27の反射方向には、1/4波長板28b、参照ミラー30が配列されている。

【0023】

参照ミラー30の反射方向、つまり参照ミラー30による光束の偏光ビームスプリッタ27の透過側方向には、非偏光ビームスプリッタ31が配置されている。非偏光ビームスプリッタ31の反射方向には、波長1の光束を透過するバンドパスフィルタ32c、1/4波長板33c、非偏光ビームスプリッタ34c、偏光板35c、光電センサ36cが配列されている。更に、非偏光ビームスプリッタ34cの反射方向には、偏光板35d、光電センサ36dが設けられている。

【0024】

非偏光ビームスプリッタ31の透過方向には、波長2の光束を透過するバンドパスフィルタ32e、1/4波長板33e、非偏光ビームスプリッタ34e、偏光板35e、光電センサ36eが配列されている。また、非偏光ビームスプリッタ34eの反射方向には偏光板35f、光電センサ36fが設けられている。

【0025】

半導体レーザー光源21から射出された波長1のレーザー測定光Laは、レンズ22で集光され偏波面保持光ファイバ23の入射端面に導光される。一方、半導体レーザー光源21'から射出された波長2のレーザー参照光Lbは、レンズ22'で集光光束となり、偏波面保持光ファイバ23'の入射端面に導光される。光ファイバ23、23'からの出射光は、合波器24を介して光ファイバ25に導光される。

【0026】

光ファイバ25の出射端面からは波長1、2が混在する光束が射出され、偏光ビー

10

20

30

40

50

ムスプリッタ 27 の面で P 波と S 波に分離される。偏光ビームスプリッタ 27 を透過した光束は、測定光 L a として 1 / 4 波長板 28 a を透過して、集光レンズ 29 で集光光束となり被測定物 S に照射される。一方、偏光ビームスプリッタ 27 で反射した光束は参照光 L b となり、1 / 4 波長板 28 b を透過して参照ミラー 30 で反射される。

【0027】

被測定物 S に集光され反射された測定光 L a は再び元の光路を通り、ビームスプリッタ 27 で反射される。一方、参照光 L b は反射後に元の光路を通り、今度はビームスプリッタ 27 を透過し、測定光 L a と合波され合波光 L c となる。合波光 L c はその後非偏光ビームスプリッタ 31 に入射し、非偏光ビームスプリッタ 31 による反射光は光束 L d、透過光は光束 L e となる。

10

【0028】

このとき、測定光 L a の被測定物 S の集光点を、参照光 L b が反射される参照ミラー 30 と波動光学的な等光路長になるように、集光レンズ 29 のパワーを設定しておけば、半導体レーザー光源を使用した干渉計として最大の効果を発揮する。つまり、波面で考えると、被測定物 S からの反射光と、参照ミラー 30 からの反射光は両方とも平行光として合波される。

【0029】

光束 L d は波長 1 を透過するバンドパスフィルタ 32 c を透過し、透過光は波長 1 の情報のみを持つ。波長 1 の光束は 1 / 4 波長板 33 c を透過することで直線偏光となり、偏光情報は被測定物 S の変位に基づいて偏光方向が回転する。回転する直線偏光の光束 L d は非偏光ビームスプリッタ 34 c で分割され、透過光は偏光板 35 c を透過し、反射光は偏光板 35 d を透過することにより、光の明暗信号となり、それぞれ光電センサ 36 c、36 d で電気信号となる。この電気信号は被測定物 S の移動に伴い、(1 / 2) 1 移動に対して 1 周期の正弦波の信号となる。

20

【0030】

偏光板 35 c、35 d はそれぞれの偏光軸が 45 度傾いて設置しており、図 2 (a) に示すように光電センサ 36 c、36 d からの正弦波信号は 90 度位相が異なる A 相、B 相信号となる。

【0031】

一方、非偏光ビームスプリッタ 31 を透過した光束 L e は、波長 2 を透過するバンドパスフィルタ 32 e を透過し、透過光は波長 2 の情報のみを持つ。以後、1 / 4 波長板 33 e を透過し、非偏光ビームスプリッタ 34 e で 2 分割された後に、偏光板 35 e、35 f をそれぞれ透過し、光電センサ 36 e、36 f に入射する。光電センサ 36 e、36 f で得られる電気信号は、被測定物 S の移動に伴い (1 / 2) 2 移動に対して 1 周期の正弦波信号となる。偏光板 35 e、35 f は偏光軸を互いに 45 度傾けて設置してあるので、図 2 (b) に示すように A 相、B 相信号の 90 度位相が異なる正弦波信号となる。

30

【0032】

ここで注目すべきことは、2 つの光源 21、21' からの波長 1、2 の光束は、光ファイバ 25 の出射面で完全な点光源として扱うことができ、この点光源の位置は、2 つの波長 1、2 を持つ 2 光束において、完全に空間的に同一点となる。

40

【0033】

即ち、変位計として構成した場合に、ターゲットの移動、傾きに対して 2 光束の出射面は変位計の光学系内で全く同一の移動をすることとなり、位相のずれが全く生ずることはない。例えば、従来例のように 650 nm と 655 nm 等の現実的な波長を選択した場合に、隣り合う正弦波信号の位相差を判別するために必要な約 1 / 500 周期 (1.3 nm) に対する微小な安定性は問題なく満たされることになる。また、発熱量が大きい半導体レーザー光源 21、21' を光ファイバ 23、23'、25 により光学系から遠ざけているため、光学系の近傍に主要な熱源が存在せず、光学系の安定性の面からも有利である。

【実施例 2】

【0034】

50

図 3 は実施例 2 の構成図を示し、図 1 の実施例 1 に対しレンズ 2 6 の直後に偏光板 3 7 が挿入されている。なお、図 1 と同一の符号は同一機能部品を示している。

【 0 0 3 5 】

一般的に、偏波面保持光ファイバは偏光保持面と垂直方向の光成分に関しては偏光保持機能がないため、偏波保持光ファイバからの射出光には偏光の不安定性が存在する。しかし、光路射出消光比の高い偏光板 3 7 を挿入することで、より安定した光束を変位計光学系が得られ、安定度の高い高精度な変位計を構成できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 6 】

【図 1】実施例 1 の構成図である。

10

【図 2】実施例 1 の出力信号の波形図である。

【図 3】実施例 2 の構成図である。

【図 4】従来例の干渉計の構成図である。

【図 5】出力信号の波形図である。

【図 6】他の従来例の構成図である。

【図 7】出力信号の波形図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 7 】

2 1、2 1' 半導体レーザー光源

2 2、2 2' レンズ

20

2 3、2 3'、2 5 光ファイバ

2 4 合波器

2 6 コリメータレンズ

2 7 偏光ビームスプリッタ

2 8、3 3 1 / 4 波長板

3 0 参照ミラー

3 1、3 4 非偏光ビームスプリッタ

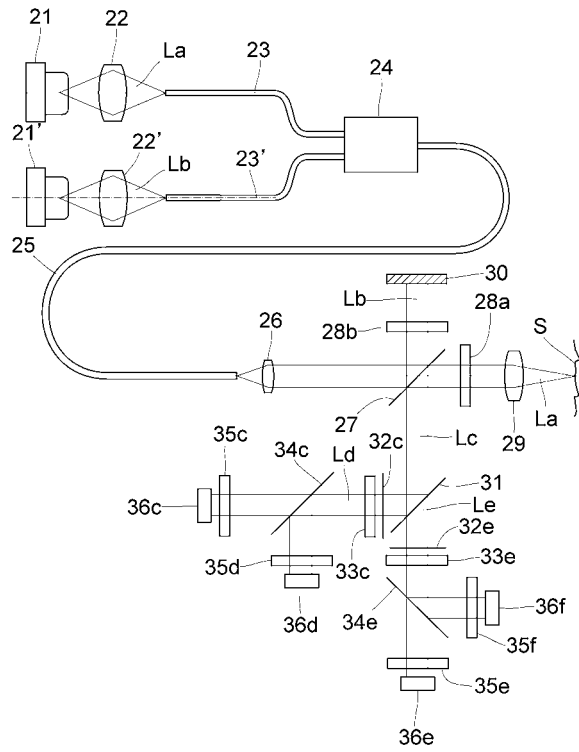
3 5、3 7 偏光板

3 6 光電センサ

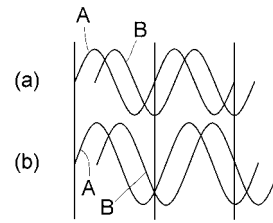
S 被測定物

30

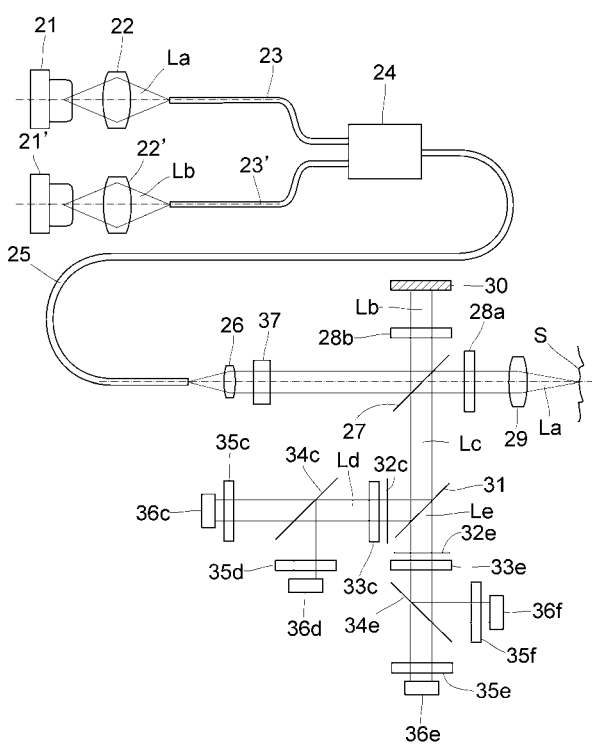
【 図 1 】



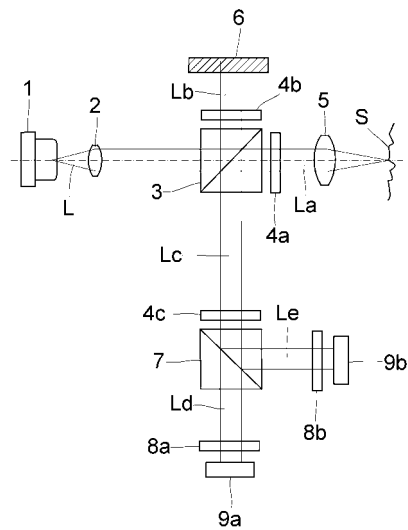
【 図 2 】



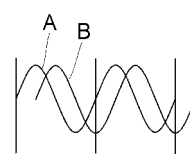
【 図 3 】



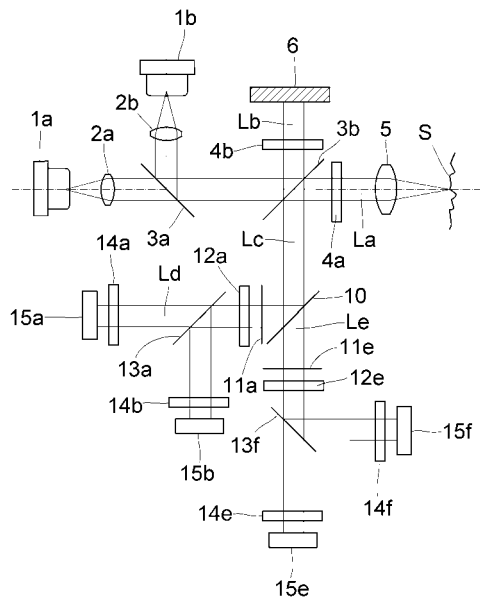
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

