

(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2010-38558

(P2010-38558A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 B 9/02 (2006.01)	G O 1 B 9/02	2 F O 6 4
G O 1 B 11/00 (2006.01)	G O 1 B 11/00 G	2 F O 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-198312 (P2008-198312)	(71) 出願人	000137694
(22) 出願日	平成20年7月31日 (2008.7.31)		株式会社ミットヨ
			神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
		(74) 代理人	100080458
			弁理士 高矢 諭
		(74) 代理人	100076129
			弁理士 松山 圭佑
		(74) 代理人	100089015
			弁理士 牧野 剛博
		(72) 発明者	川▲崎▼ 和彦
			茨城県つくば市上横場430番地の1 株式会社ミットヨ内

最終頁に続く

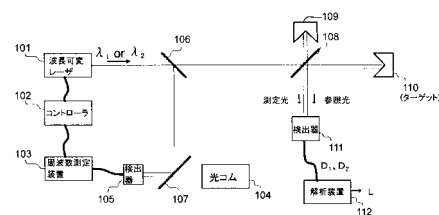
(54) 【発明の名称】 光波干渉による距離測定方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】空気屈折率の影響を低減した幾何学距離の干渉測定に際し、安定度の高いレーザを使用せずに、安価な装置を実現する。

【解決手段】干渉計本体からターゲット110までの幾何学距離Lを、複数の波長 λ_1 、 λ_2 のレーザ光を用いた光波干渉測定により求めた距離測定値 D_1 、 D_2 から、空気の屈折率を補正して高精度に測定する際に、光コム104を用いて複数のレーザ光の波長を測定する。その際、光コムを用いて波長可変レーザ101の発振波長を測定してフィードバック制御をかけることにより、所定の複数の波長のレーザ光を得たり、波長可変レーザを任意の複数波長で発振させて複数の距離測定値を得、各距離測定値を得た時のレーザ光の波長(周波数)を光コムで測定し、幾何学距離の演算に用いたり、複数のレーザ416、417を用い、各レーザから発振されるレーザ光の波長を光コムで測定しながら距離測定値を得ることができる。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

干渉計本体からターゲットまでの幾何学距離を、複数の波長のレーザ光を用いた光波干渉測定により求めた距離測定値から、空気の屈折率を補正して高精度に測定する際に、
光コムを用いて前記複数のレーザ光の波長を測定することを特徴とする光波干渉による距離測定方法。

【請求項 2】

前記光コムを用いて波長可変レーザの発振波長を測定してフィードバック制御をかけることにより、所定の複数の波長のレーザ光を得ることを特徴とする請求項 1 に記載の光波干渉による距離測定方法。

【請求項 3】

波長可変レーザを任意の複数波長で発振させて複数の距離測定値を得、各距離測定値を得た時のレーザ光の波長（周波数）を光コムで測定し、前記幾何学距離の演算に用いることを特徴とする請求項 1 に記載の光波干渉による距離測定方法。

【請求項 4】

複数のレーザを用い、各レーザから発振されるレーザ光の波長を光コムで測定しながら前記距離測定値を得ることを特徴とする請求項 1 に記載の光波干渉による距離測定方法。

【請求項 5】

前記光コムを含む一つの周波数測定系で、前記複数の波長を測定することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の光波干渉による距離測定方法。

【請求項 6】

任意の波長で前記複数の距離測定値を得て、波長の組み合わせにより定められる定数を使い、空気屈折率を補正した前記幾何学距離を求めることを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれかに記載の光波干渉による距離測定方法。

【請求項 7】

3 つ以上の前記距離測定値から、2 つずつの組み合わせによって複数の前記幾何学距離を算出し、それらの平均値によって前記幾何学距離を決定することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の光波干渉による距離測定方法。

【請求項 8】

波長がそれぞれ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 のレーザ光により得られる、干渉計本体からターゲットまでの、空気屈折率の影響を受けた 3 つの距離測定値 D_1 、 D_2 、 D_3 とレーザ光の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の組み合わせによってきまる定数 A_i を使い、次式

$$L = D_2 - A_1 (D_2 - D_1) - A_2 (D_3 - D_1)$$

を用いて、前記幾何学距離 L を決定することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の光波干渉による距離測定方法。

【請求項 9】

干渉計本体からターゲットまでの幾何学距離を、複数の波長のレーザ光を用いた光波干渉測定により求めた距離測定値から、空気の屈折率を補正して高精度に測定するための距離測定装置において、

前記複数のレーザ光の波長を測定するための光コムを備えたことを特徴とする光波干渉による距離測定装置。

【請求項 10】

前記光コムを用いて波長可変レーザの発振波長を測定してフィードバック制御をかける手段を備えることにより、所定の複数の波長のレーザ光を得ることを特徴とする請求項 9 に記載の光波干渉による距離測定装置。

【請求項 11】

波長可変レーザを任意の複数波長で発振させる手段と、複数の距離測定値を得た時のレーザ光の波長（周波数）を光コムで測定し、前記幾何学距離の演算に用いる手段とを備えたことを特徴とする請求項 9 に記載の光波干渉による距離測定装置。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

複数のレーザと、各レーザから発振されるレーザ光の波長を光コムで測定しながら前記距離測定値を得る手段とを備えたことを特徴とする請求項 9 に記載の光波干渉による距離測定装置。

【請求項 13】

前記光コムを用いて、前記複数の波長を測定する一つの周波数測定系を備えたことを特徴とする請求項 9 乃至 12 のいずれかに記載の光波干渉による距離測定装置。

【請求項 14】

任意の波長で前記複数の距離測定値を得て、波長の組み合わせにより定められる定数を使い、空気屈折率を補正した前記幾何学距離を求める手段を備えたことを特徴とする請求項 11 乃至 14 のいずれかに記載の光波干渉による距離測定装置。

10

【請求項 15】

3 つ以上の前記距離測定値から、2 つずつの組み合わせによって複数の前記幾何学距離を算出する手段と、それらの平均値によって前記幾何学距離を決定する手段と、を備えたことを特徴とする請求項 9 乃至 14 のいずれかに記載の光波干渉による距離測定装置。

【請求項 16】

波長がそれぞれ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 のレーザ光により得られる、干渉計本体からターゲットまでの、空気屈折率の影響を受けた 3 つの距離測定値 D_1 、 D_2 、 D_3 とレーザ光の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の組み合わせによってきまる定数 A_i を使い、次式

$$L = D_2 - A_1 (D_2 - D_1) - A_2 (D_3 - D_1)$$

を用いて、前記幾何学距離 L を決定する手段を備えたことを特徴とする請求項 9 乃至 14 のいずれかに記載の光波干渉による距離測定装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光波干渉による距離測定方法及び装置に係り、特に、干渉計本体からターゲットまでの幾何学距離を、複数の波長のレーザ光を用いた光波干渉測定により求めた距離測定値から、空気の屈折率を補正して高精度に測定するための光波干渉による距離測定方法及び装置の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

本体からターゲットまでの幾何学的距離あるいはターゲットの変位を高精度に測定する方法の一つに、光波干渉を利用した距離の測定がある。

30

【0003】

この光波干渉を利用した距離の測定は、光の波長をものさしとした高精度な測定方法である（特許文献 1 参照）。光の波長は、高精度な時間基準で値付けされる光の周波数から換算されるものであるが、真空中での長さを表している。そのため、実際の測定環境においては、空気の屈折率による波長変化分の補正が必要となる。しかしながら、空気の屈折率は温度や湿度や気圧などの環境に依存して変化するために、正確な補正を行うためには、これら環境を正確に測定する装置が別途必要となる。

【0004】

一方で、温度や湿度などの環境変化を観察することなく、空気の屈折率による誤差（不確かさ）を低減する方法として、2 波長法が提案されている（特許文献 2 参照）。この 2 波長法は、異なる 2 つの波長 λ_1 、 λ_2 のレーザ光を用いた光波干渉測定により求めた、空気の屈折率の影響を受けた距離測定値 D_1 と D_2 により、干渉計本体から対象物（ターゲット）までの幾何学距離 L を算出する方法である。 L は、使用する波長に応じた定数 A を使って、次式（1）によって算出することが出来る。

40

【0005】

$$L = D_2 - A (D_2 - D_1) \quad \dots (1)$$

【0006】

距離測定値 D_1 と D_2 は、使用する 2 つのレーザの周波数の安定度に大きく影響されたため

50

に、それぞれを精度良く得るためには、極めて安定度の高いレーザが必要となる。

【 0 0 0 7 】

【 特 許 文 献 1 】 特 開 2 0 0 0 - 1 4 6 5 1 7 号 公 報

【 特 許 文 献 2 】 特 開 平 9 - 6 1 1 0 9 号 公 報

【 発 明 の 開 示 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、周波数が正確に値付けされたレーザは高価で、波長も限られてしまう。そのため、屈折率補正の理論を効果的に、あるいは手軽に、実現することを阻害してしまっていた。

10

【 0 0 0 9 】

本発明は、前記従来の問題点を解消するべくなされたもので、空気屈折率の影響を低減した幾何学距離の干渉測定に関し、安定度の高い高価なレーザを使用しない、安価な距離測定装置を実現することを課題とする。

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

【 0 0 1 0 】

本発明は、干渉計本体からターゲットまでの幾何学距離を、複数の波長のレーザ光を用いた光波干渉測定により求めた距離測定値から、空気の屈折率を補正して高精度に測定する際に、光コムを用いて前記複数のレーザ光の波長を測定するようにして、前記課題を解決したものである。

20

【 0 0 1 1 】

ここで、前記光コムを用いて波長可変レーザの発振波長を測定してフィードバック制御をかけることにより、所定の複数の波長のレーザ光を得ることができる。

【 0 0 1 2 】

また、波長可変レーザを任意の複数波長で発振させて複数の距離測定値を得、各距離測定値を得た時のレーザ光の波長（周波数）を光コムで測定し、前記幾何学距離の演算に用いることができる。

【 0 0 1 3 】

また、複数のレーザを用い、各レーザから発振されるレーザ光の波長を光コムで測定しながら前記距離測定値を得ることができる。

30

【 0 0 1 4 】

また、前記光コムを含む一つの周波数測定系で、前記複数の波長を測定することができる。

【 0 0 1 5 】

また、任意の波長で前記複数の距離測定値を得て、波長の組み合わせにより定められる定数を使い、空気屈折率を補正した前記幾何学距離を求めることができる。

【 0 0 1 6 】

また、3つ以上の前記距離測定値から、2つずつの組み合わせによって複数の前記幾何学距離を算出し、それらの平均値によって前記幾何学距離を決定することができる。

【 0 0 1 7 】

40

また、波長がそれぞれ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 のレーザ光により得られる、干渉計本体からターゲットまでの、空気屈折率の影響を受けた3つの距離測定値 D_1 、 D_2 、 D_3 とレーザ光の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の組み合わせによってきまる定数 A_1 を使い、次式

$$L = D_2 - A_1 (D_2 - D_1) - A_2 (D_3 - D_1) \dots (2)$$

を用いて、前記幾何学距離 L を決定することができる。

【 0 0 1 8 】

本発明は、又、干渉計本体からターゲットまでの幾何学距離を、複数の波長のレーザ光を用いた光波干渉測定により求めた距離測定値から、空気の屈折率を補正して高精度に測定するための距離測定装置において、前記複数のレーザ光の波長を測定するための光コムを備えたことを特徴とする光波干渉による距離測定装置を提供するものである。

50

【 0 0 1 9 】

ここで、前記光コムを用いて波長可変レーザの発振波長を測定してフィードバック制御をかける手段を備えることにより、所定の複数の波長のレーザ光を得ることができる。

【 0 0 2 0 】

また、波長可変レーザを任意の複数波長で発振させる手段と、複数の距離測定値を得た時のレーザ光の波長（周波数）を光コムで測定し、前記幾何学距離の演算に用いる手段とを備えることができる。

【 0 0 2 1 】

また、複数のレーザと、各レーザから発振されるレーザ光の波長を光コムで測定しながら前記距離測定値を得る手段とを備えることができる。

10

【 0 0 2 2 】

また、前記光コムを用いて、前記複数の波長を測定する一つの周波数測定系を備えることができる。

【 0 0 2 3 】

また、任意の波長で前記複数の距離測定値を得て、波長の組み合わせにより定められる定数を使い、空気屈折率を補正した前記幾何学距離を求める手段を備えることができる。

【 0 0 2 4 】

また、3つ以上の前記距離測定値から、2つずつの組み合わせによって複数の前記幾何学距離を算出する手段と、それらの平均値によって前記幾何学距離を決定する手段と、を備えることができる。

20

【 0 0 2 5 】

また、波長がそれぞれ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 のレーザ光により得られる、干渉計本体からターゲットまでの、空気屈折率の影響を受けた3つの距離測定値 D_1 、 D_2 、 D_3 とレーザ光の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の組み合わせによってきまる定数 A_i を使い、次式

$$L = D_2 - A_1 (D_2 - D_1) - A_2 (D_3 - D_1)$$

を用いて、前記幾何学距離 L を決定する手段を備えることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 6 】

本発明によれば、安定度の高い高価なレーザを使用せずに、安価なレーザで光波干渉による距離測定を実現できるので、装置の低価格化が可能である。また、入手可能なレーザ波長の制約を受けずに、自由に波長を選択できるため、干渉測長における空気屈折率補正の理論を、より効果的にかつ手軽に利用できる。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 7 】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【 0 0 2 8 】

本発明の第1実施形態にかかる距離測定装置の構成を図2に示す。

【 0 0 2 9 】

本実施形態では、波長（周波数）可変レーザ101の出力光をビームスプリッタ106で分割する。一方の光をビームスプリッタ108で分割し、一方は、例えばレトロリフレクタでなる参照鏡109で反射させて参照光とする。他方は、距離（変位）の測定対象である、例えばレトロリフレクタでなるターゲット110を照射し、そこからの反射光である測定光と、前記参照光をビームスプリッタ108で重ね合わせる。参照光と測定光の信号を検出器111によって受光し、干渉強度信号により、干渉計本体からターゲット110までの距離（ターゲット110の変位）を測定する。

40

【 0 0 3 0 】

又、ビームスプリッタ106からの反射光を、ビームスプリッタ107を介して光コム104と重ね合わせて、検出器105で受光する。光コム104と波長可変レーザ101のビート信号を周波数測定装置103で周波数解析して、コントローラ102により、レーザ101の発振波長（周波数）をフィードバック制御する。

50

【 0 0 3 1 】

式 (1) に従って、干渉計本体からターゲット 1 1 0 までの幾何学距離 L を測定するために、波長可変レーザ 1 0 1 と光コム 1 0 4 とのビート信号を見ながら、レーザ 1 0 1 の発振波長を定数 A に応じた所定の波長 λ_1 にフィードバック制御して、光波干渉による距離測定値 D_1 を得る。次に、同様に波長 λ_1 とは異なる所定の波長 λ_2 で測定を行い、それぞれの所定の波長 λ_1 、 λ_2 で得られた距離測定値 D_1 と D_2 から、解析装置 1 1 2 で、式 (1) により幾何学距離 L を算出する。

【 0 0 3 2 】

波長 λ_1 と λ_2 の誤差 $\delta \lambda_1$ と $\delta \lambda_2$ による幾何学距離 L の測定誤差 L_{error} は、式 (1) を λ_1 と λ_2 で偏微分したものから、次式 (3) で示される。

10

【 0 0 3 3 】

【 数 1 】

$$L_{error} = \frac{An_1L}{\lambda_1} \delta \lambda_1 + \frac{(1-A)n_2L}{\lambda_2} \delta \lambda_2 \quad \dots (3)$$

【 0 0 3 4 】

光コム 1 0 4 は、セシウムの原子時計を基準にして光の周波数を 1 5 桁以上の精度で測定できる装置である。従って、所定の波長 λ_1 と λ_2 は、最大で 1 5 桁の精度で制御可能である。定数 A は、おおよそ 2 桁であることから、レーザ光の波長変動に起因する測定誤差 L_{error} は、最大で 1 3 桁の精度まで高めることが出来る。この値は、幾何学距離 1 m を干渉測定する際に、誤差が 1 p m 以下であることを示している。

20

【 0 0 3 5 】

第 1 実施形態の測定手順をまとめると、次のようになる。

- (1) レーザ 1 0 1 の波長を設計波長 λ_1 に制御する。
- (2) 干渉測定し、距離測定値 D_1 を得る。
- (3) レーザ 1 0 1 の波長を設計波長 λ_2 に制御する。
- (4) 干渉測定し、距離測定値 D_2 を得る。
- (5) 予め設計した波長 λ_1 と λ_2 の定数 A の値を使った式 (1) に代入し、幾何学距離 L を算出する。

【 0 0 3 6 】

30

図 2 では、一つのレーザ 1 0 1 を波長 λ_1 と λ_2 に可変し、それぞれ順次測定する方法を示しているが、図 3 に示す第 2 実施形態のように、2 波長以上を同時に出力するレーザ 2 0 1 を使って、所定の波長 λ_1 と λ_2 による干渉信号を分割して同時に取る光学系 (ビームスプリッタ 2 1 0、バンドパスフィルタ 2 1 4、2 1 5) を設けても良い。この場合、検出器 1 0 5 や周波数測定装置 1 0 3 からなる波長可変レーザ 2 0 1 の周波数測定系を波長 λ_1 と λ_2 用にそれぞれ別々に用意しても構わないし、図 3 に示したように、一つの周波数測定系で、両方の波長 (周波数) λ_1 、 λ_2 を測定して制御することも可能である。

【 0 0 3 7 】

40

図 4 は、レーザの発振スペクトルと、その時に得られる干渉ビート信号の例を模式的に示している。図 4 (a₁) に示す如く、所定の波長 λ_1 と λ_2 と光コム 1 0 4 の干渉のビート信号を、光コム 1 0 4 の周波数間隔 f_{rep} の 1 / 2 までの範囲で観察した場合には、図 4 (b₁) に示す如く、それぞれの差の組み合わせの数の周波数のビート信号 Δf_1 、 Δf_2 、 Δf_{12} が観測される。一方、図 4 (a₂) に示す如く、所定の波長 λ_1 と λ_2 が、光コム 1 0 4 の異なる周波数 (次数) との間で干渉している場合には、図 4 (b₂) に示す如く、波長 λ_1 と λ_2 は、それぞれの近隣の光との差の周波数のビート信号 Δf_1 、 Δf_2 が検出される。このような状況で、図 4 (a₃) に示す如く、いずれかの波長 (図では λ_2) を変化させると、変化させた分だけビート信号の周波数の変化が生じる。この現象を活用すれば、1 つの周波数測定系で、波長 λ_1 と λ_2 を区別することが可能である。

【 0 0 3 8 】

又、本発明を利用すれば、図 5 に示す第 3 実施形態のような構成での干渉測定への応用

50

も可能である。

【 0 0 3 9 】

本実施形態では、波長可変レーザ 1 0 1 を任意の波長 λ_1 ' で発振させて、距離測定値 D_1 を得る。次に、波長 λ_1 ' とは異なる任意の波長 λ_2 ' で発振させて、距離測定値 D_2 を得る。距離測定値 D_1 と D_2 を得た際の正確な波長を、検出器 1 0 5 や周波数測定装置 1 0 3 などからなる周波数測定系で測定し、その結果を式 (1) の定数 A の値に反映させて、幾何学距離 L を算出する。

【 0 0 4 0 】

定数 A は、波長の組み合わせによって決まる値である。そのため、予め波長の組み合わせに応じた、定数 A の算出テーブルや関数などを用意しておき、波長の組み合わせによって、定数決定装置 3 2 0 で、定数 A の誤差が幾何学距離 L に影響を与えない範囲で、必要な値を読み出してくればよい。なお、定数決定装置 3 2 0 の機能を、解析装置 1 1 2 内に入れることもできる。

10

【 0 0 4 1 】

本実施形態では、レーザ 1 0 1 の波長を制御するための特別な装置も不要で、例えば半導体レーザのように電流可変で簡単に波長を変えられるようなレーザが使用できるために、測定装置を極めて簡素化することが出来る。

【 0 0 4 2 】

本実施形態の測定手順をまとめると次のようになる。

20

- (1) レーザ 1 0 1 を任意の波長 λ_1 ' で発振させる。
- (2) 干渉測定し、距離測定値 D_1 を得ると同時に、そのときの正確な発振波長 λ_1 を測定する。
- (3) レーザ 1 0 1 を別の波長 λ_2 ' に可変し発振させる。
- (4) 干渉測定し、距離測定値 D_2 を得ると同時に、そのときの正確な発振波長 λ_2 を測定する。
- (5) 距離測定値 D_1 と D_2 と正確な波長 λ_1 と λ_2 の組み合わせによる定数 A を使った式 (1) に代入し、幾何学距離 L を算出する。

【 0 0 4 3 】

又、本発明の手法を応用すれば、図 6 に示す第 4 実施形態の如く、発振波長の安定度が低く安価なレーザを使っても、高精度な幾何学距離 L の測定が実現できる。

30

【 0 0 4 4 】

本実施形態では、波長 λ_1 を発振するレーザ 4 1 6 と波長 λ_2 を発振するレーザ 4 1 7 を同軸に重ね合わせ、参照鏡 1 0 9 とターゲット 1 1 0 からなる干渉光学系に入射する。波長 λ_1 と λ_2 によって、距離測定値 D_1 と D_2 を得て、式 (1) によって幾何学距離 L を算出する。その際の波長 λ_1 と λ_2 の正確な値は、検出器 1 0 5 や周波数測定装置 1 0 3 からなる周波数測定系によって得られたものを使用し、また、定数 A も先に示した方法によって正確に測定した波長 λ_1 と λ_2 を元に、導き出したものを使用すれば良い。距離測定値 D_1 と D_2 のそれぞれを測定した瞬間の波長 λ_1 と λ_2 が得られる本実施形態においては、たとえば、レーザ 4 1 6、4 1 7 の周波数が不安定であったとしても、幾何学距離 L に大きな影響は及ぼさない。

40

【 0 0 4 5 】

これまでは、2 波長のレーザを使った屈折率補正の方法について示したが、図 7 に示す第 5 実施形態のように、3 波長以上の複数の波長を使って、更に精度の高い屈折率補正をすることも可能である。

【 0 0 4 6 】

本実施形態では、波長可変レーザ 1 0 1 の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ・・・によって、距離測定値 D_1 、 D_2 、 D_3 ・・・を得て、それぞれの組み合わせによって、幾何学距離 L_{12} 、 L_{23} 、 L_{31} ・・・を算出し、平均値を取るなど処置をすることによって、2 波長を使う場合よりも、高精度な幾何学距離 L の測定を実現することができる。

【 0 0 4 7 】

50

他にも例えば、3つの距離測定値 D_1 、 D_2 、 D_3 と波長の組み合わせによってきまる定数 A_i を使って、前出の式(2)に代入し、幾何学距離 L を決定することもできる。

【0048】

ここで示した方法は、4波長以上の複数波長を使って幾何学的距離 L を決定すれば、更に効果的になる。また、3波長以上の任意の波長 λ_1 、 λ_2 、 $\lambda_3 \cdots$ で距離測定値 D_1 、 D_2 、 $D_3 \cdots$ を得て、それぞれの距離測定値 D_1 、 D_2 、 $D_3 \cdots$ を得た時の波長 λ_1 、 λ_2 、 $\lambda_3 \cdots$ を光コムを使って正確に測定し、波長の組み合わせに応じた定数 A_i を使って、幾何学距離 L を算出しても良い。

【0049】

本実施形態の場合には、波長数を増やした場合でもそれぞれに安定度の高い高価なレーザが個別に必要なわけでもないために、より高精度な幾何学距離 L の測定が簡単に実現できる。

【0050】

本実施形態の測定手順をまとめると、次のようになる。

- (1) レーザ101の波長を設計波長 λ_1 に制御する。
- (2) 干渉測定し、距離測定値 D_1 を得る。
- (3) レーザ101の波長を設計波長 λ_2 に制御する。
- (4) 干渉測定し、距離測定値 D_2 を得る。
- (5) レーザ101の波長を設計波長 λ_3 に制御する。
- (6) 干渉測定し、距離測定値 D_3 を得る。
- (7) 波長 λ_1 と λ_2 と λ_3 の組み合わせに応じた定数 A_i の値を使った式(3)で、幾何学距離 L を算出する。

【0051】

それぞれの実施形態の中で、光の周波数を測定する装置として示した光コム104は、コムのスペクトル間隔内の限られた周波数領域ごとに高い分解能できることが基本となっている。そのため、光コム104のどの周波数の光との干渉によって生じたビート信号なのか、別途、次数 N を決定する必要がある。レーザの発振周波数の予備値やレーザ周波数の可変時の分解能などによって、次数 N を決定できない場合には、図8に示す第6実施形態のように、波長計601などの波長を測定できる手段と併用して、次数 N を決定し、波長可変レーザ101の波長 λ_1 、 λ_2 を測定して、発振周波数の制御に使用しても良いし、図3に示した第2実施形態に併用して、幾何学距離 L の算出に使用しても良い。

【0052】

前記実施形態においては、参照鏡109として、ターゲット110と同じレトロリフレクタを用いていたので、光軸が合わせ易く、調整が容易である。なお、参照鏡の種類は、レトロリフレクタに限定されず、平面鏡であっても良い。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明で用いる光コムの説明図

【図2】本発明の第1実施形態の構成を示すブロック図

【図3】本発明の第2実施形態の構成を示すブロック図

【図4】本発明で用いるレーザのスペクトルとビート信号の周波数の例を示す図

【図5】本発明の第3実施形態の構成を示すブロック図

【図6】本発明の第4実施形態の構成を示すブロック図

【図7】本発明の第5実施形態の構成を示すブロック図

【図8】本発明の第6実施形態の構成を示すブロック図

【符号の説明】

【0054】

101、201 ... 波長可変レーザ

102 ... コントローラ

103 ... 周波数測定装置

10

20

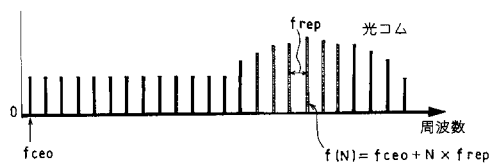
30

40

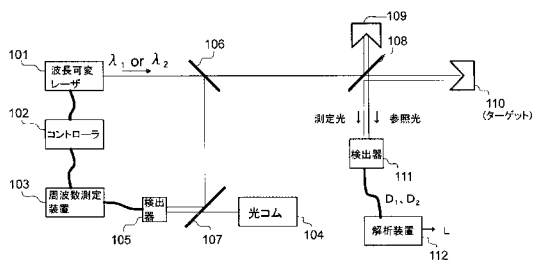
50

1 0 4 ... 光コム
1 0 5、1 1 1、2 1 3 ... 検出器
1 0 6、1 0 7、1 0 8、2 1 0 ... ビームスプリッター
1 0 9 ... 参照鏡
1 1 0 ... ターゲット
1 1 2 ... 解析装置
2 1 4、2 1 5 ... バンドパスフィルタ
3 2 0 ... 定数決定装置
4 1 6、4 1 7 ... レーザ
6 0 1 ... 波長計

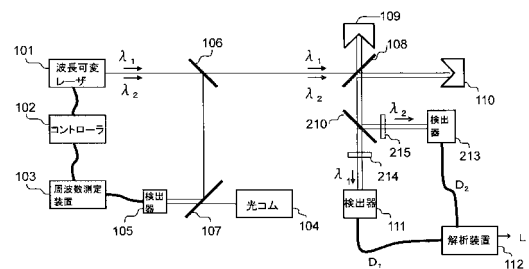
【 図 1 】



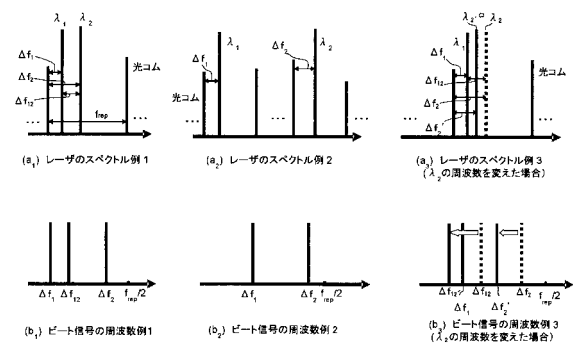
【 圖 2 】



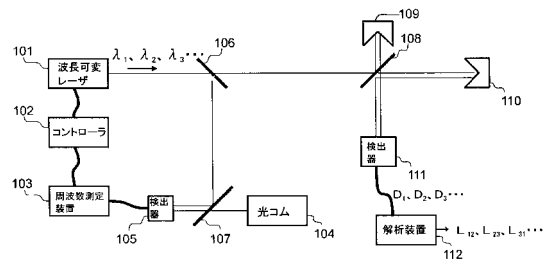
【 図 3 】



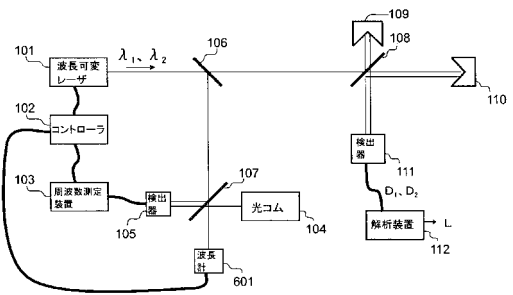
【 図 4 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 宮田 薫

茨城県つくば市上横場4 3 0 番地の1 株式会社ミットヨ内

F ターム(参考) 2F064 AA01 DD04 DD06 FF01 FF08 GG15 GG22 GG42

2F065 AA02 AA06 FF52 GG04 GG23 GG25 JJ01 LL16 LL22 LL46

NN06 QQ14 QQ17