

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第3841516号  
(P3841516)

(45) 発行日 平成18年11月1日(2006.11.1)

(24) 登録日 平成18年8月18日(2006.8.18)

(51) Int.Cl.  
G O 1 B 9/02 (2006.01)

F I  
G O 1 B 9/02

請求項の数 25 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願平9-153765	(73) 特許権者	399117121
(22) 出願日	平成9年6月11日(1997.6.11)		アジレント・テクノロジーズ・インク
(65) 公開番号	特開平10-82609		AGILENT TECHNOLOGIE
(43) 公開日	平成10年3月31日(1998.3.31)		S, INC.
審査請求日	平成16年6月11日(2004.6.11)		アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
(31) 優先権主張番号	676872		ト ページ・ミル・ロード 395
(32) 優先日	平成8年7月3日(1996.7.3)		395 Page Mill Road
(33) 優先権主張国	米国 (US)		Palo Alto, Californi
			a U. S. A.
		(74) 代理人	100063897
			弁理士 古谷 馨
		(74) 代理人	100076680
			弁理士 溝部 孝彦
		(74) 代理人	100087642
			弁理士 古谷 聡
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 干渉計による変位測定装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】  
【請求項1】

回転基準フレームに配置された物品の位置変化を測定するための干渉計による変位測定装置であって、前記回転基準フレームが固定基準フレームに対して回転軸のまわりを回転し、ある時間にわたって回転角を累積するものにおいて、

前記固定基準フレームに取り付けられ、周波数  $f_1$  及び  $f_2$  をそれぞれ有する電磁放射線の2つのビームを放出する光源と、

前記2つのビームを互いに右円偏光状態及び左円偏光状態を有する第1及び第2のビームとして送出する手段と、

前記回転基準フレームに取り付けられ、前記回転軸に対して平行な光路から前記第1及び第2のビームを受光し、それらのビームを第3及び第4のビームに変換するための第1の四分の一波長板と、

偏光ビーム分割器と、基準光路反射器と、前記物品に結合された可動な測定光路反射器とを含む前記回転基準フレームに取り付けられた干渉計であって、前記第1の四分の一波長板が前記ビーム分割器の偏光軸に対して45度の角度に位置合わせされた速い軸を有し、前記偏光ビーム分割器が前記第3のビームを前記干渉計の基準光路に沿って差し向けるとともに前記第4のビームを前記干渉計の測定光路に沿って差し向けるように動作し、

前記基準光路反射器は、前記第3のビームを受光し、該第3のビームを前記ビーム分割器に向けて第5のビームとして反射するように配置され、

前記測定光路反射器は、前記第4のビームを受光し、該第4のビームを前記ビーム分

10

20

割器に向けて第 6 のビームとして反射するように配置され、

前記ビーム分割器は、前記第 5 及び前記第 6 のビームを受光し、それらのビームを前記第 1 の四分の一波長板に向けて差し向けるように動作し、前記第 1 の四分の一波長板は、当てられた前記第 5 及び前記第 6 のビームを第 7 及び第 8 のビームにそれぞれ変換するよう動作し、

前記第 7 および前記第 8 のビームが、前記回転基準フレームを出た後、前記回転軸に対して平行な光路に沿って固定基準フレームへと送られる、干渉計と、

前記固定基準フレームに取り付けられ、前記第 7 及び前記第 8 のビームを受光し、それらのビームを互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有する第 9 および第 10 のビームにそれぞれ変換するための、第 2 の四分の一波長板と、

前記第 9 および前記第 10 のビームの偏光状態と位置合わせされ、それらのビームに応答するように結合された受光器であって、前記周波数  $f_1$  と前記周波数  $f_2$  の差の測定値を表す情報と、前記位置変化及び前記回転角に比例した情報とを含む測定信号を発生するための受光器と、

前記測定信号と、前記周波数  $f_1$  と前記周波数  $f_2$  の差の測定値を表す基準信号と、前記回転角の測定値を表す第 2 の信号とに応答するように結合され、前記位置変化を表す変位信号を生成するように動作する信号プロセッサと

からなる装置。

【請求項 2】

前記ビームを送出する手段は前記光源に配置され、前記光源は互いに右円偏光状態及び左円偏光状態を有する 2 つのビームを発生するように構成される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記光源はレーザ・ビームを発生する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記 2 つのビームは光学的な光周波数を有する、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記第 2 の信号を発生するため、前記回転基準フレームに回転エンコーダが結合される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記基準信号は、前記光源で生成された前記 2 つのビームを受光するように結合された第 2 の受光器によって生成される、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記第 1 の四分の一波長板は前記干渉計に固定される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記光源からの 2 つのビームは互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有し、前記ビームを送出する手段は前記 2 つのビームを受光するように結合された第 3 の四分の一波長板である、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

前記第 1 及び前記第 2 のビームは前記第 7 及び前記第 8 のビームと同軸であり、前記第 9 及び前記第 10 のビームを受光器へ差し向けるために、前記固定基準フレームに分割手段が取り付けられる、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 10】

前記第 9 及び前記第 10 のビームを初期進行光路から受光器へ向かう別の光路へ方向転換するため、ビーム屈曲器が配設される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

前記第 9 及び前記第 10 のビームは前記第 2 の四分の一波長板から前記回転軸に平行な光路に沿って送出され、前記受光器は該光路上に配置される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】

前記光源からの 2 つのビームは互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有し、前記ビーム

10

20

30

40

50

ムを送出する手段は、前記 2 つのビームを受光するように結合された第 3 の四分の一波長板である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記ビームを送出する手段は前記第 2 の四分の一波長板であり、前記光源は、互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有する 2 つのビームを発生する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 4】

前記基準信号は、前記光源で生成された前記 2 つのビームを受光するように結合された第 2 の受光器によって生成される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記光源からの 2 つのビームは互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有し、前記ビームを送出する手段は、前記 2 つのビームを受光するように結合された第 3 の四分の一波長板である、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 1 6】

回転基準フレームに配置された物品の位置変化を測定するための干渉計による変位測定装置であって、前記回転基準フレームが固定基準フレームに対して回転軸のまわりを回転し、ある時間にわたって回転角を累積するものにおいて、

前記固定基準フレームに取り付けられ、周波数  $f_1$  及び  $f_2$  をそれぞれ有する電磁放射線の 2 つのビームを放出する光源であって、該 2 つのビームが互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有するように生成される、光源と、

前記 2 つのビームを各組 2 つのビームからなる平行なビームの組に分割し、各組のビームが前記周波数  $f_1$  及び  $f_2$  をそれぞれ有し、かつ直線偏光状態及び直交偏光状態を有するようにする、分割器と、

一方の組の 2 つのビームを互いに右円偏光状態及び左円偏光状態を有する第 1 および第 2 のビームとして送出手段と、

前記回転基準フレームに取り付けられ、前記回転軸に対して平行な光路から前記第 1 及び前記第 2 のビームを受光し、それらのビームを第 3 及び第 4 のビームに変換するための、第 1 の四分の一波長板と、

偏光ビーム分割器と、基準光路反射器と、物品に結合された可動な測定光路反射器とを含む前記回転基準フレームに取り付けられた干渉計であって、前記第 1 の四分の一波長板が前記ビーム分割器の偏光軸に対して 45 度の角度で位置合わせされた速い軸を有し、前記ビーム分割器が前記第 3 のビームを前記干渉計の基準光路に沿って差し向けるとともに前記第 4 のビームを前記干渉計の測定光路に沿って差し向けるように動作し、

前記基準光路反射器は、前記第 3 のビームを受光し、該第 3 のビームを前記ビーム分割器に向けて第 5 のビームとして反射するように配置され、

前記測定光路反射器は、前記第 4 のビームを受光し、該第 4 のビームを前記ビーム分割器に向けて第 6 のビームとして反射するように配置され、

前記ビーム分割器は、前記第 5 及び第 6 のビームを受光し、それらのビームを前記第 1 の四分の一波長板に向けて差し向けるように動作し、前記第 1 の四分の一波長板は、当てられた前記第 5 及び前記第 6 のビームを第 7 及び第 8 のビームにそれぞれ変換するように動作し、

前記第 7 と第 8 のビームが、前記回転基準フレームを出た後、前記回転軸に対して平行な光路に沿って前記固定基準フレームへと送られる、干渉計と、

前記固定基準フレームに取り付けられ、前記第 7 及び前記第 8 のビームを受光し、それらのビームを互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有する第 9 及び第 10 のビームにそれぞれ変換するための、第 2 の四分の一波長板と、

前記第 9 及び前記第 10 のビームの偏光状態と位置合わせされ、それらのビームに回答するように結合された第 1 の受光器であって、前記周波数  $f_1$  と前記周波数  $f_2$  の差の測定値を表す情報と、前記位置変化及び前記回転角に比例した情報とを含む測定信号を発生するための第 1 の受光器と、

第 2 の組のビームを受光するように配置され、互いに右円偏光状態及び左円偏光状態

10

20

30

40

50

を有する第 1 1 及び第 1 2 のビームを生成するように動作する、第 2 の送出手段と、

前記回転基準フレームに取り付けられ、前記回転軸に対して平行な光路から前記第 1 1 及び前記第 1 2 のビームを受光し、それらのビームを第 1 3 及び第 1 4 のビームに変換するための第 3 の四分の一波長板と、

前記干渉計は、前記第 1 3 及び前記第 1 4 のビームを受光し、それらのビームを前記基準光路反射器へ送るように動作する部分を更に含み、前記基準光路反射器は、それらのビームを前記干渉計へ向けて第 1 5 及び第 1 6 のビームとして反射するように動作し、前記干渉計は、前記第 1 5 及び前記第 1 6 のビームを前記第 3 の四分の一波長板へ送るように動作し、前記第 3 の四分の一波長板は、それらのビームを第 1 7 及び第 1 8 のビームに変換するように動作することと、

10

前記第 1 7 及び前記第 1 8 のビームが、前記回転基準フレームから出た後、前記固定基準フレームへと送られ、前記回転軸に対して平行な光路に沿って送られることと、

前記固定基準フレームに取り付けられ、前記第 1 7 及び前記第 1 8 のビームを受光し、それらのビームを互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有する第 1 9 及び第 2 0 のビームに変換するための、第 4 の四分の一波長板と、

前記第 1 9 及び前記第 2 0 のビームの偏光状態と位置合わせされ、それらのビームを受光するように配置された第 2 の受光器であって、前記周波数  $f_1$  と前記周波数  $f_2$  の差、及び前記回転角の測定値を表す情報を含む第 2 の受光器信号を発生するように動作する、第 2 の受光器と、

前記測定値及び前記第 2 の受光器信号に応答して、前記位置変化を表す変位信号を発生するための信号プロセッサと

20

からなる装置。

【請求項 1 7】

前記第 1 の送出手段は前記第 2 の四分の一波長板である、請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 1 8】

前記第 2 の送出手段は前記第 2 の四分の一波長板である、請求項 1 7 に記載の装置。

【請求項 1 9】

前記第 2 の送出手段は前記第 2 の四分の一波長板である、請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 2 0】

前記 2 つのビームは光学的な光周波数を有する、請求項 1 9 に記載の装置。

30

【請求項 2 1】

前記第 1 の四分の一波長板は前記干渉計に固定される、請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 2 2】

前記第 1 の四分の一波長板と前記第 3 の四分の一波長板は一体の板として形成される、請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 2 3】

前記第 2 の四分の一波長板と前記第 4 の四分の一波長板は一体の板として形成される、請求項 2 2 に記載の装置。

【請求項 2 4】

回転基準フレームに配置された物品の位置変化を干渉計による変位測定装置を用いて測定する方法であって、前記回転基準フレームが固定基準フレームに対して回転軸のまわりを回転し、ある時間にわたって回転角を累積するものにおいて、

40

前記固定基準フレームに装着された光源から周波数  $f_1$  及び  $f_2$  をそれぞれ有する電磁放射線の 2 つのビームを放出するステップと、

前記 2 つのビームを互いに右円偏光状態及び左円偏光状態を有する第 1 及び第 2 のビームとして送出するステップと、

前記第 1 及び前記第 2 のビームを前記回転軸に対して平行な光路に沿って前記回転基準フレームに取り付けられた速い軸を備える第 1 の四分の一波長板に当て、それらのビームを第 3 及び第 4 のビームに変換するステップと、

前記第 3 及び前記第 4 のビームを、回転基準フレームに取り付けられ、偏光ビーム分

50

割器と、基準光路反射器と、前記物品に結合された測定光路反射器とからなる、偏光軸を備える干渉計へと送るステップと、

前記第 1 の四分の一波長板の速い軸を、前記ビーム分割器の偏光軸に対して 4 5 度の角度で配置するステップと、

前記第 3 及び前記第 4 のビームを前記ビーム分割器に送り、前記第 3 のビームが前記基準光路反射器に送られ、且つ前記第 4 のビームが前記測定光路反射器に送られるように、それらのビームを分割するステップと、

前記第 3 のビームを受光し、該第 3 のビームを第 5 のビームとして前記ビーム分割器へ反射させるため、前記基準光路反射器を結合するステップと、

前記第 4 のビームを受光し、該第 4 のビームを第 6 のビームとして前記ビーム分割器へ反射させるため、前記測定光路反射器を結合するステップと、

前記第 5 及び前記第 6 のビームを受光し、それらのビームを前記第 1 の四分の一波長板に向けて送るように、前記ビーム分割器を動作させるステップと、

前記第 5 及び前記第 6 のビームを前記第 1 の四分の一波長板に通し、それらのビームを第 7 及び第 8 のビームに変換するステップと、

前記回転基準フレームから前記第 7 及び前記第 8 のビームを前記回転軸に平行な光路に沿って前記固定基準フレームへと送るステップと、

前記第 7 及び第 8 のビームを受光し、それらのビームを互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有する第 9 と第 10 のビームに変換するように、第 2 の四分の一波長板を前記固定基準フレームに配置するステップと、

受光器を前記第 9 と第 10 のビームの偏光と位置合わせし、該受光器がそれらのビームに应答して、前記周波数  $f_1$  と前記周波数  $f_2$  の差の測定値を表す情報と、前記位置変化及び前記回転角に比例した情報とを含む測定信号を発生するようにする、ステップと、

前記測定信号と、前記周波数  $f_1$  と前記周波数  $f_2$  の差の測定値を表す基準信号と、前記回転角の測定値を表す第 2 の信号とに应答して、前記位置変化を表す変位信号を生成するように、信号プロセッサを動作させるステップと

からなる方法。

#### 【請求項 25】

回転基準フレームに配置された物品の位置変化を干渉計による変位測定装置を用いて測定する方法であって、前記回転基準フレームが固定基準フレームに対して回転軸のまわりを回転し、ある時間にわたって回転角を累積するものにおいて、

前記固定基準フレームに装着された光源から、周波数  $f_1$  及び  $f_2$  をそれぞれ有し、互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有する電磁放射線の 2 つのビームを放出するステップと、

前記 2 つのビームを各組 2 つのビームからなる 2 組に分割し、各組のビームが前記周波数  $f_1$  及び  $f_2$  をそれぞれ有し、かつ直線偏光状態及び直交偏光状態を有するように分割するステップと、

前記 2 つのビームの第 1 の組を前記固定基準フレームに取り付けられた第 1 の四分の一波長板に通し、それらのビームを互いに右円偏光状態及び左円偏光状態を有する第 1 及び第 2 のビームに変換するステップと、

前記第 1 及び前記第 2 のビームを前記回転軸に対して平行な光路に沿って前記回転基準フレームに取り付けられた速い軸を備える第 2 の四分の一波長板に当て、それらのビームを第 3 及び第 4 のビームに変換するステップと、

前記第 3 及び第 4 のビームを、前記回転基準フレームに取り付けられ、偏光ビーム分割器と、基準光路反射器と、前記物品に結合された測定光路反射器とからなる、偏光軸を備えた干渉計へと送るステップと、

前記第 1 の四分の一波長板の速い軸を前記ビーム分割器の偏光軸に対して 4 5 度の角度に配置するステップと、

前記第 3 及び前記第 4 のビームを前記ビーム分割器に送出し、前記第 3 のビームが前記基準光路反射器に送られ、前記第 4 のビームが前記測定光路反射器に送られるように、

10

20

30

40

50

それらのビームを分割するステップと、

前記第 3 のビームを受光し、該第 3 のビームを第 5 のビームとして前記ビーム分割器へ反射させるため、前記基準光路反射器を結合するステップと、

前記第 4 のビームを受光し、該第 4 のビームを第 6 のビームとして前記ビーム分割器へ反射させるため、前記測定光路反射器を結合するステップと、

前記第 5 及び前記第 6 のビームを受光し、それらのビームを前記第 1 の四分の一波長板へ差し向けるように、前記ビーム分割器を動作させるステップと、

前記第 5 及び前記第 6 のビームを前記第 2 の四分の一波長板に通し、それらのビームを第 7 と第 8 のビームに変換するステップと、

前記回転基準フレームから前記第 7 及び前記第 8 のビームを前記回転軸に対して平行な光路に沿って前記固定基準フレームへと送るステップと、 10

前記第 7 及び前記第 8 のビームを前記固定基準フレームに配置された第 3 の四分の一波長板へ送り、それらのビームを互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有する第 9 及び第 10 のビームに変換するステップと、

受光器を前記第 9 及び前記第 10 のビームの偏光状態と位置合わせし、それらのビームにตอบสนองして、前記周波数  $f_1$  と前記周波数  $f_2$  の差の測定値を表す情報と、前記位置変化及び前記回転角に比例した情報とを含む測定信号を発生させるようにするステップと、

前記 2 つのビームの第 2 の組を前記固定基準フレームに取り付けられた第 4 の四分の一波長板に通し、それらのビームを互いに右円偏光状態及び左円偏光状態を有する第 11 及び第 12 のビームに変換するステップと、 20

前記第 11 及び前記第 12 のビームを前記回転軸に沿って前記回転基準フレームに取り付けられた第 4 の四分の一波長板へ送り、それらのビームを第 13 及び第 14 のビームに変換するステップと、

前記第 13 及び前記第 14 のビームを前記干渉計の一部を介して前記基準光路反射器に送出するステップと、

前記第 13 及び前記第 14 のビームを前記基準光路反射器で反射させ、それらのビームを第 15 及び第 16 のビームとして戻すステップと、

前記第 15 及び前記第 16 のビームを前記干渉計及び第 3 の四分の一波長板に通し、それらのビームを第 17 及び第 18 のビームに変換するステップと、

前記第 17 及び第 18 のビームを前記回転基準フレームから前記回転軸に平行な光路に沿って前記固定基準フレームへと送るステップと、 30

前記第 17 及び前記第 18 のビームを前記固定基準フレームに取り付けられた第 4 の四分の一波長板に通し、それらのビームを互いに直線偏光状態及び直交偏光状態を有する第 19 及び第 20 のビームに変換するステップと、

第 2 の受光器を前記第 19 及び前記第 20 のビームの偏光状態と位置合わせし、それらのビームにตอบสนองして、前記周波数  $f_1$  と前記周波数  $f_2$  の差、及び前記回転角の測定値を表す情報を含む第 2 の受光器信号を発生させるようにするステップと、

前記測定信号及び前記第 2 の受光器信号を信号プロセッサに加え、前記位置変化を表す変位信号を生成するステップと

からなる方法。 40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、干渉計を用いて、物体の位置変化を測定するための方法及び装置に関する。更に詳細には、本発明は、物体が回転基準フレームにある間に、かかる測定を行うためのものである。

【0002】

【従来の技術】

物体の位置変化、例えば線形変位または角度変位等を測定する必要があるのは、かかる物体が、回転基準フレームに配置される場合である。例えば、工作物が固定基準フレームに 50

静止状態に保持され、切削工具がスピンドルによって回転するCNC機械の場合、切削工具を回転させて、それを利用して、工作物に機械加工を施して仕上げ形状にする際に、切削工具の半径方向位置を測定することが極めて望ましい。従来技術の場合、既知のように、切削工具の半径方向位置を制御する機械的連結機構の位置を、固定基準フレームにおいて測定することによって、工具の半径方向位置が間接的に測定される。しかし、こうした間接測定を行う精度は、機械的連結機構におけるアップ・オフセット、熱膨張、ヒステリシス、及びバックラッシのような問題によって制限される。換言すれば、半径方向位置の測定箇所は、回転工具に位置しないか、又はそれに近接していない。代わりに、半径方向位置は、測定スケールの移動量から推測され、該測定スケールは、切削工具からかなりの距離において、回転スピンドルに機械的に連結され、また該スピンドルの外側に配置された牽引バーの一部に装着される。

10

#### 【0003】

従来技術において、線形、又は角位置変化の測定が可能なAC型の干渉計が周知のところである。典型的な例が、本特許出願と同じ譲受人である、ヒューレット・パッカード社（HP）に譲渡された、Bagley他に対する米国特許第3,458,259号に記載されている。HPは又、さまざまなタイプの変位測定を行うための干渉計を具現化した、HP5517Aレーザ変換器システムのような商品も販売している。このHPシステムは、変位測定値を表す情報を含む電気信号を発生する。これらの電気信号は、測定値を表示するとか、あるいは、物体の移動を制御するとかいった目的のために、後続の回路要素及び装置に加えるのに利用可能である。工具が回転している際に、工具の半径方向位置を直接測定するには、干渉計による計測学システムを利用するのが望ましい。干渉計光学装置は、比較的小さく、スピンドルと共に回転するように装着可能であり、また、工具の半径方向位置を直接測定するために利用可能である。しかし、従来のAC型干渉計による計測学システムは、干渉計光学装置のみを、スピンドルと共に回転するように装着したとしても適正に機能しない。概念上は、レーザ光源、干渉計光学装置、及び光信号に応答する受信機を装着して、それら全てをスピンドルと共に回転させることが可能である。しかし、多くの理由から、この構成は、CNC機械の大部分にとって実用的ではない。例えば、スペース制限、計測学システムの電気コンポーネントに対して電力を得るうえでの問題、及び回転基準フレームから電気信号を得るうえでの複雑さが存在する。

20

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

先行技術の問題及び制限は、本発明の教示に基づいてなされた発明によって克服される。従って、本発明の目的は、新規且つ改良したAC型干渉計による計測学装置を用いて、回転基準フレームに配置された回転スピンドルにより保持される工具の位置を測定することである。

30

#### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

好適な実施例の場合、回転基準フレームが、スピンドルの回転軸まわりを回転し、その回転軸は、工具が配置された半径方向軸に対して垂直である。固定基準フレームに装着された慣用的な2周波数のレーザ光源が、規定量だけ互いに異なる1つの周波数を各々が有する、ビーム対を送り出す。光源からのビームは、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有するビームから、右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する入力ビームへと変換される。入力ビームは、次に、回転基準フレームに装着された四分の一波長板に送られ、回転基準フレームと共に回転する、直線偏光状態、及び直交偏光状態を有するビームへと変換される。回転基準フレームに装着されるが、干渉計には、基準光路反射器、測定光路反射器、及び四分の一波長板の速い軸に対して45度で位置合わせされた偏光軸を有する偏光ビーム分割器が含まれている。この構成によって、偏光ビーム分割器が2つのビームを分割し、その結果、一方の周波数を有する一方のビームを、回転軸と平行な基準軸に沿って、基準光路反射器に伝送することが保証される。ビーム分割器は、他方の周波数を有する他方のビームを反射し、半径方向軸に対して平行な光路に沿って、工具に接続され

40

50

た測定光路反射器に送る。

#### 【 0 0 0 6 】

それぞれ、基準光路反射器、及び測定光路反射器から戻るビームは、偏光ビーム分割器、及び四分の一波長板を介して送り返される。右円偏光状態、及び左円偏光状態を有して、四分の一波長板から出てくる2つのビームは、次に、固定フレームに装着された第2の四分の一波長板に送られ、その後、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有するビームへと変換される。固定基準フレームに装着された受光器が、第2の四分の一波長板を通過した後に戻ってくるビームに応答して、中間測定信号を発生する。しかし、この中間測定信号には、不要な成分が含まれている。というのは、回転基準フレームの四分の一波長板によって、それを通して行き来する光ビームに、基準フレームの角回転に比例した周波数シフトが導入されるためである。信号プロセッサが、中間測定信号、光源からの基準信号、及び回転する四分の一波長板の角回転の測定値を表す特殊信号を受信するように結合される。この信号プロセッサは、不要な成分を除去して、測定反射器の半径方向位置の変化の測定値を表す信号を生成する。

10

#### 【 0 0 0 7 】

本発明の1つの好適な実施例の場合、特殊信号は、回転基準フレームの角回転量を測定するために配置された回転エンコーダによって生成される。代替実施例の場合、回転エンコーダは、光学構成で置き換えられる。要するに、この代替実施例では、互いに対して、且つ回転基準フレームと共に回転する偏光軸に対して、直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する、第2の入力ビーム対を利用することが必要になる。特別に修正された干渉計が配置されて、その結果、第2の対をなす入力ビームが共に、干渉計を通して送られ、偏光ビーム分割器を迂回する。基準光路反射器に送られて、それにより反射された後、第2の対をなすビームは、干渉計を通り（ビーム分割器を迂回し）、さらに回転基準フレームに装着された四分の一波長板を通過して戻ることになる。その後、それらのビームは、固定基準フレームに送り込まれ、第2の四分の一波長板を通過して、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する第2の戻りビーム対として出てくる。第2の受光器が、第2の対をなす戻りビームを混合して、第2の受光器信号を発生する。第2の受光器信号は、中間測定信号と組み合わせられて、測定反射器の位置変化の測定値を表す信号を直接生成する。

20

#### 【 0 0 0 8 】

#### 【 発明の実施の形態 】

図1には、本発明の教示に従って製作された、干渉計装置10の好適な実施例が示されている。レーザ・ヘッド12が、固定基準フレームに装着され、それぞれ、安定化周波数 $f_1$ 、及び $f_2$ を有する対をなす光ビーム14、及び16を同時に発生する。2つのビームの発生は、周波数 $f_1$ を有する一方のビームが、周波数 $f_2$ を有する他方のビームに対して、直線偏光、及び直交偏光されるようになされる。説明の便宜上、ビーム14は、図1の平面に対して垂直であり、またドット17で示された偏光面内において、周波数 $f_1$ を有するものと仮定する。ビーム16は、図1の平面内にあり、また垂直線19で示された直交偏光面内において、周波数 $f_2$ を有するものと仮定する。対をなす光ビーム14及び16は、静止した四分の一波長板18に送られ、これは、固定基準フレームに装着されて、2つのビームを、互いに対して右円偏光、及び左円偏光（円形矢印21及び23で示す）を有するビーム20及び22へと変換する。対をなすビーム20及び22は、次に、回転基準フレーム26に装着された四分の一波長板24に送られる。四分の一波長板24は、それらの対をなすビームを、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する1対のビーム25及び27に変換する。回転フレーム26が、回転軸28のまわりを回転する。四分の一波長板24は、回転基準フレーム26に装着され、従って、それと一緒に回転するので、ビーム25及び27の直線偏光軸も、回転基準フレーム26と共に回転する。説明の便宜上、回転基準フレームは、湾曲矢印32によって示されるように、光源12が装着される静止測定フレームに対して、 $W$ 回転/秒の回転周波数で回転するものと仮定する。ビーム20及び22は、逆の円偏光を有するように生成されるので、四分の一波長

30

40

50



板 24 から出てくる結果としてのビーム 25 及び 27 は、それぞれ、W に等しい量だけアップシフト、及びダウンシフトされた周波数を有する。やはり、説明の目的のために、ビーム 20 は、周波数が  $f_1$  であり、 $f_1 + W$  に等しいアップシフト周波数を有するビーム 25 になるものと仮定する。また、この構成の結果として、周波数が  $f_2$  のビーム 22 は、 $f_2 - W$  に等しいダウンシフト周波数を有するビーム 27 になる。

#### 【0009】

偏光ビーム分割器 34 が、回転基準フレーム 26 に装着されて、該フレームと共に回転する。ビーム分割器 34 は、四分の一波長板 24 から送り出される対をなすビーム 20 及び 22 を受光するために配設されている。四分の一波長板 24 の速い軸は、偏光ビーム分割器 34 の偏光軸に対して、45 度をなすように位置合わせされる。この構成によって、偏光ビーム分割器 34 が回転する際に、直線偏光ビーム 25、及び直交偏光ビーム 27 を、該分割器と位置合わせされた状態に保つことが可能になる。ビーム分割器 34 は、周波数が  $f_1 + W$  のビーム 25 を方向転換し、半径方向軸 35 に対して平行な測定光路に沿って上方へに向かわせ、慣用的な立方体コーナ反射器が好適である測定反射器 36 に送る。測定反射器 36 は、半径方向軸 35 に沿って往復動することが可能であるが、回転基準フレーム 26 に装着されており、従って、固定基準フレームに対して回転する。本説明において、反射器 36 は、反射器が実線で示された位置と、反射器が点線で示された位置との間で、距離 D だけ移動したものと仮定する。反射器 36 を移動可能に装着するための手段は、示されていない。ビーム 25 は、測定反射器 36 を出て、そこから逆方向に進んだ後、 $\pm f$  のドップラ・シフトを有するビーム 40 として、ビーム分割器 34 に戻ることになる。周知のように、ドップラ・シフトが正になるか、負になるかは、測定光路内における周波数が  $f_1$  であるか、又は  $f_2$  であるかということと、測定反射器 36 の移動方向によって決まる。

#### 【0010】

ビーム分割器 34 は、周波数  $f_2 - W$  を有するビーム 27 を、固定長を備えた基準光路に沿って、やはり立方体コーナ反射器が好適である基準反射器 38 に送るように構成されている。基準光路は、回転軸 28 と平行であり、回転基準フレーム 26 に装着されている反射器 38 は、回転軸 28 のまわりを回転する。ビーム 27 は、反射器 38 によって反射された後、ビーム 42 としてビーム分割器 34 に戻される。ビーム 42 は、ドップラ・シフトされない。

#### 【0011】

ビーム 40 は、ビーム分割器 34 によって反射され、ビーム 42 は、ビーム分割器 34 を透過するが、両方とも、その後、四分の一波長板 24 に通され、ビーム 43 及び 47 になる。それらのビームは、次に、静止した四分の一波長板 18 に通されて、戻りビーム 44 及び 46 として送り出され、その各々は、やはり W に等しい値だけ周波数がシフトアップ、又はシフトダウンされる。ここで、ビーム 44 の周波数は、 $f_1' = f_1 \pm f + 2W$  になり、ビーム 46 の周波数は、 $f_2' = f_2 - 2W$  になる。静止測定フレームに装着された受光器 48 が、ビーム屈曲器 49 によって向きを直された後の、ビーム 44 及び 46 を受光し、それらを混合して、周波数が  $f_{\text{meas}} = f_1' - f_2' = f_1 - f_2 \pm f + 4W$  である測定信号 50 を生成する働きをする。項  $f_{\text{meas}}$  は、分割周波数  $f_1 - f_2$  と、測定反射器 36 の移動から生じるドップラ・シフト  $\pm f$  と、回転基準フレーム 26 と一緒に回転する際に、四分の一波長板 24 から生じる周波数シフト  $4W$  とからなる。レーザ光源 12 によって発生される基準信号 52 は、周波数  $f_{\text{ref}} = f_1 - f_2$ 、すなわち、ビーム 14 と 16 の間の分割周波数を有する。測定信号 50 と基準信号 52 は、補償器 54 に送られ、これには、周波数差を求め、その結果を積分して、中間信号 56 を生成する働きをする 1 つの部分 51 が含まれる。周波数差  $f_{\text{diff}}$  は、以下の式によって計算される。

#### 【0012】

$$f_{\text{diff}} = f_{\text{meas}} - f_{\text{ref}} = \pm f + 4W$$

ドップラ効果に従って、 $f = Fv / \lambda$  になるが、ここで、F は干渉計の折り返し係数、

10

20

30

40

50

$v$  は測定反射器 36 の速度、 $\lambda$  はレーザ光ビームの波長である。 $f_{diff}$  を積分すると、 $\phi$  が得られるが、これは、中間信号 56 であり、干渉縞の位相である。換言すれば、 $\phi = f_{diff} dt = F / v dt + 4 W dt = (F / v) v t + 4 W t$  となる。

#### 【0013】

$v t = D$  (ここで、 $D$  は反射器 36 の移動距離) であるので、 $\phi = D F / \lambda + 4 W t$  となる。そこで  $D = 0$ 、 $W = 1$  回転 / 秒、及び  $t = 1$  秒とすると、 $\phi =$  回転基準フレームの回転当たり 4 干渉縞になる。従って、四分の一波長板 24 が回転基準フレームと一緒に回転している間、反射器 36 の変位の変化測定中に生じる周波数シフトを補償するために、回転基準フレーム 26 の回転当たり 4 干渉縞の補正分を減算する必要がある。好適な実施例の場合、慣用的なエンコーダ 58 を回転基準フレーム 26 に結合して、その角回転が検出され、エンコーダ信号 60 が発生される。

10

#### 【0014】

補償器 54 の第 2 の部分 53 が、中間信号 56 及びエンコーダ信号 60 を受信し、これに回答して、半径方向軸 35 に沿った反射器 36 の位置変化  $D$  の測定値を表す変位信号 62 を生成する。

#### 【0015】

上記構成の結果として、理解できることであるが、本発明は、半径方向に移動可能な切削工具を含むスピンドルが軸 28 のまわりを回転する、CNC 機械の用途における利用に適応可能である。測定反射器 36 を切削工具を保持するスライダに固定し、また、回転軸 28 がスピンドルの回転軸と一致するように配置することによって、測定反射器 36 の変位測定は、スピンドルの回転軸に対して垂直な半径方向軸に沿った、工具の移動の直接測定になる。

20

#### 【0016】

図 1 に示す好適な実施例の場合、四分の一波長板 24 は、干渉計 70 の偏光ビーム分割器 34 に固定するのが望ましい。代替実施例の部分図が、図 2 に示されており、そこでは、図 1 の四分の一波長板 24、及び干渉計 70 の代わりに、四分の一波長板 200、及び干渉計 202 が用いられている。この代替実施例の場合、四分の一波長板 200 は、干渉計 202 から分離されている。図 2 の残りの構成要素 (不図示) は、図 1 の構成要素と同じである。

30

#### 【0017】

図 3 には、本発明の他の好適な実施例が示されている。干渉計装置 300 において、固定基準フレームに装着されたレーザ・ヘッド 12 は、それぞれ、周波数  $f_1$  及び  $f_2$  を有し、直線偏光及び直交偏光を有する対をなすビーム 302 及び 304 を発生する。非偏光ビーム分割器 305 が、ビーム 302 及び 304 をビーム 14 及び 16 と、ビーム屈曲器 307 から生じる他方の組のビーム 306 及び 308 とに分割する。ビーム 14 及び 16 は、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する。ビーム 306 及び 308 も、ドット 17 及びライン 19 で示すように、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する。静止した四分の一波長板 309 によって、ビーム 14 及び 16 は、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有するビーム 20 及び 22 に変換される。ビーム 306 及び 308 も、静止した四分の一波長板 309 によって、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する 1 対のビーム 310 及び 312 に変換される。回転基準フレーム 26 に装着された四分の一波長板 315 によって、ビーム 14 及び 16 は、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有するビーム 25 及び 27 に変換される。ビーム 310 及び 312 も、四分の一波長板 315 によって、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する 1 対のビーム 314 及び 316 に変換される。回転基準フレームに装着された干渉計 320 には、立方体 322 の中心コア部分として形成された偏光ビーム分割器 34、及び基準反射器 323 が含まれている。反射器 323 は、立体コーナ反射器が好適である。ビーム分割器 34、測定反射器 36、及び図 1 と同じ参照番号がついている他の全ての構成要素は、全て、その同じ構成要素に関して説明したのと同じように構成

40

50

され、同じような働きをする。従って、ビーム 4 4 及び 4 6 は、図 1 の実施例と同様にして発生されて、ビーム屈曲器 4 9 によって方向を直された後、受光器 4 8 に送られる。受光器 4 8 は、測定信号 5 0 を発生する。

#### 【 0 0 1 8 】

立方体 3 2 2 には、偏光ビーム分割器 3 4 を包囲する、外側環状部分 3 2 4 が含まれている。環状部分 3 2 4 は、ビーム 3 1 4 及び 3 1 6 を基準反射器 3 8 に送り、該反射器は、それら 2 つのビームを反射し、1 対のビーム 3 2 6 及び 3 2 8 として環状部分 3 2 4 へと戻す。四分の一波長板 3 1 5 に当てられた後、ビーム 3 2 6 及び 3 2 8 は、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する 1 対のビーム 3 3 0 及び 3 3 2 として送り出される。その後、静止した四分の一波長板 3 0 9 によって、ビーム 3 3 0 及び 3 3 2 は、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する 1 対のビーム 3 3 4 及び 3 3 6 に変換される。ビーム屈曲器 3 3 8 によって、ビーム 3 3 4 及び 3 3 6 は、基準受光器へと向きを直され、該基準受光器は、固定基準フレームに装着されて、基準信号 3 4 2 を発生する働きをする。加えられた測定信号 5 0、及び基準信号 3 4 2 に応答して作動する補償器 3 4 4 が、半径方向軸 3 5 に沿った、反射器 3 6 の位置変化を表す変位信号 6 2 を発生する。従って、図 3 に示すこの実施例によれば、図 1 に示すエンコーダ 5 8 が不要になり、同時に、レーザ・ヘッド 1 2 からの信号 5 2 も不要になる。

#### 【 0 0 1 9 】

図 3 に示す実施例の場合、四分の一波長板 3 1 5 は、立方体 3 2 2 に固定するのが望ましい。図 4 には、本発明の他の実施例の部分図が示されており、そこでは、四分の一波長板 3 1 5 は、立方体 3 2 2 から分離されている。他の構成要素（不図示）は、図 3 の構成要素と同じである。

#### 【 0 0 2 0 】

図 5 には、本発明の教示に従って製作された装置 5 0 0 の他の代替実施例が示されている。先行実施例と同様、固定基準フレームに装着されたレーザ・ヘッド 1 2 によって、対をなすビーム 1 4 及び 1 6 が生じ、これらはアイソレータ 5 0 2 を透過する。アイソレータ 5 0 2 の目的については、本詳細な説明の後の部分で説明する。次に、このビーム対は、非偏光ビーム分割器 5 0 4 を通過し、固定基準フレームに装着された四分の一波長板 1 8、さらに、回転基準フレーム 2 6 に装着された四分の一波長板 2 4 に通される。四分の一波長板 1 8 から送り出されるビーム対 2 0 及び 2 2 は、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する。四分の一波長板 2 4 から送り出された後、ビーム対 2 5 及び 2 7 は、直線偏光状態、及び直交偏光状態を有するが、この時点では、回転基準フレーム 2 6 と共に回転する。干渉計 7 0 は、図 1 で説明したのと同じ働きをし、その結果、測定反射器 3 6 がビーム 4 0 を戻し、基準反射器 3 8 がビーム 4 2 を戻すことになる。ビーム 4 0 及び 4 2 は、四分の一波長板 2 4、及び静止した四分の一波長板 1 8 を通過した後、非偏光ビーム分割器 5 0 4 によって反射されて、ビーム 4 4 及び 4 6 として送り出されて、受光器 4 8 に送られる。アイソレータ 5 0 2 の目的は、レーザ・ヘッド 1 2 に送り返されて、その動作に悪影響を及ぼす、戻りビームを阻止する、又はそれを大幅に減衰させることにある。適切な光アイソレータを設計し製作する技術は、既知のところである。光学減衰器は、全て、周知の装置であり、多くは本発明での利用に適合する。指摘すべき点として、減衰器の利用には、結果として、ビーム強度の低下に起因して効率が低下する欠点がある。

#### 【 0 0 2 1 】

図 5 の他の構成要素は、図 1 に示のと同じ参照番号を有し、同様の働きをするので、従って装置 5 0 0 は、変位信号 6 2 を生成する。装置 5 0 0 は、装置 1 0（図 1）と非常に類似しているが、回転基準フレーム 2 6 に入り、そこから戻されるビームが、平行光路に沿って進行する代わりに、光路と同軸をなすという点を除く。この実施例は、図 1 に示す実施例のようには好適でない。というのは、ビームの信号強度が、装置 1 0 に用いられているものより低いためである。しかし、装置 5 0 0 に用いられる干渉計 7 0 は、ビームが同軸であるので、装置 1 0 用の干渉計よりも小さくすることが可能である。この実施例は、

スペースが極めて制限された用途に有効である。

【0022】

図5に示す実施例の場合、四分の一波長板24は、干渉計70に固定されている。図6には、他の実施例の部分図が示されており、そこでは、四分の一波長板24は、干渉計70から分離されている。他の構成要素（不図示）は、図5に示す構成要素と同じである。

【0023】

図5の装置500は、やはり、エンコーダ58の利用を必要とする。図7には、本発明の他の代替実施例が示されており、そこでは、装置700が、エンコーダ、及びレーザ・ヘッド12からの基準信号を不要にするために、図3の装置と同様の光学構成を用いる。図7において、図3及び5と同じ参照番号のついた構成要素は、同様の働きをするので、従って装置700は、変位信号62を発生する。

10

【0024】

ここで理解されたいのは、本発明は、回転基準フレームに入り、そこから戻されてくるビームが、回転軸28と平行、又は同軸の光路に沿って進む必要がある、ということである。ビームが、回転基準フレームに装着された四分の一波長板を通過した後、ビームが干渉計に適正に入射するように向けられる限りにおいて、関連する干渉計を、任意の適切な配向で配置することが可能である。換言すれば、図1～7の実施例において、測定光路反射器、及び基準光路反射器は、それぞれ、回転軸28に対して垂直な光路上、及び回転軸に対して平行な（または同軸の）光路上に配向される。図4及び6に示す実施例の場合、回転基準フレームにおける四分の一波長板が独立しているが、関連する干渉計を異なる配向にし、測定反射器、及び基準反射器を、それぞれ、回転軸に対して垂直な光路、及び回転軸に対して平行な（または同軸の）光路に沿わないようにすることが可能である。干渉計を異なる配向にすることは、回転軸に対して垂直な半径方向の変位だけを測定する代わりに、回転基準フレームにおいて、平坦度又は各位置の変化といった、他の測定を行うのに役立つ。

20

【0025】

上記実施例では、基準反射器を、固定位置にあって、ビーム分割器に接触しているものとして示しているが、かかる限定は、本発明の動作にとって必要ではない。換言すれば、本発明は、基準反射器が移動可能である、いわゆる差分干渉計に利用することが可能であり、その干渉計による測定は、基準反射器の位置と測定反射器の位置の間で行われる差分測定である。

30

【0026】

上述の実施例に用いられるレーザ・ヘッドは、互いに対して直線状態、及び直向状態であるビーム対を発生することが望ましい。図8には、装置800が示されており、そこでは、レーザ・ヘッド802が、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有するビーム対20及び22を発生する。ビーム20及び22は、回転軸28に対して平行な光路に沿って、回転基準フレーム26に送り込まれる。四分の一波長板804を除いて、他の構成要素は、図1又は2の構成要素と同じである。明白なことではあるが、四分の一波長板804は、図1の四分の一波長板24と同一ではない。というのは、四分の一波長板804は、ビーム44及び46の発生にしか必要とされないためである。

40

【0027】

図9には、装置840が示されており、そこでは、レーザ・ヘッド802は、各対応する対が、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する、ビーム20、22、310、及び312を発生するために用いられる。四分の一波長板844を除けば、他の構成要素は、図3又は4の構成要素と同じである。四分の一波長板844は、ビーム44、46、334、及び336の発生にしか必要とされず、従って、図3の四分の一波長板309と同一ではない。

【0028】

特定の実施例を参照して、本発明を説明及び例示したが、当業者には明らかなように、本発明の教示によって開示された原理を逸脱することなく、修正及び変更を行うことが可能

50

である。例えば、図 3、4、7、及び 9 の静止した四分の一波長板は、各々一体構造が望ましいが、それらは 2 つの部分、すなわち、ビーム 3 1 0、3 1 2、2 0、及び 2 2 を発生する一方の部分と、ビーム 4 4、4 6、3 3 4、及び 3 3 6 を発生する他方の部分に分割することも可能である。この 2 つの部分は、対応するビームを受光する位置にある限り、互いに積み重ねる必要はない。また、個々の部分を、個々のビーム、又は各種の部分結合したビームの受光に合わせて寸法決めすることも可能である。

【0029】

図 3、4、7、及び 9 の回転基準フレーム 2 6 に装着された四分の一波長板は、各々一体構造が望ましいが、それらは、ビーム 3 1 4、3 1 6、3 3 0、及び 3 3 2 を生成する環状部分と、ビーム 2 5、2 7、4 3、及び 4 7 を発生する中心コア部分とに分割することも可能である。これら 2 つの部分は、互いに同軸にすることができるが、中心部分を環状部分内に入れ子式に納める必要はない。

10

【0030】

さらに、図 1 ~ 4、7、8、及び 9 の受光器 4 8、及び 3 4 0 は、それぞれ、ビーム 4 4 と 4 6、及び 3 3 4 と 3 3 6 を受光するように同一線上に配置することが可能である。換言すれば、受光器のサイズが十分に小さくて、レーザ・ヘッドからのビームの妨げにならないか、あるいは、入射ビーム及び戻りビーム用の平行なビーム光路が、十分な距離をあけて離隔されていて、受光器がレーザ・ヘッドからの入射ビームの妨げにならない場合には、ビーム屈曲器 4 9 及び 3 3 8 を排除することが可能である。

【0031】

20

図 5 及び 6 の実施例の場合、反射器に平坦なミラーを用いることが可能である。好適な装置は、立方体コーナ反射器である。

【0032】

図 5 ~ 7 のアイソレータ 5 0 2 は、好適であるが、必ずしも必要ではない。その動作効率はアイソレータほど良くないが、レーザ光の一部が戻されるとしても、レーザ・ヘッドは、アイソレータを利用せずに、ビーム対の光源として動作可能である。

【0033】

最後に、レーザ・ヘッドからのビーム対は、幾つかの光学的な光周波数を有するビームが望ましい。しかし、AC 型干渉計の動作は、光学的周波数に制限されないので、他の非光学的周波数を用いることも可能である。

30

【0034】

以下に、本発明の実施態様を列挙する。

【0035】

1. 回転基準フレームが、固定基準フレームに対して回転軸のまわりを回転し、ある時間期間にわたって回転角を累積するような、回転基準フレームに配置される物品の位置変化を測定するための干渉計による変位測定装置において、

それぞれ周波数  $f_1$ 、及び  $f_2$  を有する電磁放射線の 2 つのビームを放出するために、上記固定基準フレームに装着された光源と、

互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する第 1、及び第 2 のビームとして、2 つのビームを送出する手段と、

40

回転軸に平行な光路から上記第 1、及び第 2 のビームを受光するために、またそれらビームを第 3、及び第 4 のビームに変換するために、回転基準フレームに装着された第 1 の四分の一波長板と、

偏光ビーム分割器と、基準光路反射器と、上記物品に結合された可動な測定光路反射器を含み、回転基準フレームに装着される干渉計であって、上記第 1 の四分の一波長板は、上記ビーム分割器の偏光軸に対して 45 度の角度で位置合わせされる速い軸を有し、上記偏光ビーム分割器は、上記干渉計の基準光路に沿って第 3 のビームを指向し、また上記干渉計の測定光路に沿って第 4 のビームを指向するよう動作し、

上記基準光路反射器は、第 3 のビームを受光して、それを上記ビーム分割器に向けて第 5 のビームとして戻すために配設され、

50

上記測定光路反射器は、第4のビームを受光して、それを上記ビーム分割器に向けて第6のビームとして戻すために配設され、

上記ビーム分割器は、上記第5と第6のビームを受光して、それらを上記第1の四分の一波長板に向けて送るよう動作し、上記第1の四分の一波長板は、当てられた第5と第6のビームを、それぞれ、第7と第8のビームに変換するよう動作し、

該第7と第8のビームは、上記回転基準フレームを出て、上記回転軸と平行な光路に沿って固定基準フレームに送り込まれる、干渉計と、

上記第7と第8のビームを受光するために、またそれらのビームを、それぞれ、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する第9と第10のビームに変換するために、固定基準フレームに装着された第2の四分の一波長板と、

上記f1周波数とf2周波数間の差の測定値を表す情報と、位置変化及び回転角に比例した情報とを含む測定信号を発生するために、上記第9と第10のビームの偏光状態と位置合わせされ、また上記第9と第10のビームに応答するように結合された受光器と、

上記測定信号と、上記f1周波数とf2周波数間の差の測定値を表す基準信号と、回転角の測定値を表す第2の信号とにそれぞれ結合されて、位置変化を表す変位信号を生成すべく動作する信号プロセッサと、

からなる装置。

【0036】

2. 前記ビームを送出する手段は、前記光源が、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する2つのビームを発生するように、前記光源内にあることを特徴とする、前項1に記載の装置。

【0037】

3. 前記光源は、レーザ・ビームを発生することを特徴とする、前項1に記載の装置。

【0038】

4. 前記2つのビームは、光学的な光周波数を有することを特徴とする、前項3に記載の装置。

【0039】

5. 回転エンコーダが、前記第2の信号を発生するために、前記回転基準フレームに結合されることを特徴とする、前項1に記載の装置。

【0040】

6. 前記基準信号は、光源によって生じる2つのビームを受光するように結合された第2の受光器によって発生されることを特徴とする、前項5に記載の装置。

【0041】

7. 前記第1の四分の一波長板は、前記干渉計に固定されることを特徴とする、前項1に記載の装置。

【0042】

8. 前記光源からの2つのビームは、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有し、前記ビームを送出する手段は、前記2つのビームを受光するように結合された、第3の四分の一波長板であることを特徴とする、前項7に記載の装置。

【0043】

9. 前記基準信号は、光源によって生じる2つのビームを受光するように結合された第2の受光器によって発生されることを特徴とする、前項7に記載の装置。

【0044】

10. 前記第1の四分の一波長板は、前記干渉計に固定されることを特徴とする、前項3に記載の装置。

【0045】

11. 回転エンコーダが、前記第2の信号を発生するために、前記回転基準フレームに結合されることを特徴とする、前項10に記載の装置。

【0046】

12. 前記基準信号は、光源によって生じる2つのビームを受光するように結合された第2

10

20

30

40

50

の受光器によって発生されることを特徴とする、前項 1 1 に記載の装置。

【 0 0 4 7 】

13. 前記第 1 と第 2 のビームは、前記第 7 と第 8 のビームと同軸であり、分割手段が、前記第 9 と第 1 0 のビームを受光器に向けるために、前記固定基準フレームに装着されることを特徴とする、前項 1 2 に記載の装置。

【 0 0 4 8 】

14. アイソレータが、前記光源と前記分割手段の間に配設されることを特徴とする、前項 1 3 に記載の装置。

【 0 0 4 9 】

15. 前記基準光路反射器、及び前記測定光路反射器は、立方体コーナ反射器であることを特徴とする、前項 1 4 に記載の装置。 10

【 0 0 5 0 】

16. 前記基準光路反射器、及び前記測定光路反射器は、立方体コーナ反射器であることを特徴とする、前項 1 3 に記載の装置。

【 0 0 5 1 】

17. 前記基準光路反射器、及び前記測定光路反射器は、立方体コーナ反射器であることを特徴とする、前項 1 に記載の装置。

【 0 0 5 2 】

18. 前記第 1 と第 2 のビームは、前記第 7 と第 8 のビームと同軸であり、分割手段が、前記第 9 と第 1 0 のビームを受光器に向けるために、前記固定基準フレームに装着されることを特徴とする、前項 1 に記載の装置。 20

【 0 0 5 3 】

19. アイソレータが、前記光源と前記分割手段の間に配設されることを特徴とする、前項 1 8 に記載の装置。

【 0 0 5 4 】

20. 前記基準光路反射器、及び前記測定光路反射器は、立方体コーナ反射器であることを特徴とする、前項 1 9 に記載の装置。

【 0 0 5 5 】

21. 前記基準光路反射器、及び前記測定光路反射器は、立方体コーナ反射器であることを特徴とする、前項 1 8 に記載の装置。 30

【 0 0 5 6 】

22. 前記第 1 と第 2 のビームは、前記第 7 と第 8 のビームと同軸であり、分割手段が、前記第 9 と第 1 0 のビームを受光器に向けるために、前記固定基準フレームに装着されることを特徴とする、前項 3 に記載の装置。

【 0 0 5 7 】

23. 光学アイソレータが、前記光源と前記分割手段の間に接続されることを特徴とする、前項 2 2 に記載の装置。

【 0 0 5 8 】

24. ビーム屈曲器が、初期進行光路から受光器に向かう別の光路に、前記第 9 と第 1 0 のビームの向きを直すために配設されることを特徴とする、前項 1 に記載の装置。 40

【 0 0 5 9 】

25. 前記第 9 と第 1 0 のビームは、前記第 2 の四分の一波長板から、前記回転軸に平行な光路に沿って送出され、前記受光器は、その光路内に配設されることを特徴とする、前項 1 に記載の装置。

【 0 0 6 0 】

26. 前記光源からの 2 つのビームは、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有し、前記ビームを送出する手段は、前記 2 つのビームを受光するように結合された第 3 の四分の一波長板であることを特徴とする、前項 1 に記載の装置。

【 0 0 6 1 】

27. 前記ビームを送出する手段は、前記第 2 の四分の一波長板であり、前記光源は、互い 50

に対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する２つのビームを発生することを特徴とする、前項１に記載の装置。

【００６２】

28．前記基準信号は、光源によって生じる２つのビームを受光するように結合された第２の受光器によって発生されることを特徴とする、前項２７に記載の装置。

【００６３】

29．回転エンコーダが、前記第２の信号を発生するために、前記回転基準フレームに結合されることを特徴とする、前項２７に記載の装置。

【００６４】

30．前記基準信号は、前記光源によって生じる２つのビームを受光するように結合された第２の受光器によって発生されることを特徴とする、前項２９に記載の装置。 10

【００６５】

31．前記第１の四分の一波長板は、前記干渉計に固定されることを特徴とする、前項２７に記載の装置。

【００６６】

32．前記基準信号は、前記光源によって生じる２つのビームを受光するように結合された第２の受光器によって発生されることを特徴とする、前項３１に記載の装置。

【００６７】

33．回転エンコーダが、前記第２の信号を発生するために、前記回転基準フレームに結合されることを特徴とする、前項３１に記載の装置。 20

【００６８】

34．前記基準信号は、前記光源によって生じる２つのビームを受光するように結合された第２の受光器によって発生されることを特徴とする、前項３３に記載の装置。

【００６９】

35．前記光源は、レーザ・ビームを発生することを特徴とする、前項３３に記載の装置。

【００７０】

36．ビーム屈曲器が、初期進行光路から受光器に向かう別の光路に、前記第９と第１０のビームの向きを直すために配設されることを特徴とする、前項３５に記載の装置。

【００７１】

37．前記第９と第１０のビームは、前記第２の四分の一波長板から、前記回転軸に平行な光路に沿って送出され、前記受光器は、その光路内に配設されることを特徴とする、前項３５に記載の装置。 30

【００７２】

38．前記ビームは、光学的な光周波数を有することを特徴とする、前項３５に記載の装置。

【００７３】

39．前記第１と第２のビームは、前記第７と第８のビームと同軸であり、分割手段が、前記第９と第１０のビームを受光器に向けるために、前記固定基準フレームに装着されることを特徴とする、前項３５に記載の装置。

【００７４】

40．アイソレータが、前記光源と前記分割手段の間に配設されることを特徴とする、前項３９に記載の装置。 40

【００７５】

41．前記基準光路反射器、及び前記測定光路反射器は、立方体コーナ反射器であることを特徴とする、前項４０に記載の装置。

【００７６】

42．前記基準信号は、前記光源によって生じる２つのビームを受光するように結合された第２の受光器によって発生されることを特徴とする、前項１に記載の装置。

【００７７】

43．前記光源からの２つのビームは、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有 50



し、前記ビームを送出する手段は、前記 2 つのビームを受光するように結合された第 3 の四分の一波長板であることを特徴とする、前項 3 に記載の装置。

【 0 0 7 8 】

44. 前記ビームを送出する手段は、前記第 2 の四分の一波長板であり、前記光源は、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する 2 つのビームを発生することを特徴とする、前項 3 に記載の装置。

【 0 0 7 9 】

45. 回転エンコーダが、前記第 2 の信号を発生するために、前記回転基準フレームに結合されることを特徴とする、前項 10 に記載の装置。

【 0 0 8 0 】

46. 前記光源からの 2 つのビームは、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有し、前記ビームを送出する手段は、前記 2 つのビームを受光するように結合された第 3 の四分の一波長板であることを特徴とする、前項 10 に記載の装置。

【 0 0 8 1 】

47. 前記ビームを送出する手段は、前記第 2 の四分の一波長板であり、前記光源は、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する 2 つのビームを発生することを特徴とする、前項 10 に記載の装置。

【 0 0 8 2 】

48. 前記基準信号は、前記光源によって生じる 2 つのビームを受光するように結合された第 2 の受光器によって発生されることを特徴とする、前項 47 に記載の装置。

【 0 0 8 3 】

49. ビーム屈曲器が、初期進行光路から受光器に向かう別の光路に、前記第 9 と第 10 のビームの向きを直すために配設されることを特徴とする、前項 48 に記載の装置。

【 0 0 8 4 】

50. 前記第 1 の四分の一波長板は、前記干渉計から離れて実装されることを特徴とする、前項 1 に記載の装置。

【 0 0 8 5 】

51. 前記ビームを送出する手段は、前記第 2 の四分の一波長板であり、前記光源は、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する 2 つのビームを発生することを特徴とする、前項 50 に記載の装置。

【 0 0 8 6 】

52. 回転基準フレームが、固定基準フレームに対して回転軸のまわりを回転し、ある時間期間にわたって回転角を累積するような、回転基準フレームに配置される物品の位置変化を測定するための干渉計による変位測定装置において、

それぞれ周波数  $f_1$ 、及び  $f_2$  を有する電磁放射線の 2 つのビームを放出するために、上記固定基準フレームに装着された光源であって、該 2 つのビームは、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有して発生される、光源と、

上記 2 つのビームを、各組のビームがそれぞれ、周波数  $f_1$  及び  $f_2$  を有し、また直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する、各組 2 つのビームからなる平行な 2 つの組へと分割するための分割器と、

一方の組の 2 つのビームを、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する第 1 と第 2 のビームとして送出手段と、

上記回転軸と平行な光路から上記第 1 と第 2 のビームを受光するために、また、それらのビームを第 3 と第 4 のビームに変換するために、上記回転基準フレームに装着された第 1 の四分の一波長板と、

偏光ビーム分割器と、基準光路反射器と、物品に結合された可動な測定光路反射器とを含み、上記回転基準フレームに装着された干渉計であって、上記第 1 の四分の一波長板は、上記ビーム分割器の偏光軸に対して 45 度の角度で位置合わせされる速い軸を有し、上記ビーム分割器は、上記干渉計の基準光路に沿って第 3 のビームを指向し、上記干渉計の測定光路に沿って第 4 のビームを指向するように動作し、

10

20

30

40

50

上記基準光路反射器は、上記第 3 のビームを受光して、それを上記ビーム分割器に向けて第 5 のビームとして戻すために配設され、

上記測定光路反射器は、上記第 4 のビームを受光して、それを上記ビーム分割器に向けて第 6 のビームとして戻すために配設され、

上記ビーム分割器は、上記第 5 と第 6 のビームを受光して、それらを上記第 1 の四分の一波長板に向けて送るよう動作し、上記第 1 の四分の一波長板は、当てられた上記第 5 と第 6 のビームを、それぞれ、第 7 と第 8 のビームに変換するよう動作し、

上記第 7 と第 8 のビームは、上記回転基準フレームを出て、回転軸と平行な光路に沿って上記固定基準フレームに送り込まれる、干渉計と、

上記第 7 と第 8 のビームを受光するために、またそれらのビームをそれぞれ、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する第 9 と第 10 のビームに変換するために、上記固定基準フレームに装着された第 2 の四分の一波長板と、上記  $f_1$  周波数と  $f_2$  周波数間の差の測定値を表す情報と、位置変化及び回転角に比例した情報とを含む測定信号を発生するために、上記第 9 と第 10 のビームの偏光状態と位置合わせされて、該ビームに

10

応答するように結合された第 1 の受光器と、第 2 の組のビームを受光するために、また、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する第 11 と第 12 のビームを生成すべく動作するために配設される、第 2 の送出手段と、

回転軸と平行な光路から上記第 11 と第 12 のビームを受光するために、また、それらのビームを第 13 と第 14 のビームに変換するために、上記回転基準フレームに装着された第 3 の四分の一波長板と、

20

前記干渉計は更に、上記第 13 と第 14 のビームを受光して、それらのビームを上記基準光路反射器に送るべく動作する部分を含み、該基準光路反射器は、それらのビームを第 15 と第 16 のビームとして上記干渉計に戻すべく動作し、該干渉計は、上記第 15 と第 16 のビームを上記第 3 の四分の一波長板に送るべく動作し、該第 3 の四分の一波長板は、それらのビームを第 17 と第 18 のビームに変換すべく動作することと、

上記第 17 と第 18 のビームは、上記回転基準フレームから出て上記固定基準フレームに送り込まれ、また、回転軸と平行な光路に沿って送られることと、

上記第 17 と第 18 のビームを受光するために、またそれらのビームを、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する第 19 と第 20 のビームに変換するために、上記固定基準フレームに装着された第 4 の四分の一波長板と、

30

上記第 19 と第 20 のビームの偏光状態と位置合わせされて、それらのビームを受光するように配設され、 $f_1$  周波数と  $f_2$  周波数間の差、及び回転角の測定値を表す情報を含む第 2 の受光器信号を発生すべく動作する、第 2 の受光器と、上記測定値と上記第 2 の受光器信号に

【0087】

53. 前記第 1 の送出手段は、前記第 2 の四分の一波長板であることを特徴とする、前項 52 に記載の装置。

【0088】

40

54. 前記第 2 の送出手段は、前記第 2 の四分の一波長板であることを特徴とする、前項 53 に記載の装置。

【0089】

55. 前記第 2 の送出手段は、前記第 2 の四分の一波長板であることを特徴とする、前項 52 に記載の装置。

【0090】

56. 前記 2 つのビームは、光学的な光周波数を有することを特徴とする、前項 55 に記載の装置。

【0091】

57. 前記第 1 の四分の一波長板は、前記干渉計に固定されることを特徴とする、前項 52

50

に記載の装置。

【 0 0 9 2 】

58. 前記第 1 と第 3 の四分の一波長板は、1 つのユニット式波長板として形成されることを特徴とする、前項 5 2 に記載の装置。

【 0 0 9 3 】

59. 前記第 2 と第 4 の四分の一波長板は、1 つのユニット式波長板として形成されることを特徴とする、前項 5 8 に記載の装置。

【 0 0 9 4 】

60. 前記第 2 の送出手段は、前記第 2 の四分の一波長板であることを特徴とする、前項 5 9 に記載の装置。

【 0 0 9 5 】

61. 前記第 1 の四分の一波長板は、前記干渉計に固定されることを特徴とする、前項 5 9 に記載の装置。

【 0 0 9 6 】

62. 前記光源は、レーザ・ビームを発生することを特徴とする、前項 6 1 に記載の装置。

【 0 0 9 7 】

63. 前記 2 つのビームは、光学的な光周波数を有することを特徴とする、前項 6 2 に記載の装置。

【 0 0 9 8 】

64. 前記第 1 と第 2 のビームは、前記第 7 と第 8 のビームと同軸であり、分割手段が、前記第 9 と第 1 0 のビームを前記第 1 の受光器に向けるために、前記固定基準フレームに装着されることを特徴とする、前項 6 2 に記載の装置。

【 0 0 9 9 】

65. アイソレータが、前記分割器と前記分割手段の間に配設されることを特徴とする、前項 6 4 に記載の装置。

【 0 1 0 0 】

66. 前記第 1 と第 2 のビームは、前記第 7 と第 8 のビームと同軸であり、分割手段が、前記第 9 と第 1 0 のビームを前記第 1 の受光器に向けるために、前記固定基準フレームに装着されることを特徴とする、前項 5 2 に記載の装置。

【 0 1 0 1 】

67. アイソレータが、前記分割器と前記分割手段の間に配設されることを特徴とする、前項 6 6 に記載の装置。

【 0 1 0 2 】

68. 前記光源は、レーザ・ビームを発生することを特徴とする、前項 6 7 に記載の装置。

【 0 1 0 3 】

69. 回転基準フレームが、固定基準フレームに対して回転軸のまわりを回転し、ある時間期間にわたって回転角を累積するような、干渉計による変位測定装置を用いて、回転基準フレームに配設された物品の位置変化を測定する方法において、

上記固定基準フレームに装着された光源から、それぞれ、周波数  $f_1$  及び  $f_2$  を有する電磁放射線の 2 つのビームを放出するステップと、

該 2 つのビームを、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する第 1 と第 2 のビームとして送出するステップと、

該第 1 と第 2 のビームを、回転軸に対して平行な光路に沿って、上記回転基準フレームに装着された、速い軸を備える第 1 の四分の一波長板に当てて、それらのビームを第 3 と第 4 のビームに変換するステップと、

該第 3 と第 4 のビームを、回転基準フレームに装着されて、偏光ビーム分割器と、基準光路反射器と、物品に結合された測定光路反射器とからなる、偏光軸を備える干渉計へと送るステップと、

上記第 1 の四分の一波長板の速い軸を、上記ビーム分割器の偏光軸に対して 45 度の角度で配向するステップと、

10

20

30

40

50

上記第 3 と第 4 のビームを上記ビーム分割器に送って、上記第 3 のビームが上記基準光路反射器に送られ、且つ上記第 4 のビームが上記測定光路反射器に送られるように、それらのビームを分割するステップと、

上記第 3 のビームを受光して、それを第 5 のビームとして上記ビーム分割器に戻すために、上記基準光路反射器を結合するステップと、

上記第 4 のビームを受光して、それを第 6 のビームとして上記ビーム分割器に戻すために、上記測定光路反射器を結合するステップと、

上記第 5 と第 6 のビームを受光すべく上記ビーム分割器を動作させて、それらのビームを上記第 1 の四分の一波長板に向けて送るステップと、

上記第 1 の四分の一波長板に上記第 5 と第 6 のビームを通して、それらのビームを第 7 と第 8 のビームに変換するステップと、 10

上記第 7 と第 8 のビームを、回転軸に平行な光路に沿って、上記回転基準フレームから出て上記固定基準フレームへと送り込むステップと、

上記第 7 と第 8 のビームを受光するために、またそれらのビームを、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する第 9 と第 10 のビームに変換するために、上記固定基準フレームに第 2 の四分の一波長板を配設するステップと、 $f_1$  周波数と  $f_2$  周波数間の差の測定値を表す情報と、位置変化及び回転角に比例した情報とを含む測定信号を発生するために、受光器を上記第 9 と第 10 のビームの偏光と位置合わせして、それらビームに 20

上記測定信号と、 $f_1$  周波数と  $f_2$  周波数間の差の測定値を表す基準信号と、回転角の測定値を表す第 2 の信号とに 20 応答すべく、信号プロセッサを動作させて、位置変化を表す変位信号を発生するステップと、を含む方法。

【0104】

70. 前記 2 つのビームをレーザ・ビームとして放出するステップを含むことを特徴とする、前項 69 に記載の方法。

【0105】

71. 光学的な光周波数を有して、前記 2 つのビームを放出するステップを含むことを特徴とする、前項 70 に記載の方法。

【0106】

72. 前記第 1 と第 2 のビームを、前記第 7 と第 8 のビームと同軸で送出するステップと、前記受光器に送出するために、前記第 9 と第 10 のビームの一部を分割するステップを更に含むことを特徴とする、前項 69 に記載の方法。

【0107】

73. 前記光源に戻される、前記第 9 と第 10 のビームの一部を分離するステップを更に含むことを特徴とする、前項 72 に記載の方法。

【0108】

74. 前記第 1 の四分の一波長板を、前記干渉計に固定するステップを含むことを特徴とする、前項 69 に記載の方法。

【0109】

75. 前記第 2 の信号を発生するために、回転エンコーダを前記回転基準フレームに結合するステップを含むことを特徴とする、前項 74 に記載の方法。

【0110】

76. 前記光源から前記 2 つのビームを受光すべく第 2 の受光器を結合するステップと、前記基準信号を発生するステップとを含むことを特徴とする、前項 75 に記載の方法。

【0111】

77. 前記 2 つのビームをレーザ・ビームとして放出するステップを含むことを特徴とする、前項 76 に記載の方法。

【0112】

78. 光学的な光周波数を有して、前記 2 つのビームを放出するステップを含むことを特徴 50

とする、前項 77 に記載の方法。

【0113】

79. 前記第 1 と第 2 のビームを、前記第 7 と第 8 のビームと同軸で送出するステップと、前記受光器に送出するために、前記第 9 と第 10 のビームの一部を分割するステップを更に含むことを特徴とする、前項 76 に記載の方法。

【0114】

80. 前記光源に戻される、前記第 9 と第 10 のビームの一部を分離するステップを含むことを特徴とする、前項 77 に記載の方法。

【0115】

81. 前記光源から前記 2 つのビームを受光すべく第 2 の受光器を結合するステップと、前記基準信号を発生するステップとを含むことを特徴とする、前項 69 に記載の方法。 10

【0116】

82. 前記第 2 の信号を発生するために、回転エンコーダを前記回転基準フレームに結合するステップを含むことを特徴とする、前項 69 に記載の方法。

【0117】

83. 前記光源から前記 2 つのビームを受光すべく第 2 の受光器を結合するステップと、前記基準信号を発生するステップとを含むことを特徴とする、前項 82 に記載の方法。

【0118】

84. 前記光源から前記 2 つのビームを、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有するビームとして放出するステップを含むことを特徴とする、前項 69 に記載の方法。 20

【0119】

85. 回転基準フレームが、固定基準フレームに対して回転軸のまわりを回転し、ある時間期間にわたって回転角を累積するような、干渉計による変位測定装置を用いて、回転基準フレームに配設された物品の位置変化を測定する方法において、

上記固定基準フレームに装着された光源から、それぞれ、周波数  $f_1$  及び  $f_2$  を有し、互いに対して直線偏光状態及び直交偏光状態を有する、電磁放射線の 2 つのビームを放出するステップと、

該 2 つのビームを、各組のビームがそれぞれ、上記周波数  $f_1$  及び  $f_2$  を有し、直線偏光状態及び直交偏光状態を有する、各組 2 つのビームからなる 2 組へと分割するステップと、 30

上記 2 つのビームの第 1 の組を、上記固定基準フレームに装着された第 1 の四分の一波長板に通して、それらのビームを、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する第 1 と第 2 のビームに変換するステップと、

該第 1 と第 2 のビームを、回転軸に対して平行な光路に沿って、上記回転基準フレームに装着された、速い軸を備える第 2 の四分の一波長板に当てて、それらのビームを第 3 と第 4 のビームに変換するステップと、

該第 3 と第 4 のビームを、上記回転基準フレームに装着されて、偏光ビーム分割器と、基準光路反射器と、物品に結合された測定光路反射器とからなる、偏光軸を備える干渉計へと送るステップと、

上記第 1 の四分の一波長板の速い軸を、上記ビーム分割器の偏光軸に対して 45 度の角度で配向するステップと、 40

上記ビーム分割器に上記第 3 と第 4 のビームを送出して、上記第 3 のビームが上記基準光路反射器に送られ、且つ上記第 4 のビームが上記測定光路反射器に送られるように、それらのビームを分割するステップと、

上記第 3 のビームを受光して、それを第 5 のビームとして上記ビーム分割器に戻すために、上記基準光路反射器を結合するステップと、

上記第 4 のビームを受光して、それを第 6 のビームとして上記ビーム分割器に戻すために、上記測定光路反射器を結合するステップと、

上記第 5 と第 6 のビームを受光すべく上記ビーム分割器を動作させて、それらのビームを、上記第 1 の四分の一波長板に向けて送るステップと、 30

上記第 5 と第 6 のビームを上記第 2 の四分の一波長板に通して、それらのビームを、第 7 と第 8 のビームに変換するステップと、

該第 7 と第 8 のビームを、回転軸に平行な光路に沿って、上記回転基準フレームから出て上記固定基準フレームへと送り込むステップと、

上記第 7 と第 8 のビームを、上記固定基準フレームに配設された第 3 の四分の一波長板に送り、それらのビームを、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する第 9 と第 10 のビームに変換するステップと、

f 1 周波数と f 2 周波数間の差の測定値を表す情報と、位置変化及び回転角に比例した情報とを含む測定信号を発生するために、受光器を上記第 9 と第 10 のビームの偏光状態と位置合わせして、それらのビームに应答するステップと、

10

上記 2 つのビームの第 2 の組を、上記固定基準フレームに装着された第 4 の四分の一波長板に通して、それらのビームを、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する第 11 と第 12 のビームに変換するステップと、

該第 11 と第 12 のビームを、回転軸に沿って、上記回転基準フレームに装着された第 4 の四分の一波長板に送り、それらのビームを、第 13 と第 14 のビームに変換するステップと、

該第 13 と第 14 のビームを、上記干渉計の一部を介して、上記基準光路反射器に送出するステップと、

上記第 13 と第 14 のビームを上記基準光路反射器で反射させて、それらのビームを、第 15 と第 16 のビームとして戻すステップと、

20

該第 15 と第 16 のビームを、上記干渉計及び第 3 の四分の一波長板に通して、それらのビームを、第 17 と第 18 のビームに変換するステップと、

該第 17 と第 18 のビームを、回転軸に平行な光路に沿って、上記回転基準フレームから出て上記固定基準フレームへと送り込むステップと、

上記第 17 と第 18 のビームを、上記固定基準フレームに装着された第 4 の四分の一波長板に通して、それらのビームを、互いに対して直線偏光状態、及び直交偏光状態を有する第 19 と第 20 のビームに変換するステップと、

f 1 周波数と f 2 周波数間の差、及び回転角の測定値を表す情報を含む第 2 の受光器信号を発生するために、第 2 の受光器を、上記第 19 と第 20 のビームの偏光状態と位置合わせして、それらのビームに应答するステップと、

30

上記測定信号、及び上記第 2 の受光器信号を信号プロセッサに加えて、位置変化を表す変位信号を発生するステップと、

を含む方法。

【 0 1 2 0 】

86. 前記 2 つのビームをレーザ・ビームとして放出するステップを含むことを特徴とする、前項 85 に記載の方法。

【 0 1 2 1 】

87. 光学的な光周波数を有して、前記 2 つのビームを放出するステップを含むことを特徴とする、前項 86 に記載の方法。

【 0 1 2 2 】

40

88. 前記第 1 と第 2 のビームを、前記第 7 と第 8 のビームと同軸で送出するステップと、前記受光器に送出するために、前記第 9 と第 10 のビームの一部を分割するステップを更に含むことを特徴とする、前項 85 に記載の方法。

【 0 1 2 3 】

89. 前記光源に戻される、前記第 9 と第 10 のビームの一部を分離するステップを含むことを特徴とする、前項 88 に記載の方法。

【 0 1 2 4 】

90. 前記第 9 と第 10 のビームの一部が、前記光源に戻されるのを分離するステップを含むことを特徴とする、前項 88 に記載の方法。

【 0 1 2 5 】

50

91. 前記第2と第4の四分の一波長板を、1つのユニット式波長板として組み合わせるステップを含むことを特徴とする、前項85に記載の方法。

【0126】

92. 前記第1と第3の四分の一波長板を、1つのユニット式波長板として組み合わせるステップを含むことを特徴とする、前項91に記載の方法。

【0127】

93. 前記第2の四分の一波長板を、前記干渉計に固定するステップを更に含むことを特徴とする、前項85に記載の方法。

【0128】

94. 前記2つのビームをレーザ・ビームとして放出するステップを含むことを特徴とする、前項93に記載の方法。 10

【0129】

95. 光学的な光周波数を有して、前記2つのビームを放出するステップを含むことを特徴とする、前項94に記載の方法。

【0130】

96. 前記第1と第2のビームを、前記第7と第8のビームと同軸で送出するステップと、前記受光器に送出するために、前記第9と第10のビームの一部を分割するステップを含むことを特徴とする、前項95に記載の方法。

【0131】

97. 前記光源に戻される、前記第9と第10のビームの一部を分離するステップを含むことを特徴とする、前項96に記載の方法。 20

【0132】

98. 前記第2の四分の一波長板を、前記干渉計に固定するステップを含むことを特徴とする、前項85に記載の方法。

【0133】

【発明の効果】

本発明は上述のように構成したので、半径方向に移動可能な切削工具を含むスピンドルが回転軸28のまわりを回転する、CNC機械の用途における利用に適応可能となる。また、測定反射器36を切削工具を保持するスライダに固定して、回転軸28がスピンドルの回転軸と一致するように配置することによって、測定反射器36の変位測定によって、スピンドルの回転軸に対して垂直な半径方向軸に沿った、工具の移動を直接測定することが可能になる。更に、回転基準フレーム26に入りそこから戻されるビームが、平行光路に沿って進行する代わりに、光路と同軸をなすように構成することにより、干渉計を小型にすることができ、従って本発明は、スペースが極めて制限された用途に有効となる。 30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適な実施例の概略図である。

【図2】本発明の代替実施例の部分図であり、そこで四分の一波長板が、干渉計とは別個の回転基準フレームに装着されている。

【図3】本発明の他の好適な実施例を示す図であり、そこで四分の一波長板の回転に起因した周波数シフトが、光ビームの利用によって補正される。 40

【図4】本発明の他の代替実施例の部分図であり、そこで四分の一波長板が、干渉計とは別個の回転基準フレームに装着されている。

【図5】光ビームが同軸をなす、本発明の他の代替実施例を示す図である。

【図6】本発明の更に他の実施例の部分図であり、そこで四分の一波長板が、干渉計とは別個の回転基準フレームに装着されている。

【図7】本発明の他の実施例を示す図であり、そこで四分の一波長板の回転に起因した周波数シフトが、光ビームの利用によって補正される。

【図8】本発明の他の実施例を示す図であり、そこでレーザ・ヘッドが、互いに対して右円偏光状態、及び左円偏光状態を有する対をなすビームを発生する。

【図9】本発明の更に他の実施例を示す図であり、そこでレーザ・ヘッドが、右円偏光状 50

態、及び左円偏光状態を有する対をなすビームを発生して、四分の一波長板の回転に起因した周波数シフトが、光ビームの利用によって補正される。

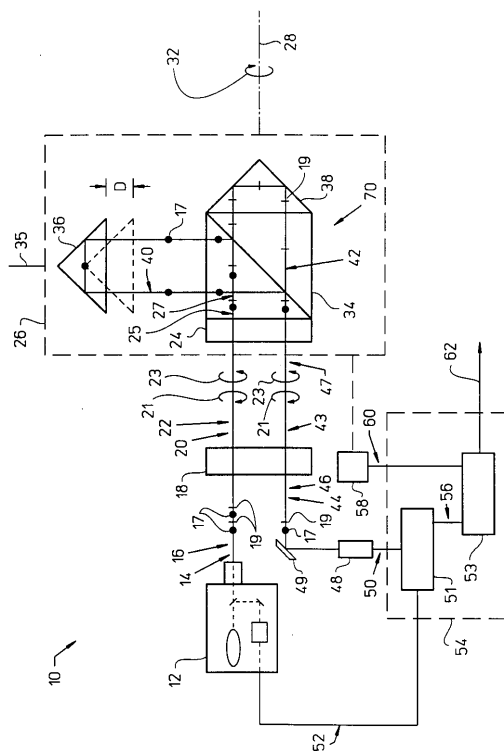
【符号の説明】

- 10 干渉計による変位測定装置
- 12 レーザ・ヘッド（光源）
- 18 固定基準フレームに装着される四分の一波長板
- 24 回転基準フレームに装着される四分の一波長板
- 26 回転基準フレーム
- 28 回転軸
- 34 偏光ビーム分割器
- 35 光学軸（半径方向軸）
- 36 測定光路反射器
- 38 基準光路反射器
- 48 受光器
- 49 ビーム屈曲器
- 50 測定信号
- 52 基準信号
- 54 補償器（信号プロセッサ）
- 58 エンコーダ
- 60 エンコーダ信号（回転角の測定値を表す第2の信号）
- 62 変位信号
- 70 干渉計
- D 位置変化

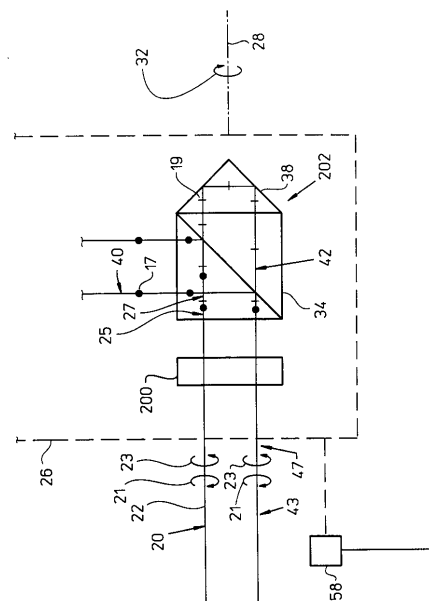
10

20

【図1】

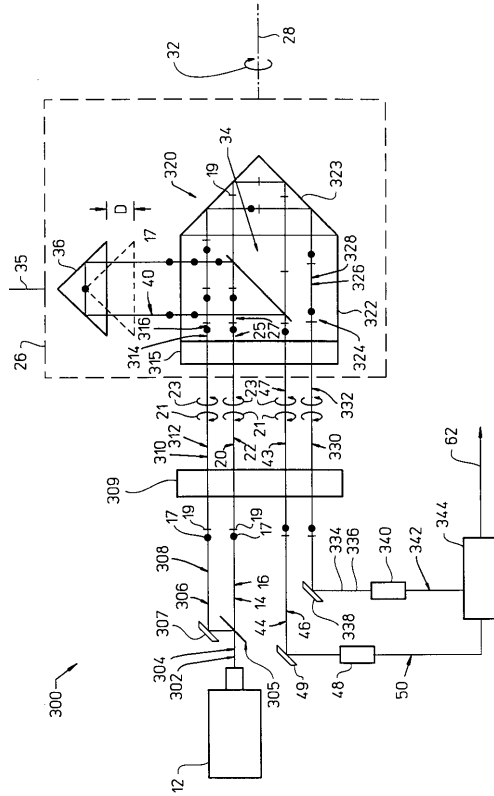


【図2】

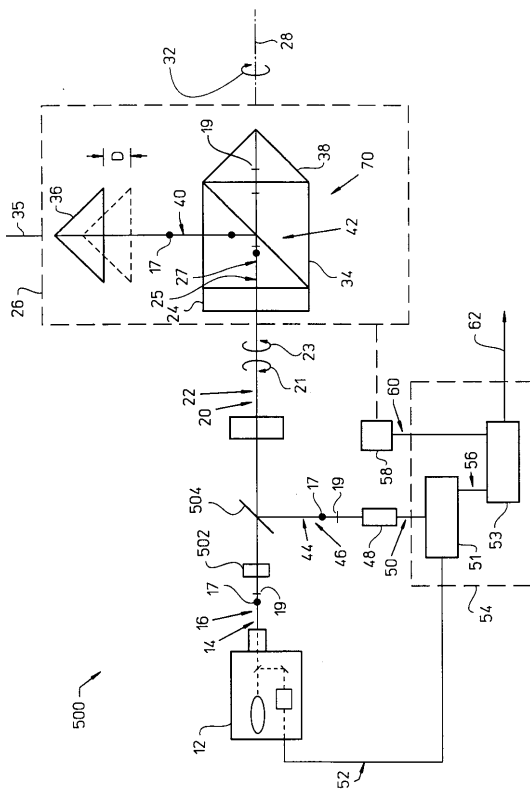




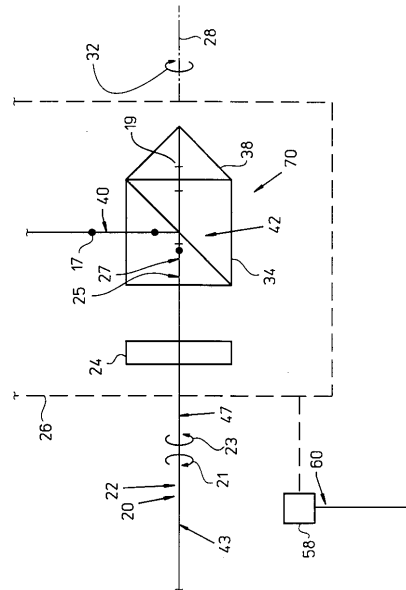
【 図 4 】



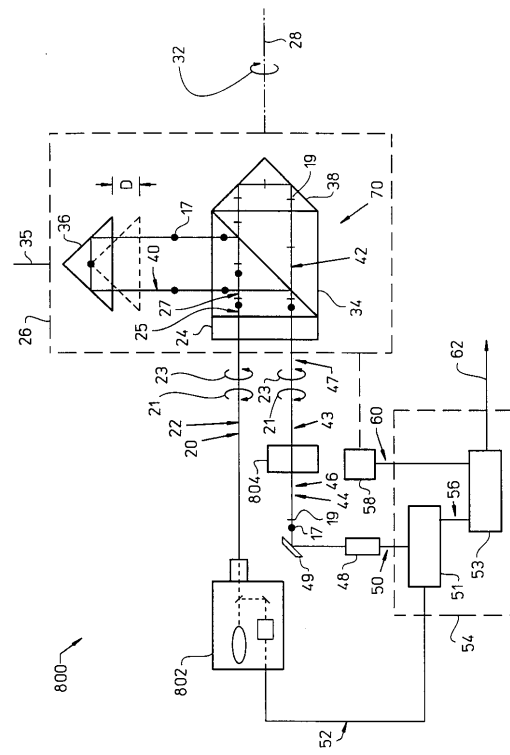
【 図 5 】



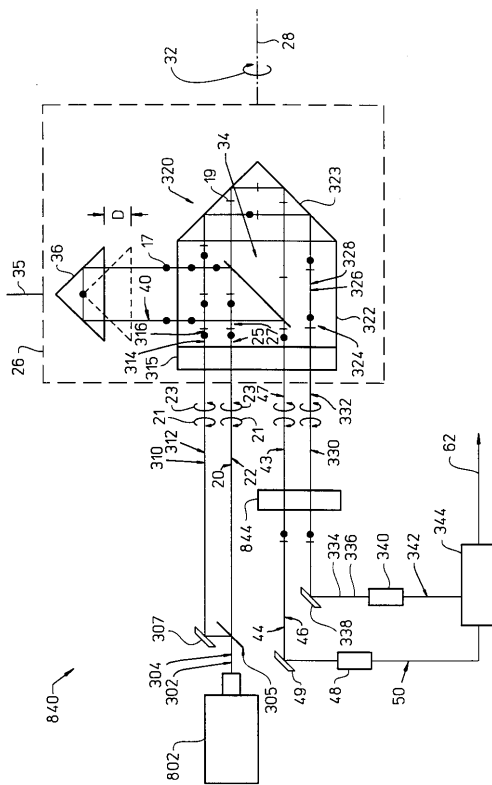
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ジョン・ジェイ・ボックマン  
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 5 0 5 1 , サンタ・クララ , メープルウッド・レーン・ 2 6 4  
4

審査官 山下 雅人

(56)参考文献 西独国特許第 3 7 0 8 2 9 5 ( D E , B )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01B 9/02

G01B 11/00