

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3754707号
(P3754707)

(45) 発行日 平成18年3月15日(2006. 3. 15)

(24) 登録日 平成17年12月22日(2005. 12. 22)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 S 17/36 (2006. 01)	GO 1 S 17/36
GO 1 B 9/02 (2006. 01)	GO 1 B 9/02
GO 1 B 11/00 (2006. 01)	GO 1 B 11/00 B
	GO 1 B 11/00 G

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-518572
 (86) (22) 出願日 平成8年11月13日(1996. 11. 13)
 (65) 公表番号 特表平10-512965
 (43) 公表日 平成10年12月8日(1998. 12. 8)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP1996/004955
 (87) 国際公開番号 W01997/018486
 (87) 国際公開日 平成9年5月22日(1997. 5. 22)
 審査請求日 平成15年8月20日(2003. 8. 20)
 (31) 優先権主張番号 19542490.5
 (32) 優先日 平成7年11月15日(1995. 11. 15)
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(73) 特許権者
 ライカ ゲオジステームス アクチエンゲ
 ゼルシャフト
 スイス ツェーハー・9435 ヘルブ
 ルグ ハイムリヒ・ヴィルト・シュトラ
 ーセ (番地なし)
 (74) 代理人
 弁理士 藤田 アキラ
 (72) 発明者
 マイアー ディートリッヒ
 スイス ツェーハー・5015 ニーダー
 エアリンスパッハ ライメンヴェーク 1
 2

審査官 神谷 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 絶対距離のための電気光学的な測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

標的までの絶対距離のための電気光学的な測定装置であって、平行にされた、直線偏光させられたレーザー光線の発生のための手段を有し、所定のシリーズの変調周波数での前記レーザー光線の偏光の変調及び復調のための電気光学的な変調手段を有し、前記標的と結びつけられた反射器を有し、送信され変調されたレーザー光線と前記標的によって受信され且つ復調されたレーザー光線との間の最低輝度の領域における変調位相の値及び付随する変調周波数の値の算定のための電気光学的な検出手段を有し、並びに変調位相ゼロをもつ二つの隣接する変調周波数から距離を算出するための手段を有する、前記測定装置において、前記変調手段(5)が、変化させ得る直流電圧源(11; 10)とつながれている電極を備える変調用結晶(8; 7)をもっており、且つ制御装置(19)が設けられており、当該制御装置が、最低輝度の領域における変調位相の値の算定を付随の変調周波数で順々に異なる直流電圧値で前記変調用結晶(8; 7)の基本偏光の一周期全体にわたって引き起こし、測定された値を記憶し且つ平均し、ゼロからずれた平均値の場合には当該測定をほんの少しだけ変えられた変調周波数で繰り返し、且つ補間法によって変調位相平均値ゼロに属している変調周波数を算定することを特徴とする測定装置。

【請求項 2】

前記変調手段(5)が、周波数変調されるだけの変調用結晶(8)と直流電圧によって作用されるだけの別の変調用結晶(7)とをもっていることを特徴とする、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 3】

前記制御装置（１９）が、基本偏光の一周期にわたって直流電圧値を段階的に高めるためのジェネレーターをもっていることを特徴とする、請求項１または請求項２に記載の測定装置。

【請求項 4】

前記反射器（２６）が空間において自由に動かし得るように配置されており、且つ前記レーザー光線が自動制御されるトラッキング鏡（２４）によって前記反射器（２６）に追跡案内されていることを特徴とする、請求項１～３のいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 5】

前記レーザー光線が分割鏡（２３）によって前記トラッキング鏡（２４）へ送られることを特徴とする、請求項４に記載の測定装置。 10

【請求項 6】

複色性の分割鏡（２３）が設けられていることを特徴とする、請求項５に記載の測定装置。

【請求項 7】

前記反射器（２６）の運動についての相対距離測定のためのレーザー干渉計（２０）と接続されており、当該干渉計光線経路と当該測定装置光線経路とが複色性のビームスプリッター（２３）において一緒にされていることを特徴とする、請求項６に記載の測定装置。

【請求項 8】

前記干渉計光束のレーザー波長と当該測定装置光束のレーザー波長とが異なっていることを特徴とする、請求項７に記載の測定装置。 20

【請求項 9】

前記偏光変調器（８；７）がレーザー干渉計（２０）に由来する光線経路に分割鏡（３１）の手前に挿入されており、当該分割鏡が前記反射器（２６）から戻ってくる光線の一部を当該干渉計の参照光束と重ね合わせるために分岐することを特徴とする、請求項１～４のいずれか一項に記載の測定装置。

【発明の詳細な説明】

本発明は、標的までの絶対距離のための電気光学的な測定装置にして、平行化され(kollimiert)直線偏光させられたレーザー光線の発生のための手段、所定のシリーズの変調周波数による当該レーザー光線の偏光の変調及び復調のための電気光学的な変調手段、前記標的と結びつけられた反射器、送信され変調されたレーザー光線と標的によって受信され且つ復調されたレーザー光線との間の最小の輝度(minimale Helligkeit)の領域における変調位相及び付随する変調周波数の値の算定のための電気光学的な検出手段、並びに変調位相ゼロをもつ隣接する二つの変調周波数から距離を算出するための手段を有する前記測定装置に関する。 30

そのような測定装置は、ヨーロッパ特許第０２０５４０６号明細書により知られている。この測定装置の基礎となる原理は、フィゾー(Fizeau)によるいわゆる歯車法(Zahnradmethode)に対応する。その際、本来は、光線は、歯車によって周期的にさえぎられ、さらに反射器へ送信され、結局、歯車において二度周期的にさえぎられた。戻ってくる光線の消光(消滅干渉、Auslöschung) 40

の場合における歯車の回転数から、その所要時間が最近接の溝(歯と歯の間、Zahnücke)

までの歯車歯の所要時間との比較によって算定され得る。

ヨーロッパ特許第０２０５４０６号明細書に記載された測定装置の場合には、歯車の代わりに電気光学的な結晶が変調器として使用される。その際、もはや測定光線が周期的にさえぎられるのではなく、楕円偏光が周期的に変化させられる。電気光学的な結晶において、その偏光平面が結晶軸に関して適当に位置する直線偏光光線を数百MHzの正弦信号(sinussignal)によって変調し、反射された光線部分が逆方向への二回目の結晶通過の際に新たな変調を受けると、所定の変調周波数の場合には、本来の時間的に一定な直線偏光が再び 50

取り戻され、適当な偏光検光子(Polarisations-Analysator)で輝度消光
(Helligkeitsauslöschung)

が観測される。

この場合には、それぞれの瞬間にちょうど変調波長の全数が変調用結晶(Modulatorkristall)と反射器との間の測定距離の二倍である。輝度ミニマムが観測されないときには、測定距離あるいは変調波長を変えることによって、輝度ミニマムをもたらしすることができる。変調波長は、変調波長の所要時間(Laufzeit)に比例している変調周波数によって変化させられる。測定距離において引き起こされる変調波長の全数は、変調周波数が異なる場合に明白に変化させられ得る。そのとき、二つの隣接するそのような変調周波数から、絶対距離が明確に算定され得る。

変調器として、好ましくはタンタル酸リチウム結晶(Lithium-Tantalat-Kristalle)が使用される。なぜならば、これらは偏光変調のために相対的に低い変調電圧しか必要としないからである。その際、変調交流電圧は、当該結晶に、マイクロ波空洞共鳴器(Mikrowellen-Hohlraum-Resonator)に配置することによって、通常誘導性に印加される。しかし、この結晶の欠点は、変調のために効果のある静的な複屈折が非常に強く温度に依存するということである。このことは、前述の測定原理で評価される輝度ミニマムが温度への依存関係において浅くされ(verflachen)、それどころかマキシマムにさえもなる可能性があり、従って距離測定が精確でなくなりあるいは不可能になることを意味する。

前述の温度影響の補償のためには、変調用結晶に、測定光線の光波長に適合させられた四分の一波長板が後に接続され(nachschalten)得る。これは、測定光線によって反射器からの帰還の際に再び通過される。その際、二回の通過によって偏光回転(Polarisationsdrehung)が90°だけ行われ、それによって変調用結晶の温度に依存した(temperaturbudingt)複屈折効果が結晶軸に関しての偏光の交換によってそれぞれの時点で補償される。

当該測定装置は、通常、測定光線方向におい目標箇所に位置する再帰反射器(Retro-Reflektor)、例えば立方体コーナー形反射器
(Würfecken-Reflektor)

とともに使用される。そのようなシステムの最大の達成可能な測定精度は μ 領域にある。可能な限りの完全な偏光復調を達成するために、別の光学的な構成要素によって散光(Streulicht)が重ねられないこと、送信される光線及び戻ってくる光線の光線方向が一致すること、及び偏光が外部の成分(externe Komponenten)によって可能な限りわずかにしか影響を及ぼされないことが保障されねばならない。なぜならば、さもないと $\lambda/4$ 板を用いた上述の補償が邪魔されるからである。

変調位相の決定のために、すなわち最小の光輝度の感度の硬い検出のために、数百MHzの変調信号に約10kHzの周波数変調が500kHzのもちあげ(Hub)で与えられる。周波数復調された信号の振幅は、変調位相のための基準である。特に、輝度ミニマムにおいて変調位相はゼロに等しい(一次導関数(erste Ableitung))。

ヨーロッパ特許第0313518号明細書により、上述の測定装置の別の構成が知られている。当該構成では、自然の対象あるいは反射フォイルまでの距離測定も可能である。そのために、偏光変調され平行化された測定光束を標的物に集束させることが必要である。この解決策は、幅の広い散乱特性(Streucharakteristik)を有する標的物上で光線点(Strahlfleck)が広がっている場合には、戻ってくる余計な光線部分が、結晶における復調の際に、異なる変調効果を有する新たな且つ傾いた経路を通過するという認識に由来する。この場合には、変調位相の輝度ミニマムのための均一の直線偏光は得ることができない。それとは逆に集束の結果として非常に小さい光線点で働かせると、もとの光線経路から離れるように散乱させられる光線部分が簡単になくなる。その際、測定装置においてさがされるミニマムを覆いかくすことはない。光線点の集光の結果、この装置の場合には、測定は測定光束が標的にぶつかる方向から十分に独立である。

偏光変調されるフィゾーシステムの別の実施形態が知られている。

米国特許第3200698号明細書から、反射する対象物への正確な距離を調整し得る測定装置が知られている。直線偏光させられた光線は、マイクロ波共鳴器に配置された複屈

10

20

30

40

50

折させる結晶によって周期的に楕円偏光させられる。対象物での反射の後に、楕円偏光させられた光線が新たに結晶を通過する。対象物の距離が正確に調整されている場合には、楕円偏光が直線偏光へ戻され
(rückwandeln)、

且つ検光子によって通過させられる強度が最小限である。対象物は設定されたポジションからミニマム信号が調整されている状態までマイクロメータースピンドルによって移動させられる。

米国特許第 3 4 2 4 5 3 1 号明細書には、以下のような距離測定装置が記載されている。すなわち、当該距離測定装置の場合には、波長の異なる二つの測定光束が測定対象物へ向けられる。両方の光束によって共通に通過される往路および復路には、光束を周期的に遮断する変調器がある。当該測定方法は歯車法の測定方法に対応する。異なる波長での測定によって、測定区間における大気のみだれ及び屈折率の変化が検知され、それによって経路長測定の補正が行われるという意図にもとづいている。

S U 8 8 2 7 3 4 C より、定置の反射器に対する絶対距離測定のための光学的な測定装置をもっている可動のロボットが知られている。当該ロボットの運動の際には、測定光束は、自動制御されるトラッキング（追跡）鏡(Trackingspiegel)によって永久的に前記反射器へ向けられる。距離測定装置は振幅変調されたレーザー光線によって働き、且つ前述のフィゾー法よりもはるかに不精確である。

U S 4 7 1 4 3 3 9 C から、ロボットアームに固定された反射器の自動追跡のための固定式の装置が知られている。当該装置によって、それに加えて空間における前記反射器の運動の際の、距離変位が測定され得る。二つの反射器位置の間の距離の測定のために、レーザー干渉計システムが使用される。そのようなシステムによる相対距離測定は、きわめて精確であり、サブミクロン領域 (sub- μ -Bereich)にある。

ドイツ特許出願公開第 4 3 0 6 8 8 4 号公報により、位相変調されるレーザー干渉計が知られている。当該レーザー干渉計は、好ましくは参照光線経路(Referenzstrahlengang)が位相変調器をもっている。位相変調された参照光束及び測定光束から干渉信号

(Überlagerungssignal)

が形成される。位相変調器は、正弦信号（正弦曲線を描く信号）によって制御される。その信号からさらにそれに位相結合させられたうなり周波数信号(Mischfrequenz-Signal)が誘導される。前記干渉信号は、当該うなり周波数と乗法的に混合され、且つ帯域フィルターにより測定区間に沿っての測定されるべき経路差に関して評価される。当該方法は位相変調器の制御を簡単化する。

干渉計の場合には、絶対距離を与える(absolute Distanzangaben)ために測定は所定の参照点を出発点としなければならず、遮断される必要はない。レーザー光線にはコヒーレント性及びモード安定性に関する非常に高い要求が出される。

フィゾー法により働く測定装置のレーザー光線を、自動制御されるトラッキング鏡によって、位置変化可能に配置された反射器へ向ける実験では、光線方向に対して傾いて位置するトラッキング鏡における反射によって及び立方体コーナー形反射器の傾いて位置する面によって測定光線の偏光が強く変化させられ、それによって、システムに応じた(systembedingt)測定精度を達成できるためには測定されるべき輝度ミニマムがもはや十分に精確に検出可能でないことが明らかになっている。

従って、本発明は、フィゾー法により働く測定装置の測定精度の依存性を、変調用結晶の特性から、妨害光の影響及び外的に印加される付加的な偏光から十分に独立にすることを課題とする。それとともに、特に、測定装置が光線の方向を転換するトラッキング鏡と関連して及び干渉計測定システムと組み合わせられて使用可能であることを達成することも課題とする。

前記課題は、はじめに述べた種類の測定装置の場合に、本発明により変化させ得る直流電圧源(Gleichspannungswerten)とつながれている電極を備える変調用結晶を変調手段が有し、また、制御装置が設けられており、当該制御装置が、最小の輝度の領域における変調

10

20

30

40

50

位相の値の決定を付属する変調周波数で連続して異なる直流電圧値で前記変調用結晶の基本偏光(Grundpolarisation)の一周期全体にわたって引き起こし、測定された値を記憶し且つ平均し、ゼロからはずれた平均値の際にはほんの少しだけ変化させられた変調周波数で測定を繰り返し、且つ補間法(内挿法、Interpolation)によって変調位相平均値ゼロに属している変調周波数を決定することによって解決される。

前記の直流電圧依存性の偏光は、通例の変調用結晶に覆いかぶせられ
(überlagern)

得る。しかし、二つの変調用結晶が相前後して配置されると有利である。その際、一つは高周波数の偏光変調を行い、もう一つは直流電圧依存性の基本偏光をもたらす。それによって、特に、マイクロ波空洞共鳴器に一つの変調用結晶を配置することから発生する構造上の困難さが回避される。

10

制御装置は、基本偏光の一周期にわたって直流電圧値を段階的に高めるためのジェネレーターをもっていることが有利である。

変調用結晶に与えられる直流電圧によってその基本偏光が変えられる。以下のような偏光が基本偏光と呼ばれる。すなわち、高周波数変調が欠けている状態で且つ直線偏光された光が垂直に方向づけられた光学的なz軸に対して45°で入射する場合に結晶出口において発生する偏光である。与えられた結晶長に依存して、基本偏光の状態が周期的に所定の直流電圧値で繰り返される。基本偏光を360°変化させるために、すなわち、光学的な軸に対して平行に振動するp成分に関しての光学的な軸に対して垂直に振動するs成分の360°の遅延のために、例えばタンタル酸リチウム結晶の使用の際には、約500ボルトが必要である(半波電圧約250V)。

20

本発明により、基本偏光は、識別できる輝度ミニマムの発見の後にそれぞれこの値に属している変調周波数で一度一周期全体にわたって変化させられる。基本偏光の一周期全体の進行で、平均された変調位相がわかり、その結果、別の測定のために、もはや変調周波数の適切な指定が決定であるにすぎない。これは、基本変調に依存して定められた変調位相の値が、選択された変調周波数が変調位相のミニマムに対応する変調周波数に相当するときだけに平均してゼロになることによって認識される。輝度ミニマムの近くで変調周波数を徐々に変化させることによって、平均された変調位相の値から変調周波数の付属する値が補間法によって求められ得る。

基本偏光の変化は、一周期全体にわたって行われる必要がある。光が結晶を二重に通過する結果、検出器(検波器)では、一周期全体は結晶に半波電圧を与えるとすでに生じる。というには、s成分及びp成分の遅れが往き及び戻り

30

(Hin- und Rücklauf)

にそれぞれ180°に達するからである。しかし、基本偏光の変化が結晶において一周期全体にわたって発生させられることが有利である。なぜならば、その際、検出器に発生する測定値の二周期が厳密には一致しないことが確認されたからである。それは、基本偏光の周期の始まりと終わりが温度依存性であり、従って不確かであることに由来する。それゆえ、検出器での二周期にわたっての平均が、改善された平均値を与える。

本発明に係る測定装置では、反射器が空間において自由に移動可能に配置されており、且つレーザー光線が自動制御されるトラッキング鏡によって当該反射器に追跡案内

40

(nachführen)

されることが可能である。

レーザー光線は、合目的には、分割鏡(Teilerspigel)を経てトラッキング鏡へ送られる。その結果、反射器から戻ってくるレーザー光線の一部が分割鏡を通り抜けてポジション感知検出器(positionsempfindlicher Detektor)へ送られ得る。当該検出器がトラッキング鏡の追跡案内(追従制御)をもたらす。

特に、複色性の分割鏡を使用してもよい。その結果、トラッキングコントロール及び偏角決定(Ablenkwinkelbestimmung)のために、測定装置のためのものと別の波長が使用される。特に、トラッキングコントロールを伴う。US 4 714 339 Cにより知られているレーザー干渉計システムが、複色性の分割鏡によって絶対距離測定のためのレーザー光線

50

にカップルされ（一緒にされ）、且つこれが反射器から戻る際に再び分けられる (entkoppeln)。このことは有利であり得る。なぜならば、使用されると有利であるヘテロダイン干渉計システムはコヒーレントな光源としてHeNeレーザーを必要とし、一方でフィゾー測定システムのためには、ここでは直線偏光の特性だけが電気光学的な偏光変調のために決定的であるのでレーザーダイオードが使用され得るからである。

しかし、レーザーヘテロダイン干渉計において使用されるレーザー光線は直線偏光もされており、且つフィゾー測定法では光波長が問題ではないので、有利には、ドップラー法によって働くレーザーヘテロダイン干渉計の測定光線が、例えばヨーロッパ特許出願公開第0194941号公報に記載されているように、フィゾーシステムにおける測定光線としても利用され得る。フィゾーシステムにおける偏光変調が干渉計光線のコヒーレント性を 10
変化させず、それによって光周波数のドップラーシフトの評価が邪魔されないことが決定的である。他方、ヘテロダイン干渉計における光周波数のシフトはフィゾー測定法に影響を及ぼさない。なぜならば、ここでは偏光変調の波長だけが重要だからである。従って、偏光変調器は、干渉計に由来する光線経路に挿入されていることが可能であり、且つ、それに分割鏡が直列に接続されている。当該分割鏡により、反射器から戻ってくる光線の一部が分岐させられ且つ干渉計の参照光束との重ね合わせのために方向転換させられる。

絶対距離のための測定装置と相対距離のための測定装置との両方の組み合わせは、例えばロボット較正(Roboterkalibrierung)のための新たな可能性を開く。静止状態では絶対測定によって出発点座標が測定され得る。同時に干渉計データを評価することが、機械的な 20
安定性及び場合によってはロボットシステムのスイング特性(Schwingeigenschaften)についての表出を許す。その次のロボット運動の精確な測定は、干渉計によって行われる。そのとき、最終位置の座標は、干渉計測定によって与えられているが、しかし新たな絶対測定によって検査され得る。さらに、両方の測定情報の結合は、はるかに高められた精度での、動く標的までの絶対距離の算出を可能にする。

本発明を、以下に図式的に図示された実施例をもとにして詳細に説明する。

図1は干渉法に基づくトラッキングシステムと結合された測定装置の図である。

図2は、トラッキングシステムの干渉計光線経路に統合された測定装置の図である。

図1において、レーザーダイオード1が測定光を発生させる。それは、成分に応じて(komponentenbedingt)約100:1に直線偏光させられている。光線集束光学系(Strahlfokusierungsoptik)2の後に、狭い且つ平行な光線が光学的な絶縁体3を通り抜ける。それは 30
、戻ってくる光によるレーザー過程(Laservorgang)の妨害を防止する。偏光させるビームスプリッター4は、レーザーダイオード1の支配的な直線偏光成分だけをフィゾーシステムに入射させる。このビームスプリッター4は、それに加えてフィゾーシステムの偏光検光子として用いられる。その後、電気光学的な変調器5の45°にセットされた結晶軸に向けられる光は、電気光学的な結晶に作用する電氣的な交流場(Wechselfeld)の影響のもとで周期的に約850~1000MHzの可変の周波数によって偏光変調される。光が戻ってくる際の再度の $\lambda/4$ シフトによって偏光の方向づけ(Orientierung)が前記電気光学的な変調器の結晶軸に関して交換されることによって、 $\lambda/4$ 板6は、周知の方法で、変調用結晶における温度依存性の複屈折の補償のために用いられる。

前記 $\lambda/4$ 板の作用を損なう外的な追加偏光(externe Zusatzpolarisation)の影響の除去 40
のために、別の電気光学的な結晶7が設けられている。当該結晶には、可変の直流電圧源10によって直流電圧が与えられ得る。その際、当該直流電圧を可変の直流電圧源11によって直接に変調器5の変調用結晶8に与えることも原則的に可能でもある。このことは、破線で示されて暗示されている。当該結晶は、温度変化によってもその複屈折について変化させられ得るだろう。それと結びついた技術的な経費の結果、これらの両方の選択可能な方法はこれ以上述べない。

発振器(Oszillator)13は、位相安定なループ(phasenstabile Schleife)12のプログラミングにより与えられる、すでに述べた850~1000MHzの可変の変調周波数での電気光学的な変調器5の制御(Ansteuerung)のために用いられる。位相安定なループ12は、図示されていないシンセサイザーを含んでおり、PLL回路によって10MHzクォーツ 50

基準(Quarzreferenz)に安定させられている。すべてのシステム機能及び評価は μ プロセッサを有する制御装置19によって調整され且つ実行される。

発振器13、変調器5、及び位相安定なループ12からなるサブシステムの必要とされる帯域幅は、約150MHzである。周波数は、測定過程で、戻光における最小量が検光子として働くビームスプリッター4の後に配置された光感知ダイオード(fotoempfindliche Diode)15に入射するように、調整される。増幅器16はこの測定信号の増幅のために用いられる。

スイープジェネレーター(Wobbelgenerator)14は、ループ12において正弦曲線を描く周波数変調を発生させる。当該周波数変調は、位相感知検出器(phasenempfindlicher Detektor)17(ロックイン増幅器)において信号ミニマムの検出のために利用される。付加的に調達される周波数変調は、最小位置(Minimalstelle)の精密な検出を改善する。すでに述べたように、この最小位置は、フィゾー測定法の場合に、反射器までの与えられた距離が対応する半分の変調波長の倍数であるような変調周波数で生じる。二つのそのような相並んで位置する最小位置の周波数から、絶対距離が制御装置19において算出され得る。

周波数変調を精確に測定する位相感知検出器17とは異なって、信号強度、すなわち共通の光輝度(Lichthelligkeit)が強度測定回路18において測定される。フィゾー測定法についての補足情報に関しては、初めに挙げたヨーロッパ特許第0205406号明細書を参照のこと。

ほぼ100mまでの測定距離のために、測定光束の小さい光線拡散(Strahldivergenzen)が必要とされる。そのために、光束は、コリメーター9において広げられる。この広げられた光束は、複色性のビームスプリッター23によって測定光線2に投入され且つそれから取り出される(ein-und auskoppeln)。測定光線25は、トラッキング鏡24を介して立方体コーナー形反射器として図示された反射器26へ案内される。

当該測定光線の偏光は、フィゾーシステムから出た後に可能な限りわずかにしか変化させられないべきであろう。なぜならば、はじめに述べたように偏光変調に対して付加的に生じる一定の偏光変化が測定システムの感度損失(Empfindlichkeitseinbußen)を導くからである。光線に傾斜して位置する、例えばビームスプリッター層のような誘電性の層(dielektrische Schichten)は強い偏光効果を有するので、この場合、可能な限り広く、偏光の影響の補償あるいは回避に留意すべきである。固定された角度状態の場合には、光が、二つの同一のしかし光線方向においてほぼ90°ねじられた光学的な構成要素を通じて導かれることによって補償が達成され得る。このことは、ビームスプリッター23のところで、これが二つの同一のつなぎ合わされたビームスプリッター層からなることによって実現され得る。

トラッキング鏡24も、そのコーティングにおいて、垂直に及び平行に偏光させられた成分の間での可能な限り小さい位相差に、必要とされる可変の入射角領域によって最善の状態にされる。しかし、追加の偏光は、この素子においてでも反射器26においてでも回避され得ない。

図1には、さらに、干渉計システム20が示されている。当該干渉計システムの詳細は、例えばすでに言及したUS4714339Cからわかる。このシステムの測定光線は、別の波長をもち且つ同様にビームスプリッター23によって測定光線25に投入され且つ取り出される。反射器26から戻ってくる干渉計光の一部は、別のビームスプリッター21によって、トラッキングコントロール(Tracking-Regelung)のためにポジション感知ダイオード(positionsempfindliche Diode)22へ案内される。

もちろん、フィゾーシステムに属する測定光線の一部を通して且つポジション感知ダイオード22へ直接案内する単純なビームスプリッター(einfacher Strahlenteiler)23が使用されてもよい。そのとき、当該ダイオードは独立したコントロールシステムを制御する。

二つの隣接する最小位置の測定によるフィゾーシステムの測定アルゴリズムは、本発明により、回避不可能な外部から印加される偏光

10

20

30

40

50

(extern aufgeprägte Polarisationen)

による測定不確定性を克服する追加の過程によって拡張される。

まず第一に、ループ 1 2 におけるシンセサイザーによる変調周波数の自動調整によって、第一の最小位置が強度測定回路 1 8 及び位相感知検出器 1 7 において捜し出される。その際、検出器 1 7 は、スイープジェネレーター 1 4 によって発生させられる周波数変調の位相状態及び振幅を測定する。これは、当該周波数に係る信号振幅の一次導関数(erste Ableitung)である。当該信号振幅における最小位置は、周波数変調の振幅のゼロ通過点(Null durchgang)に対応する。

距離算出のために必要とされる第二の最小位置を捜し出した後に、精密測定のために、予測的に(voraussichtlich)ミニマムに対応する固定した変調周波数で変調器 7 の基本変調が可変の直流電圧源 1 0 によって一周にわたって向きを変えられる(drehen)。そのために、変調器 7 には 0 から二倍の半波電圧(Halbwellenspannung) (例えば 5 0 0 V) まで徐々に直流電圧が与えられる。その際、そのつど、位相感知検出器 1 7 において生じる、半波電圧にわたって正弦曲線を描いて変化する値が、制御装置 1 9 に記憶される。検出器 1 7 のロックイン値が当該周波数に係る振幅値の一次導関数の値であるので、記憶された値の平均値は、変調周波数が精確に変調位相の値のミニマムにあるとき精確にゼロに等しい。

10

第二の及び場合によってはまた別の同様の、いくらかシフトされた変調周波数での測定によって、ゼロから外れた平均値の場合に、ミニマムの精確な位置が補間法によって求められ得る。精密測定は、別のミニマムにおいて、特にすでに第一のミニマムにおいても繰り返され得る。このことは、存在する値に相応に含めて計算すると高められた測定信頼性及び精度に通じる。

20

図 2 には、絶対距離測定装置が干渉計光線経路に統合されている測定システムが図示されている。干渉計システム 2 0 は例えばヨーロッパ特許出願公開第 0 1 9 4 9 4 1 号公報によりそれ自体知られている。全く同様に、フィゾーシステム 3 0 は、図 1 に図示され且つ記述されたすべての対応するエレメント (4-19) をもっている必要がある。

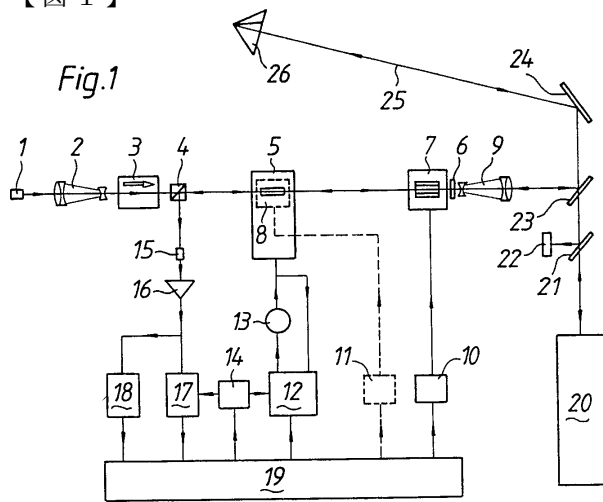
干渉計システム 2 0 から、広げられないレーザー光線(unaufgeweiteter Laserstrahl)が出る。当該レーザー光線は直線偏光されており、モード安定化させられており、且つ音響光学的な変調器によって周波数シフトさせられている。この光線は、フィゾーシステム 3 0 へ、図 1 に図示された偏光検光子 4 を介して入り、且つ追加の偏光変調の後にコリメーター 9 を経て当該システムを離れる。

30

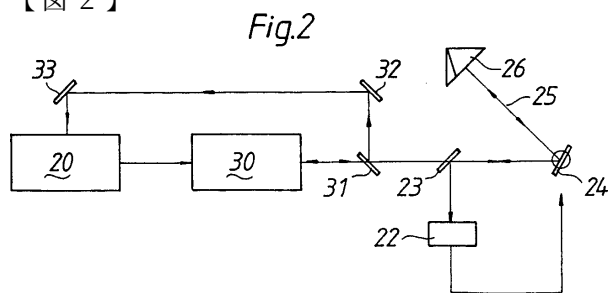
図 1 に示す装置に比べて新しいものは、ビームスプリッター 3 1 及び偏向 (方向転換) 鏡(Umlenkspiegel) 3 2、3 3 である。これらは干渉計システム 2 0 に組み込まれ得る。これらのエレメントによって、反射器 2 6 から戻る光線 2 5 の一部が、干渉計の参照光線と干渉させられる。参照光線に比べてそれに付加的に加えられている偏光変調は干渉を邪魔しない。

分割鏡 2 3 によって、図 1 に示すように、反射器 2 6 から戻ってくる光線の一部がポジション感知検出器 2 2 へ導かれる。当該検出器によってトラッキング鏡のための制御信号が発生させられる。

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平1-141388 (JP, A)
特開平4-331333 (JP, A)
特開平7-198320 (JP, A)
特開平7-260418 (JP, A)
特開平7-280539 (JP, A)
特開平8-159710 (JP, A)
特開平8-193805 (JP, A)
特開平8-36000 (JP, A)
特開昭61-223576 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 11/00 - 11/30
G01C 9/00 - 9/10
G01S 7/48 - 7/51
G01S 17/00 - 17/95