

(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2005-338076
(P2005-338076A)

(43) 公開日 平成17年12月8日(2005.12.8)

(51) Int.CI.⁷
GO1B 9/02
GO2B 5/04
// **GO1V 8/14**

F 1
GO1B 9/02
GO2B 5/04
GO1V 9/04

テーマコード (参考)
2 F O 6 4
2 H O 4 2
C

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2005-144359 (P2005-144359)
(22) 出願日 平成17年5月17日 (2005.5.17)
(31) 優先権主張番号 10/856204
(32) 優先日 平成16年5月28日 (2004.5.28)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 399117121
アジレント・テクノロジーズ・インク
A G I L E N T T E C H N O L O G I E
S, I N C.
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ページ・ミル・ロード 395
395 Page Mill Road
Palo Alto, California
U. S. A.
(74) 代理人 100087642
弁理士 古谷 聰
(74) 代理人 100076680
弁理士 溝部 孝彦
(74) 代理人 100121061
弁理士 西山 清春

最終頁に続く

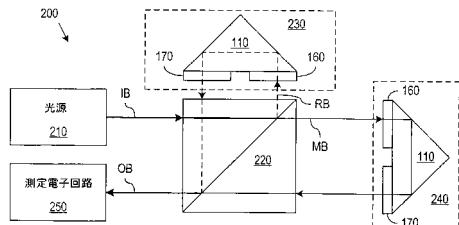
(54) 【発明の名称】偏光操作レトロリフレクタを使用するシステム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】レトロリフレクタを使用する測定システムにおいて、基準ビームと測定ビームの望ましくない混合を低減すること。

【解決手段】偏光成分を分離する測定システム(200、200B、300、400、500、600、700、800、900)であって、レトロリフレクタ(100)を用いて偏光を維持または変換し、偏光成分の望ましくない混合を回避する測定システム。適当なレトロリフレクタ(100)は、直線偏光成分ビームの方向に対して45°離れた非ゼロの角度に設定された遅軸を有するリターデーションプレートを備える、コーティングが施されたコーナーキューブ・リフレクタを含む。この非ゼロの角度はその場で設定することができ、測定システムにおける偏光混合が最小になるように設定される。あるいは、1以上の偏光操作要素(160、170)が、反射ビームの偏光を制御し、入射ビームの偏光を維持または変換する。

【選択図】図2A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第1の偏光成分および第2の偏光成分を含む第1の入力ビームの発生源(210)と、前記第1の偏光成分と前記第2の偏光成分とを分離するように配置された偏光ビームスプリッタ(220)と、

前記第1の偏光成分と前記第2の偏光成分を再結合させる前に、前記第1の偏光成分を反射させるように配置された第1の偏光操作レトロリフレクタ(230)と、
からなる干渉計システム。

【請求項 2】

前記第1の偏光成分と前記第2の偏光成分を再結合させる前に、前記第2の偏光成分を反射させるように配置された第2の偏光操作レトロリフレクタ(240)を更に含む、請求項1に記載の干渉計システム。 10

【請求項 3】

第1の平面反射器(340)と、
前記第1の平面反射器(340)と前記偏光ビームスプリッタ(220)との間に配置された1/4波長板(320)と
をさらに含み、前記偏光ビームスプリッタ(220)からの前記第2の偏光成分は、前記第2の偏光操作レトロリフレクタ(350)で反射される前と、前記第2の偏光操作レトロリフレクタ(350)で反射された後に、一回づつ前記第1の平面反射器(340)で反射される、請求項2に記載の干渉計システム。 20

【請求項 4】

前記第1の偏光成分の経路上に第2の平面反射器(830)をさらに含み、前記1/4波長板(320)が、前記偏光ビームスプリッタ(220)と前記第2の平面反射器(830)との間に配置され、

前記第1の偏光成分の経路上且つ前記第2の偏光成分の経路上に偏光変換レトロリフレクタ(860)をさらに含む、請求項3に記載の干渉計システム。

【請求項 5】

第1の平面反射器(340)と、
前記第1の平面反射器(340)と前記偏光ビームスプリッタ(220)との間に配置された第1の1/4波長板(320)であって、該第1の1/4波長板(320)と前記第1の平面反射器(340)が前記第1の偏光成分の経路上に配置される、第1の1/4波長板(320)と、 30

第2の平面反射器(430)と、
前記第2の平面反射器(430)と前記偏光ビームスプリッタ(220)との間に配置された第2の1/4波長板(420)であって、該第2の1/4波長板(420)と前記第2の平面反射器(430)が前記第2の偏光成分の経路上に配置される、第2の1/4波長板(420)と、

をさらに含む、請求項1に記載の干渉計システム。

【請求項 6】

前記第1の偏光操作レトロリフレクタ(230)は、
反射コーティングが施されたコーナーキューブブロック(110)と、
前記コーナーキューブブロック(110)に入射する入射ビームの経路上に配置された第1のリターデーションプレート(160)と、

前記コーナーキューブブロック(110)からの反射ビームの経路上に配置された台2のリターデーションプレート(170)と、

を含み、前記第1のリターデーションプレート(160)と前記第2のリターデーションプレート(170)のうちの少なくとも一方は、前記反射ビームの所望の偏光を実現するためにの遅軸を設定するために調節可能である、請求項1～5のうちのいずれか一項に記載の干渉計システム。 40

【請求項 7】

前記第1の偏光操作レトロリフレクタ(230)は、

コーナーキューブブロック(110)と、

前記コーナーキューブブロック(110)に入射する入射ビームの経路上に配置された第1の偏光操作要素(160)であって、前記コーナーキューブブロック(110)が該コーナーキューブブロック(110)からの反射ビームに直線偏光を生成する向きに、前記第1の偏光成分および前記第2の偏光成分の偏光を回転させる、第1の偏光操作要素(160)と、

前記反射ビームの経路上に配置された第2の偏光操作要素(170)と、

を含み、前記第2の偏光操作要素(170)は、前記反射ビームの直線偏光を所望の形態に変換する、請求項1～5のうちのいずれか一項に記載の干渉計システム。

10

【請求項8】

入力ビームを分析するシステムであって、

基準ビームの発生源(920)と、

前記基準ビームの経路上に配置された偏光ビームスプリッタ(930)であって、第1の偏光を有する前記基準ビームの一部と、前記第1の偏光に対して垂直な第2の偏光を有する前記入力ビームの一部とを含む第1の結合ビームを形成する、偏光ビームスプリッタ(930)と、

前記第1の結合ビームの経路上に配置された非偏光ビームスプリッタ(940)と、

前記非偏光ビームスプリッタ(940)からの第1の出力ビームの経路上に配置された第1の偏光操作レトロリフレクタ(960)と、

20

前記非偏光ビームスプリッタ(940)からの第2の出力ビームの経路上に配置された第2の偏光操作レトロリフレクタ(965)であって、該第2の偏光操作レトロリフレクタ(965)で反射された後の前記第2の出力ビームを、前記第1の偏光操作レトロリフレクタ(960)で反射された後の前記第1の出力ビームと結合させることにより、第2の結合ビームを形成する、第2の偏光操作レトロリフレクタ(965)と、

前記第2の結合ビームの偏光成分を測定する検出器システム(970)と、

からなるシステム。

【請求項9】

前記第1の偏光操作レトロリフレクタ(960)と前記第2の偏光操作レトロリフレクタ(965)のうちの少なくとも一方が、

30

反射コーティングが施されたコーナーキューブブロック(110)と、

前記コーナーキューブブロック(110)に入射する入射ビームの経路上に配置された第1のリターデーションプレート(160)と、

前記コーナーキューブブロック(110)からの反射ビームの経路上に配置された台2のリターデーションプレート(170)と、

を含み、前記第1のリターデーションプレート(160)と前記第2のリターデーションプレート(170)のうちの少なくとも一方は、前記反射ビームの所望の偏光を実現するための遅軸を設定するように調節可能である、請求項8に記載のシステム。

【請求項10】

前記第1の偏光操作レトロリフレクタ(960)と前記第2の偏光操作レトロリフレクタ(965)のうちの少なくとも一方が、

40

コーナーキューブブロック(110)と、

前記コーナーキューブブロック(110)に入射する入射ビームの経路上に配置された第1の偏光操作要素(160)であって、前記コーナーキューブブロック(110)が反射ビームに線形偏光を生成する向きに、前記第1の偏光および前記第2の偏光を回転させる第1の偏光操作要素(160)と、

前記コーナーキューブブロック(110)からの前記反射ビームの経路上に配置された第2の偏光操作要素(170)であって、前記反射ビームの直線偏光を所望の形態に変換する、第2の偏光操作要素(170)と、

を含む、請求項8または請求項9に記載のシステム。

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は概して干渉計システムに関し、詳しくは、測定ビームと基準ビームの望ましくない混合を低減する干渉計システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

光学測定システムでは、光ビームの偏光成分を分離し、分離した成分を異なる目的に使用することが多い。例えば干渉計は、偏光成分を分離し、ある偏光成分を測定対象の物体で反射させるための測定ビームとして使用し、もう1つの直交偏光成分で、測定ビームの比較対象となる基準ビームを形成する場合がある。偏光成分を使用する利点は、2つのビーム成分を同一線上に配置し、必要に応じて同じ共通モードを共有し、偏光ビームスプリッタを用いてそれらを分離または再結合できる点にある。但し、そのような測定システムでは、ビーム成分同士の混合の原因となる偏光変化を回避するために、ビーム成分の偏光を慎重に制御する必要がある。

【0003】

干渉計における偏光混合の1つの影響は一般に、周期的誤差または周期的非線形性と呼ばれる。例えば特許文献1および特許文献2は、測定ビームまたは基準ビームの偏光変化によって基準ビームと測定ビームとの間に偏光漏洩が発生し、その結果、周期的な非線形性または測定誤差が発生する可能性がある干渉計について記載している。こうした干渉計における偏光変化の原因には、偏光ビームスプリッタの不完全な偏光コーティング、偏光を所望の状態に変化させることができない不完全なリターデーションプレート、およびコーナーキューブ・レトロリフレクタなどのレトロリフレクタなどがある。

【0004】

立体型コーナーキューブ・リフレクタなどのレトロリフレクタは一般に、入射ビームの角度とは無関係に、入射ビームに対して平行な反射ビームを返す。レトロリフレクタが様々な光学系に有用である理由は、この特性にある。しかしながら、コーティングされていない立体型コーナーキューブ・リフレクタは一般に、入射ビームの偏光状態を維持することができない。立体型コーナーキューブ・リフレクタに反射コーティング（例えば、銀コーティングなど）を施して偏光変化を緩和または極小化することも可能ではあるが、コーティングされたコーナーキューブ・リフレクタに残存する偏光変化は、依然として、偏光成分を分離する測定システムの精度または正確性を制約する要因となりうる。

【0005】

【特許文献1】米国特許第4,930,894号明細書

【特許文献2】米国特許第4,693,605号明細書

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

従って、レトロリフレクタを使用し、且つ、偏光成分の望ましくない混合を回避することが可能な高精度光学システムが必要とされている。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明の一態様によれば、1以上の偏光操作要素を有するコーナーキューブ・リフレクタは、反射ビームの偏光を制御して入射ビームの偏光を維持または変換し、出力ビームの偏光を所望の偏光にする。偏光成分を分離する測定システムは、コーティングされていないコーナーキューブ・リフレクタを使用しても、偏光成分の望ましくない混合を低レベルに抑えた高精度の測定を行なうことができる。

【0008】

本発明の他の態様によれば、測定システムは、金属コーティングされたコーナーキューブ・リフレクタを使用する。コーナーキューブ・リフレクタは、別々に向き調節可能なリタ

10

20

30

40

50

ーションプレートを備え、所望の偏光操作を実現する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

添付の図面において、同一の参照符号は類似の要素または同一の要素を意味する。

【0010】

本発明の一態様によれば、偏光成分を分離する光学測定システムは、望ましくない偏光解消を引き起こすことなく入射ビームの偏光を維持または変換するレトロリフレクタを使用することができる。測定システムの各レトロリフレクタは、リターデーションプレート、光学回転子、またはファラデー回転子などの1以上の偏光操作要素を備えた立体型コーナーキューブを有する。偏光操作要素は、入射ビームおよび/または反射ビームの偏光を操作し、所望の偏光維持または偏光変換を行なう。10

【0011】

図1Aおよび図1Bはそれぞれ、トリミングされたコーナーキューブ・リフレクタ100の正面図および背面図を示す。コーナーキューブ・リフレクタ100は、3つの平坦な反射面112、114、116と、前面118とを有するガラスその他の光学品質材料からなる立体ブロック110を含む。表面112、114および116は、キューブのコーナーにおける面の交差と同様に直角に交差し、前面118は、コーナーキューブの頂点115を通る対称軸に対して垂直であることが望ましい。図示のブロック110は、トリミングによって余分なガラスが除去され、面118が矩形になっている。代替として、ブロック110は、トリミングしなくてもよいし(即ち、三角形の面112、114、116および118を有する4面体のガラスブロック)、面118が他の形状(例えば円形など)になるようにトリミングしてもよい。20

【0012】

偏光操作要素160および170はそれぞれ、ブロック110の正面118を通る入射ビーム180および反射ビーム190の経路上にある。コーナーキューブ・リフレクタ100はレトロリフレクタであるから、コーナーキューブ・リフレクタ100からの反射ビーム190は、入射ビーム180の方向とは無関係に、入射ビーム180に対して平行かつ入射ビーム180からオフセットされる。

【0013】

入射ビーム180がブロック110を通過する場合、入射ビーム180はまず表面112で反射され、次いで表面116で反射された後、最後に表面114で反射され、面118を通して反射ビーム190として外に導かれる。本発明の他の実施形態において、ブロック110は、その反射面112、114および116をコーティングしてもよいし(例えば、銀などの反射コーティング)、コーティングしなくてもよい(例えば、全体に内部反射が発生する)。偏光操作要素160および170として使用される光学要素の具体的種類は通常、ブロック110をコーティングするか否かによって決まる。30

【0014】

ブロック110をコーティングする実施形態の場合、ブロック110における反射プロセスにおいて、円偏光がほぼ維持される。この実施形態では、各偏光維持要素160および170として、1/4波長リターデーションプレートが使用される。測定システムに使用されるコンポーネントの直線偏光の偏光方向に対して45°の遅軸を有する1/4波長板は一般に、直交直線偏光成分を直交円偏光成分に変換する。具体的には、要素160は、直線偏光の入射ビーム180がブロック110に入射するときにその入射ビーム180を円偏光ビームに変更することができる。しかしながら、コーティングされたコーナーキューブ・リフレクタにおける反射は、円偏光をほぼ維持するだけに過ぎないので、反射ビーム190は、わずかに橢円の偏光を有するものとなる。要素190が直線偏光成分の偏光方向に対して45°にある場合、要素190は、円偏光ビームを直線偏光ビームに変換するが、橢円偏光は2つの直交する直線偏光の混合に変換される。40

【0015】

本発明の一態様によれば、コーティングされたコーナーキューブ・リフレクタと共に使50

用される 1 / 4 波長板は、その向きを調節することができる。この実施形態では、要素 160 および 170 として、1 / 4 波長板が使用される。1 / 4 波長板の結晶軸は、偏光混合が最小になるように 45° から離れた角度に調節されるため、測定システムにおける周期的誤差は最小限になる。

【 0 0 1 6 】

ロック 110 をコーティングしない実施形態、またはロック 110 に少損失コーティング（例えば、薄い誘電体コーティング）を施す実施形態における反射プロセスでは、入射ビーム 180 の互いに直交する直線偏光 182 および 184 がそれぞれ、反射ビーム 190 の互いに直交する直線偏光 192 および 194 に変換される。具体的には、ロック 110 をコーティングしない場合、または、ロック 110 に少損失コーティングを施す場合、偏光 182 がコーナーキューブの材料の特性に応じて選択された特定の角度にあれば、ロック 110 は、直線偏光の反射ビームを生成する。BK7 から作成されたコーティングの施されていないコーナーキューブの場合、この角度は、表面 112 および 114 によって形成される V 字（楔）を二等分する面から約 13.7° である。その場合、入力直線偏光 182 および 184 にそれぞれ対応する出力直線偏光 192 および 194 は、直交しているが、反対方向に約 13.7° だけ回転している。本発明の一態様によれば、偏光操作要素 160 および 170 は、偏光 182、184 または 192、194 を回転させ、コーナーキューブ・リフレクタ 100 において入力ビームの偏光成分が維持されるようになることが出来る。代替として、偏光操作要素 160 および 170 は、直線偏光の変換を制御し、出力偏光を入力偏光に対して既知の態様（例えば、90° の整数倍の角度だけ回転された状態）で異ならせることが出来る。10
20

【 0 0 1 7 】

ロック 110 をコーティングしない実施形態、またはロック 110 に少損失コーティングを施す本発明の一実施形態では、各偏光操作要素 160 または 170 として半波長リターデーションプレートが使用される。半波長リターデーションプレートは、要素 160 または 170 の遅軸の向きを調節できるように取り付けられる。この実施形態の場合、入力半波長板 160 はその場で調節され、ロック 100 によって直線偏光の反射ビームが生成される向きに、直線偏光成分を回転させる。出力半波長板 170 を測定システムに使用する必要がある場合、出力半波長板 170 も同様にその場で調節され、生成される直線偏光の出力ビームを回転させる。30

【 0 0 1 8 】

ロック 110 をコーティングしない本発明の他の実施形態では、各偏光操作要素 160 または 170 として、偏光方向を必要量だけ回転させる光学式回転子またはファラデー回転子を使用し、測定システムにおける周期的な誤差または非線形性を最小限に抑える。光学式回転子またはファラデー回転子は、時間のかかるアライメントプロセスを必要とせずに、所望の量の回転機能を提供する。又、石英を利用した光学式回転子は一般に、波長板（例：約 0.02 mm）よりも厚い（例えは、約 1 mm）ので、取り扱いも容易である。40

【 0 0 1 9 】

図 2A は、本発明の一実施形態による干渉計 200 を示す図である。干渉計 200 は、光源 210、偏光ビームスプリッタ（PBS）220、基準反射器 230、測定反射器 240、および測定電子回路 250 を含む。干渉計 200 は、Agilent Technologies, Inc. が販売している「10702A linear interferometer」などの市販の干渉計に類似したものであってよいが、干渉計 200 は、基準反射器 230 および測定反射器 240 として偏光維持レトロリフレクタを使用している。40

【 0 0 2 0 】

光源 210 は一般に、レーザーや、干渉計 200 に必要とされる特性を有する入射光ビーム IB の他の発生源である。光源 210 には、例えは、HeNe レーザーや、入力ビーム IB にとって望ましい波長、強度、および偏光を有するコヒーレントな単色ビームの他50

の何らかの発生源が使用される。ヘテロダイン干渉計の場合、光源 210 には、ゼーマン・レーザー (Zeeman split laser) や、互いに僅かに異なる波長の 2 つの直交する偏光成分を有する入力ビーム I B を生成する他の何らかの発生源が使用される。

【0021】

偏光ビームスプリッタ (PBS) 220 は、光源 210 からの入射ビームを直線偏光に応じて分割する。PBS 220 は、第 1 の直線偏光を有する基準ビーム R B を基準反射器 230 に導き、第 2 の直線偏光を有する測定ビーム M B を測定反射器 240 に導く。図 2 A は、PBS 220 で反射された成分によって基準ビーム R B を形成する例を示しているが、反射ビームまたは透過ビームのいずれかを基準ビーム (または、測定ビーム) として使用することも同様に可能である。理想的には、基準ビーム R B の直線偏光は、測定ビーム M B の直線偏光に対して直交していることが望ましい。10

【0022】

基準反射器 230 および測定反射器 240 は、図 1 A および図 1 B を参照して説明したものと同じ偏光維持レトロリフレクタであることが望ましい。レトロリフレクタを使用する利点は、反射器 230 と反射器 240 の相対的向きに関連するアライメント誤差が減少する点にある。又、レトロリフレクタである基準反射器 230 は、PBS 220 からの基準ビーム R B の入射経路に対して平行な経路であって、その入射経路からオフセットされた経路に沿って基準ビーム R B を返す。同様に、測定反射器 240 は、PBS 220 から測定ビーム M B が射出された経路から同一のオフセットを有する経路に沿って、測定ビーム M B を PBS 220 に返す。従って、PBS 220 に戻ってくる基準ビームと測定ビームは、PBS 220 の偏光コーティング上の同一地点に入射する。その結果、測定ビームと基準ビームは、PBS 220 により出力ビーム O B として再結合される。20

【0023】

測定電子回路 250 は、出力ビーム O B を受け取り、再結合された測定ビームと基準ビームを分析または比較することにより、測定反射器 240 (または、基準反射器 230) の動きを測定することができる。ホモダイン干渉計における 1 つのタイプの分析は、例えば測定ビームと基準ビームの干渉を利用して、測定ビームと基準ビームとの間の位相差の変化を測定するものである。或いは、測定ビームのドップラーシフトを測定することにより、測定反射器の速度を知ることができる。ヘテロダイン干渉計の場合、ドップラーシフトは、測定ビームと基準ビームの結合によって生じるビート周波数の変化として測定することができる。但し、測定ビーム M B が測定反射器 240 で反射される前に、基準ビーム R B の一部が測定ビーム M B の中に漏洩したり、測定ビーム M B の一部が基準ビーム R B の中に漏洩したりすると、一般に、所望のビート信号の測定を困難にする周波数成分が発生する。偏光維持レトロリフレクタ 230 および 240 は、測定ビームと基準ビームとの間のそのような漏洩の回避に有用であり、干渉計 200 の能力を向上させ、測定反射器 240 の動きの正確な測定を可能にする。30

【0024】

偏光変換レトロリフレクタも、干渉計における測定ビーム M B と基準ビーム R B との間の漏洩の回避に有用である。図 2 B は、干渉計 200 に使用される偏光維持レトロリフレクタ 230 および 240 の代わりに偏光変換レトロリフレクタ 235 および 245 を使用している点を除いて、図 2 A の干渉計 200 と同じ干渉計 200 B を示している。干渉計 200 B における測定ビーム M B と基準ビーム R B の経路は、偏光変換レトロリフレクタ 235 および 245 が基準ビーム R B および測定ビーム M B の偏光を 90° だけ回転させている点を除いて、干渉計 200 について上で述べた経路と同じである。従って、最初に PBS 220 の偏光コーティングで反射された基準ビーム R B は、偏光変換レトロリフレクタ 235 で反射された後、その偏光コーティングを通過し、最初に PBS 220 の偏光コーティングを通過した測定ビーム M B は、偏光変換レトロリフレクタ 245 で反射された後、その偏光コーティングで反射されることになる。この変化により、出力ビーム O B は、PBS 220 の別の側に移動される。40

【0025】

10

20

30

40

50

干渉計 200B は、干渉計 200 に比べて、入力ビーム IB を PBS220 に導く構造や、出力ビーム OB を測定電子回路 250 に導く構造のために、より多くの空間を有している。そのため、PBS220 やレトロリフレクタ 235、245 などの光学部品をさらに小型化することができ、小型化した場合でも、ビームの入出力システムのために十分な空間をとることができる。さらに、干渉計 200B の場合、PBS220 の偏光コーティングが、基準ビーム RB と測定ビーム MB のそれぞれを一回反射させ、各ビームを一回透過させることにより、両方のビームに同じ消光比を与えている。偏光変換レトロリフレクタ 235 および 245 の偏光制御によれば、従来のレトロリフレクタを使用したシステムに比べて、測定の周期的誤差を減少させることができる。

【0026】

10

図 3 は、本発明の一実施形態による平面鏡干渉計 300 を示す図である。干渉計 300 は、一般に、Agilent Technologies, Inc. が販売している「10706A Plane Mirror Interferometer」などの市販の平面鏡干渉計に類似したものであってよいが、干渉計 300 は、本発明の実施形態による偏光維持レトロリフレクタ 230 および 350 を有する。

【0027】

20

平面鏡干渉計 300 は、測定反射器 340 が平面鏡であるという点が、図 2A の干渉計 200 とは異なる。理想的には、干渉計 300 における PBS220 からの測定ビーム MB は、平面反射器 340 の表面に対して垂直にすることが望ましく、平面反射器 340 で反射されて戻ってくる測定ビームが、入射する測定ビームと同じ経路上に戻るようにすることが望ましい（図 3 では、干渉計 300 におけるビーム経路を明確に示すために、入射ビームと反射ビームを別々に図示しているが、理想的には、平面反射器 340 に対する入射ビームと反射ビームは、同一線上であることが望ましい）。

20

【0028】

30

測定ビーム MB の経路には、1/4 波長板 320 と偏光維持レトロリフレクタ 350 が追加されている。それらは、測定ビーム MB にオフセットを加えて基準ビーム RB に整合させ、基準ビーム RB と再結合させるとともに、測定反射器 340 からの測定ビーム MB の第 2 の反射を生じさせる働きをする。測定ビーム MB は、測定反射器 340 における第 1 の反射の前後に 1/4 波長板 320 を 1 回ずつ通過する。そのため、測定ビーム MB の直線偏光は 90°だけ回転される。従って PBS220 は、戻ってきた測定ビーム MB を偏光維持レトロリフレクタ 350 に向けて反射せることになる。

30

【0029】

40

レトロリフレクタ 350 は、基準反射器 230 が基準ビーム RB に対して与えたオフセットと等しいオフセットを測定ビーム MB に加えた後、その測定ビーム MB を PBS220 に返す。次いで、レトロリフレクタ 350 からの測定ビーム MB は、PBS220 の偏光コーティングで反射され、1/4 波長板 320 を通過し、測定反射器 340 で反射された後、1/4 波長板 320 を通過して戻る。測定反射器 340 におけるこの第 2 反射は、測定反射器 340 の移動によって発生する測定ビーム MB のドップラーシフトを実質的に 2 倍にする。そして、測定ビーム MB は、最後の二回の 1/4 波長板 320 の通過により、その直線偏光が更に 90°だけ実質的に回転される。次いで、測定ビーム MB は PBS220 を通過し、基準ビーム RB と再結合され、出力ビーム OB を形成する。測定電子回路 250 は、上で述べたような方法で出力ビーム OB を分析することができる。

【0030】

40

平面鏡干渉計 300 の欠点は、PBS220 などのガラス要素の中を通る測定ビーム MB の光路の長さが、ガラスの中を通る基準ビーム RB の光路よりも長いことにある。従って、測定ビーム MB 上にある PBS220 やその他の要素の熱膨張の影響は、基準ビーム RB 上にある PBS220 の熱膨張の影響とは違うものになる。熱変化は、平面鏡干渉計 300 における測定に影響を与える可能性があり、平面鏡干渉計 300 は一般に、熱不均衡型と呼ばれる。しかしながら、偏光維持レトロリフレクタ 230 および 350 を使用することにより、通常ならば測定ビームと基準ビームの混合によって生じる可能性がある周

50

期的な非線形性を低減することができる。

【0031】

図4は、本発明の一実施形態による熱均衡型平面鏡干渉計400を示す図である。干渉計400は、一般に、Agilent Technologies, Inc.が販売している「10706B High Stability Plane Mirror Interferometer」などの市販の平面鏡干渉計に類似したものであってよいが、干渉計400は、本発明の一実施形態による偏光維持レトロリフレクタ350を含む。

【0032】

干渉計400は、干渉計300の基準レトロリフレクタ230が1/4波長板420と平面反射器430の組み合わせによって置換されている点が、図3の干渉計300とは異なる。この置換により、基準経路を変化させ、ガラスの中を通る基準ビームRBの光路長を、ガラスの中を通る測定ビームMBの光路長に一致させている。具体的には、図4におけるPBS220の偏光コーティングで最初に反射された入力ビームIBの一部である基準ビームRBは、1/4波長板420を通過し、平面基準反射器430で垂直に反射され、同じ経路を通り、1/4波長板420を通じて返される。その際、基準ビームRBは、1/4波長板420を2回通過することにより、その直線偏光が90°だけ回転される。従って、基準ビームRBは次いでPBS220を通過し、測定ビームMBがレトロリフレクタ350に入射するのと同一の経路に沿って偏光維持レトロリフレクタ350に入ることになる。そして、レトロリフレクタ350は、オフセットされた基準ビームRBを返す。オフセットされた基準ビームRBは、PBS220および1/4波長板420を通過し、基準反射器430で2度目の反射をされ、1/4波長板420を通過してPBS220に戻る。その際、基準ビームRBは、1/4波長板420の2度目の2回の通過により、その直線偏光が90°だけ回転される。従って、基準ビームRBは次いでPBS220の偏光コーティングで反射され、PBS220の偏光コーティングを通過する測定ビームMBと再結合される。

【0033】

干渉計400は、基準ビームのガラス中の光路長が測定ビームのガラス中の光学長に一致しているので、通常ならば温度変化によって測定精度が受ける悪影響を低減することができる。但し、測定ビームと基準ビームが、レトロリフレクタ350内で実質的に同一の経路を伝搬するので、レトロリフレクタ350内で発生する可能性がある偏光混合をフィルタリングして除去するPBS220の能力は無くなる。従って、偏光混合を最小限に抑える偏光維持レトロリフレクタを使用すれば、測定の際の周期的な非線形性は大幅に低減することができる。

【0034】

図5は、多軸平面鏡干渉計500を示す図である。多軸平面鏡干渉計500は、図4の平面鏡干渉計400に類似しているが、異なる測定軸に対応する2つの異なる入力ビームI1およびI2を有している点が異なる。図示の例では、入力ビームIB（例えば、上で述べた光源210から得られるものなど）を、非偏光ビーム分割要素510によって2つの別々のビームI1およびI2に分割し、それらをPBS220に入射させている。PBS220は、入力ビームI1およびI2の直線偏光成分を分離し、2つの測定ビームM1、M2、および2つの基準ビームR1、R2を形成する。測定ビームM1と基準ビームR1は、偏光維持レトロリフレクタ350を通る共有経路を含む前述の光路に沿って伝搬し、再結合され、出力ビームO1を形成する。一方、測定ビームM2と基準ビームR2は、第2の偏光維持レトロリフレクタ550を通る経路に沿って伝搬した後、第2の出力ビームO2として再結合される。

【0035】

要素510およびレトロリフレクタ350および550によって加えられるオフセットにより、出力ビームO1と出力ビームO2の間隔が制御される。従って、出力ビームO1と出力ビームO2を別々に分析することにより、測定反射器340上の反射点に対応する測定軸に沿った移動を測定することができる。同様の方法で、3以上の測定軸についてビ

10

20

30

40

50

ームを共有 PBS 220 を通じてルーティングすることも可能である。各軸ごとに偏光維持レトロリフレクタを使用することにより、偏光混合を低減することができ、その結果、測定の際の周期的な非線形性が低減される。

【0036】

図6は、本発明の一実施形態による微分平面鏡干渉計600を示す図である。干渉計600は一般に、Agilent Technologies, Inc.から販売されている「10719A One-Axis Differential Interferometer」などの市販の微分平面鏡干渉計に類似したものであってよいが、干渉計600は、本発明の一実施形態による偏光維持レトロリフレクタ350を有する。

【0037】

干渉計600は、図4の固定基準反射器430が可動反射器630で置換され、PBS220と1/4波長板420との間に光転向ミラー620が配置されている点を除き、図4の平面鏡干渉計400と実質的に同一である。干渉計600内の光路も、基準ビームRBが固定経路を伝搬するのではなく、可動反射器630に向けて伝搬し、可動反射器630で反射される点を除けば、前述の干渉計400に関して説明した経路と同一である。従って、干渉計600から出力される結合出力ビームOBは、測定反射器340の位置および速度によって決まる位相およびドップラーシフトを有する測定ビーム成分と、基準反射器630の位置および速度によって決まる位相およびドップラーシフトを有する基準ビーム成分とを含む。従って測定電子回路は、測定ビーム成分と基準ビーム成分を比較することにより、反射器340と反射器630との間の位置または移動の違いを判定することができる。

【0038】

図7は、本発明の一実施形態による多軸微分平面鏡干渉計700を示す図である。干渉計700は一般に、Agilent Technologies, Inc.から販売されている「10721A Two-Axis Differential Interferometer」などの市販の微分平面鏡干渉計に類似したものであってよいが、干渉計600は、本発明の一実施形態による偏光維持レトロリフレクタ350および550を有する。

【0039】

干渉計700は、図5の固定基準反射器430が可動反射器630で置換され、PBS220と1/4波長板630と間に光転向ミラー620が追加されている点を除き、図5の多軸平面鏡干渉計500と実質的に同一である。干渉計500に似た干渉計700は、測定反射器340からの反射に対応する第1の測定軸を有し、可動基準反射器630からの対応する反射を2つの測定における基準としている。

【0040】

図8は、本発明の更に他の実施形態による微分平面鏡干渉計800を示す図である。干渉計800は一般に、Agilent Technologies, Inc.が販売している「10715A Differential Interferometer」などの市販の微分平面鏡干渉計に類似したものであってよいが、干渉計800は、本発明の一実施形態による偏光維持レトロリフレクタ230、350、および偏光変換レトロリフレクタ860を有する。

【0041】

PBS220は、干渉計800の入力ビームIBを偏光に応じて測定ビームMBと基準ビームRBに分割する。最初にPBS220の偏光コーティングを通過した測定ビームMBは、1/4波長板320を通過し、測定反射器340で反射され、1/4波長板320を通ってPBS220に戻る光路を有する。その際、測定ビームMBは1/4波長板320を2回通過することにより、その直線偏光が90°だけ回転される。従って、測定ビームMBは次いでPBS220の偏光コーティングで反射され、偏光維持レトロリフレクタ350に入射する。そして、偏光維持レトロリフレクタ350は、その測定ビームMBをオフセットして反射させる。そして測定ビームMBは、1/4波長板320を通過し、測

定反射器 340 で 2 度目の反射をされ、1/4 波長板 320 を通じて PBS220 に戻る。その際、測定ビーム MB は、その 2 度目の 1/4 波長板 320 の 2 回の通過により、その直線偏光が 90° だけ回転される。従って、測定ビーム MB は次いで PBS220 を通過し、光軸向ミラー 870 で反射され、偏光変換レトロリフレクタ 860 に入射する。

【0042】

好みの実施形態において、偏光変換レトロリフレクタ 860 は、コーティングが施されていないコーナーキューブブロック 110 と、測定ビーム MB (または、基準ビーム RB) の直線偏光を 90° だけ回転させる働きをする偏光操作要素 160 および 170 を含む。これは、要素 160 が、ブロック 110 における反射の際に、直線偏光成分をその直線偏光が維持される方向に回転させる (例えば、約 13.7° だけ) ファラデー回転子である場合に実現される。その場合、要素 170 は、出力直線偏光を最終的に 90° の直線偏光の回転を実現するのに必要な量 (例えば、約 76.3°) だけ回転させるファラデー回転子である。

【0043】

測定ビーム MB は、レトロリフレクタ 860 で偏光回転された後、PBS220 に入り、偏光コーティングで反射され、偏光維持レトロリフレクタ 230 に入射する。偏光維持レトロリフレクタ 230 はその測定ビーム MB を PBS220 に反射して戻し、測定ビームは偏光コーティングで反射され、基準ビーム RB と再結合される。

【0044】

最初に PBS220 の偏光コーティングで反射された基準ビーム RB は、偏光維持レトロリフレクタ 230 に入り、反射されて PBS220 に戻され、PBS220 の偏光コーティングで反射され、偏光変換レトロリフレクタ 860 に入射する。レトロリフレクタ 860 から基準ビームが戻る際、基準ビームは、PBS220 および 1/4 波長板 320 を通過し、平面基準反射器 830 で反射され、1/4 波長板 320 を通って PBS220 に戻る。基準ビーム RB は次いで、偏光コーティングで反射され、偏光維持レトロリフレクタ 350 に入り、レトロリフレクタ 350 から PBS220 へ戻され、偏光コーティングで反射され、1/4 波長板 320 を通過し、基準反射器 830 で反射され、1/4 波長板 320 を通って PBS220 に戻る。そして基準ビーム RB は、PBS220 の偏光コーティングを通過し、測定ビーム MB と再結合され、出力ビーム OB を形成する。

【0045】

前述の干渉計 800 は、3 つのレトロリフレクタ 230 、 350 、 860 を有し、両方の成分ビーム (即ち、測定ビーム MB と基準ビーム RB) がそれらを通過する。従って、本発明によるレトロリフレクタ 230 、 350 、 860 のそれぞれが測定ビームと基準ビームの偏光混合を最小化するため、出力ビーム OB から導出される測定値は、高い精度を実現することができる。

【0046】

偏光制御式レトロリフレクタの用途は、干渉計に限定されるものではない。図 9 は、光源 910 の波長またはスペクトル内容を測定する機能を有する、本発明の一実施形態による測定システム 900 を示す図である。システム 900 は、基準レーザー 920 、偏光ビームスプリッタ 930 、非偏光ビームスプリッタ 940 、偏光維持レトロリフレクタ 960 、 965 、および検出器システム 970 を含む。

【0047】

動作に関し、光源 910 は、未知の波長またはスペクトル内容のビームを生成し、基準レーザー 920 は、既知の波長のビームを生成する。偏光ビームスプリッタ 930 は、PBS930 で反射された直線偏光を有する光源 910 からのビームの一部を、PBS930 で透過された直線偏光を有するレーザー 920 からのビームの一部に結合させるように配置される。結合されたビームは、非偏光ビームスプリッタ 940 に入射する。非偏光ビームスプリッタ 940 は、結合ビームの第 1 の部分 (例えば、半分) を偏光維持レトロリフレクタ 960 に導き、結合ビームの第 2 の部分を偏光維持レトロリフレクタ 965 に導く。そして、レトロリフレクタ 960 および 965 から戻ってきたビームは、再び非偏光

10

20

30

40

50

ビームスプリッタ 940 に入射し、互いに干渉して、出力ビーム O1 として結合される。

【0048】

検出器システム 970 は、出力ビーム O1 の偏光成分の強度を別個に測定する。測定システム 900 が偏光を維持している場合、出力ビーム O1 の 1 つの偏光成分は、基準レーザー 920 で生成される既知の波長を有する。レトロリフレクタ 960 および / またはレトロリフレクタ 965 を移動させることにより、システム 900 の 2 つのアームの光路長差を変化させることができる。レトロリフレクタ 960 および / または 965 を移動させると、経路長差が変化して、既知の波長成分との間に建設的干渉と相殺的干渉が交互に発生し、偏光成分の強度は上下することになる。光源 910 が単色ビームを生成するものである場合、光源 910 に対応する偏光成分の強度は、経路長間の差の変化に従って同様に上下することになり、その未知の波長は、未知の波長について検出された最大数と、既知の波長について検出された最大数の比から特定することができる。光源 910 が単色ビームを生成するものでない場合、光源 910 に対応する偏光成分の強度の測定値は干渉パターンの重ね合わせとなり、光源 910 からのビームのスペクトル内容は、測定された強度を例えばフーリエ解析その他の技術を用いて分析することにより判定することができる。

【0049】

又、同様に出力ビーム O2 を分析することにより、出力ビーム O1 の分析によって得られた測定値を確認したり、改善したりすることができる。

【0050】

システム 900 で実施される測定の精度は一般に、異なる光源 910 および 920 に対応する偏光成分を弁別および分離する能力によって決まる。本発明の一態様によれば、偏光維持レトロリフレクタ 960 および 965 によって偏光成分の混合を低減または回避することにより、正確な測定が実現される。

【0051】

本発明は特定の実施形態を参照して説明されているが、その説明は、本発明の応用形態の一例に過ぎず、限定を意図するものとして解釈してはならない。開示した実施形態の特徴の様々な変更および組み合わせも、特許請求の範囲に規定された本発明の範囲内にある。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図 1A】本発明の一実施形態による立体型コーナーキューブ・リフレクタの背面透視図である。

【図 1B】本発明の一実施形態による立体型コーナーキューブ・リフレクタの正面図である。

【図 2A】偏光維持レトロリフレクタを使用した本発明の一実施形態によるリニア干渉計を示す図である。

【図 2B】偏光変換レトロリフレクタを使用した本発明の一実施形態によるリニア干渉計を示す図である。

【図 3】1 以上の偏光維持レトロリフレクタを使用した本発明の一実施形態による熱不均衡型平面鏡干渉計を示す図である。

【図 4】偏光維持レトロリフレクタを使用した本発明の一実施形態による他の平面鏡干渉計を示す図である。

【図 5】本発明の一実施形態による偏光維持レトロリフレクタを使用した多軸平面鏡干渉計を示す図である。

【図 6】偏光維持レトロリフレクタを使用した本発明の一実施形態による単軸微分干渉計を示す図である。

【図 7】偏光維持レトロリフレクタを使用した本発明の一実施形態による多軸微分干渉計を示す図である。

【図 8】偏光維持レトロリフレクタおよび偏光変換レトロリフレクタを使用した本発明の一実施形態による単軸微分干渉計を示す図である。

10

20

30

40

50

【図9】偏光維持レトロリフレクタを用いて光源の波長またはスペクトル内容を測定する本発明の一実施形態によるシステムを示す図である。

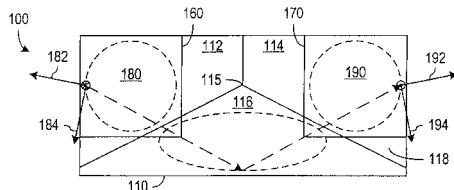
【符号の説明】

【0053】

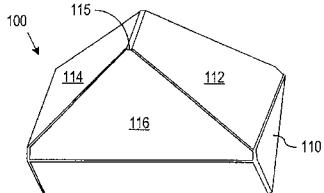
- 110 コーナーキューブブロック
- 160、170 リターデーションプレート
- 210 光源
- 220、930 偏光ビームスプリッタ
- 230 基準反射器
- 240 測定反射器
- 320、420 1/4波長板
- 340、430、830 平面反射器
- 860 偏光変換レトロリフレクタ
- 920 基準レーザー
- 940 非偏光ビームスプリッタ
- 960、965 偏光維持レトロリフレクタ
- 970 検出器システム

10

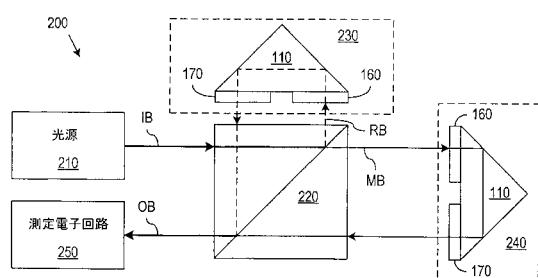
【図1A】



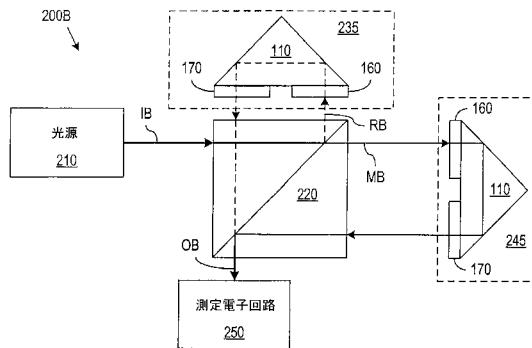
【図1B】



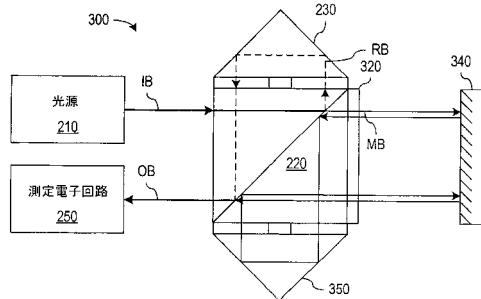
【図2A】



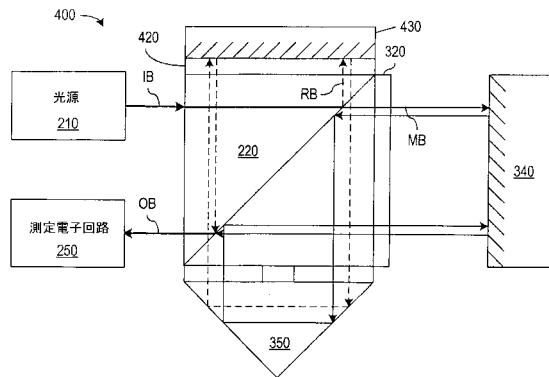
【図2B】



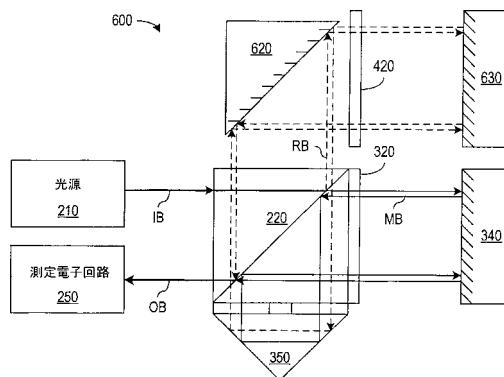
【図3】



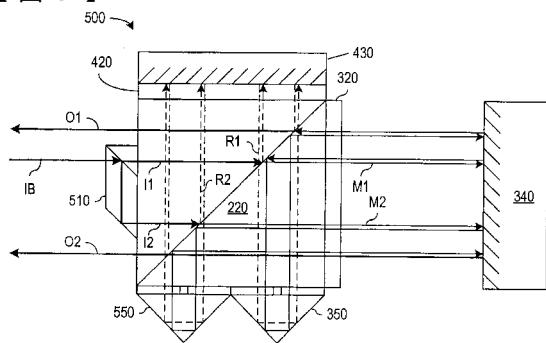
【 図 4 】



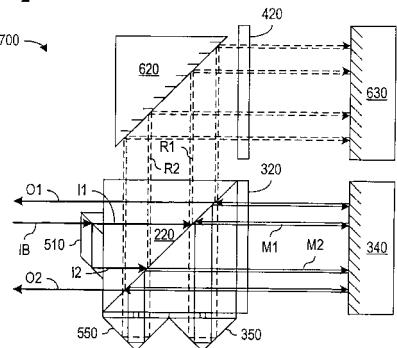
【 四 6 】



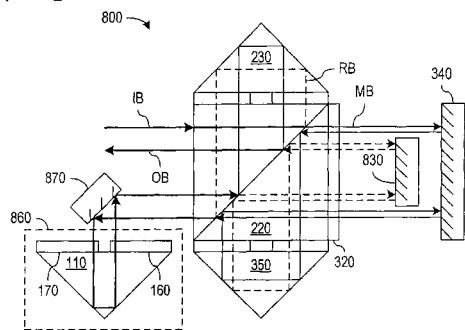
【 図 5 】



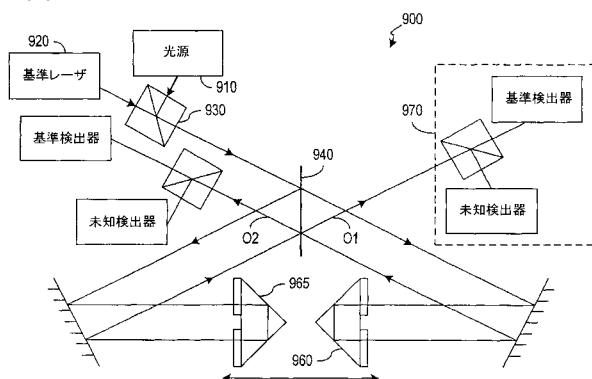
【 四 7 】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 ミヤオ・ズー

アメリカ合衆国カリフォルニア州95129,サンノゼ,フォレスト・ビュー・ドライブ・515
5

(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95051,サンタクララ,メイプルウッド・レーン・2644

F ターム(参考) 2F064 FF01 FF05 GG00 GG12 GG16 GG23 GG33 GG38 GG69 JJ05
2H042 AA02 AA04 AA16 AA23 CA01 CA07 CA14