

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4568372号  
(P4568372)

(45) 発行日 平成22年10月27日 (2010. 10. 27)

(24) 登録日 平成22年8月13日 (2010. 8. 13)

(51) Int. Cl. F I  
 GO 1 B 9/02 (2006. 01) GO 1 B 9/02  
 GO 1 B 11/24 (2006. 01) GO 1 B 11/24 D

請求項の数 20 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-546588 (P2009-546588)	(73) 特許権者	505377430
(86) (22) 出願日	平成20年6月27日 (2008. 6. 27)		クオリティー ヴィジョン インターナシ ョナル インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2010-510529 (P2010-510529A)		Quality Vision Inte rnational, Inc.
(43) 公表日	平成22年4月2日 (2010. 4. 2)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 146 21 ロチェスター ハドソン アヴェニ ュー 850
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/068602		
(87) 国際公開番号	W02009/079031	(74) 代理人	100085556
(87) 国際公開日	平成21年6月25日 (2009. 6. 25)		弁理士 渡辺 昇
審査請求日	平成21年5月19日 (2009. 5. 19)	(74) 代理人	100115211
(31) 優先権主張番号	11/958, 411		弁理士 原田 三十義
(32) 優先日	平成19年12月18日 (2007. 12. 18)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定の不明瞭性を解消した部分コヒーレンス干渉計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定のスペクトル帯域幅を有する測定ビームを採用したタイプの部分コヒーレンス干渉計であって、

上記測定ビームの試験ビーム部を、試験面に遭遇する経路に沿って送るための試験アームと、

上記測定ビームの基準ビーム部を、基準面に遭遇する経路に沿って送るための基準アームと、

上記試験アームおよび上記基準アームに連結されたスペクトル感受性検出系と、

上記干渉計で較正した焦点検出系とを備え、

上記試験アームは、上記試験ビームを上記試験面上に集束させ上記試験ビームの上記試験面からの反射部分を集めるための集束光学要素を含み、

上記スペクトル感受性検出系は、測定ビームスペクトル帯域幅の範囲にわたり、波長の関数としての干渉を、上記試験アームと上記基準アームとの間の符号なしの光路長差の測定値としてモニターし、

上記焦点検出系は、上記試験アームと上記基準アームとの間の有意にゼロより大きい光路長差と、上記試験アームと上記基準アームとの間の有意にゼロより小さい光路長差とを識別するためのもので、上記試験アームと上記基準アームとの上記符号のない光路長差の測定値に関連した不明瞭性を解決するためのものであり、

上記焦点検出系が、上記試験面から反射された光を上記集束光学要素を通して焦点検出

器まで送る焦点検出アームを備え、

上記焦点検出系が上記干渉計で較正され、この較正は、上記集束光学要素を通過する光の焦点を、上記試験アームの上記光路長と上記基準アームの上記光路長が等しくなる零状態から、所定のオフセットをもって位置づけることによって行うことを特徴とする干渉計

【請求項 2】

上記焦点検出系が、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差が有意にゼロよりも大きくなる上記試験面の位置と、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差が有意にゼロよりも小さくなる上記試験面の位置とを識別することを特徴とする、請求項 1 に記載の干渉計。

10

【請求項 3】

上記焦点検出系が、好ましくは、ゼロに近い光路長差と、いずれかの符号の光路長差であって、ゼロよりも有意に大きいか又は小さい光路長差との識別も行うことを特徴とする、請求項 2 に記載の干渉計。

【請求項 4】

プロセッサをさらに備え、このプロセッサは、(a) 上記試験アームと上記基準アームとの符号のない光路長差に関連した上記スペクトル感受性検出系からの測定値と、(b) 上記試験面が、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差がゼロよりも大きくなる位置にあるのか、小さくなる位置にあるのかを示す、上記焦点検出系からの情報を受け取ることを特徴とする、請求項 2 に記載の干渉計。

20

【請求項 5】

上記試験面から反射し、上記集束光学要素を通過して、焦点検出器に至る光は、上記測定ビームの一部であることを特徴とする、請求項 2 に記載の干渉計。

【請求項 6】

上記測定ビームを生成するための第一光源と、焦点検知ビームを生成するための第二光源とをさらに備え、この焦点検知ビームは、上記焦点検出アームによって、上記集束光学要素を通過して上記試験面へ、そして上記試験面から上記集束光学要素を通過して上記焦点検出器へ送られることを特徴とする、請求項 2 に記載の干渉計。

【請求項 7】

上記焦点検知ビームの表示波長が可視波長域内にあり、上記測定ビームの表示波長が不可視波長域内にあることを特徴とする、請求項 6 に記載の干渉計。

30

【請求項 8】

上記干渉計が所定の測定範囲を有し、上記所定のオフセットが少なくとも上記干渉計の上記所定の測定範囲の半分であることを特徴とする、請求項 1 に記載の干渉計。

【請求項 9】

所定のスペクトル帯域幅を有する測定ビームの試験ビーム部と基準ビーム部が通り抜ける際の光路長の差を、結合ビームの波長の範囲にわたって干渉変動をモニターすることによって測定する部分コヒーレンス干渉計であって、

上記測定ビームの上記試験ビーム部および上記基準ビーム部を、光源から送るための試験アームおよび基準アームと、焦点検出系とを備え、

40

上記試験アームは、上記試験ビームを上記試験面上に集束させ、上記試験ビームの上記試験面からの反射部分を集めるための、集束光学要素を含み、

上記焦点検出系は、上記試験面から反射された光を上記集束光学要素を通過して焦点検出器に送る焦点検出アームを含み、

上記集束光学要素の焦点が上記試験アームと上記基準アームとの所定の光路長差と関連しており、そのため上記焦点検出系が、上記基準アームの光路長に較べて有意に短い試験アームの光路長と、有意に長い試験アームの光路長とを識別できるようになっており、

上記焦点検出系が、上記試験面から反射された光を上記集束光学要素を通過して焦点検出器まで送る焦点検出アームを有し、

上記集束光学要素の上記焦点が、上記試験アームと上記基準アームの上記光路長が等し

50

い零状態からオフセットしていることを特徴とする干渉計。

【請求項 10】

上記焦点検出系が上記試験アームと上記基準アームとの光路長差範囲に対応する焦点誤差範囲を同定し、この光路長差範囲では、上記試験アームの上記光路長が上記基準アームの上記光路長より、有意に長いか又は有意に短いかのいずれか一方であることを特徴とする、請求項 9 に記載の干渉計。

【請求項 11】

上記同定された上記試験アームと上記基準アームとの間の光路長差範囲が、上記試験アームと上記基準アームの上記光路長が等しい零状態に近い光路長差を含まないことを特徴とする、請求項 10 に記載の干渉計。

10

【請求項 12】

プロセッサをさらに備え、このプロセッサは、上記同定された焦点誤差範囲に関連した、上記試験アームと上記基準アームの光路長差の干渉測定値を選択するように構成されていることを特徴とする、請求項 11 に記載の干渉計。

【請求項 13】

上記試験面から反射し上記集束光学要素を通して焦点検出器に至る光が、上記光源からの上記試験ビームの一部であることを特徴とする、請求項 9 に記載の干渉計。

【請求項 14】

上記測定ビームを生成するための上記光源は、2つある光源のうちの第一の光源であり、第二の光源は焦点検知ビームを生成し、この焦点検知ビームは、上記焦点検出アームによって、上記集束光学要素を通して上記試験面へ、そして上記試験面から上記集束光学要素を通して上記焦点検出器へ送られることを特徴とする、請求項 9 に記載の干渉計。

20

【請求項 15】

上記焦点検知ビームの表示波長が可視波長域内にあり、上記測定ビームの表示波長が不可視波長域内にあることを特徴とする、請求項 14 に記載の干渉計。

【請求項 16】

試験ビームと基準ビームとの間の符号なしの光路長差に基づく部分コヒーレンス干渉測定 of 測定不明瞭性、を解決するための方法であって、

(a) 所定のスペクトル帯域幅を有する測定ビームを生成する工程と、

(b) 上記測定ビームを試験アームに沿って伝播する試験ビームと、基準アームに沿って伝播する基準ビームとに分離する工程と、

30

(c) 上記試験ビームを、上記試験アームに沿い集束光学要素を通して試験面に至り、上記集束光学要素を通して上記試験面から戻るように方向づける工程と、

(d) 上記試験ビームと上記基準ビームとを再結合させる工程と、

(e) 上記再結合した試験ビームと基準ビームの波長の範囲にわたる干渉の変化を、上記試験アームと上記基準アームの符号なしの光路長差の測定値としてモニターする工程と、

(f) 上記試験面から反射された光を、上記集束光学要素を通して、焦点誤差を測定するための焦点検出器へ送る工程と、

(g) 上記試験アームの光路長であって、上記基準アームの上記光路長よりも有意に短いものと、有意に長いものを、上記測定された焦点誤差に基づいて識別する工程と、

40

を含み、さらに上記工程 (a) ~ (g) の前に実行される工程として、

(h) 上記集束光学要素の焦点を、上記試験アームと上記基準アームの上記光路長とが等しい零状態からオフセットされた位置に位置づける工程

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 17】

上記識別する工程が、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差がゼロより有意に大きくなる上記試験面の位置と、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差がゼロより有意に小さくなる上記試験面の位置とを識別することを含むことを特徴とする、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

50

上記識別する工程が、ゼロに近い光路長差と、ゼロより有意に大きいか有意に小さい、いずれかの符号の上記光路長差とを識別することを含むことを特徴とする、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

上記試験アームと上記基準アームとの光路長差範囲に対応する焦点誤差範囲を同定する工程を含み、この光路長差範囲では、上記試験アームの上記光路長が上記基準アームの上記光路長よりも有意に長いか又は有意に短いかのいずれか一方であることを特徴とする、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 20】

上記同定された焦点誤差範囲に関連した、上記試験アームと上記基準アームの光路長差のモニターされた干渉測定値を選択する工程を含むことを特徴とする、請求項 19 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は部分コヒーレンス干渉測定分野に関し、零状態をまたぐ干渉測定に関連した不明瞭性の解消に関する。

【背景技術】

【0002】

部分コヒーレンス干渉計は、波長の関数としての干渉をモニターすることによって、距離を測定する。測定ビームは波長範囲にわたるスペクトル帯域幅を有し、一時的に試験ビームと基準ビームとに分離される。試験ビームは試験アームに沿って伝播し、途中で試験面に遭遇して、検出器に至る。基準ビームは基準アームに沿って伝播し、途中で基準面に遭遇して、同一の検出器に至る。試験面の異なった地点における高さの変動が、試験アームの光路長に、対応した変化をもたらす。

【0003】

検出器は試験ビームと基準ビームを結合したビームを、共通のスペクトル成分に分解し、各サンプル波長について、干渉に関連した強度の変動を検出する。波長の関数としての干渉は、試験ビームと基準ビームとの光路長差に関係する。試験アームと基準アームの光路長が等しいとき、いわゆる「零状態 (null condition)」が起こる。試験アームが基準アームより長い、あるいは基準アームが試験アームより長いとは無関係に、最大干渉と最小干渉の周期は、零状態の両側で増大する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このため、部分コヒーレンス干渉計は、一般的に零状態を避けるように構成されている。しかし、零状態の近傍で用いる場合には、部分コヒーレンス干渉計はまた、試験アームの光路長が基準アームの光路長よりも長い場合と短い場合とを区別するように構成しなければならない。距離センサ、とくに三角測量式距離センサは、明瞭な測定値を限定的な範囲に特定するために用いられてきた。しかし、こうした距離センサは一般的に、より広い範囲での高解像度の測定には適しておらず、また、工具痕跡や他の人為的な荒さのある面を含む不規則な面、すなわち、測定ビームの波長の少なくとも 8 分の 1 の山谷粗さを有する面により、乱され易い。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は部分コヒーレンス干渉計に関するもので、測定範囲が例えば約 1 ミリメートルの、試験対象物の表面形状を測定するための干渉計を想定している。さらに長い測定範囲、例えば測定範囲 3 - 5 ミリメートルで動作可能な焦点センサは、測定値を干渉計の零状態と照合させており、明瞭範囲内の測定を、零状態に近づくか零状態の反対側に広がる他の測定から区別する。低いビームシャドーイングで大きな作動距離にわたって、試験対象

10

20

30

40

50

面の測定が可能である。この試験対象面は、正反射を含む拡散反射を介して、さまざまな反射力、たとえば100%から1%未満の反射力を持っている。

【0006】

ここで提案する距離センサシステムは、焦点センサを含み、部分コヒーレンス干渉計の試験アームの一部を共用して、光を、共用の対物レンズ経由で、試験対象面に向かわせ、試験対象物から戻るように方向付けている。好ましくは、対物レンズは、0.1程度の低い開口数を有し、大きな作動距離に対応可能となっている。この焦点センサ系は測定ビームの一部を共用可能であり、あるいは、とくに異なった範囲の波長の範囲内で動作するために、独自のセンサビームを供給することも可能である。

【0007】

焦点センサビームの約半分をセンサレンズの焦点の位置で覆い隠すことによって、焦点センサビームが遭遇した試験面の軸方向位置の変化が、焦点検出器に戻る光分布の、検出可能な横方向の変位に変換される。干渉計の零状態はこれら光分布の横方向の変位によって較正可能であり、これにより所定の範囲の横方向の変位が零状態の片側からオフセットした測定範囲に対応するようになる。対物レンズを経た干渉計の焦点位置は、好ましくは、試験アームと基準アームとの光路長差が測定範囲の約60パーセント（例えば、 $0.60 \times 1 \text{ mm} = 0.6 \text{ mm}$ ）と等しくなるように設定される。そのため、測定範囲のうち零状態にもっとも近い一端において、試験対象面は、零状態から依然として所定量（例えば、 $0.1 \text{ mm}$ ）だけオフセットしている。零状態からの最小オフセットを超えた、焦点位置からの軸方向変位に対応する測定値は、測定用に採用される。一方、零状態により近い、または零状態の反対側の軸方向変位に対応する測定値は、異符号の測定値として排除または消される。これが必要となるのは、部分コヒーレンス測定が零状態近傍では正確性に欠けるためである。

【0008】

部分コヒーレンス干渉計としての発明の1つの態様は、所定のスペクトル帯域幅を有する測定ビームを採用している。試験アームが、上記測定ビームの試験ビーム部を、試験面に遭遇する経路に沿って送り、基準アームが、上記測定ビームの基準ビーム部を、基準面に遭遇する経路に沿って送る。上記試験アームは、上記試験ビームを上記試験面上に集束させ、上記試験ビームの上記試験面からの反射部分を集めるための、集束光学要素を含む。上記試験アームおよび上記基準アームに連結されたスペクトル感受性検出系が、測定ビーム帯域幅の範囲にわたり、波長の関数としての干渉を、上記試験アームと上記基準アームとの間の符号なしの光路長差の測定値としてモニターする。上記干渉計で較正した焦点検出系が、上記試験アームと上記基準アームとの間のゼロより大きい光路長差と、ゼロより小さい光路長差とを識別し、上記試験アームと上記基準アームとの上記符号のない光路長差の測定値に関連した不明瞭性を解決する。

【0009】

この焦点検出系は、好ましくは、上記試験面から反射された光を上記集束光学要素を通過して焦点検出器まで送る焦点検出アームを備えている。さらに、この焦点検出系は、好ましくは、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差がゼロよりも大きくなる上記試験面の位置と、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差がゼロよりも小さくなる上記試験面の位置とを識別する。また、この焦点検出系は、好ましくは、ゼロに近い光路長差と、いずれかの符号の光路長差であって、ゼロよりも有意に大きいか又は小さい光路長差との識別も行う。

【0010】

プロセッサは好ましくは、(a)上記試験アームと上記基準アームとの符号のない光路長差に関連した上記スペクトル感受性検出系からの測定値と、(b)上記試験面が、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差がゼロよりも大きくなる位置にあるのか、小さくなる位置にあるのかを示す、上記焦点検出系からの情報を受け取る。上記試験面から反射し、上記集束光学要素を通過して、焦点検出器に至る光は、上記測定ビームの一部とすることができる。あるいは、上記干渉計は、上記測定ビームを生成するための第一光源

10

20

30

40

50

と、焦点検知ビームを生成するための第二光源とをさらに備え、この焦点検知ビームは、上記焦点検出アームによって、上記集束光学要素を通過して上記試験面へ、そして上記試験面から上記集束光学要素を通過して上記焦点検出器へ送られる。好ましくは、上記焦点検知ビームまたは上記測定ビームのうち少なくとも1つの表示波長が可視波長域内にあり、試験面に可視スポットが呈示されるようになっている。

【0011】

焦点検出系を上記干渉計で較正することが出来、この較正は、上記集束光学要素を通過する光の焦点を、上記試験アームの上記光路長と上記基準アームの上記光路長が等しくなる零状態から、所定のオフセットをもって位置づけることによって行われる。好ましくは、上記所定のオフセットが上記干渉計の所定の測定範囲の少なくとも半分である。

10

【0012】

本発明の別の態様は、試験ビームと基準ビームとの間の符号なしの光路長差に基づく部分コヒーレンス干渉測定の実行を不明瞭性を解決するための方法である。所定のスペクトル帯域幅を有する測定ビームを、試験アームに沿って伝播する試験ビームと、基準アームに沿って伝播する基準ビームとに分離する。上記試験ビームを、上記試験アームに沿って集束光学要素を通過して試験面に至り、上記集束光学要素を通過して上記試験面から戻るように方向づける。上記試験ビームと上記基準ビームとを再結合させ、上記再結合ビームの波長の範囲にわたる干渉を、上記試験アームと上記基準アームの符号なしの光路長差の測定値としてモニターする。上記試験面から反射された光を、上記集束光学要素を通過して、焦点誤差を測定するための焦点検出器へ送る。上記測定された焦点誤差が、上記試験アームの上記光路長と上記基準アームの上記光路長において、一方が他方よりも有意に短いことまたは、有意に長いことを識別する。

20

【0013】

集束光学要素の焦点は、好ましくは、上記試験アームと上記基準アームの上記光路長とが等しい零状態からオフセットされた位置に位置づけられる。上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差がゼロより有意に大きくなる上記試験面の位置と、上記試験アームと上記基準アームとの上記光路長差がゼロより有意に小さくなる上記試験面の位置とを識別する。その際、好ましくは、ゼロに近い光路長差と、ゼロより有意に大きい有意に小さい、いずれかの符号の上記光路長差とを識別する。

【0014】

焦点誤差範囲は、好ましくは、上記試験アームと上記基準アームとの光路長差範囲に相関し、この光路長差範囲では、上記試験アームの上記光路長が上記基準アームの上記光路長よりも有意に長いか又は有意に短いかのいずれか一方である。上記試験アームと上記基準アームの光路長差のモニターされた干渉測定値を、上記同定された焦点誤差範囲との関連に基づいて選択する。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】別の光源を付けた焦点検出系を含む、部分コヒーレンス干渉計の図である。

【図2A】干渉計の零状態と焦点誤差範囲の第一の関係を示すグラフである。

【図2B】干渉計の零状態と焦点誤差範囲の第二の関係を示すグラフである。

40

【図3】光源を共用する焦点検出系を含む、部分コヒーレンス干渉計の図である。

【発明を実施するための形態】

【実施例】

【0016】

図1に示すように、部分コヒーレンス干渉計10は測定ビーム14を生成するための光源12を含む。この測定ビームは所定のスペクトル帯域幅、好ましくは可視スペクトル内または赤外スペクトル内の帯域幅を有している。光源12は超放射発光ダイオードのような広帯域光源であり、表示波長が約800ナノメートルであれば、出力が約10ミリワット、スペクトル帯域幅が約40ナノメートル、通常、10ナノメートルから150ナノメートルの範囲内にあるものが好ましい。このような光源12は、時間的コヒーレンスの低

50

い光源と呼ぶことも出来る。平行化レンズ 16 は、広がった測定ビーム 14 を平行化し干渉計 10 を通って伝播できるようにする。

【0017】

50/50 ビームスプリッタ 22 は、測定ビーム 14 を試験ビーム 26 と基準ビーム 28 に分離する。試験ビーム 26 は 50/50 ビームスプリッタ 22 を透過し、干渉計 10 の試験アーム 32 に沿って伝播する。基準ビーム 28 は 50/50 ビームスプリッタ 22 で反射して、干渉計 10 の基準アーム 34 に沿って伝播する。

【0018】

試験ビーム 26 は第一の波長感受性 (wavelength-sensitive) のダイクロイックビームスプリッタ 24 を通り、第二の波長感受性ダイクロイックビームスプリッタ 36 で反射し、対物レンズ 38 を通る。この対物レンズ 38 は、試験ビーム 26 を、試験対象面 40 上、または少なくともその近傍にある焦点 42 に向かって収束させる。同対物レンズ 38 は、試験対象面 40 からの正反射、拡散反射または正反射と拡散反射の何らかの組み合わせによって反射された光を集め、戻り経路上にある試験ビーム 26 を、2つのダイクロイックビームスプリッタ 36、24 を経て 50/50 ビームスプリッタ 22 に戻すように方向付ける。好ましくは、対物レンズ 38 は約 0.1 の開口数を有し、その結果、作動距離は例えば約 70 ミリメートルであり、推奨測定範囲は約 1.0 ミリメートルである。

【0019】

戻りの試験ビーム 26 と基準ビーム 28 の一部は、50/50 ビームスプリッタ 22 で再結合され、集束光学要素 52 を通って一緒に伝播し、スペクトル感受性 (spectrally sensitive) の検出系 54 に向かう。すなわち、50/50 ビームスプリッタ 22 は戻りの試験ビーム 26 の一部を反射し、戻りの基準ビーム 28 の一部を通過させ、集束光学要素 52 を通して共通の方向に向かわせる。スペクトル感受性検出系 54 は、好ましくは、回折格子 56 とリニア CCD (電荷結合素子) センサアレイ 58 とを組み合わせた分光計である。回折格子 56 は、測定ビーム (すなわち、試験ビーム 26 と基準ビーム 28 を再結合したもの) を異なった波長で角度分離するものである。リニア CCD センサアレイ 58 は、空間的に分離された波長のそれぞれの干渉強度を測定するものである。

【0020】

零状態をまたぐ、または零状態に近い光路長差に関連した測定の不明瞭性を避けるために、フォーカシング系 60 が、第一ダイクロイックビームスプリッタ 24 を介して干渉計 10 に連結されている。別の光源 62、好ましくは可視スペクトル内 (例えば、波長 650 ナノメートル) で動作するレーザーダイオードのような光源が、焦点検知ビーム 64 を生成する。この焦点検知ビーム 64 は平行化レンズ 66 によって広がった形で平行化され、平行ビームとしてフォーカシング系 60 の残りの部分と干渉計 10 を通って伝播する。ビームスプリッタ 68 は、平行化された焦点検知ビーム 64 を反射して、ダイクロイックビームスプリッタ 24 への経路に沿わせる。このビームスプリッタ 68 は一部反射性または偏光感受性 (polarization-sensitive) のビームスプリッタとして構成可能である。ダイクロイックビームスプリッタ 24 の波長感受性により、焦点検知ビーム 64 は試験ビーム 26 と共通の経路に沿って反射され、対物レンズ 38 を通って試験対象面 40 に至り、試験対象面で反射される。

【0021】

試験対象面 40 で反射された焦点検知ビーム 64 の一部は、ダイクロイックビームスプリッタ 24 を介してビームスプリッタ 68 に戻り、さらに焦点検出用光学要素 72 を通って、焦点検出器 74 まで伝播する。偏光ビームスプリッタとして構成されたビームスプリッタ 68 と共に 4分の1波長板 76 を用いて、焦点検知ビーム 64 の偏光を回転させ、戻りの焦点検知ビーム 64 をより効率良く焦点検出器 74 に向かわせることができる。あるいは、ビームスプリッタ 68 として、光効率は劣るが、より廉価な 50/50 ビームスプリッタを用いてもよく、その場合、4分の1波長板は不要である。

【0022】

焦点検知ビーム 64 の横断面の実質的に半分を遮断する上述のオフセットストップ 65

10

20

30

40

50

を設置する前は、焦点検出用光学要素 7 2 は、好ましくは、焦点検出器 7 4 上に対物レンズ 3 8 の焦点 4 2 の共役像 7 8 を結ぶ。対物レンズ 3 8 の光軸 8 0 上における試験対象面 4 0 の軸方向位置の変化に伴って、焦点検出器 7 4 の像平面内の 2 つの光検出器間での光の分配が変化する。

【 0 0 2 3 】

図 2 A および図 2 B は、光軸に沿う試験対象面 4 0 の位置がとりうる範囲にわたって、焦点誤差の範囲を、下記に示す光検出器の出力の差と和の関係としてプロットしたものである。

$$\text{焦点誤差} = (A - B) / (A + B)$$

ここで、" A " と " B " は、それぞれ、焦点検出器 7 4 の像平面における 2 つの光検出器の出力である。

【 0 0 2 4 】

図 2 A および図 2 B のいずれにおいても、試験ビームおよび焦点検知ビームの焦点 4 2 は、意図された測定域 8 2 の中間に位置し、干渉計 1 0 の零状態 8 4 は、意図された測定域 8 2 の一端をわずかに超えた位置にある。たとえば、基準アーム 3 4 の光路長は、試験アーム 3 2 の光路長よりも、意図された測定域 8 2 の長さの約 6 0 % だけ、長くまたは短くなるように構成することができる。意図された測定域 8 2 が焦点 4 2 を中心にしているため、零状態 8 4 は、意図された測定域 8 2 の長さの約 1 0 パーセントに等しいオフセットの分だけ、意図された測定域 8 2 の外側に位置する。したがって、測定範囲が 1 . 0 ミリメートルにわたる場合、焦点 4 2 は零状態 8 4 から 0 . 6 ミリメートル変位し、零状態 8 4 は上記測定域 8 2 から 0 . 1 ミリメートルだけ外れていることになる。

【 0 0 2 5 】

図 2 A において、上記測定域の一端は、A と B が等しくなる交点 8 6 に位置しており、これは検出器 7 4 の位置のオフセットによって達成される。それによって、意図された測定域 8 2 に関連した焦点誤差が、ゼロから所定の負の値の間の値をとるようになっている。零状態 8 4 および焦点誤差が正になる範囲内の試験対象面 4 0 の他の位置は、意図された測定域 8 2 から除外される。図 2 B においては、焦点 4 2 は、A と B が等しくなる焦点誤差の交点 8 6 に位置する。測定域 8 2 の境界は、焦点誤差信号の絶対値によって定められる。

【 0 0 2 6 】

非点収差法による焦点センサ (astigmatic focus sensor) もこれらの目的に適しているが、それについては、ノイエス出版社刊、「磁気光学データ記録ハンドブック (1997)」 (" Handbook of Magneto-Optical Data Recording ", Noyes Publications) P.100-102 で議論されている。この非点収差法による焦点検出器には、出力信号 A , B , C , D を伴う 4 分割検出器が用いられている。この検出器からの標準化した焦点誤差信号は以下のように表される：

$$\text{焦点誤差} = \{ (A + C) - (B + D) \} / (A + B + C + D)$$

ここで、" A "、" B "、" C "、" D " は、焦点検出器の像平面の 4 つの分割面それぞれからの光検出器信号である。図 2 A および 2 B に示す焦点誤差曲線と同様の焦点誤差曲線を得ることができる。

【 0 0 2 7 】

プロセッサ 8 8 は、スペクトル感受性検出系 5 4 と焦点検出器 7 4 の両方から情報を受け取る。スペクトル感受性検出系 5 4 から、プロセッサは、再結合された試験ビーム 2 6 と基準ビーム 2 8 の強度の変動に関連した情報を、波長範囲にわたって受け取り、試験対象面 4 0 での焦点 4 2 の軸方向位置と関連した試験アーム 3 2 と基準アーム 3 4 との光路長差の計算に供する。

【 0 0 2 8 】

上記焦点検出器から、プロセッサ 8 8 は焦点誤差に関する情報を受け取る。この焦点誤差は、焦点 4 2 に対して試験対象面 4 0 が軸方向に変位した位置に対応するものである。焦点誤差の範囲は、意図された測定域 8 2 に関連している。たとえば、焦点誤差の極性ま

10

20

30

40

50

たは大きさ、あるいは極性と大きさの両方の組み合わせを用いて、意図された測定域 8 2 を識別することができる。意図された測定域 8 2 内の焦点誤差に関連した光路長の測定値は保持され（つまり、有効なデータとして選択され）、意図された測定域 8 2 外の焦点誤差に関連した光路長の測定値は、好ましくは、捨てられる。これにより、光路長差の明瞭な測定値のみが保持される。

#### 【 0 0 2 9 】

図示しないが、試験対象面 4 0 は、好ましくは座標測定ステージに支持される。このステージは、試験対象面 4 0 を焦点 4 2 に対して相対的に移動または回転させ、基準位置の範囲に対する試験対象面 4 0 の他の地点が測定できるようになっている。たとえば、座標測定ステージは 2 つの座標軸（たとえば X と Y の座標軸）上の位置変化に関する空間情報を提供することができ、干渉計 1 0 は、光軸 8 0 と一直線をなす第 3 の座標軸（たとえば Z 座標軸）上の位置変化に関する情報を提供することができる。一般的に、干渉計は試験対象面 4 0 の高さの変動に関する情報を収集する。好ましくは、1 秒間に数 1 0 0 から約 1 0 0 0 回の割合で個々の測定を行い、試験対象面 4 0 の全部または所定の部分を測定点の列として定める。

10

#### 【 0 0 3 0 】

ビデオ撮像系 9 0 は上記ダイクロイックビームスプリッタ 3 6 を介して連結され、試験対象面 4 0 のセットアップ中および測定中に試験対象面 4 0 を撮像する。光学ズームレンズ 9 2 は試験対象面 4 0 のサイズ調節可能な像をビデオ CCD 検出器 9 4 (detector array) に中継する。フォーカシング系 6 0 は、好ましくは可視スペクトル内で動作し、このフォーカシング系を用いて、試験対象面 4 0 上に可視標的スポットを生成し、試験対象面 4 0 の目に見える特徴や境界に関して、試験対象面 4 0 上の測定可能な点を照合できるようにする。

20

#### 【 0 0 3 1 】

別の部分コヒーレンス干渉計 1 0 0 を図 3 に示す。図 1 に示す部分コヒーレンス干渉計 1 0 に対応する特徴部には同一の参照番号を付す。しかし、上記干渉計 1 0 とは対照的に、共通光源 1 0 2 が干渉計 1 0 0 とこれに関係するフォーカシング系 1 1 0 の両方に光学的パワーを供給する。この光源 1 0 2 は、好ましくは、可視スペクトル（たとえば、波長約 6 8 0 ナノメートル）内で動作するスーパーluminescentダイオードである。可視スペクトル内で動作することによって、測定スポットが試験対象面 4 0 上の焦点 4 2 に現われるので、セットアップしたり、測定点を試験対象面 4 0 上の目に見える特徴または境界と照合することができる。

30

#### 【 0 0 3 2 】

スーパーluminescentダイオードは部分偏光されているため、フォーカシング系 1 1 0 は、偏光ビームスプリッタ 1 0 4 を介して干渉計 1 0 0 に連結することができる。4 分の 1 波長板 1 0 6 が偏光ビームスプリッタ 1 0 4 に接続されて用いられており、戻りの測定ビーム 1 4 がフォーカシング系 1 1 0 のフォーカシングアーム 1 1 2 に沿って、焦点検知ビーム 6 4 として反射される。偏光ビームスプリッタ 1 0 4 は、効率を向上させるとともに、光源 1 0 2 へのフィードバックを減少させる。共通光源 1 0 2 を共用してはいるが、干渉計 1 0 0 とフォーカシング系 1 1 0 はともに、前の実施例における干渉計およびフォーカシング系と同様の動作をする。

40

#### 【 0 0 3 3 】

また、偏光ビームスプリッタ 1 0 4 の代わりに、一部反射性、一部透過性のビームスプリッタを用いることができる。この別のビームスプリッタでは、好ましくは、最初の測定ビーム 1 4 のパワーをより多く保存するために透過を重視する。一方、焦点検出器 7 4 に集められる焦点検知ビーム 6 4 のパワーが一部犠牲にされる。

#### 【 0 0 3 4 】

図 1 と図 3 の実施例は、平行化された試験ビーム 2 6 および / または焦点検知ビーム 6 4、1 4 が、共用の対物レンズ 3 8 に入る様子を示している。共用の対物レンズ 3 8 を有限共役ビデオ結像系（つまり、無限遠補正されておらず、したがって、ダイクロイックビ

50

ームスプリッタ36への発散ビームの入射を必要とする)の一部とするならば、光学設計分野の当業者は、偏光ビームスプリッタ24(図1)とダイクロイックビームスプリッタ36との間、50/50ビームスプリッタ22(図3)とダイクロイックビームスプリッタ36との間、またはその他の場所に、2つの光学系を結びつけるために、適切なレンズ要素を付加することができるであろう。

【0035】

測定ビームと焦点検知ビームの少なくとも一方が可視スペクトル内にあるため測定スポットが試験面に現れるが、その主たる機能を果たすためには、これらビームのいずれかまたは両方を、赤外領域のような不可視域内で用いてもよい。部分コヒーレンス干渉計10はフォーカシング系60とともに収容し、スタンドアロン型のセンサとしてもよく、これらの部品を別々に収容、またはモジュール化してもよい。図1および図3の部分コヒーレンス干渉計はマイケルソン干渉計として構成されているが、干渉計は他の既知の干渉計の形態をとってもよい。

10

【0036】

以上の実施例は、本発明がいかに実施され得るのかを示す例として紹介したに過ぎない。当業者には、本発明に従って、修正、置換その他の変更を行い、さまざまな異なる用途に対応可能であることが理解されるであろう。

【図1】

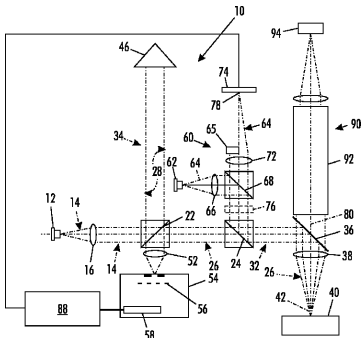


FIG. 1

【図3】

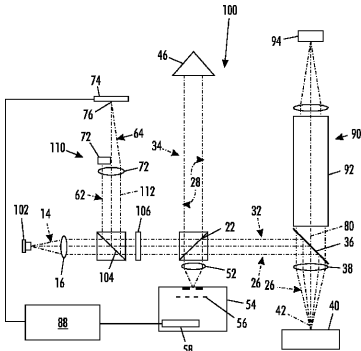
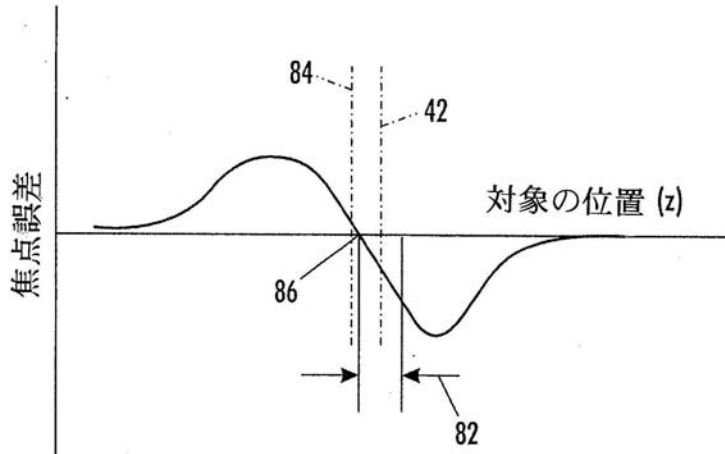
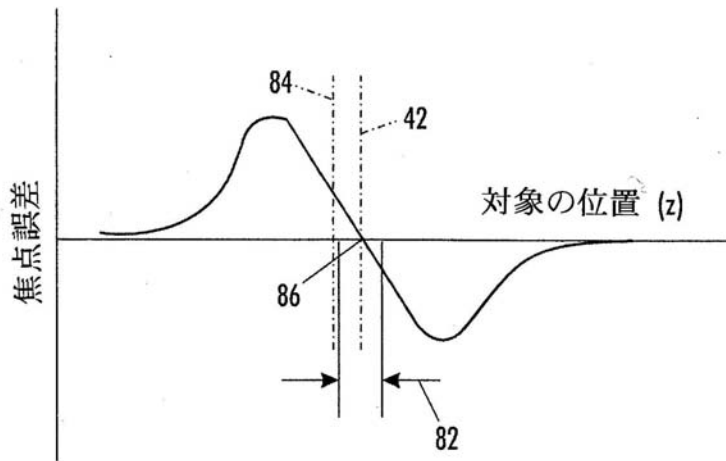


FIG. 3

【図 2 A】



【図 2 B】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ケイ, デービッド, ビー  
アメリカ合衆国 14618 ニューヨーク州, ロチェスター, ハリウッド アヴェニュー  
225

審査官 清藤 弘晃

(56)参考文献 特開平09-184705(JP,A)  
特開平08-114413(JP,A)  
実開昭60-088210(JP,U)  
特開2001-141652(JP,A)  
特開昭60-130711(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01B 9/00-11/30