

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5689879号
(P5689879)

(45) 発行日 平成27年3月25日 (2015. 3. 25)

(24) 登録日 平成27年2月6日 (2015. 2. 6)

(51) Int. Cl. F I
G O 1 J 9/00 (2006.01) G O 1 J 9/00

請求項の数 17 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2012-521724 (P2012-521724)	(73) 特許権者	504245527
(86) (22) 出願日	平成22年7月20日 (2010. 7. 20)		ソルラプス、 インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2012-533758 (P2012-533758A)		Thorlabs, Inc.
(43) 公表日	平成24年12月27日 (2012. 12. 27)		アメリカ合衆国 07860 ニュージャ
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/042558		ージー州 ニュートン ルート 206
(87) 国際公開番号	W02011/011385		ノース 435
(87) 国際公開日	平成23年1月27日 (2011. 1. 27)	(74) 代理人	100110423
審査請求日	平成25年5月15日 (2013. 5. 15)		弁理士 曾我 道治
(31) 優先権主張番号	61/226, 821	(74) 代理人	100111648
(32) 優先日	平成21年7月20日 (2009. 7. 20)		弁理士 梶並 順
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171
			弁理士 吉田 潤一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 取り外し可能なレンズレットアレイを備えたシャックハルトマンセンサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

a) 入力光波を分析 (dissect) するための光学波面ディセクタ (dissector) ;
 b) 該分析された入力光波を検出するための光学装置 ; 及び
 c) 該光学波面ディセクタを該光学装置に再現可能に精密に取り付けるための取り外し可能な運動学的取付台であって、該光学装置に取り付けられるベース部材及び該光学波面ディセクタに取り付けられる係合部材を備え、さらに、該ベース部材及び該係合部材の内の一方の部材上に複数のボールを備え、該複数のボールが他方の部材を台座とするものを有し、

該ベース部材を該光学装置と回転整列させるための較正部材を受け入れるために該ベース部材に溝を配置したことを特徴とするシャックハルトマン波面センサ。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、各ボール台座はさらに、ドエルピン対を形成する、複数の間隔をあけて半径方向に伸びたドエルピンを備えたことを特徴とするセンサ。

【請求項 3】

請求項 2 において、さらに、各ドエルピン対間に配置された凹んだボールポケットをさらに含むことを特徴とするセンサ。

【請求項 4】

請求項 3 において、各ドエルピン対は、該ベース部材及び該係合部材の内の一方の部材の外側表面内に部分的に引っ込んで取り付けられており、各ボールが部分的に他方の部材

20

内に引っ込んで取り付けられることを特徴としたセンサ。

【請求項 5】

請求項 4 において、さらに、該ベース部材及び該係合部材のそれぞれに配置され、該ベース部材及び該係合部材と一緒に引き付ける複数の磁石を備えたことを特徴とするセンサ。

【請求項 6】

請求項 5 において、さらに、各ドエルピン対の周りに配置された一对の磁石を備えたことを特徴とするセンサ。

【請求項 7】

請求項 5 において、該ベース部材上の各磁石が同じ極性を有しており、該係合部材上の各磁石が該ベース部材の極性と反対の極性を有することを特徴とするセンサ。

10

【請求項 8】

請求項 6 において、該ベース部材上の少なくとも二つの磁石が反対の極性を有することを特徴するセンサ。

【請求項 9】

請求項 1 において、該光学装置が C C D (電荷結合素子) カメラであることを特徴としたセンサ。

【請求項 10】

請求項 1 において、該光学波面ディセクタが波面分割用のマイクロレンズアレイを備えたことを特徴とするセンサ。

20

【請求項 11】

請求項 1 において、さらに、該ベース部材及び該係合部材の一方の部材から外側に伸びる直交整列部材を備えたことを特徴とするセンサ。

【請求項 12】

請求項 11 において、さらに、該直交整列用部材を受け入れるようにした他方の部材において整列開口を備えたことを特徴とするセンサ。

【請求項 13】

請求項 1 において、該係合部材が、さらに、該ベース部材及び該係合部材が係合した時、該ベース部材から該係合部材を取り外すように使用される工具を収容するための工具アクセス (tool access) を備えたことを特徴とするセンサ。

30

【請求項 14】

請求項 1 において、該光学波面ディセクタが、該係合部材にさらに取り付けられる光学装置支持部に取り付けられていることを特徴としたセンサ。

【請求項 15】

a) 入力光波を分析するための第 1 の波面ディセクタ ;
b) 該分析された入力光波を受けるための光学装置 ;
c) 第 1 の波面ディセクタと該光学装置との間に規定された第 1 の光学特性 (characteristics) ; 及び

d) 少なくとももう一つの波面ディセクタであって、該入力光波を分析すると共に、該少なくとももう一つの波面ディセクタと該光学装置との間の第 2 の光学特性を規定するための該第 1 の波面ディセクタと交換可能なもの ; を有し、

40

e) 各波面ディセクタは、該光学装置上の取り外し可能な運動学的取付台に取り外し可能で運動学的に取付可能なものであり、

該取り外し可能な運動学的取付台は、該光学装置に取り付けられるベース部材及び該各波面ディセクタに取り付けられる係合部材を備え、さらに、該ベース部材及び該係合部材の内の一方の部材上に複数のボールを備え、該複数のボールが他方の部材を台座とするものであり、

該ベース部材を該光学装置と回転整列させるための較正部材を受け入れるために該ベース部材に溝を配置したことを特徴とするシャックハルトマン波面センサ。

【請求項 16】

50

請求項 15 において、該第 1 及び第 2 の光学特性が異なる焦点距離であることを特徴としたセンサ装置。

【請求項 17】

請求項 15 において、第 1 及び該少なくとももう一つの波面ディセクタが、それぞれ、レンズレットアレイを含み、該第 1 及び第 2 の光学特性が、各波面ディセクタと組み合わせられた各レンズレットアレイの異なったレンズピッチであることを特徴としたセンサ装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

関連出願とのクロスレファレンス

本出願は、その内容が参照される2009年7月20日付で提出された米国特許出願第61/226,821号に対して優先権を主張するものである。

【発明の技術分野】

【0002】

本発明は一般的にはセンサに関し、特に取り外し可能なレンズレットアレイ(lenslet array)を備えたシャックハルトマン(Shack Hartmann “SH”)波面センサに関するものである。さらに具体的には、本発明は、センサに対して波面ディセクタ(dissector)を取り外し可能に且つ置換可能に取り付けてディセクタがセンサに対して恒久的に位置固定されないようにすると共にディセクタとセンサと間の精密な相対的整列状態を維持し、組み合わせられたディセクタとセンサのための測定された波面の精度及び正確さが、センサに対してディセクタを恒久的に固定させる波面センサより劣化しないようにする手段に関するものである。

20

【背景技術】

【0003】

自由空間における物体は六つの独立した自由度、すなわち三つの並進自由度及び三つの回転自由度を有しており、全てデカルト座標系において通常定義されるものであり、この内の三つの並進自由度は、デカルト座標系の三つの直交軸に沿って生じ、また三つの角度自由度は同一の座標系の軸の周りの回転自由度として定義される。空間における物体の運動は、これらの座標の線形結合として説明することができる。一般に、各自由度は、物体上に点拘束(point restraint)を適切に配置することによって拘束することができる。ほぼ理想的な点拘束は、光学的に平坦である(0.25ミクロンより良い)、すなわち制約される物体に付けられる研磨されたサファイアプレートに押し付けられる高品質な硬化鋼ボールベアリングを用いて達成することができる。光学的機械(opto-mechanical)設計の分野では、「運動学的(kinematic)設計」の思想がよく知られており、そこでは設計者は、物体が自由空間において有する六つの自由度のそれぞれに対して唯一のほぼ理想的な制約を与えるように挑戦させられている。加えて、成功している運動学的な設計は、作られる構造とは比較的独立していると考えられているが、動く部品又は接合された部品間の運動学的なインタフェースを形成するために精密な硬化鋼ボールベアリング及び小さな光学的に研磨されたサファイアプレート等の安価な大量生産された部品を用いることに依存している。ジョン・エイチ・ムーア(John H. Moore)らによる本「科学的装置の構築(Building Scientific Apparatus)」では、運動学的な設計に合理的に近づくための詳細が記載されている(例えば第3アディクション(addition)の43頁、セクション1.6.1及び1.6.2を参照)。ここでは、著者は、結果として得られる装置が光学的な組立品の非常に過酷な用途(ここでは、光の波長のほんの一部の部品間の動きが装置の動作に有害となり得る)に用いることができるように運動学的な設計を如何に達成するかを説明している。その一例を、ムーアは図1.44に示しており、そこでは、二枚プレート運動学的装置が例示されており、この装置は、それらの二つのプレートが組み合わせられ且つ共に軽い負荷が掛けられた時、それらの間にはどんな異質な動きも示さないようにそれら二つのプレートが安定して協働できるように設計されている。多くの会社が、ムーアらによる原理的な思想に基づいて光学的機

30

40

50

械装置を販売しており、その一つとして、ニュージャージー州ニュートンのソルラプス社 (Thorlabs Inc) があり、その運動学的ベースプレート部品番号KB3X3がソルラプス製品カタログの第19巻に示されている。

【0004】

このKB3X3装置は、二部品装置の先端を再現可能に取り外したり差し替えたりした後の回転自由度においてマイクロ・ラジアンレベルでの再現性を与えるものとして広告されている。この装置の底部は、がっしりとした構造の、通常はソルラプス社でも販売されている光学テーブルにしっかりと固定されるようになっている。このソルラプス装置の典型的な用法は、ユーザにフレキシブルな光学系を組み立てさせることであり、その一つの用法としては、一つの実験装置から別の実験装置へ高い再現性をもって光学テーブル上にレーザービームを向け直すことである。この機能を達成するため、レーザービームパスに沿って配置されたKB3X3装置は、この例では既存の実験を想定すると、レーザービーム源の前に僅かな距離がある。運動学的なミラー取付台(mount)、例えばソルラプスKS1を適当なミラーと共に利用すると、このミラーは、光科学の分野でよく知られておりソルラプスからも提供されている光学的機械ホルダーを用いたKB3X3の頂部プレートに取り付けられている。ミラーがレーザービームを向け直すようにKB3X3にミラーが適切に一旦取り付けられると、ユーザはさらに、ビームを途切れないビームパスから十分離れて光学テーブルの不使用部分に偏向するためのミラー取付台制御を行うことになる。このようにしてユーザはKB3X3の頂部プレートをそのベース上に置くことにより二つの実験に利用できるレーザを得ることができ、ビームは、第二の実験を構築できる光学テーブルの不使用部分に対して所望のパスに精密に沿うように偏向させられる。そして、KB3X3の頂部プレートを取り外すことにより、偏向されていないビームがKB3X3を通して第一の用途に供するように自由に進む。

【0005】

種々の光学的器具は少なくとも一つの光学的素子を上述したような別の素子に対して精密に整列させる必要があり、この場合の整列状態の許容範囲が器具の測定値の正確さ及び精度を決める。このような器具の一例としてはSH波面センサがある。SH波面センサは、入射光フィールドをCCD(電荷結合素子)カメラ上に、例えばレンズレットアレイ又はマイクロレンズアレイを介して撮像することによって形成されるスポット(スポットフィールド)の位置及び強度を分析することによって光波面の形状及び強度分布を正確に測定することができるものである。十分な測定精度及び正確さを達成するためには、レンズレットアレイはCCDセンサに対して非常に精密に整列させなければならない。通常、このレンズレットアレイは、時間的に精密に整列させるため、CCDに対して恒久的に固定されている。これにより、主にマイクロレンズアレイのピッチ及びこのマイクロレンズアレイの有効焦点距離によって決定される最大波面スロープに測定値が制限されてしまう。ユーザに較正手順を実行させる必要がなく、他方、SHセンサの測定精度及び正確さを「固定した」マイクロレンズアレイで維持しながら、この技術分野におけるマイクロレンズアレイを変えることができればとてつもない利益となる。

【発明の開示】

【0006】

一実施例では、レンズレットアレイ等の一素子を、CCDアレイ又は他の光学的サブシステム等の第二の素子に対して再現可能に正確に位置決めし、一方の素子を取り外し且つ置換可能にすると共に六つの整列自由度を十分に維持しつつその後の整列又は較正を不必要にしたものが開示される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】センサ、中間プレート及び波面ディセクタプレートに取り付けられたベース取付プレートを含むCCD主体のSHセンサにおけるレンズレットアレイのための精密な取付台の一実施例を示す正面等角分解図である。

【0008】

【図2】図1の精密な取付台の実施例を示す背面等角分解図である。

【0009】

【図3】図1の精密取付台実施例において波面ディセクタプレートに中間プレートを取付けた正面等角部分分解図である。

【0010】

【図4】図3の精密取付台実施例の背面等角部分分解図である。

【0011】

【図5】ベース取付プレート、中間プレート及び波面ディセクタプレートを含むCCD主体のSHセンサ(センサは図示せず)におけるレンズレットアレイのための精密取付台実施例の正面等角分解図である。

【0012】

【図6】SHセンサ、複数のマイクロレンズアレイ及び工具を含むキットの一実施例を示したものである。

【0013】

【図7】組み立てられたSHセンサ装置の一実施例を示したものである。

【0014】

【図8】SH波面センサがどのように作動するかを示したものである。

【0015】

【図9】SH波面センサにおける波面歪とスポット変位を示したものである。

【好ましい実施例の詳細な説明】

【0016】

この説明は、現在企図する本発明を実施するための最良の形態を記載したものである。この説明は、限定された意味で理解されることを意図していないが、例示的な目的でのみ添付図面を参照して当業者が本発明の利点及び構造を分かるように提示された本発明の一例を与えるものである。図面においては、同じ参照記号は同じ又は同様の部分を示す。

【0017】

図1は、三つの個別のプレート、すなわちベース取付プレート1、中間プレート2及び波面ディセクタプレート3を備えた本発明のSHセンサ装置の一実施例を分解図で示したものである。ベース取付プレート1は、CCDセンサ等4に隣接して配置され好ましくは取り付けられるものであるが、好ましくは、三つの基準整列領域5(これらはそれぞれ一对の半径方向に配置され離隔され且つ好ましくは平行なドエルピン6を含む)を含んでいる。各平行なドエルピン対の機械的な軸は、各ドエルピン6の機械的な軸によって作られ且つ各ドエルピンの機械的な軸と等距離な面にあるものとして定義されている。この実施例におけるドエルピン6の機械的な軸は共通面にあり、各ドエルピン対の機械的な軸は等角度で配置されている。ドエルピン6は機械加工された溝7に押し込められ、その分離許容範囲は約0.001インチ(他の値も考慮されるが)内にあることが好ましく、またその深さはドエルピン軸がベースプレート1の表面8の下在所定距離にセットされてドエルピン6がしっかりと位置固定され接着剤又は他の機械的な締結具を必要としないようになっている。

【0018】

本実施例では、ベースプレート1における磁石9の対が、各ドエルピン対のそれぞれの側に一つの磁石9があるように配置されている。磁石9は、それらの磁極が同方向に配列されており且つ中間プレート2上で対向して配置された磁石10(図2及び図4)と引き付け合うように配向されている。整列ピン11は、ベースプレート1から外側に伸びて中間プレート2における整列穴12と合わさってベースプレート1を中間プレート2と係合させながら、確実に回転整列を行わせると共に、磁石9、10の相互作用によって後述するようにプレート1、2と一緒に引き付けるものである。別の実施例(図示せず)としては、中間プレート2とベースプレート1の回転整列は、磁石の磁極が例えばベースプレート1に沿って異なり、プレート1、2がプレート1、2の或る角度方向について同軸上で回転した状態でのみ係合するように磁石対9、10の磁極を操作することにより生じ、さもなければそれらのプレートは互いに係合せず及び/又は反発し合うようになる。

【0019】

図2は図1の構造を背面から見た等角図である。ポケット14(図1も参照)内に配置された三つの硬化されたボール13は、中間プレート2の係合(mating)面15上に位置し、ボール13の位置がベースプレート1上の基準整列領域5と対応するようになっている。ボール13は、好ましくは、製造用治具(manufacturing fixture)を用いてプレート2における精密に配置された取付穴又はポケット14に押し込められ、それらが係合面15から精密な距離だけ外側に出るようにすることが好ましい。他の実施例(図示せず)では、位置付けする前に一体化調整ねじを用いる等して各ボール位置を個々に調整することができる。これらの係合用ボール13及びドエルピン対6は、ベースプレート1及び中間プレート2が繰り返し係合し開放されることを可能にする運動学的な取付台座を形成し、これにより、プレート同士が係合する度に、一方のプレートの他方のプレートからの位置的变化が一つの係合から次の係合へ無視できるようになっている。加えて、本発明の配置実施例により、例えば、特定の環境又は動作条件に応じてディセクタとセンサとの間の距離を変化させることが望ましい場合には、センサに対するディセクタプレートをユーザが変動させ、変化させ、交換できるようにすることができる。このように、ユーザには、例えば、ここで述べるようにベースプレートと係合するように設計された中間プレート(例えば図3及び4に図示)にそれぞれ取り付けられた複数の交換可能なディセクタ取付台及びベースプレートに取り付けられた単一のセンサを備えた装置が提供できる。このような例においては、それぞれ交換可能なディセクタ取付台がベースプレートを用いて較正されることが望ましく、この場合、斯かる較正はメーカーの所在地において行われ得るものである。この較正中には、センサに対して焦点距離及びレンズ間距離(これらには限定されない)等のディセクタの種々の光学的なパラメータが測定されて保存され、これらのパラメータはディセクタに当たっている波面を計算するためにセンサデータを用いたソフトウェア・アプリケーションによって使用可能となる。

【0020】

三つの押し込められたドエルピン対6及び三つの硬化ボール13は運動学的な台座の一つの実施例であり、この場合、各ボールは、自由度毎に一つ、合計で六つの制約点に対して各ドエルピン対6と二つの接点を成している。ジョン・エイチ・ムーアらによる「科学的装置の構築」と題する本を参照。もちろん、図示の実施例ではベースプレート1上にドエルピン対6及び中間プレート2上に硬化ボール13が示されているが、場合によってはドエルピン対6を中間プレート2に設けてもよく、硬化ボール13をベースプレート1に設けてもよいことは理解できるであろう。或いは、ベースプレート1は、二つのプレート間の運動学的な取付関係が維持される限り、ドエルピン対とボールの混合体を有し、これが、中間プレート上の同様の混合体と協働して係合するようにしてもよい。さらには、本実施例に示す以外の種々の運動学的な構成として標準的な運動学的取付台も考えられ、この場合には一つのボールが円錐の又はピラミッド型の穴と接触し、別のボールがV型溝と接触し、三番目のボールが平坦表面上に静止することになる。

【0021】

ベースプレート1に対して位置的に中間プレート2を確実に保持するために、磁石9、10が最初に述べたように戦略上両プレートに取り付けられている。これらの磁石の大きさ及び強さは、係合したプレート同士が通常の操作及び使用中において互いに動かないように選択される。しかしながら、対向する磁石間の結合力は、ベースプレート1を中間プレート2から指の力だけでは取り外すことが出来ないほど十分強いことが好ましい。図1及び2に示す実施例では、中間プレート2に開けられた穴16は、プレート2、3に指を掛ける(finger purchase)ことが難しい範囲において、接合したプレート3及び2とベースプレート1との切り離しを助けるために例えばねじ等の工具(図示せず)を人が用いることができるようにするものである。より具体的には、中間プレート2においてねじを切った穴16等に対してプレート3を介してアクセスできるようにする波面ディセクタプレート3にスルーホール17を戦略上設ける。ねじ(図示せず)等の工具は、スルーホール17を介してねじを切った穴16に挿入され、その後、ねじを切った穴16と該工具との係合によりプレート2及び3をグリ

ップするためのハンドルとして機能し、さらには中間プレート2からベースプレートを分離するのを助けるレバーとして機能する。この工具は、プレート1、2を切り離した後に取り外すことができ、或いは別の装置(図示せず)においてベースプレート1又は異なるベースプレート(図示せず)とプレート2、3とを再係合させるためにねじを切った穴16に存在しても良い。さらに別の実施例(図示せず)においては、二つ以上の穴をプレート2、3に配置し、プレート1、2の切り離しを助けるようにしてもよい。

【0022】

中間プレート2及び波面ディセクタプレート3はベースプレート1から分離して揃えられている。精密製造用治具を用いて図3及び4に示すようにプレート2及び3を恒久的にくっ付ける。

【0023】

図1乃至4の実施例においては、接着剤又は他の既知の手段を用いて波面ディセクタ18をプレート3に恒久的に取り付けてディセクタ取付台に対するディセクタ18を適切に整列させることが好ましい。プレート3は、波面ディセクタ18(本実施例では、四角く特定されている)が四角い井戸(well)19に腰掛けるように設計されている。中間プレート2及びディセクタプレート3はベースプレート1から分かれて配列されている。より具体的には、精密製造用治具を用いてプレート2及び3と一緒に恒久的にくっ付けるようにしている。

【0024】

製造用治具の設計及び組立により、取り外し可能な部分組立品(素子2、10、13、3、18)の組立品をベースプレート部分組立品(素子1、6、9、11)と適切に係合させるのに大きく貢献する。一つの製造用治具を用いて、センサ4に対してドエルピン6の機械的な軸を含む面として定義されるベースプレート部分組立品の基準面の六つの自由度を精密に合わせてそれを維持すると共にセンサとベースプレート部分組立品が恒久的にくっ付けられる。別の製造用治具を用いて、波面ディセクタ18の表面に対する、各ボール13の中心によって形成される面として定義される、取り外し可能な部分組立品の基準面を整列し設定すると共に各ボール13の向きに対して波面ディセクタ18の角度調整を行う。

【0025】

或いは、係合面の絶対的な整列が必要ない場合には、CCDアレイ等のセンサ4に対するベースプレート1の精密な6軸整列は一回の回転調整に簡素化でき、ディセクタプレート3は、中間プレート2が、製造用治具を用いてベースプレート1と既に係合させられている時に整列することになる。

【0026】

図1乃至4の実施例においては、ベースプレート1は、CCDアレイ等のセンサ4に恒久的に取り付けることが好ましい。これは、接着剤又は当該技術で知られた他の手段を使用して行うことができる。図5は、図1の構造の一実施例を示しており、この場合、センサは図示されていないがベースプレート1に取り付けられる。図5の実施例において整列ピン11の真下を示された(この位置は重要ではない)溝20は、ベースプレート1に取り付ける前のセンサ4(図5では示されていない)に対してベースプレート1を整列させるために用いられる。ロッド(図示せず)又は例えば他の直線素子を溝20にセットしてセンサ4に影を落とす(cast a shadow)ようにしてもよく、これによってセンサ4で能動的に検出することができる。CCDセンサの場合には、ロッド又は他の直線素子の影がセンサの行又は列に対して揃い、以てベースプレート1の微細な回転整列をセンサ4に対して行うことができるようにベースプレート1に溝20を設計することになる。また、この溝20は、利用した直線素子が整列領域5の邪魔をしないようにベースプレート1上に位置付けることが好ましい。

【0027】

このように、ここに記載するものは、CCDセンサ等のセンサ4の前に、レンズレットアレイ18等の波面ディセクタを精密に位置決めするための手段の一実施例である。この位置決め手段は、六つの整列調整度合い、すなわちボール13を用いることによる(センサ面において)二つの横切った整列、ボール形状及びピン対内のドエルピンの相対方向を用いることによる(センサに直交の)垂直整列、ボールとドエルピン対との相互作用によるセンサに

10

20

30

40

50

直交した軸の周りの回転整列、及び再びボールとドエルピン対との相互作用による前の(prior)回転軸にそれぞれが直交した二つの直交軸の周りの回転整列、に対応するものである。加えてこの位置決め手段はセンサに対してディセクタを恒久的に取り付けるものではなく、その代わりにディセクタを、ユーザが他のディセクタと置換又は交換できるようにすると共に、センサに対して一体化されたディセクタの位置を精密に保持させることができ、以って波面測定値の精度及び正確さが、センサに対してディセクタを恒久的に取り付ける波面センサで得られる測定値と比較して劣化しないようにしている。

【 0 0 2 8 】

図6は、センサ36(例えばCCDカメラ等)と組み合わされるベースプレート34と、中間プレート44と、例えば波面ディセクタプレート42に収容されたマイクロレンズアレイ等の波面ディセクタ40によって形成されたSHセンサ装置32を含むキット30の一実施例を示している。追加された波面ディセクタ50及び60は、例えば、キット30内に設けることができ及び/又はSHセンサ装置32と共に用いられるために別途販売されており、各波面ディセクタは、SHセンサ装置32と組み合わされると、焦点距離又はレンズピッチ(これらに限定されるものではない)を含むセンサ36に対して異なった光学的な特性を呈し得るものである。例えば、波面ディセクタ50は中間プレート54からさらに離れて配置されており、このプレート54は中間プレート44に対する波面ディセクタ40の位置と比較してベースプレート34と係合しており、従って波面ディセクタ50は波面ディセクタ40又は60の焦点距離と比較してより大きな焦点距離を呈する。同様に、波面ディセクタ40及び60は同じ焦点距離を有し得るが、一方の波面ディセクタが異なるレンズピッチを有していればよい。従って、与えられた環境又は用途において有益となるいろいろな光学的な特性又は特徴を示す種々の波面ディセクタを設けることができる。

【 0 0 2 9 】

また、図6のキット30に設けられているのは、工具(tool)70であり、これは種々のマイクロレンズアレイ40、50、及び60とベースプレート34との係合及び着脱を助ける係合端72を持っている。特に、工具70の係合端72は、波面ディセクタ40、50、及び60とそれぞれ組み合わされた中間プレート44、54、及び64に設けられた開口46、56、及び66としっかりと係合可能になっており、装置32の正面に設けた取付台38を介して中間プレートと斯かる波面ディセクタを誘導するものである(例えば図1及び図3に示されるスルーホール16及び17と工具との係合の説明も参照)。図7は、ベースプレート34に取り付けられた波面ディセクタ40及びディセクタプレート42を有するSHセンサ装置32を示している。取付台38は好ましくは、ねじが切ってあってフィルタ(図示せず)を収容し、センサ36及びレンズチューブに設けたセンサピクセルの飽和を防ぐようにし、光の拡散を減少させ、さらに追加的な光学素子(図示せず)の搭載を可能にしている。マイクロレンズアレイ等の波面ディセクタを交換することにより、空間解像度(レンズレットピッチ)、焦点距離、波面感度及びダイナミックレンジの観点から異なる波面センサ仕様を必要とするいろいろな用途に対して経済的な切替(switching)を可能にしている。波面ディセクタプレートに搭載された各マイクロレンズアレイは同じベースプレート34及び36と結合させることができる。一例としては、一つのマイクロレンズアレイにクロムマスクマイクロレンズアレイを含むことができ、これにより光がマイクロレンズ間を通るのを防いでいる。このクロムマスクはマイクロレンズアレイの表面からの後方反射の強度をかなり増加させるが、広い動作波長範囲(300-1100nm)に渡って用いることができる。他のマイクロレンズアレイとしてはAR皮覆した400-900nmのものでよく、後方反射に敏感な用途に適している。他のマイクロレンズアレイも可能である。各マイクロレンズアレイはディセクタプレートに予め取り付けことができ且つセンサに対して校正することができ、或いは取り付けなくてもよいが、ディセクタプレートへの取り付け且つセンサに対する校正を必要とする。

【 0 0 3 0 】

図8及び9は、SHセンサに関する一般的な機能原理を示したもので、このSHセンサは基本的にはCCDカメラ等の光学センサから成っておりマイクロレンズアレイがそのセンサチップの前の一定の距離に搭載されている。各マイクロレンズはセンサに対してスポットを生

成するが、このスポットの中心位置はレンズ面積の前の波面勾配に依存している。レンズアレイの各マイクロレンズはその開口部に注がれる光を集めて、レンズレットの後方の焦点距離に位置するディセクタプレーン(CCDカメラ)上に単一のスポットを生成する。このスポットの位置は、発射された(launched)波面が平面でありレンズレットの面に対して平行である場合にのみ、光学軸又は各レンズに関しレンズの後方でまっすぐである。これらは基準スポット位置(Reference Spot Positions)又は基準スポットフィールド(Reference Spotfield)と称される。しかしながら、通常の場合、現在のスポット位置はX及び/又はY方向において外れており、すなわち各スポットは、角度 によって分離されるそれに組み合わされたマイクロレンズの光学軸Zから離れていることになる。

【0031】

10

図9に関して示し得ることは、これが、基準波面に対する同一の平均角度 による入射波面によって生じるということである。

$$\tan \theta = z / y = y / f_{ML}$$

【0032】

$W(x, y)$ が波面の形状を記述する時、そのx及びyに対する空間的な変位がスポットシフトx及び yによってそれぞれ決定され、さらにマイクロレンズ f_{ML} の焦点距離に通常相当するマイクロレンズ端検出器間の距離によっても決定される。

$$\theta_x \cdot W(x, y) = x / f_{ML} \quad \theta_y \cdot W(x, y) = y / f_{ML}$$

【0033】

スポット偏差 x及び yは、全ての検出可能なスポットの中心座標を計算しその後対応する基準座標を引き算することによって決定される。これらのスポット偏差は、波面 $W(x, y)$ を与える二次元積分手順内で積分される。

20

【0034】

本発明を、一定の長さ、及びいくつかの実施例について特に説明したが、本発明はこのような特定事項又は実施例或いは特定の実施例に限定されることを意図するものではなく、先行技術を考慮して特許請求の範囲が最も広い可能な解釈がなされるように、従って本発明の意図する範囲が有効に含まれるように特許請求の範囲が解釈されるべきである。さらに、上記は、目下予見されていない本発明の不十分な変更がそれでもなおそれと等価なものを示すにもかかわらず、可能な記載が利用された本発明によって予見された実施例によって本発明を説明したものである。

30

【図 1】

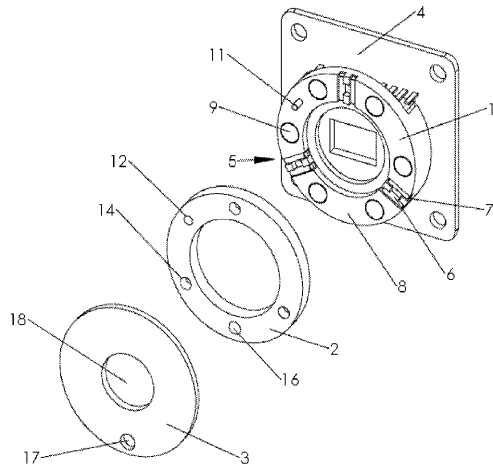


FIG. 1

【図 2】

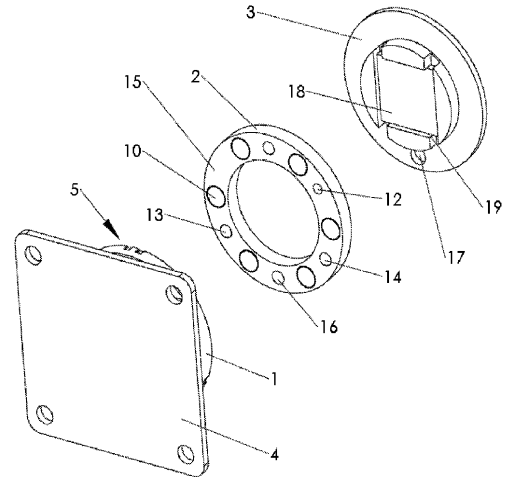


FIG. 2

【図 3】

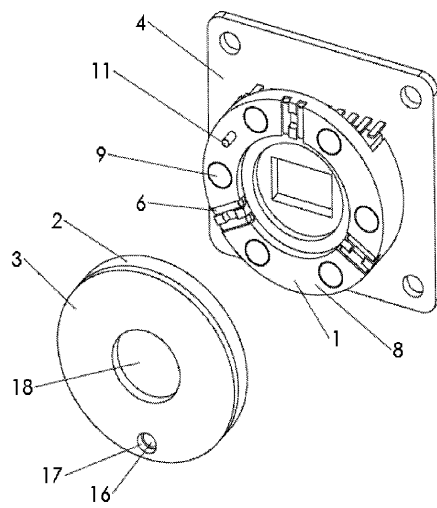


FIG. 3

【図 4】

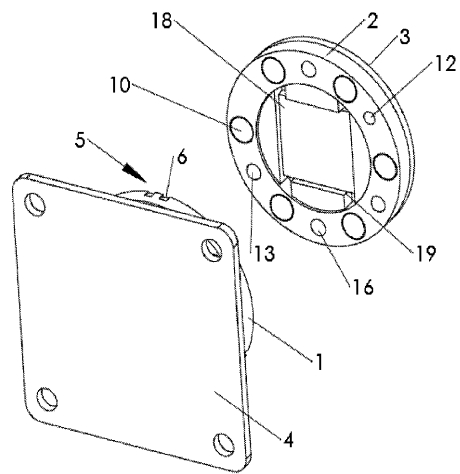


FIG. 4

【図 5】

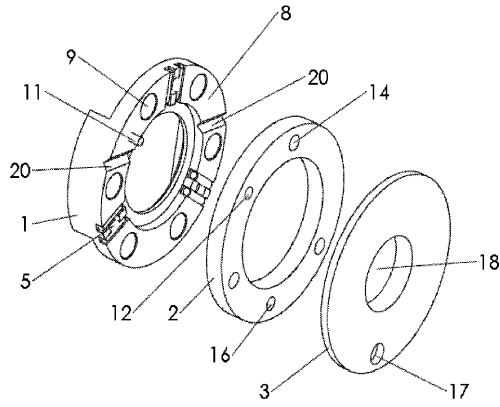


FIG. 5

【図 6】

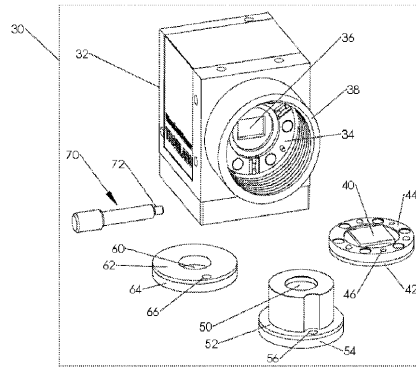


FIG. 6

【図 7】

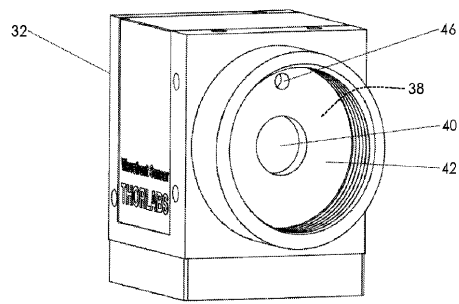


FIG. 7

【図 8】

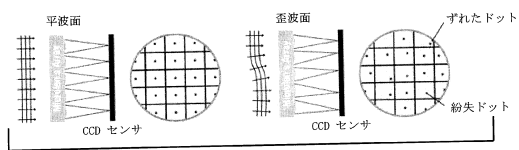


図 8

【図 9】

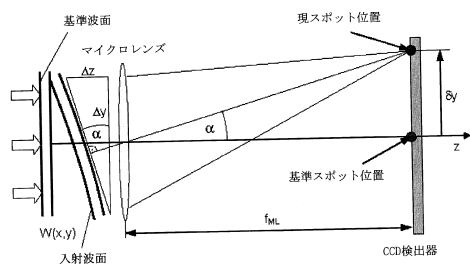


図 9

フロントページの続き

- (74)代理人 100117776
弁理士 武井 義一
- (74)代理人 100188329
弁理士 田村 義行
- (74)代理人 100188514
弁理士 松岡 隆裕
- (74)代理人 100194939
弁理士 別所 公博
- (74)代理人 100090011
弁理士 茂泉 修司
- (72)発明者 アレックス イー ケーブル
アメリカ合衆国 07860 ニュージャージー州 ニュートン ルート206 ノース 435
ソルラプス、インコーポレイテッド内
- (72)発明者 エグバート クラウス
アメリカ合衆国 07860 ニュージャージー州 ニュートン ルート206 ノース 435
ソルラプス、インコーポレイテッド内
- (72)発明者 ジョン タラント
アメリカ合衆国 07860 ニュージャージー州 ニュートン ルート206 ノース 435
ソルラプス、インコーポレイテッド内

審査官 横尾 雅一

- (56)参考文献 特表平11-500833(JP,A)
特開2002-148500(JP,A)
特開2007-279396(JP,A)
“Tools of the Trade”, Thorlabs Catalogue, Thorlabs, 2006年, Vol.18, p.82, URL
, http://pdf.directindustry.com/pdf/thorlabs/tools-of-the-trade-vol-q8/36188-16609-_96.html

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 9/00
G02B 9/02
G01B 11/00 - 11/30
G01M 11/00 - 11/02
G02B 7/00 - 7/105
G02B 7/20 - 7/24