

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4680202号
(P4680202)

(45) 発行日 平成23年5月11日(2011.5.11)

(24) 登録日 平成23年2月10日(2011.2.10)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 B 17/08 (2006.01) G 0 2 B 17/08 Z

請求項の数 22 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-541683 (P2006-541683) (86) (22) 出願日 平成16年11月24日(2004.11.24) (65) 公表番号 特表2007-512580 (P2007-512580A) (43) 公表日 平成19年5月17日(2007.5.17) (86) 国際出願番号 PCT/US2004/039444 (87) 国際公開番号 W02005/052667 (87) 国際公開日 平成17年6月9日(2005.6.9) 審査請求日 平成19年8月6日(2007.8.6) (31) 優先権主張番号 10/721,194 (32) 優先日 平成15年11月24日(2003.11.24) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 506213245 エレクトロニック・スクリプティング・ブ ロダクツ・インコーポレイテッド ELECTRONIC SCRIPTIN G PRODUCTS, INC. アメリカ合衆国カリフォルニア州9430 1-1704・パロアルト・ナンバー14 2・ブライアントストリート 555 (74) 代理人 100089266 弁理士 大島 陽一 (72) 発明者 マンデラ、マイケル・ジェイ アメリカ合衆国カリフォルニア州9512 3・サンノゼ・サンリッジレーン 379 審査官 瀬川 勝久 最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 単一視点の中実反射屈折レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光軸上に単一視点を有する中実反射屈折レンズであって、
 a) 前記光軸上でかつ前記レンズ内にセンターCを有する球面屈折面と、
 b) 前記球面屈折面と対向し、前記センターCと一致する第1焦点F1を有し、これにより前記センターCが前記単一視点となる楕円反射面と、
 c) 前記楕円反射面に対向し、前記単一視点を通過する光を整形する整形面とを含むことを特徴とする中実反射屈折レンズ。

【請求項2】

前記整形面は屈折的整形面であり、当該中実反射屈折レンズは前記単一視点を実施するための開口をさらに含むことを特徴とする、請求項1に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項3】

前記開口は前記楕円反射面の第2焦点F2に位置することを特徴とする、請求項2に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項4】

前記第2焦点F2は、前記光軸上にあつて、実質的に前記屈折的整形面にあることを特徴とする、請求項3に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項5】

第2前記焦点F2は、前記光軸上にあつて、当該中実反射屈折レンズの内部にあることを特徴とする、請求項3に記載の中実反射屈折レンズ。

10

20

【請求項 6】

前記屈折的整形面は、隋円体の屈折的整形面であることを特徴とする、請求項 2 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 7】

前記隋円体の屈折的整形面は、第 2 前記焦点 F_2 と一致する第 1 焦点 F_1' を有することを特徴とする、請求項 6 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 8】

前記隋円体の屈折的整形面は、前記楕円反射面の円錐定数 K_1 と等しい円錐定数 K_2 を有することを特徴とする、請求項 7 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 9】

前記整形面は反射的整形面であり、当該中実反射屈折レンズは、前記単一視点を実施するための開口をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の中実反射屈折レンズ。

10

【請求項 10】

前記開口は前記楕円反射面に位置することを特徴とする、請求項 9 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 11】

前記開口は前記楕円反射面の後方に位置することを特徴とする、請求項 9 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 12】

前記反射的整形面は、第 2 隋円体の反射的整形面であることを特徴とする、請求項 9 に記載の中実反射屈折レンズ。

20

【請求項 13】

前記第 2 隋円体の反射的整形面は、前記第 2 焦点 F_2 と一致する第 1 焦点 F_1' を有することを特徴とする、請求項 12 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 14】

前記第 2 隋円体の反射的整形面は、前記楕円反射面の円錐定数 K_1 と等しい円錐定数 K_2 を有することを特徴とする、請求項 12 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 15】

一様な光学材料からなることを特徴とする、請求項 1 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 16】

前記整形面は半透明の整形面であることを特徴とする、請求項 1 に記載の中実反射屈折レンズ。

30

【請求項 17】

前記整形面は、平坦な整形面、隋円体の整形面、および放物面の整形面から成る群から選択されることを特徴とする、請求項 1 に記載の中実反射屈折レンズ。

【請求項 18】

光軸を有する中実反射屈折レンズを有する単一視点ビジョンシステムであって、前記中実反射屈折レンズは、

a) 前記光軸上でかつ前記レンズ内にセンター C を有する球面屈折面と、

b) 前記球面屈折面と対向し、前記センター C と一致する第 1 焦点 F_1 を有し、これにより、前記センター C は前記単一視点となる楕円反射面と、

40

c) 前記楕円反射面に対向し、前記単一視点を通過する光を整形する整形面とを含むことを特徴とする単一視点ビジョンシステム。

【請求項 19】

前記光を通す光リレーをさらに含むことを特徴とする、請求項 18 の単一視点ビジョンシステム。

【請求項 20】

前記整形面は、反射的整形面、屈折的整形面、および半透明の整形面から成る群から選択されることを特徴とする、請求項 18 の単一視点ビジョンシステム。

【請求項 21】

50

前記整形面は、平坦な整形面、隋円体の整形面、および放物面の整形面から成る群から選択されることを特徴とする、請求項 18 の単一視点ビジョンシステム。

【請求項 22】

走査装置、撮像要素、および表示装置から成る群から選択される要素をさらに含むことを特徴とする、請求項 18 の単一視点ビジョンシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単一視点 (a single viewpoint) が必要となるビジョンやイメージングなどのアプリケーション用レンズに関し、特に、単一視点を有する反射屈折レンズに関連する

10

【背景技術】

【0002】

移動量 (ego-motion) の推定や追跡などのコンピュータビジョンにおけるアプリケーションは、大きな視野を映像化することを必要とする場合がある。また、イメージングシステムから得られたパノラマ画像から幾何学的に正しい透視映像を作り出すためには、イメージングシステムが単一視点であることが望ましい。単一の、そして固定された視点の制約は、イメージングシステムが三次元空間における単一ポイントを通過する光を捕らえることを必要とし、その結果、このポイントで 5 次元の plenoptic function を抽出する (これは、有効な視点として知られている)。このようなイメージングシステムは湾曲したミ

20

【0003】

多くの広視野光学は、視野の不明瞭化を犠牲にして高品質の映像を作り出すために対向するミラーを使用する。このようなタイプの従来技術による光学システム 10 の簡単な例を図 1 に示す。システム 10 は、光軸 16 上に配置された 2 つの対向するミラー 12, 14 を有する。ミラー 14 は、光景 20 から光を受けて、ミラー 12 へ反射する。ミラー 12 は、光がミラー 14 中央の開口 18 を通過するように、光をミラー 14 へ反射して、スクリーン 24 に光景 20 の映像 22 を映し出す。

30

【0004】

ミラー 12 はミラー 14 によって見られた視野の円錐形をした中央部分 26 を不明瞭にする。この不明瞭化の結果は、映像 22 中の影 28 である。映像化するためには、光景 20 から来る光は、円錐 26 の角度より大きな角度でミラー 14 に入射しなければならず、例えば、軸 16 に対して入射角 θ_i で入射する。

【0005】

従来技術には上記原則を用いた望遠鏡や他のシステムに関する教示が含まれている。例えば、Sigler の米国特許第 5,089,910 号は、第 1 鏡または主鏡が aspheric である 2 つの鏡を備えた反射屈折ズームリレー望遠鏡を教示し、Sinclair 他 の米国特許第 5,940,222 号は、これらの同じ原則を用いた反射屈折ズームレンズアセンブリを教示し

40

【0006】

ロボットビジョンやパノラマ映像化などのいくつかのアプリケーションは、光学システムが単一視野 (single point of view) または単一視点 (single viewpoint) を持つことを必要とする。この条件は、光学システムがその視野にある対象物の透視図を作り出すことを可能にする。使用目的によっては、単一視点から映像化される視野の大きさを最大にすることがさらに望まれる。

【0007】

単一のシステムで上記条件のすべてを満たすことは困難である。通常、反射屈折ズームリレー望遠鏡およびレンズアセンブリは、小さな視野に制限され、その多くは単一視点を

50

有さない。事実、多くの高品質システムは、例えば、米国特許第 6, 412, 961 で Hicks が教示するように、軸上の優れた性能を提供するが、本質的に単一視点ではない。パウエルの米国特許第 5, 473, 474 号は、大きな視野を映像化するパノラマレンズを教示するが、単一視点を欠いている。さらに米国特許第 5, 854, 713 号には、対向するミラーの構成を用いた別のアプローチが黒田他によって教示されている。この特許には反射タイプの画角を変える光学機器について記述されているが、これもまた単一視点を欠く。さらなる関心は米国特許第 6, 449, 103 号に示されたチャールズの反射屈折システムである。さらなる関心としては、放物面反射鏡の使用を教示する米国特許第 4, 566, 763 号と、双曲線の反射鏡の使用を教示する米国出願第 2003-0142203 号とが含まれる。

10

【0008】

従来技術は単一視点を有するいくつかのシステムを教示している。例えば、Rees の米国特許第 3, 505, 465 号は、テレビ、または例えばビデオカメラで作られされたビデオ画像などの映像を見ている人に単一視点システムを作り出すために双曲線のミラーを使用する方法を明らかにしている。最近では、Nayar の特許第 5, 760, 826 号および第 6, 118, 474 号は、焦点が単一視点と一致する実質的に放物面状をした反射鏡を備えた、光景を映像化するイメージング装置について記述している。イメージング装置は、放物面状の反射鏡によって正投影に反射されない電磁放射の主光線を除去する放物面状の反射鏡と光学的に結合するテレセントリック手段を有している。

20

【0009】

残念ながら従来技術の教示のいずれも、大きな視野に渡って配置された対象物のパノラマ映像または透視図を必要とするビジョンシステムで使用することができる、十分コンパクトで、有用であり、あるいは製造が容易な単一視点レンズを提供していない。

【0010】

《目的と効果》

上記観点から、単一視点の大きな視野を備え、コンパクトであり、有用であり、頑丈であり、そして製造が容易な反射屈折レンズを提供することを本発明の目的とする。特に、パノラマ映像を必要とするようなビジョンシステムで使用することができる単一視点反射屈折レンズを提供することが本発明の目的である。

【0011】

本発明のこれら目的または他の目的および効果は、後述の記載により明らかになるであろう。

30

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の目的と効果は単一視野または単一視点を備えた中実反射屈折レンズによって達成されている。レンズは、光軸と、光軸上にセンター C を備えた球面屈折面とを有し、楕円反射面の第 1 焦点 F_1 が球面屈折面のセンター C と一致するように配置された球面屈折面に対向する楕円反射面を有する。レンズの単一視点は球面反射面のセンター C にあり、さらに、レンズは、単一視点を通過する光を整形するための楕円反射面に対向する整形面を有する。

40

【0013】

1 組の実施形態では、整形面は屈折的整形面であり、レンズはセンター C で単一視点を実施する開口を有する。開口は楕円反射面の第 2 焦点 F_2 に位置する。楕円反射面の第 2 焦点 F_2 が、第 1 焦点 F_1 のように光軸上になるように、レンズは構成されている。

【0014】

整形面が屈折的整形面である実施形態では、第 2 焦点 F_2 は屈折的整形面の近く、または屈折的整形面上に位置する。屈折的整形面を用いる他の実施形態では、第 2 焦点 F_2 はレンズの内部にある。屈折的整形面はさまざまな形に想定することができるが、望ましくは隋円体であり、その結果、隋円体の屈折的整形面を形成する。また、光を整形するため

50

に、隋円体の屈折的整形面は楕円反射面の第2焦点 F_2 と一致する第1焦点 F_1' を有することが望ましい。また、ある実施形態では、隋円体の屈折的整形面が楕円反射面の円錐定数 K_1 と等しい円錐定数 K_2 を有することが好適である。

【0015】

他の1組の実施形態では、整形面は反射面であり、開口は単一視点を実施するのに用いられる。例えばこの組のある実施形態では、開口は楕円反射面上に位置する。変更実施形態では、開口は楕円反射面の後方に位置する。一方、光を整形するために望ましくは、反射面は第2隋円体の反射的整形面である。さらに、ある特定の実施形態では、第2隋円体の反射的整形面は、楕円反射面の第2焦点 F_2 と一致する第1焦点 F_1' を有する。ある特定の実施形態では、第2隋円体の反射的整形面は、楕円反射面の円錐定数 K_1 と等しい円錐定数 K_2 を有する。

10

【0016】

整形面が光屈折性であるか、または光反射性であるかにかかわらず、円すい曲線を含む様々な形状を想定できることに注意されたい。代わりに、整形面は平坦であってもよい。さらに、整形面は光屈折性または光反射性である必要はなく、準透明であってもよい。

【0017】

中実反射屈折レンズは指数 n の光学材料から作られることが望ましい。好適な材料には、ガラス、プラスチック、およびその他の周知の光学材料が含まれる。

【0018】

本発明はさらに単一視点ビジョンシステムを提供する。ビジョンシステムは単一視点を通過する光を整形するための中実反射屈折レンズを用いる。光を映し出すこと、或いはスキヤニングやイメージングなどの機能のために光を集めることにそれぞれビジョンシステムを使用できることに注意されたい。レンズがイメージングに使用される実施形態では、イメージングユニットまたは映像面のスクリーンに光を映像化する撮像要素を提供してもよい。スキヤンアプリケーションには、スキヤン配列が提供される。

20

【0019】

ある実施形態では、レンズからアプリケーションへ光を通すために光リレーが用いられる。例えば、レンズがイメージングビジョンシステムに配備される場合には、光を映像面へ通すために光リレーを使用してもよい。スキヤンビジョンシステムでは、スキヤン要素(例えば、レンズへのスキヤンミラー)から光を出すために光リレーを使用してもよい。

30

【0020】

本発明の詳細は、添付の図面を参照しながら発明を実施するための最良の形態において詳細に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明は、図2に横断面図で示すような単一視点の中実反射屈折レンズ30の実施形態を最初に参照することによって最も良く理解されよう。レンズ30は光軸32を有し、望ましくは、指数 n の光学材料で作られている。光学材料は、一様であり、実質的に指数 n にバリエーションはないか、或いはほとんどない。好適材料はガラスおよびプラスチックを含むモールド整形可能なプラスチックや他の光学材料のようなものである。

40

【0022】

レンズ30は、光軸32上にセンターCがある球面屈折面34を有する。センターCへの光36の伝播、およびセンターCからの光36'の伝播は、通常の入射で球面屈折面34を横切る。球面屈折面34は、レンズ30が光36を集めて、レンズ30が光36'を投影する立体角を確定する。

【0023】

レンズ30は、球面屈折面34に対向する楕円反射面38を有する。この実施形態で示すように、ミラー・コーティングまたはフィルム40をそれに提供することによって、または他の手段によって、楕円反射面38を光反射性にすることができる。楕円反射面38は、点線38'で示すように、正確な楕円を回転することによって作成される。光軸32

50

に対して楕円 38' を回転することによって、明確に表面 38 が画定される。表面 38 は、第 1 焦点 F_1 が光軸 32 上の球面屈折面 34 のセンター C と一致するように配向される。表面 38 によって画定された第 2 焦点 F_2 も、光軸 32 上のレンズ 30 の内部にある。

【0024】

レンズ 30 は、センター C を通過する光 36、36' を整形する楕円反射面 38 に対向する整形面 42 を有する。事実、センター C は、レンズ 30 の視点 (the point of view) または視点 (viewpoint) である。センター C がレンズ 30 の唯一の視点となることを確保するために、開口 44 が提供される。言い換えれば、開口 44 はレンズ 30 の単一視点を実施する。望ましくは、開口 44 はレンズ 30 の光学材料に埋め込まれていて、第 2 焦点 F_2 にピンホールまたは絞りを有する物によって形成される。代わりに、開口 44 はレンズ 30 の光学材料の非透明部分に画定される。当業者であれば、開口 44 を画定する多くの代替案があることを理解されよう。

10

【0025】

整形面 42 は、どんな形もしてもよく、所定のアプリケーションに合わせて光 36、36' を整形するために適切であるように、開口 44 をも含むどの位置に配置されてもよい。本実施形態整形では、表面 42 はレンズ 30 の内外に光を通す 36、36' 屈折的整形面である。事実、屈折的整形面 42 は、点線で示す正確な楕円 42' を光軸 32 に対して回転することによって成形された隋円体の屈折的整形面である。光を整形するために、隋円体の屈折的整形面 42 は、表面 38 によって規定される第 2 焦点 F_2' と一致する第 1 焦点 F_1' と、レンズ 30 内部の光軸 32 上の第 2 焦点 F_2' とを有することが好ましい。

20

$$K_2 = -\frac{1}{n^2 r}$$

ここで、 n は光学材料の指数である。これら状況下で、立体角 に渡ってレンズ 30 に入射する光 36 は、光軸 32 に実質的に平行な方向で表面 42 を通ってレンズ 30 から出現する。本実施形態のように、表面 38 の円錐定数 K_1 を円錐定数 K_2 に等しく設定することも可能である。

【0026】

プレート 46 はレンズ 30 の前に配置される。レンズ 30 が光軸 32 に対する入射角 θ_i でやって来る光 36 を集めると、プレート 46 は、その上に光 36 を映し出すスクリーンであればよい。この態様では、レンズ 30 をイメージングに用いることができる。代わりに、プレート 46 は、光軸 32 と実質的に平行な光 36' をレンズ 30 に放つ。この態様では、レンズ 30 は、光 36' を立体角 に映し出し、映像を映し出すのに使用することができる。

30

【0027】

広い視野をイメージングするレンズ 30 の操作について、図 3 の横断面図を参照して説明する。視野は、レンズ 30 が光 36 を集める立体角 によって確定される。角度 が光軸 32 に対して左右対称であることに注意されたい。

【0028】

レンズ 30 は、センター C の単一視点が対象平面 48 上方の高さ h になるように配置される。複数の対象ポイント P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 は、対象平面 48 上に位置する (ポイント P_3 および P_4 は平面 48 上の光軸 32 から遠く離れている)。光 36 は、対象平面 48 から発して、光束 50、52、54 および 56 となってレンズ 30 に伝播される。ポイント P_1 は、光束 50 の発散が最小入射角 θ_{min} でレンズ 30 に入射するような視野の一方の端部にある。ポイント P_4 は、光束 56 の発散が最大入射角 θ_{max} でレンズ 30 に入射するような視野の他方の端部にある。レンズ 30 の設計は最大入射角 θ_{max} をおよそ 90° とすることを可能にしている。光束 50、56 は、それらがレンズ 30 の視野を画定することを示すように点線で描かれている。

40

【0029】

50

光束 50, … 56 は、球面屈折面 34 を通ってレンズ 30 に入射する。次にそれらはセンター C で単一視点を通過して、反射的隋円面 38 に伝播する。表面 38 で光束 50, … 56 は、隋円体の屈折的整形面 42 へ反射される。開口 44 は、球面屈折面 34 を通って入射するがセンター C で単一視点を通過しない光をブロックすると同時に、光束 50, … 56 を隋円体の屈折的整形面 42 に伝播させ続けることによって、単一視点を実施する。

【0030】

表面 38 および 42 の円錐定数 K_1 および K_2 は等しく、 $K_1 = K_2 = -1/n_2$ であり、焦点 F_2 および F_1' が一致するので、光束 50, … 56 の光 36 は、レンズ 30 を出るとき、光軸 32 に実質的に平行となる。光束 50, … 56 がさらなる光の整形を必要とせず、映像面 46 に映し出されるため、望ましいタイプの整形である。その結果、対象平面 48 上のポイント $P_1, … P_4$ は、映像面 46 上の対応する像点 $P_1^I, … P_4^I$ に映し出される。

10

【0031】

レンズ 30 の効果的な特徴は、等しい角度の間隔または画角で屈折面 34 上に衝突する光束 50, … 56 が、隋円体の屈折的整形面 42 を出るときに、光軸 32 からの距離について実質的に線形に写像されることである。これは、等しい画角の対象ポイント $P_1, … P_4$ が映像面 46 で互いから実質的に等しい離隔で像点 $P_1^I, … P_4^I$ に写像されることを意味する。画角と映像面 46 における光軸からの距離との間の実質的に線形の写像は、多くのイメージングアプリケーションに有用であり、時に f - (f - imaging) と呼ばれる。

20

【0032】

図 4 は単一視点反射屈折レンズ 60 の他の実施形態の横断面図である。レンズ 60 は、指数 n のモールド成形プラスチックで作られており、光軸 64 上にセンター C がある球面屈折面 62 を有する。表面 62 は楕円反射面 66 に対向している。2つの表面は、表面 66 によって決定された第 1 焦点 F_1 がセンター C と一致するように配置される。整形面 68 は表面 66 に対向している。この実施形態では、整形面 68 は、光反射性であって、放物面形状を呈しており、その結果、放物面の反射的整形面を形成する。表面 68 は光軸 64 上にある単焦点 F_1' によって決定される。さらに、焦点 F_1' は表面 66 の第 2 焦点 F_2 と一致する。この実施形態では、表面 66, 68 の円錐定数 K_1, K_2 は等しくはない。

30

【0033】

レンズ 60 はセンター C で単一視点を実施する開口 70 を有する。光は放物面の反射的整形面 68 を通過できないため、開口は対向する表面 66 に位置する。本実施形態では、開口 70 は隋円体の反射面 66 内、または反射面 66 上に規定される。例えば、開口 70 はミラー・コーティングまたはフィルムで覆われた表面 66 のピンホールである。代わりに、開口 70 を表面 66 の後方、または開口の前方に置いてよい。

【0034】

発光体 36' の投影ユニット 72 は、表面 66 の後方であって光軸 64 の中心に置かれる。ユニット 72 は発光体列であってよく、ここでは光 36' を角度 θ で示された視野を映し出すレンズ 60 のアプリケーションを示すために使用されている。視野は最小放射角 θ_{min} および最大放射角 θ_{max} を決定する。ユニット 72 は、 $\theta_{min} < \theta < \theta_{max}$ となるような放射角 θ に写像するように、光軸 64 から十分離れた画素 74 のような光 36' をその放射体から放射する。例えば、光軸 64 への距離 d で画素 74 から放たれる光 36' は、開口 70 を通ってレンズ 60 に入射し、放射角 θ で放射される。当業者であれば、あるアプリケーションに必要とされる様々な光整形機能や導光機能を作用させるために、レンズやミラーなどの追加的な光学部品が表面 66 とユニット 72 との間に配置され得ることを理解されよう。

40

【0035】

1つのアプリケーションでは、レンズ 60 は光 36' を視野に映し出すために使用され

50

る。ユニット72は、光36'を光軸64に対する放射角 θ で放射する画素74を作動させる。光36'は平行に伝播し、光軸64への距離dだけオフセットしており、開口70を通過してレンズ60に入射する。レンズ60の導光特性は、球面屈折面62を通過してレンズ60から出るように光36'を角度 θ に写像する

【0036】

他のアプリケーションでは、レンズ60は、例えば入射角 $\theta_i = \theta$ で視野から入ってくる光36を収集するために使用される。ここで、入射角 θ_i は最小入射角 $\theta_{min} = \theta_{min}$ よりも大きく、最小入射角 $\theta_{min} = \theta_{max}$ よりも小さい。

【0037】

本発明の単一視点反射屈折レンズの形状は、様々に変更することができる。例えば、レンズの楕円面を重ねてもよい。図5は外側面82, 84を有する、折り畳まれた(folded) 単一視点反射屈折レンズ80の1実施形態を示す。レンズ80は、単一視点と一致するセンターCを備えた球面屈折面86を有する。第1焦点 F_1 と第2焦点 F_2 とを有する隋円体の反射的88は、表面86に対向し、その第1焦点 F_1 はセンターCと一致する。整形面90は、ここでは、第1焦点 F_1' と第2焦点 F_2' とを有する第2の反射的隋円体の整形面が、表面86と対向する形式である。すべての焦点は光軸87上にある。

【0038】

明確化のため、表面88, 90を成形するために回転される楕円92, 94を点線で示している。これまでの実施形態と異なり、楕円94は、視点またはセンターCの反対側、より適切には表面88の後方に第2焦点 F_2' を有している。楕円92, 94とそれらの回転によって作成された表面88, 90の重なりは、ここで「折り畳まれた」と呼ぶ形状を作り出す。

【0039】

第2の反射的隋円体の整形面90は、ミラー・コーティングまたはフィルム(図示せず)を用いて外側面82に成形される。レンズ80の視野を拡大するために、表面90の大きさを縮小してもよい。外側面84は、表面88から延び、平坦な結合面96で終わる。面96は透明で、表面90の第2焦点 F_2' がその上にくるように位置する。事実、面96の大きさは、センターCで単一視点を実施するレンズ80の開口を確定する。小さな開口が望まれるのであれば、面96上にマスクを提供し、マスク中央の穴が開口を画定してもよい。

【0040】

レンズ80の操作を理解するために、レンズ80に入る光36の入射光束98をたどると、レンズ80が光36'を投影できることがわかる。光36は、表面86を通過してレンズ80に入射し、センターCで単一視点を通過して、表面88によって反射される。そして、楕円面の1つの焦点的を通過して内部で反射された光が第2焦点で集光するように計算で求めておくため、光36は第2焦点 F_2 に伝播される。設計により、第2焦点 F_2 は、同様に隋円体である表面90の第1焦点 F_1' と一致し、その結果、光36の同じ計算法則を用いる。具体的には、光36は表面90から反射されて、結合面96上の第2焦点 F_2' で集光する。

【0041】

光36は、面96を通過して外結合する。そして、さらに整形され、偏向され、および/または、レンズ80の展開条件により要求されるように屈折されてもよい。例えば、光36を映像面に誘導するために、表面96の先に撮像要素を置いてよい。代わりに、光36を整形して誘導するために、光リレーを表面96に置いてよい。

【0042】

別の折り畳まれた形状は、図6にその光線追跡を示した反射屈折レンズ100によって実施される。レンズ100の基本形状は、9の形状設計パラメータ: R, R_1, K_1, R に、 K_2, L_1, L_2, L_3 および L_4 によって表される。これらのうち最初の5つは、球面屈折面102の半径、楕円反射面104の曲率半径、表面104の、第2隋円体の反射的整形面106の曲率半径、表面106の円錐定数である。パラメータ L_1, L_2, L

10

20

30

40

50

3 および L_4 は示した長さに対応している。加えて、108は表面106の頂点であり、110は表面104の頂点であり、112はレンズ100の単一視点を実施する開口である。表面106の第2焦点 F_2' が開口112内部の表面104上にくることに注意されたい。表面106は、この実施形態では外側面118上にあることに注意されたい。

【0043】

レンズ100の設計は完全な閉形式解である。したがって、レンズ100を使用するどんなビジョンシステムの光学性能も、ほとんど光リレーの設計に依存する。本実施形態では、単一のリレー・レンズ114は、映像面116における光36の単一波長で映像を作り出す光リレーを表す。カラーイメージングのために、フィールド・フラットナーを備えた、より無色の光リレーを使用すればよいことは、当業者によって理解されよう。

10

【0044】

R 、 R_1 および R_2 の値を変えることによって、レンズ100を異なる大きさに調整することができる。レンズ100とその角倍率の一般的な形状はパラメータ K_1 と K_2 との比率によって制御される。一旦これらのパラメータが調整されると、次に L_1 、 L_2 、 L_3 および L_4 を導くために以下の方程式を用いる。

$$L_1 = R_1 \frac{[1 - \sqrt{-K_1}]}{1 + K_1};$$

$$L_2 = \frac{2R_1 \sqrt{-K_1}}{1 + K_1};$$

$$L_3 = \frac{R_2 [1 - \sqrt{-K_2}]}{1 + K_2};$$

$$L_4 = \frac{2R_2 \sqrt{-K_2}}{1 + K_2}.$$

20

【0045】

これにより、第2隋円体の反射的整形面106の第1幾何学的焦点 F_1' は、楕円反射面104の第2幾何学的焦点 F_2 と一致することを確実とされる。本実施形態は、 $L_4 = L_1 + L_2$ であって、第2隋円体の反射的整形面106の第2幾何学的焦点 F_2' を楕円反射面104の頂点110上に重ねる特別なケースを示す。上述したように、これは、所望の光強度に従い、2mmまたはそれ以下ともなる直径を有する開口112を頂点110に置く。望ましくは、開口112は、アルミニウムなどのミラー・コーティングで表面104の全体をコーティングする前にマスクをとられた隋円体反射面104の一部である。

30

【0046】

図7は、外側面がなく、立体角 で表された視野を備えない、さらに異なる形態の折り畳まれた単一視点レンズ120を示している。レンズ120は、表面122のセンターCが表面124の第1焦点 F_1 と一致するように、楕円反射面124に対向する球面屈折面122を有する。表面124は、表面124の第2焦点 F_2 が表面126の第1焦点 F_1' と一致するように、半透明の隋円体の整形面126に対向している。表面126の第2焦点 F_2' は、開口128内部の表面124にくる。センターCおよびすべての焦点は、レンズ120の光軸130上にある。

40

【0047】

光リレー132は、表示装置134によって生成された光36'をレンズ120に導くために表面124に並んで配置される。より正確には、リレー132は光軸130に平行にレンズ120に伝播される光36'を案内するテレセントリック・リレーである。リレー132は、光36'がレンズ120への進入角 に光軸130からオフセットされる距

50

離 d を変換する。符号 f はリレー 132 の焦点距離を示す。リレー 132 の設計の効果によって、進入角 θ は小さな値の角 θ_0 に渡る距離 d の実質的に線形機能となる。

【0048】

操作の間、距離 d だけ光軸 130 からオフセットされた表示装置 134 の画素 136 は、光 36' を発生させる。リレー 132 は光 36' を進入角 θ でレンズ 120 に誘導する。光 36' は半透明の表面 126 および表面 124 から反射されて、次に進入角 θ で表面 122 を通って放射のレンズ 120 を出る。この過程において、角度 θ は角度 θ_0 に " 増幅される "。そして、角倍率は比率 d/f で与えられる。光 36' の一部分 138 は半透明の表面 126 を通ってレンズ 120 を出る。一部分 138 を、レンズ 120 および / または表示装置 134 の操作のモニタリングに用いることができる。また一部分 138 を、
10

【0049】

代替実施形態では、レンズ 120 は、光 36' を入射させ画素 136 に映し出すことによって反対に作動する。この場合、表示装置 134 は感光要素 (例えば、イメージングアレイなどのイメージング要素) に置き換えられる。このようなアレイでは、画素 136 は感光性である。また、光 36 の一部分も半透明の表面 126 を通って伝わることに注意されたい。
20

【0050】

上述した設計に関する小標本から、本発明による反射屈折レンズは用途が広く、簡単であり、頑丈であって製造が容易であることは明確である。これらをモルディングなどの技術によって部品または全体品として製造することができる。それらの光学性能は、表面の精度と、光を出す、または光を集める付属の光リレーの設計とに大きく依存する。このようなリレーはビジョンシステムまたはアプリケーションに基づいて設計され、詳細設計の選択はそれがイメージング要素、スキャンアレイまたは表示要素を備えたシステムであるか否かによる。

【0051】

図 8 は、半透明の整形面 126 ではなく反射的な隋円体の整形面 126' を備えたレンズ 120 を使用する 単一視点 ビジョンシステム 140 を示す。ビジョンシステム 140 は、イメージング要素 142、例えば画素 144 を備えたイメージングアレイを有する。(明確化のため部分的に示す)。アレイ 142 は表面 124 後方の映像面 146 に位置する。表面 124 と映像面 146 との間の光リレーは、明確化のためにここには示さない。しかしながら、レンズ 120 とイメージングアレイ 142 との間には、図 7 に示したテレセントリックリレーを含むどんなタイプのリレーを使用してもよい。
30

【0052】

表面 126' は、レンズ 120 の視野を立体角 θ で表された軸外の領域に制限する。したがって、視野のセンターが不明瞭となるか、或いは映像化を必要としないとき、ビジョンシステム 140 は最も有用である。視野のセンターは、映像面 146 の影 148 に対応する。説明の明確化のために、視点 C を実施するための開口 128 は、表面 124 上に示さず、映像面 146 を拡大して示している。
40

【0053】

ビジョンシステム 140 は、映像化する任意の対象物 150 に向けられる。ここでは、対象物 150 は表面が対象座標 (X', Y', Z') の $X' - Y'$ 平面にある基板である。ビジョンシステム 140 は基板 150 の上方にあり、対象座標の原点とレンズ 120 の 単一視点 C とは、ベクトル R^C によって結ばれる。ベクトル R^C は光軸 130 と共線であり、ベクトル R^C の標準は原点と視点 C との間の距離である。ビジョンシステム 140 は空間を移動し、その座標 (X, Y, Z) は対象座標 (X', Y', Z') に対して回転する。対象座標およびビジョンシステムの座標を並べるために多くの約束事が存在する。例
50

例えば、ビジョンシステムの座標 (X , Y , Z) と対象座標との間の回転は、オイラー角 (α , β , γ) で連続 3 回転することによって表すことができる。

【 0 0 5 4 】

操作の間、ビジョンシステム 1 4 0 は、光 3 6 (基板 1 5 0 上のポイント P からの光 3 6 など) を集光する。光 3 6 は、入射角 θ_i でレンズ 1 2 0 に入射する光束 1 5 2 で伝播される。レンズ 1 2 0 はイメージポイント P を、映像面 1 4 6 のイメージングアレイ 1 4 2 上のイメージポイント P^I に映し出す。好都合なことに、映像面 1 4 6 は、アレイ軸 X^I , Y^I を描くことによって表され、映像面 1 4 6 におけるイメージポイント P^I の位置は、ベクトル R P によって表される。単一視点 C であるために、レンズ 1 2 0 はイメージポイント P^I のパノラマ映像を作り出す。したがって、レンズ 1 2 0 は映像面 1 4 6 に対象物 1 5 0 のパノラマ画像を作り出すことができる。

10

【 0 0 5 5 】

変更実施形態では、ビジョンシステム 1 4 0 は、光 3 6 ' を基板 1 5 0 上の投影ポイント P_p に映し出し、同時にポイント P から光 3 6 を集光するためにレンズ 1 2 0 を使用することができる。この実施形態では、アレイ 1 4 2 上のポイント P^S の画素 1 5 4 は光 3 6 を発生させる。映像面 1 4 6 におけるポイント P^S の位置はベクトル R S によって表される。光 3 6 ' の光束 1 5 6 は基板 1 5 0 への放射角 θ_r でレンズ 1 2 0 を通解してポイント P_p に投影される。この実施形態で使うことができる光に敏感で発行する素子を有するハイブリッドアレイが当業者間に知られている。勿論、基板 1 5 0 のイメージングが必要ないのであれば、図 7 に示したような表示装置を光 3 6 ' を映し出すのに使用してもよい。

20

【 0 0 5 6 】

図 9 は、対象物 1 6 2 上に光 3 6 ' を映し出すために、波長依存する半透明の隋円体の整形面 1 2 6 " を備えたレンズ 1 2 0 を使用するビジョンシステム 1 6 0 を示す。あるポイントでは、対象物 1 6 2 は、後方散乱光 3 6 " を発生させることによって応じ、システム 1 6 0 は同時に、後方散乱光 3 6 " を集光するためにレンズ 1 2 0 を使用する。

【 0 0 5 7 】

システム 1 6 0 は、面 1 2 6 " の前にある表示装置 1 6 4 、例えば、表示画面またはディテクタ・アレイを有する。ユニット 1 6 4 は光軸 1 3 0 上の中心に置かれる。さらに、システム 1 6 0 は、光 3 6 を発生させるための光源 1 6 8 を備えたスキャンアレイメント 1 6 6 を有する。アレイメント 1 6 6 は、光 3 6 ' の向きを変え、または案内するためのスキャンミラー 1 7 0 を有する。ミラー 1 7 0 は、ミラー面 M P に対してスキャン角度 θ に傾斜をつけられる。スキャン角度 θ を制御するためのドライバは当業者に周知である。

30

【 0 0 5 8 】

アレイメント 1 6 6 は、光 3 6 ' を整形して、開口 1 2 8 を通って光軸 1 3 0 に沿ってレンズ 1 2 0 へ方向付ける光リレー 1 7 2 を有する。リレー 1 7 2 は、スキャン角度 θ を、レンズ 1 2 0 への対応する進入角 θ_i に変換するタイプである。例えば、リレー 1 7 2 は、軸 1 3 0 上の同じまたは異なった焦点距離を備えた 2 つのレンズを使用する 4 - f システムであるため、ミラー 1 7 0 のセンターはリレー 1 7 2 の 1 つの焦点と一致し、表面 1 2 6 " の第 2 焦点 F₂' は 4 - f システムの別の焦点と一致する。またリレー 1 7 2 は、レンズ 1 2 0 からスキャンアレイメント 1 6 6 に戻るすべての光の向きを変えるビームスプリッタ 1 7 6 を有する。

40

【 0 0 5 9 】

操作中、システム 1 6 0 はミラー 1 7 0 のスキャン角度 θ を調整することによって光 3 6 ' を方向付ける。スキャン角度 θ における変化は、光 3 6 ' がレンズ 1 2 0 を出る放射角 θ_r を変化させる。この場合は、光 3 6 ' は最初に角度 θ_1 で放たれ、次に角度 θ_2 で放たれるように、スキャン角度 θ は様々である。

【 0 0 6 0 】

半透明の表面 1 2 6 " の通過波長は、光 3 6 ' の小さな一部分 1 7 4 、例えば、数分の

50

1パーセントが伝播し、表示装置164に映し出されるように選定されている。具体的には、光36'が角度 θ_1 で放たれたとき、一部分174はポイント P_2^I に伝わる。次に、角度 θ_2 で、一部分174はポイント P_1^I に伝わる。光36'の一部分174は参考用、フィードバック、追跡または他の補助的機能に使用することができる。

【0061】

角度 θ_2 で、対象物162は、光36'の経路に沿ってレンズ120に戻る後方散乱光36''を作り出す。光36''は入射角 $\theta_i = \theta_2$ で表面122を通過してレンズ120に入射する。わずかな光36''は、表面126''を通過してレンズ120を出る。光36''の残りは表面126''によって反射され、ビームスプリッタ174によって分割される。勿論、ユニット164に登録された光36''の数分の一が後方散乱光36''をモニタリングするの
10

【0062】

図10は単一視点レンズ180のさらに別の実施形態を示す。レンズ180は、楕円反射面184に対向する球面屈折面182を有し、順に平坦な屈折的整形面184に対向している。表面184の第1焦点 F_1 および表面182のセンターCは、レンズ180の単一視点で一致する。表面184の第2焦点 F_2 は、表面186上にあつて、単一視点を実施する開口188内部にある。

【0063】

レンズ180は、それぞれ指数 n_1, n_2 を有する2つの材料183, 185で作られている。材料183は望ましくは、ガラスかプラスチックであり、一方、材料185はガラスまたはプラスチックであるが、レンズ180の空洞を満たす液体または光学的ゲルであつてもよい。後者の場合には、点線および鎖線で示されたレンズ180の部分190は、材料185を含む外皮を成形するガラスまたはプラスチックでもよい適切な材料で作られている。
20

【0064】

複合レンズ形式の光リレー192は、レンズ180からの光36を外結合する表面186に隣接して配置される。この場合レンズ192は、光36を映像面194に映し出すように設計される。反対にレンズ192を、映像面194からの光36をレンズ180へ内結合するために使用することができる。
30

【0065】

代わりに、レンズ180は、点線で示された内部空洞198を画定しているシェル196を使って構成することができる。空洞198は、例えば光学的ゲルまたは他の光学材料で満たされている。事実、部分190を含むレンズ180全体は、光学ゲルか液体などの光学材料で満たされた中空形状またはシェル構造であつてよい。

【0066】

図11は、図2に示したレンズ30に類似し、光リレー210を備えたレンズ200の横断面図である。レンズ200は、球面屈折面202、対向する楕円反射面204、および屈折的隋円体の整形面206を有する。表面204の第1焦点 F_1 と表面202のセンターCとは単一視点で一致する。また焦点 F_1' と F_2 とが一致する。全ての焦点が光軸208上にある。
40

【0067】

レンズ200は、その本体内に固定された開口を備えない点で、レンズ30と異なっている。正しくは、調節可能な開口212がレンズ214と216との間の光リレー210に備わっている。レンズ214および216は、焦点距離 f_1 および f_2 をそれぞれ有している。リレー210は、レンズ214から f_1 と等しい距離に第1映像面218を有している。第2映像面220はレンズ216から f_2 と等しい距離に位置している。当業者には、リレー210が4-fリレーの一種であることを理解されよう。

【0068】

操作の間、開口212は、レンズ200のF-numberを規制して広範囲の照明条件で作
50

動するように調整される。小さいF-numberを得るために開口212を開くと、レンズ200の単一視点特性の累進的な低下を引き起こすことに注意されたい。

【0069】

本発明による単一視点反射屈折レンズは、無数の異なる実施形態を可能とする。例えば、それは中実レンズである必要はない一方で、空洞であってもよく、例えば、モールドイングによって作られる場合がある。レンズのある領域が製作方法によって残された中空の空洞であるケースでは、これら中空の空洞はレンズの固体部分のものに合う屈折率を持つ光学流体またはゲルで満たされればよい。さらに他の実施形態では、楕円反射面および/または整形面は、外側面上ではなくレンズ内に埋め込まれている。すべての代替実施形態を考慮して、本発明の範囲は特許請求の範囲とそれらの法的な同等物によって判断されるものである。

10

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】軸外の光学システム類を示す立体図である（従来技術）。

【図2】本発明によるレンズの1実施形態の横断面図である。

【図3】イメージングに使用される図2に示すレンズの横断面図である。

【図4】本発明によるレンズの別の実施形態を示す横断面図である。

【図5】折り畳まれた形状をした本発明によるレンズの横断面図である。

【図6】折り畳まれた形状をした別のレンズの横断面図である。

【図7】投影またはイメージングに使用する、折り畳まれたレンズの横断面図である。

20

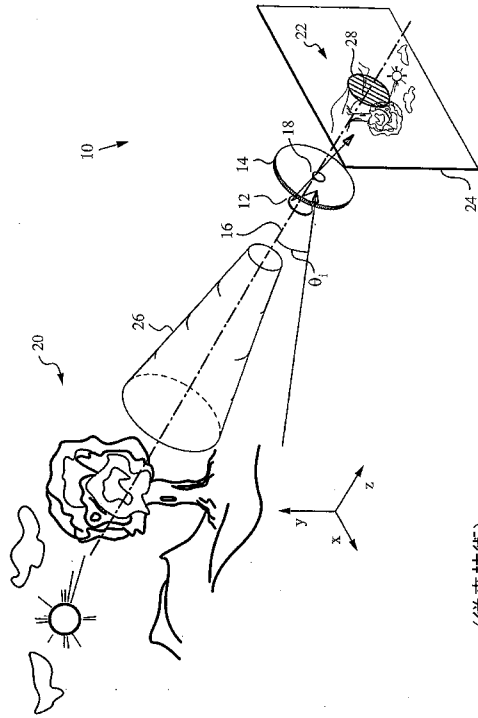
【図8】イメージング要素を有し、図7のレンズを使用するビジョンシステムを示す立体図である。

【図9】スキャンアレイメントを有し、図7のレンズを使用する別のビジョンシステムを示す横断面図である。

【図10】本発明によるさらに別のレンズの横断面図である。

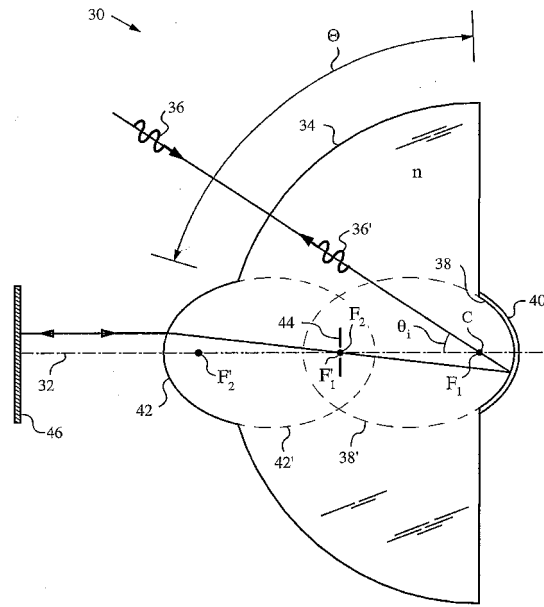
【図11】光リレーを備え、図2と同様のレンズの横断面図である。

【図1】

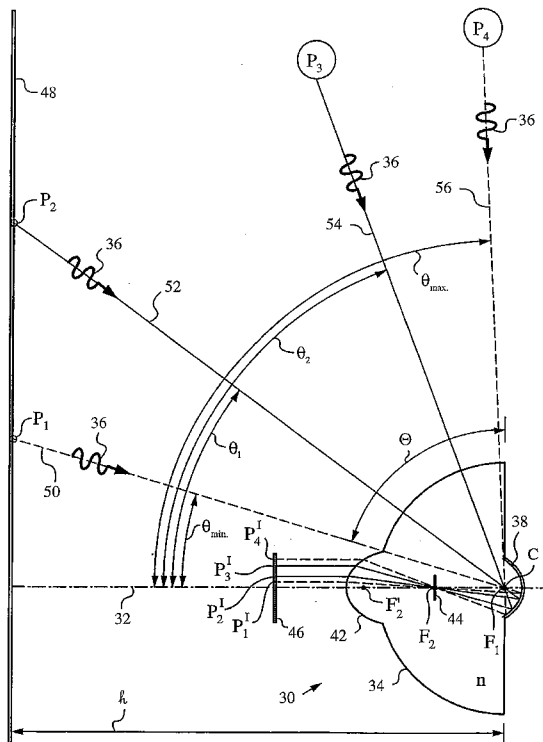


(従来技術)

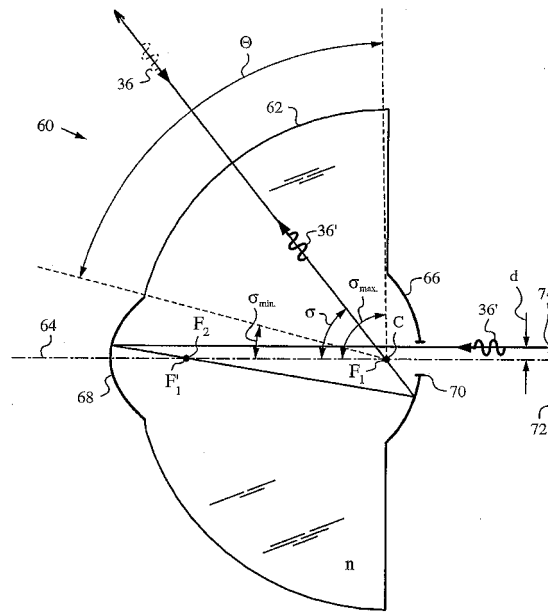
【図2】



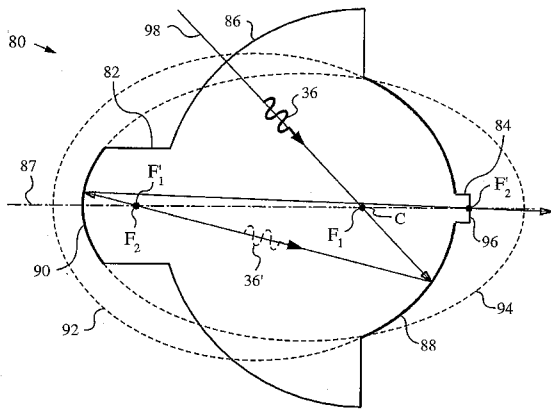
【図3】



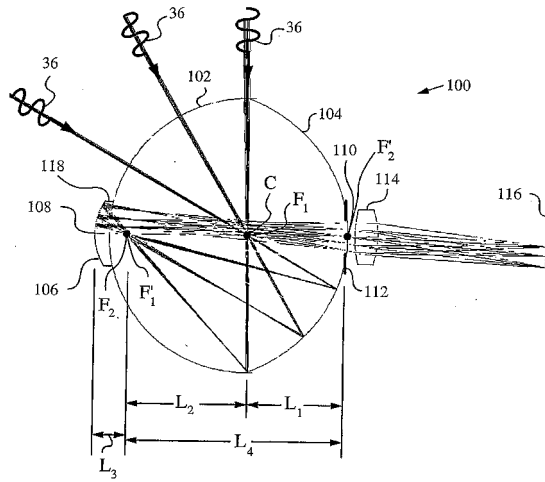
【図4】



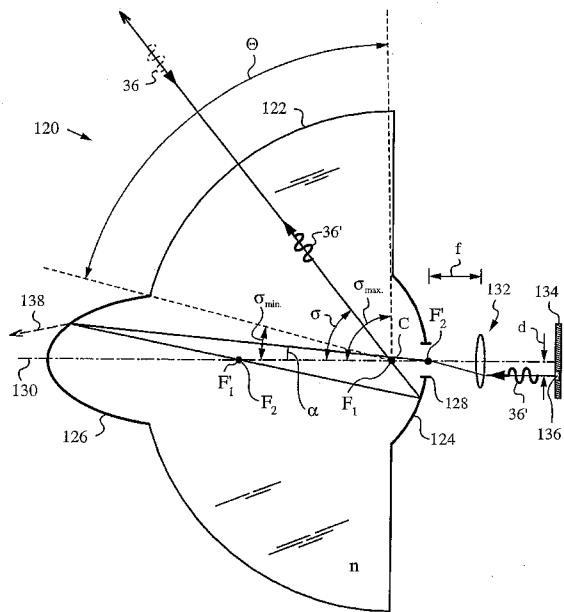
【図 5】



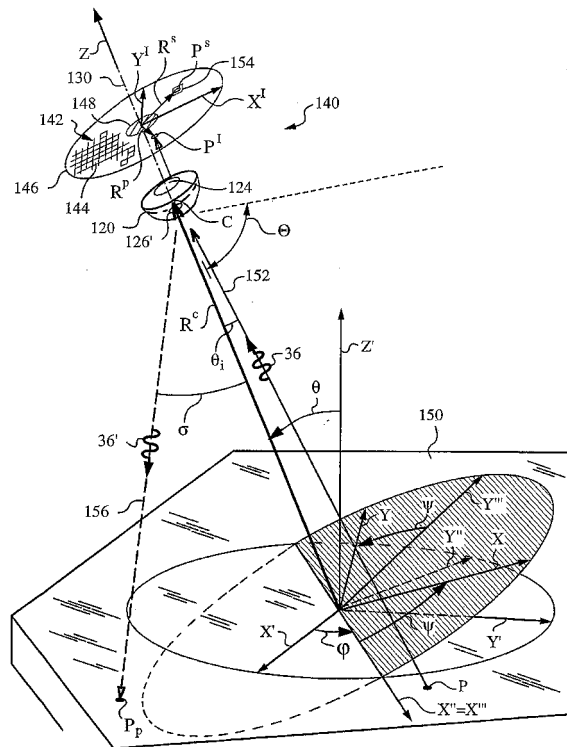
【図 6】



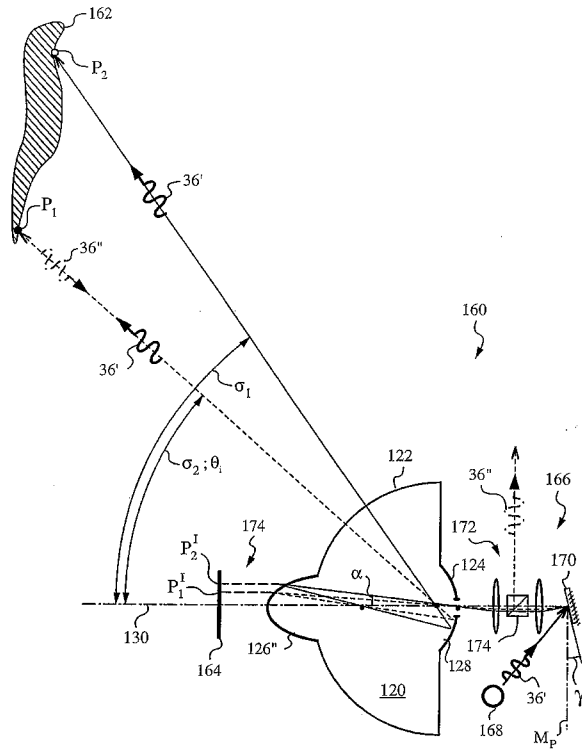
【図 7】



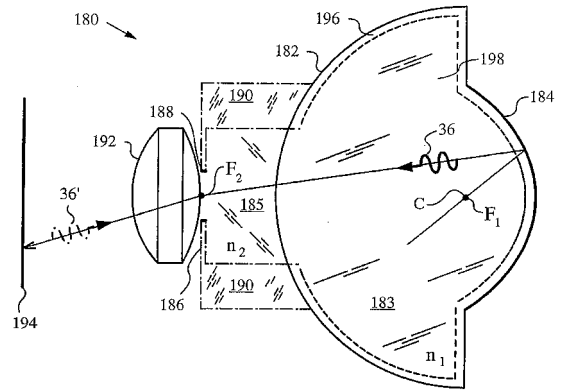
【図 8】



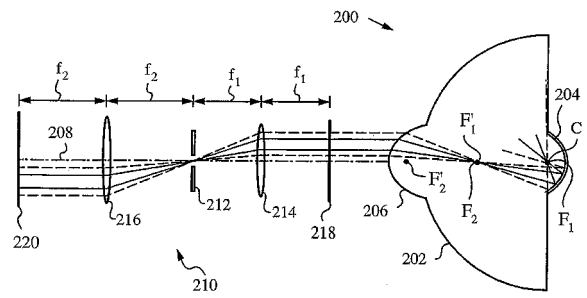
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第04655555(U.S.A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08