

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-71922

(P2022-71922A)

(43)公開日 令和4年5月17日(2022.5.17)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード(参考)	
G 0 2 B	27/02 (2006.01)	G 0 2 B	27/02	Z	2 H 0 8 7
G 0 2 B	17/08 (2006.01)	G 0 2 B	17/08	A	2 H 1 9 9
G 0 2 B	25/00 (2006.01)	G 0 2 B	25/00	A	
H 0 4 N	5/64 (2006.01)	H 0 4 N	5/64	5 1 1 A	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全16頁)

(21)出願番号	特願2020-181053(P2020-181053)	(71)出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(22)出願日	令和2年10月29日(2020.10.29)	(74)代理人	100108419 弁理士 大石 治仁
		(74)代理人	100109221 弁理士 福田 充広
		(74)代理人	100181146 弁理士 山川 啓
		(72)発明者	山口 論人 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72)発明者	井出 光隆 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

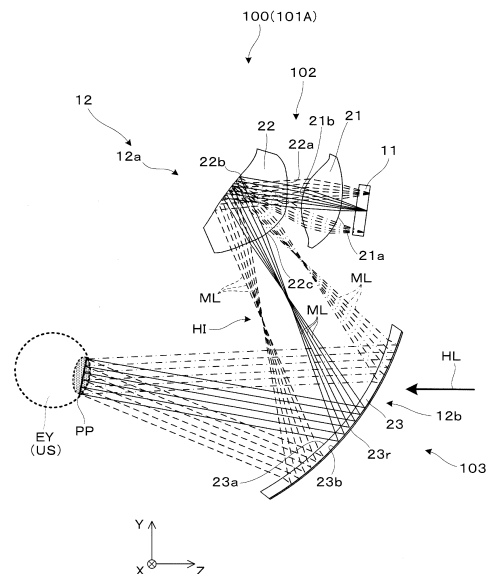
(54)【発明の名称】 虚像表示装置及び光学ユニット

(57)【要約】

【課題】光学系を大型化することなく収差補正による解像性能の向上を図ることが可能な虚像表示装置及び光学ユニットを提供すること。

【解決手段】虚像表示装置100は、表示素子11と、表示素子11から射出された画像光MLを導く導光系12aと、導光系12aから射出された画像光MLを屈折させつつ入射させる第1面23aと第1面23aを経た画像光MLを反射して第1面23aから屈折させつつ射出させる第2面23bとを有するミラー部材12bとを備え、ミラー部材12bにおいて、第1面23aの曲率R1と第2面23bの曲率R2とは、異なっている。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表示素子と、

前記表示素子から射出された画像光を導く導光系と、

前記導光系から射出された前記画像光を屈折させつつ入射させる第 1 面と前記第 1 面を経た前記画像光を反射して前記第 1 面から屈折させつつ射出させる第 2 面とを有するミラー部材と

を備え、

前記ミラー部材において、前記第 1 面の曲率と前記第 2 面の曲率とは、異なっている、虚像表示装置。

10

【請求項 2】

前記ミラー部材は、前記第 1 面と前記第 2 面との間について非一様な厚さを有する、請求項 1 に記載の虚像表示装置。

【請求項 3】

前記ミラー部材は、光学面の中心側から周辺側に向かって厚くなる、請求項 2 に記載の虚像表示装置。

【請求項 4】

前記導光系は、前記表示素子から射出された前記画像光を収束させる投射レンズと、前記投射レンズから射出された前記画像光を入射面に屈折させつつ入射させ、内反射面で全反射させ、射出面から屈折させつつ射出させるプリズムとを有し、

20

前記ミラー部材は、前記プリズムから射出された前記画像光を瞳位置に向けて反射するとともに外界光を透過させるシースルーミラーである、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 5】

前記プリズムの前記内反射面での折返しと前記シースルーミラーの前記第 2 面での折返しとの 2 段階での折返しにより、Z 字状の光路が形成される、請求項 4 に記載の虚像表示装置。

【請求項 6】

前記投射レンズは、光学面として自由曲面を有する、請求項 4 及び 5 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

30

【請求項 7】

前記プリズムにおいて、前記入射面、前記内反射面及び前記射出面は、自由曲面である、請求項 4 ~ 6 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 8】

前記シースルーミラーのうち外界光入射面を覆って前記外界光の透過性を補償しつつ前記シースルーミラーを保護する補償保護シート部材を備える、請求項 4 ~ 7 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 9】

前記ミラー部材は、低屈折率層と高屈折率層とを組み合わせた多層構造を有する、請求項 4 ~ 8 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

40

【請求項 10】

前記導光系及び前記ミラー部材は、軸外し光学系を形成する、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 11】

前記ミラー部材は、前記軸外し光学系における偏心収差を補正する、請求項 10 に記載の虚像表示装置。

【請求項 12】

前記ミラー部材は、所定値以上の屈折率かつ所定値以上のアッペ数を有する材料で構成される凹面鏡である、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 13】

50

前記第 1 面の曲率は、前記第 2 面の曲率に対して $\pm 20\%$ の範囲内で異なっている、請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 14】

前記第 1 面の傾斜角は、前記第 2 面の傾斜角に対して $\pm 20\%$ の範囲内で異なっている、請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 15】

前記表示素子に表示される画像は、前記導光系及び前記ミラー部材によって形成される歪みを相殺する歪みを有する、請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 16】

表示素子から射出された画像光を導く導光系と、
前記導光系から射出された前記画像光を屈折させつつ入射させる第 1 面と前記第 1 面を経た前記画像光を反射して前記第 1 面から屈折させつつ射出させる第 2 面とを有するミラー部材と
を備え、
前記ミラー部材において、前記第 1 面の曲率と前記第 2 面の曲率とは、異なっている、光学ユニット。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ヘッドマウントディスプレイ等である虚像表示装置及びこれに組み込まれる光学ユニットに関する。

20

【背景技術】

【0002】

ヘッドマウントディスプレイのように虚像の形成及び観察を可能にする虚像表示装置として、ミラーのような光学素子によって表示素子からの画像光を観察者の瞳に導くタイプのものが種々提案されている。

【0003】

特許文献 1 に記載の接眼光学系は、画像表示器と、画像表示器による表示画像を中間結像させるリレー光学系と、中間像からの光束をアイポイントに導く接眼反射面とを備える。ここで、リレー光学系は、屈折光学系とリレー反射面とを含む。リレー反射面と接眼反射面とは、偏心し、かつ、アナモルフィック非球面形状を有する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 9 - 43536 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 の装置は、リレー反射面や接眼反射面をアナモルフィック非球面とすることによって収差を補正しているが、これを、例えば偏心光学系を含むような系に適用すると、補正がしきれず、解像性能が不足することになる。また、レンズを増やすことで解像性能を改善させることも考えられるが、そうすると、光学系が大きくなってしまい、ヘッドマウントディスプレイのような小型化の要請が強い装置には適さない可能性がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面における虚像表示装置は、表示素子と、表示素子から射出された画像光を導く導光系と、導光系から射出された画像光を屈折させつつ入射させる第 1 面と第 1 面を経た画像光を反射して第 1 面から屈折させつつ射出させる第 2 面とを有するミラー部材とを備え、ミラー部材において、第 1 面の曲率と第 2 面の曲率とは、異なっている。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 0 7 】

【図 1】第 1 実施形態の虚像表示装置の装着状態を説明する外観斜視図である。

【図 2】図 1 における虚像表示装置の光学系を示す側方断面図である。

【図 3】ミラー部材としてのシースルーミラーの構造について概念的に示す側方断面図である。

【図 4】シースルーミラーの傾斜角について説明するための側方断面図である。

【図 5】表示素子に形成された表示像の強制的歪曲を説明する図である。

【図 6 A】第 2 実施形態の虚像表示装置に組み込まれたシースルーミラーを概念的に示す側方断面図である。

【図 6 B】は、図 6 A の分解図である。

10

【図 7】第 3 実施形態の虚像表示装置の光学系を示す側方断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

〔第 1 実施形態〕

以下、図面を参照して、本発明に係る第 1 実施形態の虚像表示装置及びこれに組み込まれる光学ユニットについて一例を説明する。

【 0 0 0 9 】

図 1 に示すように、第 1 実施形態の虚像表示装置 1 0 0 は、眼鏡のような外観を有するヘッドマウントディスプレイ（HMD）であり、これを装着する観察者又は使用者 U S に虚像としての映像を認識させる。図 1 において、X、Y、及び Z は、直交座標系であり、+ X 方向は、虚像表示装置 1 0 0 を装着した使用者 U S の両眼の並ぶ横方向に対応し、+ Y 方向は、使用者 U S にとっての両眼の並ぶ横方向に直交する上方向に相当し、+ Z 方向は、使用者 U S にとっての前方向又は正面方向に相当する。

20

【 0 0 1 0 】

虚像表示装置 1 0 0 は、右眼に対して虚像を形成する第 1 表示装置 1 0 1 A と、左眼に対して虚像を形成する第 2 表示装置 1 0 1 B と、両表示装置 1 0 1 A、1 0 1 B を支持するテンブル状の支持装置 1 0 1 C とを備える。第 1 表示装置 1 0 1 A は、上部に配置される光学ユニット 1 0 2 と、メガネレンズ状で全体を覆う外観部材 1 0 3 とで構成される。第 2 表示装置 1 0 1 B も同様に、上部に配置される光学ユニット 1 0 2 と、メガネレンズ状で全体を覆う外観部材 1 0 3 とで構成される。支持装置 1 0 1 C は、外観部材 1 0 3 の背後に配置された不図示の部材によって、両表示装置 1 0 1 A、1 0 1 B を外観部材 1 0 3 の上端側において支持している。左眼用の第 2 表示装置 1 0 1 B は、第 1 表示装置 1 0 1 A と同様の構造を有する。以下では、第 1 表示装置 1 0 1 A について説明し、第 2 表示装置 1 0 1 B については説明を省略する。

30

【 0 0 1 1 】

図 2 に示すように、右眼用の第 1 表示装置 1 0 1 A は、光学的な要素として、表示素子 1 1 と、光学ユニット 1 2 とを備える。これらのうち、光学ユニット 1 2 は、導光系 1 2 a と、ミラー部材 1 2 b とで構成される。また、光学ユニット 1 2 は、表示素子 1 1 からの画像光 M L を瞳位置 P P に導く観点で導光装置とも呼ぶ。

【 0 0 1 2 】

表示素子 1 1 は、例えば有機 E L（有機エレクトロルミネッセンス、Organic Electro-Luminescence）、無機 E L、LED アレイ、有機 LED、レーザーアレイ、量子ドット発光型素子等に代表される自発光型の表示デバイスであり、2次元の表示面 1 1 a にカラーの静止画又は動画を形成する。表示素子 1 1 は、不図示の駆動制御回路に駆動されて表示動作を行う。表示素子 1 1 として有機 E L のディスプレイ又は表示器を用いる場合、有機 E L 制御部を備える構成とする。表示素子 1 1 として量子ドット発光型のディスプレイを用いる場合、青色発光ダイオード（LED）の光を量子ドットフィルムに通すことにより、緑や赤の色を出す構成とする。表示素子 1 1 は、自発光型の表示素子に限らず、LCD 及びその他の光変調素子で構成され、当該光変調素子をバックライトのような光源によって照明することによって画像を形成するものであってもよい。表示素子 1 1 として、

40

50

LCDに代えて、LCO S (Liquid crystal on silicon, LCoSは登録商標)や、デジタル・マイクロミラー・デバイス等を用いることもできる。

【0013】

光学ユニット(導光装置)12は、表示素子11から射出された画像光MLを導く導光系12aと、導光系12aから射出された画像光MLを瞳位置PPに向かわせるべく反射するミラー部材12bとで構成される。図示の例では、光学ユニット12は、投射レンズ21と、プリズム22と、シースルーミラー23とにより構成され、これらのうち投射レンズ21及びプリズム22が、導光系12aとして機能し、シースルーミラー23が、ミラー部材12bとして機能する。

【0014】

特に、本実施形態では、ミラー部材12bとしてのシースルーミラー23が、互いに曲率の異なる第1面23aと第2面23bとを有して構成され、導光系12aから射出された画像光MLについて、まず、第1面23aにおいて屈折させつつ入射させ、第1面23sを経た画像光MLを第2面23bで反射し、第1面23sに再度向かわせ、第1面23sから屈折させつつ射出させている。以上により、光学ユニット12では、収差補正を行うための面を増やして、光学的機能の向上を図っている。

【0015】

以下、光学ユニット12を構成する投射レンズ21と、プリズム22と、シースルーミラー23とについて、より詳細に説明する。

【0016】

まず、導光系12aを構成するもののうち、投射レンズ21は、単レンズであり、構成する光学面として、入射面21aと、射出面21bとを有する。次に、導光系12aのうち、プリズム22は、光透過性のプリズム部材(本体部分)にミラー蒸着面を一部に施して構成されたものである。すなわち、プリズム22は、ミラーとレンズとを複合させた機能を有する屈折反射光学部材であり、構成する光学面として、入射面22aと、内反射面22bと、射出面22cとを有する。

【0017】

投射レンズ21及びプリズム22は、例えば、縦の方向すなわちY方向に関して非対称性を有する一方、横の方向すなわちX方向に関して対称性を有している。さらに、投射レンズ21、プリズム22及びシースルーミラー23における上記各光学面は、例えば自由曲面や非球面とすることができる。各面を自由曲面又は非球面とすることで、収差低減を図ることができ、特に自由曲面を用いた場合、後述する軸外し光学系又は非共軸光学系である光学ユニット12の収差を低減することが容易になる。

【0018】

また、投射レンズ21を構成する単レンズや、プリズム22の本体部分については、例えば樹脂で形成されるが、ガラス製とすることもできる。

【0019】

一方、ミラー部材12bを構成するシースルーミラー23は、表面ミラーとして機能すべく、眼EY又は瞳孔が配置される瞳位置PPを覆うとともに瞳位置PPに向かって凹形状を有する板状の光学部材である。また、シースルーミラー23は、反射に際して一部の光を透過させる透過型の反射素子となっており、画像光MLに外界光HLを重畳して視認させることを可能にしている、つまり、シースルー視を可能にしている。以上のようなシースルーミラー23において、既述のように、構成する光学面として、第1面23aと、第2面23bとが設けられている。第1面23aは、板状のシースルーミラー23において画像光MLの光路上に配置される光学面のうちプリズム22及び瞳位置PPに近い側すなわち凹形状の内側を構成する-Z側の面であり、画像光MLを屈折させつつ透過させる透過面として機能する。第2面23bは、プリズム22及び瞳位置PPから遠い側すなわち凹形状の外側を構成する+Z側の面であり、画像光MLを反射する反射面として機能する。また、第2面23bでの反射作用により、シースルーミラー23は、全体として、導光系12aからの画像光MLを反射するミラー部材12bとして機能する。また、シースルー

10

20

30

40

50

ーミラー 23 は、シースルー視を可能とすべく、反射機能を有する第 2 面 23 b において、透過性も有している。

【0020】

この上で、本実施形態の虚像表示装置 100 では、ミラー部材 12 b として機能するシースルーミラー 23 において、第 1 面 23 a の曲率と第 2 面 23 b の曲率とが、異なっている。見方を変えると、シースルーミラー 23 は、板状でありながらも、厚さが非一様なものとなっており、第 1 面 23 a での 2 度の屈折作用と、第 2 面 23 b での反射作用を組み合わせることで、他の光学素子である投射レンズ 21 及びプリズム 22 とともに、収差補正の機能（特に偏心収差についての補正機能）を高めている。

【0021】

なお、シースルーミラー 23 は、投射レンズ 21 及びプリズム 22 と同様に、例えば、縦の方向すなわち Y 方向に関して非対称性を有する一方、横の方向すなわち X 方向に関して対称性を有しているものとしてもよく、さらに、各面 23 a, 23 b は、例えば自由曲面や非球面とすることもできる。また、シースルーミラー 23 の本体部分について、例えば樹脂で形成されるが、ガラス製とすることもできる。

【0022】

また、詳細な図示を省略するが、投射レンズ 21 とプリズム 22 とは、表示素子 11 とともに、遮光性の材料で形成されるケース（図示略）に収納され、また、シースルーミラー 23 は、例えば上記ケースに設けた支持板を介して支持されている。以上により、例えば、図 1 に示す支持装置 101 C に支持された外観部材 103 が構成される。

【0023】

以下、図 2 を参照して、導光装置としての光学ユニット 12 による表示素子 11 から射出された画像光 ML の導光について簡単に説明する。

【0024】

まず、投射レンズ 21 は、表示素子 11 から射出された画像光 ML を、入射面 21 a において屈折させつつ入射させ、射出面 21 b において屈折させつつ射出させる。この結果として、投射レンズ 21 は、画像光 ML を平行光束に近い状態に集光し、プリズム 22 に向けて射出する。次に、プリズム 22 は、投射レンズ 21 から射出された画像光 ML を入射面 22 a に屈折させつつ入射させ、内反射面 22 b で反射（全反射）させ、射出面 22 c から屈折させつつ射出させる。最後に、シースルーミラー 23 は、プリズム 22 から射出された画像光 ML を瞳位置 PP に向けて反射する。より具体的には、既述のように、まず、第 1 面 23 a させつつ入射させ、第 2 面 23 b で反射した後、再度、第 1 面 23 a で屈折させつつ瞳位置 PP に向けて射出させる。瞳位置 PP は、表示面 11 a 上の各点からの画像光 ML が所定の発散状態又は平行状態で表示面 11 a 上の各点の位置に対応する角度方向から重畳するように入射する位置となっている。図示の光学ユニット 12 は、FOV（field of view）が 44° となっている。光学ユニット 12 による虚像の表示領域は矩形であり、上記 44° は対角方向となる。

【0025】

なお、上記例示において、光学ユニット 12 は、軸外し光学系である。つまり、光学ユニット 12 を構成する投射レンズ 21、プリズム 22、及びシースルーミラー 23 は、軸外し光学系を形成するように配置されている。なお、光学ユニット 12 が軸外し光学系であるとは、光学ユニット 12 を構成する光学素子 21, 22, 23 において、少なくとも 1 つの反射面又は屈折面への光線の入射の前後で光路が全体として折れ曲がることを意味する。また、上記のような軸外し光学系である光学ユニット 12 の光軸は、横断面で見た場合、Z 字状の配置となっている。つまり、図示において、投射レンズ 21 からプリズム 22 の内反射面 22 b までの光路と、内反射面 22 b からシースルーミラー 23 までの光路と、シースルーミラー 23 から瞳位置 PP までの光路とが、Z 字状に 2 段階で折り返される配置となっている。

【0026】

なお、図に例示する画像光 ML の光路において、中間像 IM は、プリズム 22 とシースルー

10

20

30

40

50

ーミラー 23 との間に形成されている。

【0027】

以下、図3を参照して、ミラー部材12bとしてのシースルーミラー23について、さらに説明する。図3は、シースルーミラー23の構造について概念的に示す側方断面図であり、図示の例では、シースルーミラー23は、光透過性部材23tと、ミラー膜23rとで構成される層構造の部材である。

【0028】

光透過性部材23tは、例えば数mm程度以下の薄い板状部材であり、ポリカーボネート（ポリカ）等の十分な光透過性を有するものであって、屈折率及び分散（アッペ数）が大きい材料で形成されている。光透過性部材23tは、第1面23aとなるべき面を形成する内面SIと第2面23bとなるべき面を形成する外面SOを有している。すなわち、内面SIは、第1面23aを形作るべく、所定の曲率で外形が形成されており、外面SOは、第2面23bを形作るべく、内面SIとは異なる曲率で外形が形成されている。

10

【0029】

ミラー膜23rは、光透過性部材23tの各面のうち外面SO上に設けられる部材であり、例えば膜厚を調整した複数の誘電体層からなる誘電体多層膜で形成される。あるいは、ミラー膜23rは、膜厚を調整したAl、Ag等の金属の単層膜又は多層膜であってもよい。さらに、ミラー膜23rは、積層によって形成できるが、シート状の反射膜を貼り付けることによって形成できる。ミラー膜23rが外面SO上に設けられることで、所望の曲率を有する第2面23bが光透過性部材23tとミラー膜23rとの境界に形成される。

20

【0030】

ここで、光透過性部材23tの内面SI及び外面SOの曲率、延いてはシースルーミラー23第1面23a及び第2面23bの曲率の設定については、種々の態様が考えられるが、例えば、各面のうち、画像光MLの中心光が入射する位置（点）を基準とし、その位置（基準点）における曲率を求める（近似的に求める場合を含む）ことで、基準となる曲率R1、R2を設定する（規定する）ことが考えられる。

【0031】

なお、上述した一例のシースルーミラー23は、1層構成の光透過性部材23tに蒸着膜としてのミラー膜23rを設けた構成である、と捉えることもでき、また、光透過性部材23tと1層又は2層以上の構成のミラー膜23rで構成される多層構造（2層以上の構造）と捉えることもできる。

30

【0032】

また、以上の場合、図中において一部拡大して示すように、第1面23aでの画像光MLの透過（屈折）に際して、シースルーミラー23の中心側を通過する第1成分MLcと、周辺側を通過する第2成分MLpとを比較すると、第1面23aへの入射角度の違いや第1面23aの曲率と第2面23bの曲率との違いから、光線の屈折や反射における折り曲げ度合いが場所ごとに異なっていることが分かる。つまり、シースルーミラー23が非一様な形状となっている（第1面23aと第2面23bとの間について非一様な厚さを有する）ことで、偏心収差の補正といった所望の収差補正が可能となっている。上記一例では、光学ユニット12は、軸外し光学系であり、ミラー部材12bとしてのシースルーミラー23は、軸外し光学系における偏心収差を補正するものとなっている。

40

【0033】

上記のような画像光MLによって視認される虚像について、第1成分MLcのように、中心部分の画像（虚像）として認識されるべき成分は、Z方向に向かって、下向きを負として、 -10° 程度となっている。言い換えると、瞳位置PPの前方（+Z側）を覆っているシースルーミラー23は、射出光軸が+Z方向に対して 10° 程度下向きに傾いて延びるように、配置されている。これは、人間の視線が水平方向より下側に約 10° 傾いた若干の伏し目状態で安定するからである。なお、虚像表示装置100における水平方向は、虚像表示装置100を装着した使用者USが直立姿勢でリラックスして正面に向いて水平

50

方向又は水平線を注視した場合を想定したものとなっている。虚像表示装置 100 を装着する個々の使用者 U S の眼の配置、耳の配置等を含む頭部の形状や姿勢は、様々であるが、使用者 U S の平均的な頭部形状又は頭部姿勢を想定することで、着目する虚像表示装置 100 について、平均的な方向を水平方向として設定できる。

【0034】

一方、外界光 H L については、シースルーミラー 23 への入射に際して、まず、ミラー膜 23 r 側 (+ Z 側) から第 2 面 23 b を透過した後、光透過性部材 23 t を経て、第 1 面 23 a から射出される。以上により、ミラー膜 23 r が光透過性を有するものとなっていることで、外界像に虚像を重ねることができる。

【0035】

また、以上において、凹面状の光透過性部材 23 t は、既述のように、ポリカ等の屈折率及び分散 (アップ数) が大きい材料で形成される、言い換えると、ミラー部材 12 b は、所定値以上の屈折率かつ所定値以上のアップ数を有する材料で構成される凹面鏡である。これにより、シースルーミラー 23 での収差補正に関して、色収差の補正 (色消し) を行うことも可能となっている。なお、色収差を含めた各種収差の補正については、シースルーミラー 23 単独とする場合に限らず、他の光学素子 21, 22 と協働して行うことができる。例えば、光透過性部材 23 t に加え、プリズム 22 や投射レンズ 21 のアップ数を大きくすることで、全体として残る色分散を少なくすることができる。

【0036】

一方、シースルーの観点すなわち外界光 H L の視認を併せて行う構成とする観点からは、外界像の倍率変化を小さく抑えてシースルー性能を維持したいという要請もある。そこで、本実施形態では、透過面である第 1 面 23 a の曲率 R 1 (第 1 面 23 a の曲率半径 r 1 の逆数) は、反射面である第 2 面 23 b の曲率 R 2 (第 2 面 23 b の曲率半径 r 2 の逆数) に対して $\pm 20\%$ の範囲内で異なっている。具体的には、R 1 R 2 を前提とした上で、下記式 (1)

$$0.8 \times R 2 < R 1 < 1.2 \times R 2 \dots (1)$$

を満たすように、曲率 R 1, R 2 が設定されている、つまり、第 1 面 23 a と第 2 面 23 b とについて、形状が定められている。

【0037】

なお、図示の一例では、R 1 > R 2 (r 1 < r 2) であり、薄板状のシースルーミラー 23 (光透過性部材 23 t) において、中心側から周辺側に行く (曲率設定の基準点から離れる) にしたがって、厚みが増している。すなわち、光学面である第 1 面 23 a や第 2 面 23 b の領域について、当該領域の中心側から周辺側に向かって、シースルーミラー 23 (光透過性部材 23 t) が厚くなっている。ただし、上記曲率の変化 (厚みの変化) に関しては、これに限らず、R 1 < R 2 となる、すなわち曲率設定の基準点から離れるにしたがってシースルーミラー 23 (光透過性部材 23 t) が薄くなる場合も考えられる。この場合、曲率設定の基準点における厚さを例えば 2 mm 程度以下としておくことで、シースルーミラー 23 の形状や大きさ、重量を適度なものにできる。

【0038】

また、他の一例として、図 4 の断面図に示すように、第 1 面 23 a と第 2 面 23 b との相対的関係を、傾斜角 (図 4 での断面視における正面方向である Z 方向に対する基準点からの接線方向の傾斜) で規定することも考えられる。図示の一例では、透過面である第 1 面 23 a の傾斜角 θ_1 は、反射面である第 2 面 23 b の傾斜角 θ_2 に対して $\pm 20\%$ の範囲内で異なっている。具体的には、 $\theta_1 \theta_2$ を前提とした上で、下記式 (2)

$$0.8 \times \theta_2 < \theta_1 < 1.2 \times \theta_2 \dots (2)$$

を満たすように、傾斜角 θ_1, θ_2 が設定されている、つまり、第 1 面 23 a と第 2 面 23 b とについて、形状が定められている。なお、傾斜角 θ_1, θ_2 を設定する上での基準については、曲率 R 1, R 2 の設定の場合と同様にする等、種々の手法により行える。

【0039】

以下、図 5 を参照して、虚像表示装置 100 におけるディストーションに関して説明する

10

20

30

40

50

。図 5 に示すように、光学ユニット 1 2 による結像状態を示す本来の投影像 I G 0 は、比較的大きなディストーションを有するものとなっている。光学ユニット 1 2 が軸外し光学系であることから、台形歪のようなディストーションを取りきることは容易でない。よって、光学ユニット 1 2 にディストーションが残存していても、元の表示像を D A 0 とした場合において、表示面 1 1 a に形成する表示像を予め歪を持たせた台形歪を持たせた修正画像 D A 1 とする。つまり、表示素子 1 1 に表示される画像を、投射レンズ 2 1、プリズム 2 2、及びシースルーミラー 2 3 によって形成される歪みを相殺する逆の歪みを有するものとする。これにより、光学ユニット 1 2 を経て瞳位置 P P で観察される虚像の投影像 I G 1 の画素配列を、元の表示像を D A 0 に対応する格子パターンとすることができ、輪郭を矩形とすることができる。結果的に、光学ユニット 1 2 で発生する歪曲収差を許容しつつ表示素子 1 1 を含めた全体として収差を抑えることができる。また、表示面 1 1 a の外形が矩形である場合、強制的なディストーションを形成することで余白が形成されるが、このような余白に付加情報を表示させることもできる。表示面 1 1 a に形成する修正画像 D A 1 は、画像処理によって強制的なディストーションを形成したものに限らず、例えば表示面 1 1 a に形成された表示画素の配列を強制的なディストーションに対応するものにしてもよい。この場合、ディストーションを補正する画像処理は不要となる。さらに、表示面 1 1 a に収差を補正する湾曲を持たせることもできる。

10

【 0 0 4 0 】

以上のように、本実施形態に係る虚像表示装置 1 0 0 は、表示素子 1 1 と、表示素子 1 1 から射出された画像光 M L を導く導光系 1 2 a と、導光系 1 2 a から射出された画像光 M L を屈折させつつ入射させる第 1 面 2 3 a と第 1 面 2 3 a を経た画像光 M L を反射して第 1 面 2 3 a から屈折させつつ射出させる第 2 面 2 3 b とを有するミラー部材 1 2 b とを備え、ミラー部材 1 2 b において、第 1 面 2 3 a の曲率 R 1 と第 2 面 2 3 b の曲率 R 2 とは、異なっている。これにより、虚像表示装置 1 0 0 では、異なる曲率の第 1 面 2 3 a と第 2 面 2 3 b とを有するミラー部材 1 2 b において、まず、導光系 1 2 a から射出された画像光 M L を、第 1 面 2 3 a から屈折させつつ入射させた後、第 2 面 2 3 b で反射し、さらに、第 1 面 2 3 a から屈折させつつ射出させる。これにより、例えばミラー部材 1 2 b に相当する箇所に反射のみを行う光学系を配置する場合に比べて、光学系を大型化することなく収差補正可能な面を増やすことができ、解像性能の向上を図ることが可能になる。

20

【 0 0 4 1 】

〔 第 2 実施形態 〕

以下、本発明の第 2 実施形態に係る虚像表示装置等について説明する。なお、第 2 実施形態の虚像表示装置は、第 1 実施形態の虚像表示装置を部分的に変更したものであり、共通部分については説明を省略する。

30

【 0 0 4 2 】

図 6 A 及び図 6 B を参照して、本実施形態の虚像表示装置の光学系について一例を説明する。図 6 A は、本実施形態に係る虚像表示装置 1 0 0 に組み込まれたシースルーミラー 2 2 3 を概念的に示す側方断面図であり、図 3 に対応する図である。

【 0 0 4 3 】

図示のように、本実施形態では、シースルーミラー 2 2 3 において、光透過性部材 2 2 3 t が、異なる屈折率材料を貼り合わせた多層構造により構成されている。この点において、本実施形態は、第 1 実施形態に例示した態様と異なっている。

40

【 0 0 4 4 】

図 6 A に示すように、シースルーミラー 2 2 3 は、光透過性部材 2 2 3 t と、ミラー膜 2 3 r とで構成されている。なお、ミラー膜 2 3 r については、第 1 実施形態の場合と同様であるので詳しい説明を省略する。

【 0 0 4 5 】

光透過性部材 2 2 3 t は、図 6 A 及びその分解図である図 6 B に示すように、低屈折率層 2 2 3 f と高屈折率層 2 2 3 s とで構成されている。なお、低屈折率層 2 2 3 f と高屈折率層 2 2 3 s とについては、低屈折率層 2 2 3 f が高屈折率層 2 2 3 s との比較において

50

、相対的に屈折率の低い材料で構成されている。裏を返せば、高屈折率層 2 2 3 s が低屈折率層 2 2 3 f よりも相対的に屈折率の高い材料で構成されている、ということになる。

【 0 0 4 6 】

光透過性部材 2 2 3 t は、最も内側 (- Z 側) の層として、低屈折率層 2 2 3 f を有し、その外側に高屈折率層 2 2 3 s を有し、さらにその外側にミラー膜 2 3 r を有して構成されている。

【 0 0 4 7 】

図 6 B に示すように、低屈折率層 2 2 3 f は、薄板状の凹面部材であり、シースルーミラー 2 2 3 の第 1 面 2 3 a となるべき内側 (- Z 側) の面として、内面 S I f を有し、外側 (+ Z 側) の面として、外面 S O f を有する。なお、内面 S I f の曲率と、外面 S O f の曲率とは、異なっている。

10

【 0 0 4 8 】

高屈折率層 2 2 3 s は、薄板状の凹面部材であり、内側 (- Z 側) の面として、内面 S I s を有し、シースルーミラー 2 2 3 の第 2 面 2 3 b となるべき外側 (+ Z 側) の面として、外面 S O s を有する。なお、内面 S I s の曲率と、外面 S O s の曲率とは、異なっている。

【 0 0 4 9 】

一方、貼合せの観点から、低屈折率層 2 2 3 f の外面 S O f と高屈折率層 2 2 3 s の内面 S I s については、曲率を含む曲面形状の全体が一致している。

【 0 0 5 0 】

なお、ミラー膜 2 3 r が高屈折率層 2 2 3 s の外面 S O s 上に設けられることで、所望の曲率を有する第 2 面 2 3 b が形成される。

20

【 0 0 5 1 】

以上のように、本実施形態では、眼前ミラーであるミラー部材 1 2 b としてのシースルーミラー 2 2 3 において、異なる屈折率材料を貼り合わせたものを適用している、言い換えると、ミラー部材 1 2 b としてのシースルーミラー 2 2 3 が、低屈折率層 2 2 3 f と高屈折率層 2 2 3 s とを組み合わせた多層構造を有している。これにより、虚像表示装置 1 0 0 は、光学系を大型化することなく収差補正面を増やすことができる。

【 0 0 5 2 】

なお、上記一例では、光透過性部材 2 2 3 t を、1 層の低屈折率層 2 2 3 f と 1 層の高屈折率層 2 2 3 s との 2 層構造としているが、3 層以上の構成とすることも考えられる。また、各層のいずれかに、空気層を含む構成とすることも考えられる。

30

【 0 0 5 3 】

〔 第 3 実施形態 〕

以下、本発明の第 3 実施形態に係る虚像表示装置等について説明する。なお、第 3 実施形態の虚像表示装置は、第 1 実施形態の虚像表示装置等を部分的に変更したものであり、共通部分については説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

図 7 を参照して、本実施形態の虚像表示装置の光学系について一例を説明する。図 7 は、本実施形態に係る虚像表示装置 1 0 0 を構成する光学系を示す側方断面図であり、図 2 に対応する図である。

40

【 0 0 5 5 】

図示のように、本実施形態では、シースルーミラー 2 3 に、これを保護するための補償保護シート部材 P S が外界側 (+ Z 側) に設けられている。この点において、本実施形態は、第 1 実施形態等に例示した態様と異なっている。

【 0 0 5 6 】

補償保護シート部材 P S は、図示のように、シースルーミラー 2 3 の外側 (+ Z 側) すなわち外界光 H L の入射側において、ミラー膜 2 3 r の外側の面である外界光入射面 E S を覆ってシースルーミラー 2 3 を保護している。

【 0 0 5 7 】

50

補償保護シート部材 P S については、種々の材料や形状を採用することができ、例えば、形状に関して、光透過性部材 2 3 t に起因して発生する外界像の倍率変化を相殺するようにしてもよい。この場合、補償保護シート部材 P S は、外界光 H L の透過性を補償する機能を有する。

【 0 0 5 8 】

以上のように、本実施形態では、シースルーミラー 2 3 のうち外界光入射面 E S を覆って外界光 H L の透過性を補償しつつシースルーミラー 2 3 を保護する補償保護シート部材 P S を備える。これにより、画像光 M L については、収差補正をしつつ、外界光 H L のシースルー性能を良好な状態を確保する態様とすることができる。

【 0 0 5 9 】

〔変形例及びその他〕

以上実施形態に即して本発明を説明したが、本発明は、上記の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【 0 0 6 0 】

上記実施形態の虚像表示装置 1 0 0 では、導光系 1 2 a 及びミラー部材 1 2 b が、軸外し光学系又は非共軸光学系を形成する場合について説明しているが、これに限らず、軸回転対称な光学系において、適用することも考えられる。例えば、一般的なバードバスタイプの光学系における凹面鏡に代えて、上記第 1 面 2 3 a 及び第 2 面 2 3 b を有するミラー部材 1 2 b を適用することが考えられる。この場合、ミラー部材 1 2 b は、透過性を有しない構成とすることも考えられる。

【 0 0 6 1 】

また、上記において、例えば光学ユニット 1 2 の面方向又は Z 方向に関するサイズについて、瞳位置 P P からシースルーミラー 2 3 までの距離が 3 0 m m ~ 4 0 m m 程度となるように配置することが考えられる。

【 0 0 6 2 】

また、上記実施形態の虚像表示装置 1 0 0 では、表示素子 1 1 として有機 E L 素子等の自発光型の表示デバイスや L C D 及びその他の光変調素子を用いているが、これに代えて、レーザー光源とポリゴンミラー等であるスキャナーとを組み合わせたレーザスキャナーを用いた構成も可能である。つまり、レーザー網膜投影型のヘッドマウントディスプレイに対して本発明を適用することも可能である。

【 0 0 6 3 】

シースルーミラー 2 3 の外界側には、シースルーミラー 2 3 の透過光を制限することで調光を行う調光デバイスを取り付けることができる。調光デバイスは、例えば電動で透過率を調整する。調光デバイスとして、ミラー液晶、電子シェード等を用いることができる。調光デバイスは、外光照度に応じて透過率を調整するものであってもよい。調光デバイスによって外界光 H L を遮断する場合、外界像の作用を受けていない虚像のみを観察することができる。また、本願発明の虚像表示装置は、外光を遮断し画像光のみを視認させるいわゆるクローズ型の頭部搭載型表示装置 (H M D) に適用できる。この場合、虚像表示装置と撮像装置とで構成されるいわゆるビデオシースルーの製品に対応させたりするものとしてもよい。

【 0 0 6 4 】

以上では、虚像表示装置 1 0 0 が頭部に装着されて使用されることを前提としたが、上記虚像表示装置 1 0 0 は、頭部に装着せず双眼鏡のようにのぞき込むハンドヘルドディスプレイとしても用いることができる。つまり、本発明において、ヘッドマウントディスプレイには、ハンドヘルドディスプレイも含まれる。

【 0 0 6 5 】

以上では、縦方向又は Y 方向について導光しているが、横方向又は X 方向に導光する構成も可能である。

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

50

具体的な態様における虚像表示装置は、表示素子と、表示素子から射出された画像光を導く導光系と、導光系から射出された画像光を屈折させつつ入射させる第1面と第1面を経た画像光を反射して第1面から屈折させつつ射出させる第2面とを有するミラー部材とを備え、ミラー部材において、第1面の曲率と第2面の曲率とは、異なっている。

【0067】

上記虚像表示装置では、異なる曲率の第1面と第2面とを有するミラー部材において、まず、導光系から射出された画像光を、第1面から屈折させつつ入射させた後、第2面で反射し、さらに、第1面から屈折させつつ射出させる。これにより、例えばミラー部材に相当する箇所に反射のみを行う光学系を配置する場合に比べて、光学系を大型化することなく収差補正可能な面を増やすことができ、解像性能の向上を図ることが可能になる。

10

【0068】

具体的な側面において、ミラー部材は、第1面と第2面との間について非一様な厚さを有する。この場合、厚さを非一様とすることで、第1面の曲率と第2面の曲率との間に設けた差を利用して、所望の収差補正ができる。

【0069】

別の側面において、ミラー部材は、光学面の中心側から周辺側に向かって厚くなる。

【0070】

さらに別の側面において、導光系は、表示素子から射出された画像光を収束させる投射レンズと、投射レンズから射出された画像光を入射面に屈折させつつ入射させ、内反射面で全反射させ、射出面から屈折させつつ射出させるプリズムとを有し、ミラー部材は、プリズムから射出された画像光を瞳位置に向けて反射するとともに外界光を透過させるシースルーミラーである。この場合、ミラー部材としてのシースルーミラーにおいて、光学系を増大させることなく収差補正可能な面を増やすとともに、投射レンズとプリズムとによりさらなる光学性能の向上を図りつつ、装置の小型化ができる。

20

【0071】

さらに別の側面において、プリズムの内反射面での折返しとシースルーミラーの第2面での折返しとの2段階での折返しにより、Z字状の光路が形成される。この場合、Z字状に光路を折り曲げることで、装置の小型化を図れる。

【0072】

さらに別の側面において、投射レンズは、光学面として自由曲面を有する。この場合、投射レンズの構成要素を減らしつつ高精度化を達成することができる。

30

【0073】

さらに別の側面において、プリズムにおいて、入射面、内反射面及び射出面は、自由曲面である。この場合、プリズムを含む光学系全体の小型化を図れる。

【0074】

さらに別の側面において、シースルーミラーのうち外界光入射面を覆って外界光の透過性を補償しつつシースルーミラーを保護する補償保護シート部材を備える。この場合、画像光については、収差補正をしつつ、外界光のシースルー性能を良好な状態を確保することができる。

【0075】

さらに別の側面において、ミラー部材は、低屈折率層と高屈折率層とを組み合わせた多層構造を有する。この場合、多層構造を利用することで、光学系を大型化することなく収差補正面を増やすことができる。

40

【0076】

さらに別の側面において、導光系及びミラー部材は、軸外し光学系を形成する。この場合、解像度を維持しつつ、光学系の小型化、ひいては装置全体の小型化を達成することができる。

【0077】

さらに別の側面において、ミラー部材は、軸外し光学系における偏心収差を補正する。

【0078】

50

さらに別の側面において、ミラー部材は、所定値以上の屈折率かつ所定値以上のアッペ数を有する材料で構成される凹面鏡である。この場合、偏心収差の補正に加え、色収差の補正が可能になる。

【0079】

さらに別の側面において、第1面の曲率は、第2面の曲率に対して $\pm 20\%$ の範囲内で異なっている。この場合、曲率の差異を制限することで、偏心収差の補正等の必要な補正を行いつつ、例えばシースルー性能の極度の劣化を回避できる。

【0080】

さらに別の側面において、第1面の傾斜角は、第2面の傾斜角に対して $\pm 20\%$ の範囲内で異なっている。この場合、傾斜格の差異を制限することで、偏心収差の補正等の必要な補正を行いつつ、例えばシースルー性能の極度の劣化を回避できる。

10

【0081】

さらに別の側面において、表示素子に表示される画像は、導光系及びミラー部材によって形成される歪みを相殺する歪みを有する。この場合、ミラー部材等で発生する歪曲収差を許容しつつ表示素子を含めた全体として収差を抑えることができる。

【0082】

具体的な態様における光学ユニットは、表示素子から射出された画像光を導く導光系と、導光系から射出された画像光を屈折させつつ入射させる第1面と第1面を経た画像光を反射して第1面から屈折させつつ射出させる第2面とを有するミラー部材とを備え、ミラー部材において、第1面の曲率と第2面の曲率とは、異なっている。

20

【0083】

上記光学ユニットでは、異なる曲率の第1面と第2面とを有するミラー部材において、まず、導光系から射出された画像光を、第1面から屈折させつつ入射させた後、第2面で反射し、さらに、第1面から屈折させつつ射出させる。これにより、例えばミラー部材に相当する箇所に反射のみを行う光学系を配置する場合に比べて、光学系を大型化することなく収差補正可能な面を増やすことができ、解像性能の向上を図ることが可能になる。

【符号の説明】

【0084】

1 1 ... 表示素子、1 1 a ... 表示面、1 2 ... 光学ユニット、1 2 a ... 導光系、1 2 b ... ミラー部材、2 1 ... 投射レンズ、2 1 a ... 入射面、2 1 b ... 射出面、2 2 ... プリズム、2 2 a ... 入射面、2 2 b ... 内反射面、2 2 c ... 射出面、2 3 ... シースルーミラー、2 3 a ... 第1面、2 3 b ... 第2面、2 3 r ... ミラー膜、2 3 t ... 光透過性部材、1 0 0 ... 虚像表示装置、1 0 1 A, 1 0 1 B ... 表示装置、1 0 1 C ... 支持装置、1 0 2 ... 光学ユニット、1 0 3 ... 外観部材、2 2 3 ... シースルーミラー、2 2 3 f ... 低屈折率層、2 2 3 s ... 高屈折率層、2 2 3 t ... 光透過性部材、D A 1 ... 修正画像、E S ... 外界光入射面、E Y ... 眼、H L ... 外界光、I G 0, I G 1 ... 投影像、I M ... 中間像、M L ... 画像光、M L c ... 第1成分、M L p ... 第2成分、P P ... 瞳位置、P S ... 補償保護シート部材、R 1, R 2 ... 曲率、S I, S I f, S I s ... 内面、S O, S O f, S O s ... 外面、U S ... 使用者、r 1, r 2 ... 曲率半径、 θ_1, θ_2 ... 傾斜角

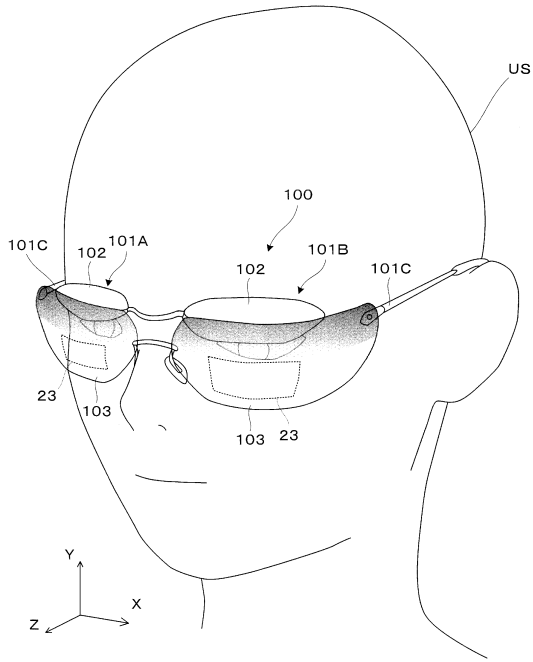
30

40

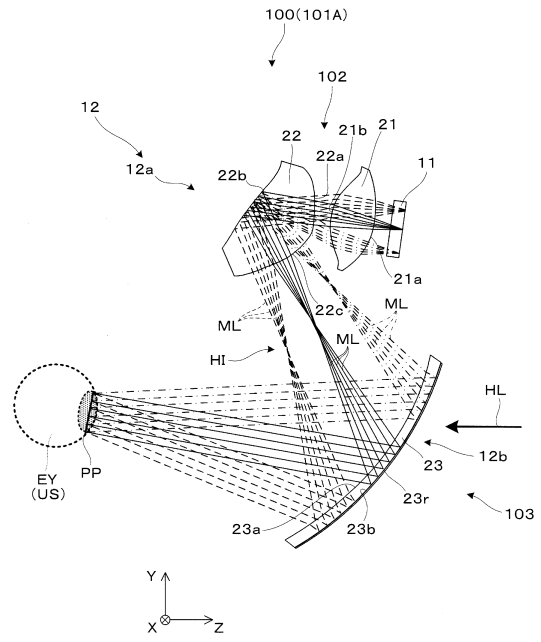
50

【 図面 】

【 図 1 】



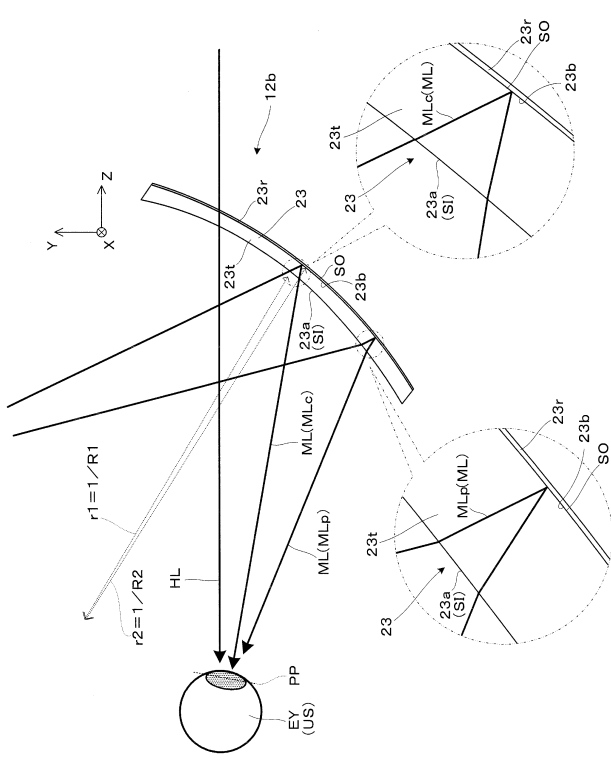
【 図 2 】



10

20

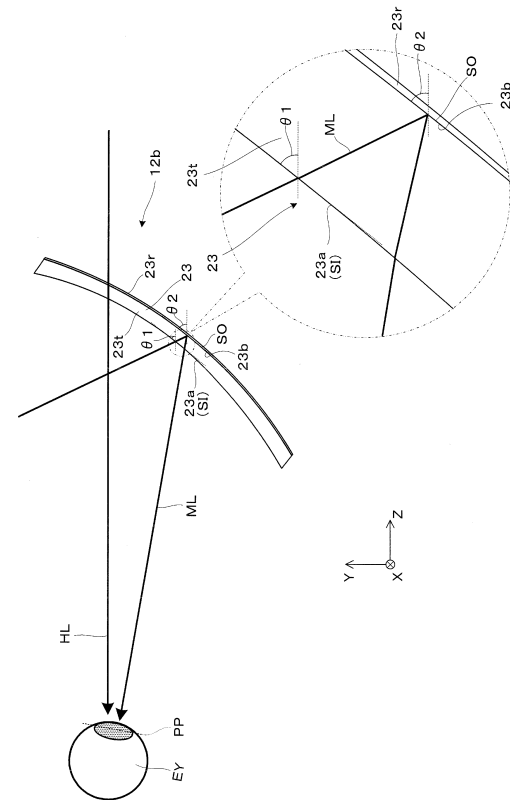
【 図 3 】



30

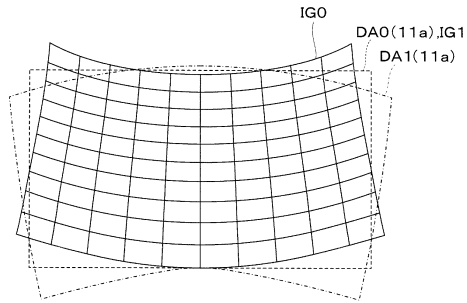
40

【 図 4 】

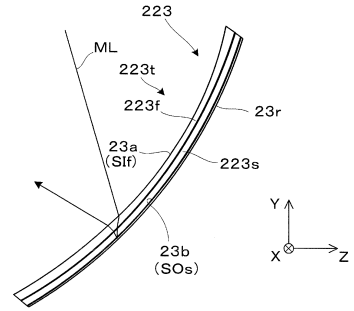


50

【 図 5 】



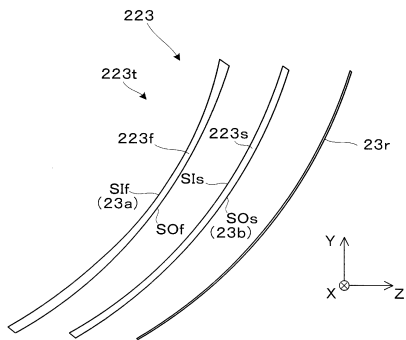
【 図 6 A 】



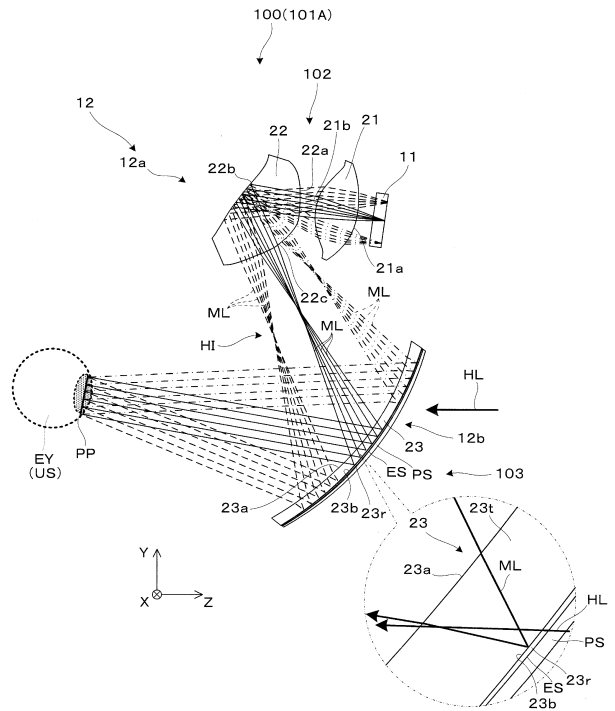
10

20

【 図 6 B 】



【 図 7 】



30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA14 LA12 LA27 RA41 RA45 TA01 TA04 TA06
2H199 CA04 CA12 CA23 CA24 CA25 CA27 CA29 CA30 CA42 CA45
CA46 CA48 CA49 CA58 CA59 CA83 CA84