(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3780026号
(P3780026)
(45)発行日　平成18年5月31日(2006.5.31)　(24)登録日　平成18年3月10日(2006.3.10)

(51)Int.Cl.　F I
G02B 27/02 (2006.01)　G02B 27/02 Z

請求項の数 6　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願平8-18383
(22)出願日　平成8年1月8日(1996.1.8)
(65)公開番号　特開平9-189880
(43)公開日　平成9年7月22日(1997.7.22)
審査請求日　平成14年12月17日(2002.12.17)

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　森島　英樹
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内

審査官　東　治企

(56)参考文献　特開平０７－１９１２７４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２４１０８０（ＪＰ，Ａ）
特表平０４－５０１９２７（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－００５３６４（ＪＰ，Ａ）
最終頁に続く

(54)【発明の名称】画像表示装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
画像発生手段の表示面に表示する画像からの光束を光学系を介して観察者の眼に導光し、該観察者に該画像の拡大した虚像を視認せしめる画像表示装置において、
該表示面上の複数の点より該表示面に対して垂直に射出する複数の主光線は前記光学系を射出して略一点で交わって該光学系の瞳を形成し、該光学系は該主光線を連続して逐次反射する４個の偏心曲面ミラーを有し、
該４個の偏心曲面ミラーのうち該瞳側から数えて第１の偏心ミラーは回転楕円面又は回転楕円面をベースとする非球面であり、該回転楕円面又は該非球面のベースとなる回転楕円面は該瞳の位置にその第１の焦点を持ち、該瞳側から数えて第２の偏心曲面ミラーは双曲面又は双曲面をベースとする非球面であり、該双曲面又は該非球面のベースとなる双曲面はその第１の焦点を該第１の偏心曲面ミラーの第２の焦点に位置することを特徴とする画像表示装置。
【請求項２】
前記４個の偏心曲面ミラーのうち前記瞳側から数えて第４の偏心曲面ミラーは放物面又は放物面をベースとする非球面であり、前記表示面より射出する前記複数の主光線は該第４の偏心曲面ミラーで反射した後、その焦点で交わることを特徴とする請求項１の画像表示装置。
【請求項３】
前記４個の偏心曲面ミラーのうち前記瞳から数えて第３の偏心曲面ミラーは前記第４の偏

心曲面ミラーの焦点に位置していることを特徴とする請求項２の画像表示装置。
【請求項４】
前記４個の偏心曲面ミラーのうち前記瞳から数えて第３の偏心曲面ミラーは球面又は球面をベースとする非球面であることを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載の画像表示装置。
【請求項５】
前記光学系は前記４個の偏心曲面ミラーのみにより構成されていることを特徴とする請求項１～４のいずれか１項に記載の請求の画像表示装置。
【請求項６】
前記４個の偏心曲面ミラーはすべて前記光学系の表示画角の最も小さい方向に配置していることを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載の画像表示装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は画像表示装置に関し、特に頭部に装着して画像発生手段からの画像情報を含んだ光束を光学系を介して観察者の眼に導光し、画像発生手段に表示された画像を虚像として表示する所謂 Head Mounted Display (以後HMD と記す）に好適なものである。
【０００２】
【従来の技術】
従来、HMD として液晶表示素子 (LCD)やCRT 等の画像発生手段を共軸レンズ系で直接拡大して観察者に表示する構成が提案されている。
【０００３】
また光学系として、表示画角を大きくし、更にHMD を装着した状態で重量バランスが良くなるように偏心光学系を用い、これが観察者の顔や頭を取り囲むように構成したHMD も提案されている。
【０００４】
図３は、特開平5-134208号公報で開示されているHMDであり１枚の偏心ミラーとリレーレンズ系を観察者の顔を取り囲むように配置構成している。図３において101は、観察者の右眼の瞳であり、102-1は偏心ミラーであり、102-2はリレーレンズである。103は、LCD等の画像発生手段である。このHMDにおいては画像発生手段103からの画像情報を含んだ光束をリレーレンズ102-2、偏心ミラー102-1の順に透過・反射させて、観察者の右眼101に投光し、画像発生手段103上の画像を観察者に虚像として表示している。偏心ミラー102-1をハーフミラーにすれば、観察者は画像発生手段103の画像と外界の風景をオーバーラップして観察することができる。なお、このHMDは、観察者の顔の左右対称面に対して左右対称に左眼に対応する部分があるが、図３では省略している。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
HMD を共軸レンズ系で構成すれば外界の風景を画像発生手段からの画像とオーバーラップして表示することができない。
【０００６】
偏心光学系を用いると画像発生手段に表示された画像を虚像として結像させ、これを外界視野にオーバーラップして表示する、所謂シースルー型の画像表示装置を構成することができる。
【０００７】
また奇数枚の偏心ミラーで構成したHMDは、画像表示手段が観察者の顔または頭側に位置することになり、画像表示手段を観察者の顔または／かつ頭を避けて位置するためにHMD装置全体が大きくなる傾向があった。
【０００８】
本発明は、HMD型の画像表示装置において、光学系を偶数枚の偏心曲面ミラーで構成すると共に、少なくとも光学系の一部に対して画像表示手段を観察者の顔又は／かつ頭と反対

側に配置して小型軽量で高性能の画像観察装置の提供を目的とする。
【０００９】
【課題を解決するための手段】
本発明の画像表示装置は、
（１－１）　画像発生手段の表示面に表示する画像からの光束を光学系を介して観察者の眼に導光し、該観察者に該画像の拡大した虚像を視認せしめる画像表示装置において、
該表示面上の複数の点より該表示面に対して垂直に射出する複数の主光線は前記光学系を射出して略一点で交わって該光学系の瞳を形成し、該光学系は該主光線を連続して逐次反射する４個の偏心曲面ミラーを有し、
該４個の偏心曲面ミラーのうち該瞳側から数えて第１の偏心ミラーは回転楕円面又は回転楕円面をベースとする非球面であり、該回転楕円面又は該非球面のベースとなる回転楕円面は該瞳の位置にその第１の焦点を持ち、該瞳側から数えて第２の偏心曲面ミラーは双曲面又は双曲面をベースとする非球面であり、該双曲面又は該非球面のベースとなる双曲面はその第１の焦点を該第１の偏心曲面ミラーの第２の焦点に位置すること等を特徴としている。
【００１０】
特に、
（１－１－１）　前記４個の偏心曲面ミラーのうち前記瞳側から数えて第４の偏心曲面ミラーは放物面又は放物面をベースとする非球面であり、前記表示面より射出する前記複数の主光線は該第４の偏心曲面ミラーで反射した後、その焦点で交わる。
（１－１－２）　前記４個の偏心曲面ミラーのうち前記瞳から数えて第３の偏心曲面ミラーは前記第４の偏心曲面ミラーの焦点に位置している。
（１－１－３）　前記４個の偏心曲面ミラーのうち前記瞳から数えて第３の偏心曲面ミラーは球面又は球面をベースとする非球面である。
（１－１－４）　前記光学系は前記４個の偏心曲面ミラーのみにより構成されている。
（１－１－５）　前記４個の偏心曲面ミラーはすべて前記光学系の表示画角の最も小さい方向に配置している。
こと等を特徴としている。
【００１１】
【発明の実施の形態】
図１は、本発明の実施形態１の光学系配置図である。本実施形態は水平表示画角60°、垂直表示画角47°、アスペクト比4:3 のシースルー型の画像表示装置である。図は垂直断面図であり光路も図示している。図は観察者の右眼に対応する部分だけを表しているが、本実施形態は観察者の顔の左右対称面に対して左右対称であるが、左眼に対応する部分を省略している。
【００１２】
1は観察者の右眼の瞳であり、又光学系の瞳である。3は画像表示手段（LCD ）であり、3aはその表示面である。表示面3aに表示された画像から射出する光線は各偏心曲面ミラーで反射して観察者の瞳１に達する。本明細書においては説明の便宜上光線は瞳１からLCD 3へ向かうとして説明する。2-1、2-2、2-3、2-4は、夫々HMDの光学系を構成する偏心曲面ミラーであり、観察者の右眼の瞳１からの光線に沿って順に番号を付してある。なお、偏心曲面ミラー2-1 のミラーはハーフミラーであるが、その他の偏心曲面ミラーは全鏡（全ての光束を反射する鏡）である。5は本光学系をマウントした筐体壁の一部であり、5aは筐体壁5に設けた覗き窓であり、通常は防塵のために透明板で覆っている。
【００１３】
次に、実施形態１の構成データを示す。なお、説明及び構成データにおいて面番号をi で表す。又、本実施形態は偏心系であるので、全光学系に対して１つのグローバル座標系と、各面にローカル座標系を設定して構成諸元を記述する。
【００１４】
グローバル座標系(X、Y、Z) の原点は、表示面3a上の各点から表示面3aに対して垂直に射

出する主光線が光学系を出て交わる点、即ち光学系の瞳の中心に設定する。そして表示面3aの中心から出て光学系を射出する光束の主光線（表示面3aの中心から表示面3aに対して垂直に射出する光線、光軸主光線と名付ける）をZ 軸とする。従ってZ 軸は虚像の中心から光学系の瞳１の中心へ入射する光線である。そして、原点を通り紙面内でZ 軸に対し90°をなす軸をY 軸、原点を通り紙面に垂直な軸をX 軸としている。

【００１５】

次に、ローカル座標系(x、y、z) は各面毎にあり、その原点はYZ平面上で反射面の頂点位置にあり、各x,y,z 軸は下記のように設定する：

z 軸：反射面の頂点位置(Y_i,Z_i) を原点とし、Z 軸方向に対しYZ面内において反時計方向にチルト角θ_i をなす軸

y 軸：反射面の頂点位置(Y_i,Z_i) を原点とし、z 軸に対しYZ面内において反時計方向に90°をなす軸

x 軸：反射面の頂点位置(Y_i,Z_i) を原点とし、YZ面に対し垂直な軸

以上においてチルト角θ_i は、YZ面内においてZ 軸に対して反時計回り方向を正とした角度（単位°）で表している。なお、各反射面のXZおよびXY面内でのチルトはない。

【００１６】

また、本発明の画像表示装置は少なくとも回転対称性の無い反射面を各々一面以上有し、その形状は以下の式により規定される。

【００１７】

【数１】

$$z=\frac{(x^2+y^2)/R}{1+\{1-(1+A)^2(x^2+y^2)^2/R\}^{1/2}}+Bx^6+Cx^4y^2+Dx^4y+Ex^4+Fx^2y^4$$
$$+Gx^2y^3+Hx^2y^2+Ix^2y+Jx^2+Ky^6+Ly^5+My^4+Ny^3+Oy^2+Py+Q$$

但し、上記曲面式の座標(x,y,z) はローカル座標系である。

【００１８】

なお、上記曲面式はx に関して偶数次の項のみであるため、x 座標値の符号によらずx 座標の絶対値とy 座標値が同じであればz 座標値は同じ値をとる。よって上記曲面式により規定される曲面はYZ面を対称面とする面対称な形状である。

【００１９】

なお、上記曲面式はZernike の６次までの多項式展開をz に関してx 、y の項でまとめたものである。

【００２０】

各部材のローカル座標

部材番号	(Y_i , Z_i)	θ_i
1	(0.000 , 0.000)	0.00
5a	(0.000 , 16.000)	0.00
2-1	(0.000 , 40.000)	23.36
2-2	(-30.872 , 19.962)	5.00
2-3	(-32.789 , 41.878)	5.00
2-4	(-21.317 , 25.495)	35.00
3a	(-52.328 , 34.301)	35.00

面形状

	偏心ミラー2-1	偏心ミラー2-2	偏心ミラー2-3	偏心ミラー2-4
R =	-44.6281905	-48.7121653	-53.0712844	42.3790899
A =	2.520e-01	-9.377e+00	9.338e-01	-8.111e-01
B =	-3.306e-10	2.290e-08	6.913e-09	2.283e-09
C =	-4.787e-10	-9.433e-08	-1.428e-08	-1.312e-09
D =	6.479e-10	1.644e-06	-1.995e-07	-2.531e-07
E =	-4.896e-07	2.196e-05	-3.251e-06	-2.925e-06
F =	-5.480e-11	4.933e-08	-1.859e-08	-1.103e-08
G =	9.544e-10	-1.373e-06	1.741e-07	-1.375e-07
H =	-3.441e-07	2.663e-05	3.558e-06	7.922e-06
I =	7.858e-07	-2.478e-04	-2.732e-04	6.386e-06
J =	-1.941e-03	9.675e-03	8.531e-04	8.325e-04
K =	1.030e-10	-3.290e-09	4.757e-08	-2.880e-09
L =	3.185e-10	-9.962e-08	4.482e-07	1.238e-08
M =	1.001e-07	8.516e-06	-1.367e-06	2.821e-06
N =	7.137e-07	-9.480e-05	6.333e-05	-7.020e-05
O =	-1.811e-05	-4.254e-03	3.113e-04	-3.116e-03
P =	1.498e-02	8.840e-02	4.571e-02	1.418e-03
Q =	4.899e-04	-1.360e-03	-2.907e-04	5.706e-04

本実施形態はLCD 3 からの画像情報を含んだ光束を偏心曲面ミラー2-4 、2-3 、2-2 、2-1 の順で反射させて光学系の瞳、即ち観察者の右眼の瞳１に導光し、LCD 3 の表示面3aに表示された画像を拡大した虚像P'を観察者に表示する。また前述のように本実施形態は観察者の顔の対称面に対して左右対称であるので、観察者の左眼には右眼１用の各偏心曲面ミラー2-1 、2-2 、2-3 、2-4 及びLCD 3 に対応する偏心曲面ミラー及びLCD が各々観察者の顔の対称面に対称に存在している。

【００２１】

次に偏心曲面ミラーの構成について説明する。なお説明は瞳１からLCD 3 に向かって逆向きに行なう。

【００２２】

偏心曲面ミラー2-1 は、楕円面をベースとする非球面であり、ベースとなる楕円面の第１の焦点の位置は、光学系の瞳１に略一致しており第２の焦点(図１内、点P1）はグローバル座標系の(0、-30、10)に位置している。偏心曲面ミラー2-2 は双曲面をベースとする非球面であり、ベースとなる双曲面の第１の焦点の位置は点P1と略一致している。

【００２３】

上記のように偏心曲面ミラー2-1 、偏心曲面ミラー2-2 の位置と形状を設定することにより光学系の瞳１から発散する光束群を偏心曲面ミラー2-1 で絞り込むとともに偏心曲面ミラー2-2 により光束群の巾を広げることなく偏心曲面ミラー2-3 に光束を導くことが出来る。

【００２４】

また各画角の光束の中間結像面４の近傍に偏心曲面ミラー2-2 を配置していることから各画角の光束の主光線の方向を偏心曲面ミラー2-2 により各画角の光束の結像に大きな影響を与えることなくコントロールすることが出来るので、ここでディストーションの補正をする事が可能である。

【００２５】

偏心曲面ミラー2-2 のベースとなる双曲面の第２の焦点(図１内、点P2）はグローバル座標系の（0 、-42.4、55.2 ）にあり、これは偏心曲面ミラー2-3 をやや越えた位置になる。

【００２６】

偏心曲面ミラー2-3 は偏心曲面ミラー2-1 、偏心曲面ミラー2-2 によって発散光束となった各画角の光束を収束光束とするために凹面の非球面ミラーで構成し、凹面の非球面ミラーで構成する偏心曲面ミラー2-4 は各画角の光束をLCD 3 上に結像するとともに各画角の主光線がLCD 3 に略垂直で入射するように該主光線の方向を制御している。

【００２７】

各画角の光束のLCD 3 上への結像を偏心曲面ミラー2-3 、偏心曲面ミラー2-4 の２枚の偏心曲面ミラーで分担することにより各偏心曲面ミラーの屈折力が著しく大きくなることを防ぎ、収差の発生を押さえている。

【００２８】

本実施形態は光学系を４枚の偏心曲面ミラーで構成し、それらの偏心曲面ミラーをすべて表示画角が最も小さい垂直方向に配置しているので光束を光学系に沿って引き回す際、偏心曲面ミラーと光束のなす角度が該ミラーを表示画角の大きな水平方向に配置する場合よりも小さくなり、これにより発生する偏心収差を小さくし、全体として収差補正を容易とし、更に偏心曲面ミラー2-4に対して画像表示手段3を観察者の顔及び頭と反対側に配置して装置サイズを小型化、軽量化している。

【００２９】

なお、本実施形態においてLCD 3 の直前に所謂フィールドレンズを配置して、これによって各画角の光束の主光線をLCD 3 に垂直に入射させ、LCD 3 に対して所謂テレセントリックにすることも可能である。

【００３０】

図２は、本発明の実施形態２の光学系配置図である。本実施形態は水平表示画角60°、垂直表示画角47°、アスペクト比4:3 のシースルー型の画像表示装置である。図は垂直断面図であり光路も図示している。図は観察者の右眼に対応する部分だけを表しているが、本実施形態は観察者の顔の左右対称面に対して左右対称であるが、左眼に対応する部分を省略している。図２において図１と共通する部材には同一の番号を付してある。本実施形態の説明は実施形態１と異なる部分を重点的に行なうこととする。

【００３１】

実施形態２の構成データを以下に記す。

【００３２】

各部材のローカル座標

部材番号	(Y_i , Z_i)	θ_i
1	(0.000 , 0.000)	0.00
5a	(0.000 , 14.000)	0.00
2-1	(0.000 , 40.000)	23.36
2-2	(-30.697 , 17.970)	5.00
2-3	(-32.789 , 41.878)	0.00
2-4	(-20.289 , 20.228)	30.00
3a	(-56.723 , 33.833)	30.00

	偏心ミラー2-1	偏心ミラー2-2	偏心ミラー2-3	偏心ミラー2-4
R =	-44.6281905	-33.9104122	-60.8285679	49.6994564
A =	2.520e-01	-3.304e-01	-2.581e+00	-7.424e-01
B =	-3.306e-10	-7.739e-08	-1.448e-08	3.701e-10
C =	-4.787e-10	4.484e-07	2.166e-07	-1.179e-09
D =	6.479e-10	-3.160e-07	-6.214e-08	7.754e-09
E =	-4.896e-07	-1.058e-04	2.421e-06	2.156e-07
F =	-5.480e-11	-5.306e-07	1.267e-07	-7.645e-09
G =	9.544e-10	5.517e-06	-1.475e-06	2.628e-08
H =	-3.441e-07	1.921e-04	-1.137e-05	3.807e-06
I =	7.858e-07	-2.930e-03	9.821e-05	6.230e-05
J =	-1.941e-03	1.857e-02	-1.911e-03	-1.637e-03
K =	1.030e-10	-1.384e-07	-1.936e-08	-3.255e-12
L =	3.185e-10	1.775e-06	-4.292e-07	-8.351e-09
M =	1.001e-07	9.689e-06	4.950e-06	-1.886e-07
N =	7.137e-07	6.738e-04	3.634e-05	4.004e-05
O =	-1.811e-05	-1.598e-02	5.203e-06	1.520e-03
P =	1.498e-02	3.114e-02	6.631e-02	7.725e-03
Q =	4.899e-04	-6.434e-04	4.759e-04	2.915e-05

本実施形態において偏心曲面ミラー2-1 は実施形態１における偏心曲面ミラー2-1 と同じものである。偏心曲面ミラー2-2 は双曲面をベースにした非球面であり、ベースの双曲面の第１の焦点は偏心曲面ミラー2-1 のベースの楕円面の第２の焦点P1と略一致しており、該双曲面の第２の焦点P2は偏心曲面ミラー2-3 上に位置している。

【００３３】

偏心曲面ミラー2-4 は放物面をベースにした非球面であり、ベースの放物面の焦点の位置は偏心曲面ミラー2-3 上の焦点P2に略一致している。

【００３４】

上記のように光学系を構成したため、光学系の瞳１の偏心曲面ミラー2-1 、偏心曲面ミラー2-2 および偏心曲面ミラー2-3 による像は偏心曲面ミラー2-3 上の点P2に位置することになり、偏心曲面ミラー2-4 により各画角の主光線は平行となってLCD 3 に入射し、LCD 3 に対して所謂テレセントリックとなる。またこのとき偏心曲面ミラー2-3 のパワーをかえてもLCD 3 に対するテレセントリック条件は崩れず、設計上の自由度が増すだけでなく偏心曲面ミラー2-3 の形状誤差によりLCD 3 に対するテレセントリック条件が崩れることがないため、製造上有利である。

【００３５】

本実施形態は光学系を４枚の偏心曲面ミラーで構成し、それらの偏心曲面ミラーをすべて表示画角が最も小さい垂直方向に配置しているので光束を光学系に沿って引き回す際、偏心曲面ミラーと光束のなす角度が該ミラーを表示画角の大きな水平方向に配置する場合よりも小さくなり、これにより発生する偏心収差を小さくし、全体として収差補正を容易とし、更に偏心曲面ミラー2-4に対して画像表示手段3を観察者の顔及び頭と反対側に配置して装置サイズを小型化、軽量化している。

【００３６】

なお、本実施形態において偏心曲面ミラー2-1 を完全な楕円面としたり、偏心曲面ミラー2-2 を完全な双曲面としたり、偏心曲面ミラー2-4 を完全な放物面としてHMD を構成することも可能である。

【００３７】

本発明の各実施形態は画像表示手段の表示面を観察者の顔又は頭に向けて配置し、光学系を基本的に４枚の光学的に連続する偏心曲面ミラーで構成し、各ミラーの形状および結像関係を適切に構成することによって小型、軽量のHMD を達成している。なお、光学系を上記のような４枚の光学的に連続する偏心曲面ミラーに屈折レンズ又は他の偏心ミラーを付加して構成することも可能である。

【００３８】

【発明の効果】

本発明は以上の構成により、HMD型の画像表示装置において、光学系を偶数枚の偏心曲面ミラーで構成すると共に、少なくとも光学系の一部に対して画像表示手段を観察者の顔又は／かつ頭と反対側に配置して、小型軽量で高性能の画像表示装置を達成する。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の実施形態１の光学系配置図

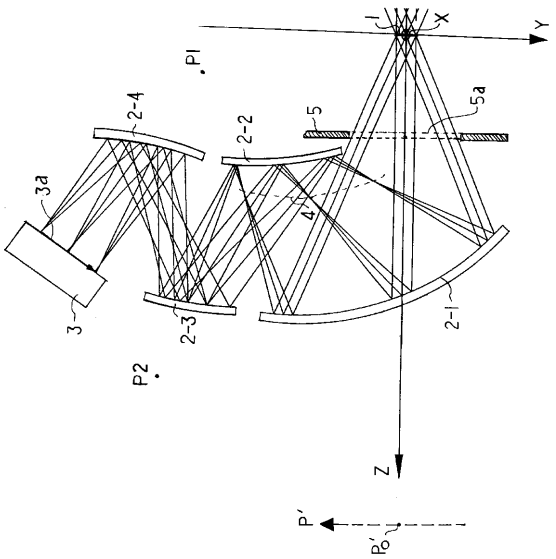
【図２】　本発明の実施形態２の光学系配置図

【図３】　従来例の光学系配置図

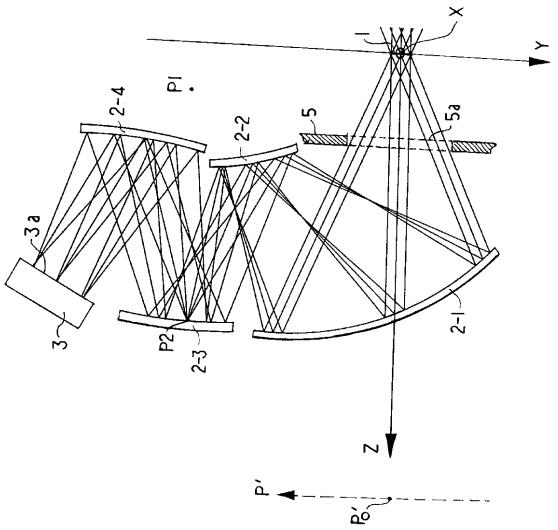
【符号の説明】

１　観察者の瞳、光学系の瞳
2-1　偏心曲面ミラー
2-2　偏心曲面ミラー
2-3　偏心曲面ミラー
2-4　偏心曲面ミラー
３　画像発生手段
3a　表示面
４　中間像
５　筐体壁
5a　覗き窓

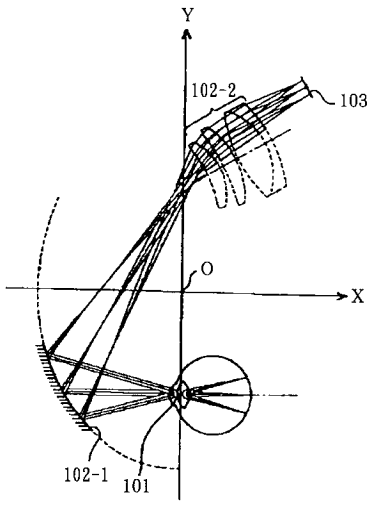
【図１】


I
X
Y
PI
2-4
2-2
5
5a
3a
4
3
2-3
2-1
P2
Z
P'
Po'

【図２】


I
X
Y
PI
2-4
2-2
5
5a
3a
3
P2
2-3
2-1
Z
P'
Po'

【図３】


Y
102-2
103
O
X
102-1
101

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)

G02B 27/01 - 27/02
G02B 27/18
H04N 5/64
G02B 17/00
G03B 21/00