

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4550184号  
(P4550184)

(45) 発行日 平成22年9月22日 (2010.9.22)

(24) 登録日 平成22年7月16日 (2010.7.16)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 27/01 (2006.01)

G O 2 B 27/02 A

G O 9 F 9/00 (2006.01)

G O 9 F 9/00 3 5 9 A

請求項の数 9 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願平11-188875	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成11年7月2日 (1999.7.2)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2001-13446 (P2001-13446A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成13年1月19日 (2001.1.19)	(74) 代理人	100097777
審査請求日	平成18年5月29日 (2006.5.29)		弁理士 荏澤 弘
審判番号	不服2009-1689 (P2009-1689/J1)	(74) 代理人	100088041
審判請求日	平成21年1月21日 (2009.1.21)		弁理士 阿部 龍吉
		(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120
			弁理士 内田 亘彦
		(74) 代理人	100095980
			弁理士 菅井 英雄
		(74) 代理人	100094787
			弁理士 青木 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 観察光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

観察者に観察させる第1像を形成する像形成部材と、前記像形成部材が形成した像を観察者眼球に導くように構成された接眼光学系と、前記第1像とは別の第2像を観察者眼球に導くように前記接眼光学系よりも前記第2像側に配置されたシースルー光学素子とを備えた観察光学系において、

前記接眼光学系が、前記第1像からの光束を反射させ、観察者眼球側に導くように、少なくとも曲面形状の反射面を有し、前記曲面形状の反射面が、前記シースルー光学素子を透過した前記第2像からの光束を透過させる作用を備えて構成され、

前記シースルー光学素子が曲面形状の透過面を有し、前記反射面よりも前記第2像側に

、前記反射面と間隔を離して配置され、  
前記反射面と前記透過面は異なる曲面形状を有し、

前記第2像からの光束が、前記シースルー光学素子と前記接眼光学系とを透過するに際して、前記シースルー光学素子と前記接眼光学系との合成の光学パワーPが略0となり、かつ、角倍率が略1となるように構成されていることを特徴とする観察光学系。

【請求項 2】

前記接眼光学系の射出瞳の中心を通り、前記第1像の中心あるいは前記第2像の中心に到る光線を軸上主光線とすると、前記第2像の中心に到る方の前記軸上主光線が通過する位置で、前記光学パワーPが略0となり、かつ、前記角倍率が略1となるように構成されていることを特徴とする請求項1記載の観察光学系。

10

20

## 【請求項 3】

前記接眼光学系の有する反射面が、偏心収差を補正するような回転非対称な曲面形状にて構成され、

前記光学パワー及び角倍率が、以下の条件を満足するように、前記シースルー光学系が前記接眼光学系で発生する光学パワーと角倍率とを相殺するように構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の観察光学系。

$$-0.002 < P_x < 0.002 \quad \dots (3)$$

$$-0.002 < P_y < 0.002 \quad \dots (4)$$

$$0.97 < x < 1.03 \quad \dots (5)$$

$$0.95 < y < 1.05 \quad \dots (6)$$

10

ただし、前記射出瞳から前記接眼光学系に到る前記軸上主光線方向を Z 軸方向、前記接眼光学系と前記シースルー光学系の偏心方向が Y 軸方向で、前記軸上主光線と前記 Y 軸を含む面を Y-Z 面とし、その Y-Z 面と直交する方向を X 方向とすると、全系の X 方向のパワーを  $P_x$ 、Y 方向のパワーを  $P_y$ 、全系の X 方向の角倍率を  $x$ 、全系の Y 方向の角倍率を  $y$  とする。

## 【請求項 4】

前記間隔は、前記軸上主光線が通過する位置でゼロであることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の観察光学系。

## 【請求項 5】

前記接眼光学系の有する反射面が、偏心収差を補正するような回転非対称な曲面形状にて構成され、その曲面形状がアナモルフィック面若しくは対称面を 1 面のみ備えた面対称自由曲面にて構成されたことを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項記載の観察光学系。

20

## 【請求項 6】

前記曲面形状の反射面は透過部と遮光部で構成されていることを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 項記載の観察光学系。

## 【請求項 7】

前記シースルー光学素子が、前記透過部と対向する位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 6 の何れか 1 項記載の観察光学系。

## 【請求項 8】

前記シースルー光学素子における前記第 2 像側の面が、透過部と遮光部で構成されていることを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項記載の観察光学系。

30

## 【請求項 9】

前記シースルー光学素子とは別のシースルー光学素子を備え、

前記別のシースルー光学素子が、前記前記曲面形状の反射面と対向する位置であって、前記シースルー光学素子とは別の位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 8 の何れか 1 項記載の観察光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

40

本発明は、観察光学系に関し、特に、例えば頭部装着型画像表示装置の光学系において、外界等を透して見るシースルー観察光学系に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来、頭部装着型画像表示装置等の光学系に関し、米国特許第 4,969,724 号、欧州特許第 5,831,116-A2 号の 2 つは何れも、接眼光学系を構成するプリズム光学系の表面を平面で構成するものであり、特開平 7-333551 号のものでは、接眼光学系を構成するプリズム光学系の表面は回転非対称なアナモルフィック面で構成されている。

## 【0003】

50

**【発明が解決しようとする課題】**

このような従来の接眼光学系を構成する厚いプリズム光学系で外界等を透視するシースルー光学系を構成するためには、目側の面と外界側の面を同一形状の面で構成、シースルー光路のパワーを0にすることが一般的であった。

**【0004】**

しかし、前記プリズム光学系の目側の面が平面ではない場合には、シースルー光路のパワーが0でもその角倍率が1ではなくなり、片目にそのプリズム光学系を残りの片目を裸眼にして観察する片目装着型の頭部装着型画像表示装置の場合に、両眼で観察すると、左右の目で2つの像を融像することができないという問題がある。

**【0005】**

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、画像表示素子から表示像を形成するプリズム光学系等の接眼光学系を透してシースルーで外界等を見る場合に、裸眼で見る場合と同じに外界等が見える観察光学系を提供することである。

**【0006】****【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成する本発明の観察光学系は、観察者に観察させる第1像を形成する像形成部材と、前記像形成部材が形成した像を観察者眼球に導くように構成された接眼光学系と、前記第1像とは別の第2像を観察者眼球に導くように前記接眼光学系よりも前記第2像側に配置されたシースルー光学素子とを備えた観察光学系において、

前記接眼光学系が、前記第1像からの光束を反射させ、観察者眼球側に導くように、少なくとも曲面形状の反射面を有し、前記曲面形状の反射面が、前記シースルー光学素子を透過した前記第2像からの光束を透過させる作用を備えて構成され、

前記シースルー光学素子が曲面形状の透過面を有し、前記反射面よりも前記第2像側に、前記反射面と間隔を離して配置され、

前記反射面と前記透過面は異なる曲面形状を有し、

前記第2像からの光束が、前記シースルー光学素子と前記接眼光学系とを透過するに際して、前記シースルー光学素子と前記接眼光学系との合成の光学パワーPが略0となり、かつ、角倍率が略1となるように構成されていることを特徴とするものである。

**【0007】**

以下、本発明において上記構成をとった理由と作用を説明する：

図1は、後記実施例1の観察光学系の光路図である。この図を参照にして説明すると、この観察光学系の接眼光学系はプリズム光学系10を含んで構成されており、プリズム光学系10は、射出瞳1側から逆光線追跡で数えて、透過面と全反射面を兼ねる第1面11と半透過反射面の第2面12と透過面の第3面13とから構成され、像面3に配置された画像表示素子からの表示光は、第3面13からプリズム光学系10内に入射し、その入射光は第1面11で反射され、さらに第2面12で反射され、第1面11からプリズム外に出て射出瞳1の位置に瞳が位置する観察者眼球に入射して像面3の表示像が拡大観察可能になる。

**【0008】**

プリズム光学系10の第2面12の前方には、間隔を置いて（軸上で間隔0であるものを含む。）別の透過プリズム部材からなるシースルー光学素子20が配置され、射出瞳1側から逆光線追跡で数えて、透過面である第1面21と第2面22とから構成され、外界からの光は、シースルー光学素子20の第2面22、第1面21、プリズム光学系10の第2面12、第1面11の順に透過して射出瞳1の位置に瞳が位置する観察者眼球に入射して外界像を形成する。外界像と像面3の画像表示素子の表示像とは選択的あるいは重畳して観察される。なお、図1中、符号2は軸上主光線を示す。

**【0009】**

このように、本発明においては、観察者に観察させる第1像を形成する像形成部材（像面3の画像表示素子）と、その像形成部材が形成した像を観察者眼球に導くように構成され

10

20

30

40

50

た接眼光学系（この場合は、プリズム光学系 10 と回折光学素子 4 とからなる。）と、第 1 像とは別の第 2 像（この場合は、外界像）を観察者眼球に導くように接眼光学系よりも第 2 像側に配置されたシースルー光学素子 20 とを備えた観察光学系において、接眼光学系が、第 1 像からの光束を反射させ、観察者眼球側に導くように、少なくとも曲面形状の反射面 12 を有し、反射面 12 が、シースルー光学素子 20 を透過した第 2 像からの光束を透過させる作用を備えて構成され、シースルー光学素子 20 が、反射面 12 よりも第 2 像側に、反射面 12 と間隔を離して配置されているものである。

【0010】

そして、本発明では、外界からの光束が、シースルー光学素子 20 とプリズム光学系 10 とを透過するに際して、シースルー光学素子 20 とプリズム光学系 10 との合成の光学パワー  $P$  が略 0 となり、かつ、角倍率  $M$  が略 1 となるように構成されていることを特徴とするものである。ここで、光学パワーと角倍率は何れも軸上主光線 2 が通過する位置での光学パワーと角倍率である。

10

【0011】

このように、シースルー光学系の光学パワー  $P$  を略 0、角倍率  $M$  を略 1 にすることにより、シースルー光学系を透して見た像が裸眼で見た像と同じになり、裸眼で見た像とシースルー光学系を通して見た像とが融像しやすく、例えば片目装着型の頭部装着型画像表示装置において両眼で外界像が観察しやすくなるものである。

【0012】

ここで、光学パワー  $P$  が略 0 とは、

20

$-0.002 < P < 0.002 \text{ (1/mm)}$  ..... (1)

の範囲にあるものを意味する。この条件の上下限を越えると、シースルー光学系を透して見た像と裸眼で見た像との結像位置が異なりすぎ、両眼で観察し難くなる。

【0013】

また、角倍率  $M$  が略 1 とは、

$0.95 < M < 1.05$  ..... (2)

を意味する。この条件の上下限を越えると、シースルー光学系を透して見た像と裸眼で見た像とが同じ大きさに結像されず、両眼で左右像が融像し難くなる。

【0014】

また、接眼光学系とシースルー光学素子との間隔を離すとは、光学部材と屈折率の略等しい接着剤によって接合され、その接合面での光学パワーの発生が無視できるようなものではなく、接眼光学系とシースルー光学素子との間で発生する光学パワー（例えば、空気レンズ）もシースルー光学系の光学性能に寄与する作用が発生するものを言い、空気を挟んで分離されているものに限らず、屈折率差のある接着剤で接合されたものや、液体、ガス、流体を封入したものも含む。なお、液晶シャッターをこの間に配置してもよい。

30

【0015】

ここで、接眼光学系の有する反射面が、偏心収差を補正するような回転非対称な曲面形状にて構成されていることが収差補正上は好ましい。

【0016】

その理由を以下に詳述する：

40

まず、用いる座標系、回転非対称な面について説明する。軸上主光線が、逆光線追跡で、接眼光学系の第 1 面に交差するまでの直線によって定義される光軸を Z 軸とし、その Z 軸と直交し、かつ、接眼光学系を構成する各面の偏心面内の軸を Y 軸と定義し、前記光軸と直交し、かつ、前記 Y 軸と直交する軸を X 軸とする。光線の追跡方向は、射出瞳から画像表示面に向かう逆光線追跡で説明する。

【0017】

一般に、球面レンズでのみ構成された球面レンズ系では、球面により発生する球面収差と、コマ収差、像面湾曲等の収差をいくつかの面でお互いに補正しあい、全体として収差を少なくする構成になっている。

【0018】

50

一方、少ない面数で収差を良好に補正するためには、回転対称非球面等が用いられる。これは、球面で発生する各種収差自体を少なくするためである。

【 0 0 1 9 】

しかし、偏心した光学系においては、偏心により発生する回転非対称な収差を回転対称光学系で補正することは不可能である。この偏心により発生する回転非対称な収差は、歪曲収差、像面湾曲、さらに、軸上でも発生する非点収差、コマ収差がある。

【 0 0 2 0 】

まず、回転非対称な像面湾曲について説明する。例えば、無限遠の物点から偏心した凹面鏡に入射した光線は、凹面鏡に当たって反射結像されるが、光線が凹面鏡に当たって以降、像面までの後側焦点距離は、像界側が空気の場合、光線が当たった部分の曲率半径の半分になる。すると、図 2 1 に示すように、軸上主光線に対して傾いた像面を形成する。このように、回転非対称な像面湾曲を補正するには回転対称な光学系では不可能である。

【 0 0 2 1 】

この傾いた像面湾曲をその発生源である凹面鏡 M 自身で補正するには、凹面鏡 M を回転非対称な面で構成し、この例では Y 軸正の方向に対して曲率を強く（屈折力を強く）し、Y 軸負の方向に対して曲率を弱く（屈折力を弱く）すれば、補正することができる。また、上記構成と同様な効果を持つ回転非対称な面を、凹面鏡 M とは別に光学系中に配置することにより、少ない構成枚数でフラットの像面を得ることが可能となる。

【 0 0 2 2 】

また、回転非対称な面は、その面内及び面外共に回転対称軸を有しない回転非対称面形状の面とすることが、自由度が増え収差補正上は好ましい。

【 0 0 2 3 】

次に、回転非対称な非点収差について説明する。上記説明と同様に、偏心して配置された凹面鏡 M では、軸上光線に対しても図 2 2 に示すような非点収差が発生する。この非点収差を補正するためには、上記説明と同様に、回転非対称面の X 軸方向の曲率と Y 軸方向の曲率を適切に変えることによって可能となる。

【 0 0 2 4 】

さらに、回転非対称なコマ収差について説明する。上記説明と同様に、偏心して配置された凹面鏡 M では、軸上光線に対しても図 2 3 に示すようなコマ収差が発生する。このコマ収差を補正するためには、回転非対称面の X 軸の原点から離れるに従って面の傾きを変え

ると共に、Y 軸の正負によって面の傾きを適切に変えることによって可能となる。

【 0 0 2 5 】

また、本発明の接眼光学系では、前述の反射作用を有する少なくとも 1 つの面が軸上主光線に対し偏心し、回転非対称な面形状でパワーを有する構成も可能である。このような構成をとれば、その反射面にパワーを持たせることで発生する偏心収差をその面自体で補正することが可能となり、プリズムの屈折面のパワーを緩めることで、色収差の発生自体を小さくすることができる。

【 0 0 2 6 】

また、本発明で用いる上記の回転非対称面は、アナモルフィック面あるいは対称面を 1 面のみ有する面对称自由曲面であることが好ましい。ここで、本発明で使用する自由曲面とは、以下の式 ( a ) で定義されるものである。なお、その定義式の Z 軸が自由曲面の軸となる。

【 0 0 2 7 】

$$Z = c r^2 / [1 + \sqrt{1 - (1 + k) c^2 r^2}] + \sum_{j=2}^{66} C_j X^m Y^n \dots (a)$$

ここで、( a ) 式の第 1 項は球面項、第 2 項は自由曲面項である。

【 0 0 2 8 】

球面項中、

c : 頂点の曲率

k : コーニック定数 (円錐定数)

$r = (X^2 + Y^2)$

である。

【 0 0 2 9 】

自由曲面項は、

66

$$\sum_{j=2} C_j X^m Y^n$$

$$= C_2 X + C_3 Y$$

$$+ C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2$$

$$+ C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 + C_{10} Y^3$$

$$+ C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} XY^3 + C_{15} Y^4$$

$$+ C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} XY^4$$

$$+ C_{21} Y^5$$

$$+ C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4$$

$$+ C_{27} XY^5 + C_{28} Y^6$$

$$+ C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4$$

$$+ C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} XY^6 + C_{36} Y^7$$

.....

ただし、 $C_j$  ( $j$  は 2 以上の整数) は係数である。

【 0 0 3 0 】

上記自由曲面は、一般的には、 $X-Z$  面、 $Y-Z$  面共に対称面を持つことはないが、本発明では  $X$  の奇数次項を全て 0 にすることによって、 $Y-Z$  面と平行な対称面が 1 つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式 (a) においては、 $C_2$ 、 $C_5$ 、 $C_7$ 、 $C_9$ 、 $C_{12}$ 、 $C_{14}$ 、 $C_{16}$ 、 $C_{18}$ 、 $C_{20}$ 、 $C_{23}$ 、 $C_{25}$ 、 $C_{27}$ 、 $C_{29}$ 、 $C_{31}$ 、 $C_{33}$ 、 $C_{35}$ ・・・の各項の係数を 0 にすることによって可能である。

【 0 0 3 1 】

また、 $Y$  の奇数次項を全て 0 にすることによって、 $X-Z$  面と平行な対称面が 1 つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式においては、 $C_3$ 、 $C_5$ 、 $C_8$ 、 $C_{10}$ 、 $C_{12}$ 、 $C_{14}$ 、 $C_{17}$ 、 $C_{19}$ 、 $C_{21}$ 、 $C_{23}$ 、 $C_{25}$ 、 $C_{27}$ 、 $C_{30}$ 、 $C_{32}$ 、 $C_{34}$ 、 $C_{36}$ ・・・の各項の係数を 0 にすることによって可能である。

【 0 0 3 2 】

また上記対称面の方向の何れか一方を対称面とし、それに対応する方向の偏心、例えば、 $Y-Z$  面と平行な対称面に対して光学系の偏心方向は  $Y$  軸方向に、 $X-Z$  面と平行な対称面に対しては光学系の偏心方向は  $X$  軸方向にすることで、偏心により発生する回転非対称な収差を効果的に補正しながら同時に製作性をも向上させることが可能となる。

【 0 0 3 3 】

また、上記定義式 (a) は、前述のように 1 つの例として示したものであり、本発明は、対称面を 1 面のみ有する回転非対称面を用いることで偏心により発生する回転非対称な収差を補正し、同時に製作性も向上させるということが特徴であり、他のいかなる定義式に

10

20

30

40

50

対しても同じ効果が得られることは言うまでもない。

【 0 0 3 4 】

そして、第 2 像からの光束がシースルー光学素子と接眼光学系とを透過する際に与えられる合成の光学パワー及び角倍率が、以下の条件を満足するように、シースルー光学系が接眼光学系で発生する光学パワーと角倍率とを相殺するように構成されていることが望ましい。

【 0 0 3 5 】

$$\begin{aligned} -0.002 < P_x < 0.002 \text{ (1/mm)} & \dots (3) \\ -0.002 < P_y < 0.002 \text{ (1/mm)} & \dots (4) \\ 0.97 < x < 1.03 & \dots (5) \\ 0.95 < y < 1.05 & \dots (6) \end{aligned}$$

10

ただし、全光学系の偏心方向が Y 軸方向で、軸上主光線と平行な面を Y - Z 面とし、その Y - Z 面と直交する方向を X 方向とすると、全系の X 方向のパワーを  $P_x$ 、Y 方向のパワーを  $P_y$ 、全系の X 方向の角倍率を  $x$ 、全系の Y 方向の角倍率を  $y$  とする。ただし、人間の縦方向が Y 軸方向の場合。人間の縦方向が X 軸方向の場合は、条件 (5)、(6) は次のようになる。

【 0 0 3 6 】

$$\begin{aligned} 0.95 < x < 1.05 & \dots (5)' \\ 0.97 < y < 1.03 & \dots (6)' \end{aligned}$$

ここで、角倍率について、縦方向と横方向で差が付くのは、人間の目は縦 Y よりも横 X の方が細かく見ることができるので、Y 方向の  $y$  は多少緩くても大丈夫なため、条件 (5) と (6) の間には差が付いている。

20

【 0 0 3 7 】

上記条件 (3) ~ (6) の上下限の意味は前記条件 (1) と (2) の上下限の意味と同様である。

【 0 0 3 8 】

全系の X 方向のパワー  $P_x$ 、Y 方向のパワー  $P_y$  について、さらに好ましくは、

$$\begin{aligned} -0.001 < P_x < 0.001 \text{ (1/mm)} & \dots (3-1) \\ -0.001 < P_y < 0.001 \text{ (1/mm)} & \dots (4-1) \end{aligned}$$

なる条件を満足することが重要である。また、

$$\begin{aligned} -0.0005 < P_x < 0.0005 \text{ (1/mm)} & \dots (3-2) \\ -0.0005 < P_y < 0.0005 \text{ (1/mm)} & \dots (4-2) \end{aligned}$$

なる条件の少なくとも何れか一方を満足することが望ましい。

30

【 0 0 3 9 】

全系の X 方向の角倍率  $x$ 、全系の Y 方向の角倍率  $y$  について、さらに好ましくは、

$$\begin{aligned} 0.99 < x < 1.01 & \dots (5-1) \\ 0.99 < y < 1.01 & \dots (6-1) \end{aligned}$$

なる条件式を満足することが重要である。

【 0 0 4 0 】

さらに好ましくは、

$$\begin{aligned} 0.995 < x < 1.005 & \dots (5-2) \\ 0.995 < y < 1.005 & \dots (6-2) \end{aligned}$$

なる条件式を満足することが重要である。

40

【 0 0 4 1 】

次に、目側の第 1 プリズム (図 1 では、プリズム光学系 10) の逆光線追跡での入射面の視軸 (軸上主光線) との交点における X 方向と Y 方向の曲率を  $C_{x1}$ 、 $C_{y1}$  とし、第 1 プリズムの射出面の視軸との交点における X 方向と Y 方向の曲率を  $C_{x2}$ 、 $C_{y2}$  とし、物体側に配置されるシースルー光学素子の入射面の視軸との交点における X 方向と Y 方向の曲率を  $C_{x3}$ 、 $C_{y3}$  とし、シースルー光学素子の射出面の曲率を  $C_{x4}$ 、 $C_{y4}$  とするとき、第 1 プリズムと第 2 プリズムを近接して配置する場合、 $C_{x3}/C_{x2}$  と  $C_{y3}$

50

/Cy2は下記条件を満足することが好ましい。

【0042】

$$0.3 < C \times 3 / C \times 2 < 1.2 \quad \dots (7)$$

$$0.3 < C y 3 / C y 2 < 1.2 \quad \dots (8)$$

上記条件式の下限の0.3を越えると、上記2つの面に挟まれた空気層によりこの部分が正のパワーを持ちすぎてしまい、全系の光学パワーを0にする場合は、この部分のパワーを打ち消すために第2プリズムの射出面が強い負の光学パワーを持たざるを得なくなり、角倍率が大きく1以下になってしまう。一方、角倍率を略1にする場合も同様に、第2プリズムの射出面が強い負の光学パワーを持たざるを得なくなり、全体の光学パワーが強い正のパワーを持ってしまい、遠方を観察することができなくなってしまう。

10

【0043】

上記条件式の上限の1.2を越えると、上記2つの面に挟まれた空気層によりこの部分が負のパワーを持ちすぎてしまい、全系の光学パワーを0にする場合は、この部分のパワーを打ち消すために第2プリズムの射出面が強い正の光学パワーを持たざるを得なくなり、角倍率が大きく1以上になってしまう。一方、角倍率を1にする場合も同様に、第2プリズムの射出面が強い正の光学パワーを持たざるを得なくなり、全体の光学パワーが強い負のパワーをもってしまい、近点を観察することができなくなってしまう。

【0044】

さらに好ましくは、

$$0.4 < C \times 3 / C \times 2 < 1 \quad \dots (7-1)$$

$$0.4 < C y 3 / C y 2 < 1 \quad \dots (8-1)$$

なる条件を満足することが必要である。

20

【0045】

ところで、接眼光学系としては、図1に例示したように、少なくとも屈折率が1よりも大きい媒質を挟んだプリズム部材を有し、そのプリズム部材が、少なくとも透過か反射の一方の光学作用を備えた光学作用面を3つ以上含み、その3つの面は、第1像からの光束をプリズム内に入射する第3面と、シースルー光学素子に間隔を離して対向しシースルー光学素子を透過した第2像からの光束をプリズム内に透過させる作用と第1像からの光束をプリズム内で反射させる作用とを備え、少なくとも曲面形状の反射面を有して構成された第2面と、第1像からの光束をプリズム外に射出する第1面にて構成されることが望ましい。

30

【0046】

その場合には、第1面又は第3面の少なくとも一方が、偏心収差を補正するような回転非対称な曲面形状にて構成され、その曲面形状が、アナモルフィック面若しくは対称面を1面のみ備えた面对称自由曲面にて構成されることが望ましい。

【0047】

また、第1面が、プリズム内での光束の反射作用と透過作用とを兼用するように構成されることが望ましい。

【0048】

その場合に、第1面の反射作用と透過作用との兼用面は、反射光束が全反射臨界角を越えた角度でこの第1面に入射するような全反射面にて構成され、その後反射面で折り返された反射光束を全反射臨界角を越えない角度で入射させてプリズムから射出させるように構成されていることが望ましい。

40

【0049】

また、本発明の観察光学系において、第1像からの光束が接眼光学系から射出されて決まる第1像観察視野範囲が、第2像からの光束がシースルー光学素子と接眼光学系の一部を透過して決定される第2像観察視野範囲内に形成されるように、接眼光学系とシースルー光学素子とを構成してもよい。

【0050】

また、接眼光学系のシースルー光学素子に対向配置されている反射面の光束反射領域に対

50



して、シースルー光学素子から透過する光束透過領域が像形成部材側にシフトするようにシースルー光学素子の光学径を接眼光学系の反射面よりも小さく構成し、かつ、シースルー光学素子とその反射面の像形成部材に近い側の領域と対向して配置し、その反射面のシースルー光学素子に対向しない部分には、外界からのフレアー光線の入射を防止する遮光コートを施して構成してもよい。

【0051】

そして、その第2像が外界像となるように、シースルー光学素子の前方又は後方の少なくとも一方に外界像からの光束の透過と遮断若しくは透過と減光の切り換えができる遮光部材を配置して構成することができる。

【0052】

また、第2像が、第1像とは別の像を形成する表示素子によって形成されるように、シースルー光学素子の接眼光学系とは反対側に表示素子を配置して構成することもできる。

【0053】

また、第2像が外界像となるように、シースルー光学素子の前方又は後方の少なくとも一方に外界像からの光束の透過と遮断若しくは透過と減光の切り換えができる遮光部材を配置して構成すると共に、外界像とシースルー光学素子との間に第3の像を表示する表示素子を配置して構成することもできる。

【0054】

また、本発明の観察光学系において、第1像からの光束を導く接眼光学系内の光路と、第2像からの光束を導くシースルー光学素子内の光路とは、別の位置に配置された瞳照射用の光源と、その瞳の像を受光する受光素子とを備え、観察者の視線を検知するように構成することもできる。

【0055】

この場合に、視線を検出する手段は、少なくとも瞳の像が、接眼光学系の光路内を通り、第1像との間の光路中から分離されて受光素子に導かれるように構成することができる。このように視線検出手段の光路を観察光路と兼用することによって、視線検出手段の光路から入射する恐れのある外界光や、瞳照射光源からの迷光等による影響を排除できると共に、視線検出光学系も大部分削減でき、安価、小型化ができる。

【0056】

また、接眼光学系から射出された第1像からの光束の光軸を視軸とし、射出瞳を中心にその視軸から像形成部材と反対側に向う方向の接眼光学系によって規定される角度をとすると、接眼光学系とシースルー光学素子と射出瞳とが以下の条件を満足する関係に配置されていることが望ましい。

【0057】

60°

この条件を満足する配置だと、シースルー光路以外に、例えば下方のキーボード等を観察光学系を通さずに直接見ることができるようになる。

【0058】

なお、本発明は、以上のような何れかの観察光学系を備え、その接眼光学系とシースルー光学素子と第1像を形成する像形成部材とが間隔を保持する保持手段によって保持された本体部と、その本体部を観察者頭部に支える支持手段とを備えた頭部装着型観察光学装置も含むものである。

【0059】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の観察光学系の実施例1～2について説明する。これら実施例は逆光線追跡で説明するが、図1に示すように、接眼光学系の像面3に画像表示素子を配置し、その射出瞳1位置に観察者の眼球の瞳を配置することにより、表示像の観察光学装置として機能し、接眼光学系のプリズム光学系10とシースルー光学素子20とを通して射出瞳1から外界を観察することにより外界をシースルーすることができる。なお、これら実施例の構成パラメータは後に示す。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 0 】

各実施例において、図 1 に示すように、軸上主光線 2 を物体中心を出て、射出瞳 1 の中心を通り、像面 3 中心あるいは外界中心に到る光線で定義する。そして、瞳 1 中心を観察光学系を構成する光学面の原点として、観察光学系の第 1 面 1 1 に入射する軸上主光線 2 に沿う方向を Z 軸正方向とし、この Z 軸と像面中心を含む平面を Y - Z 平面とし、原点を通り Y - Z 平面に直交し、紙面の手前から裏面側に向かう方向を X 軸正方向とし、X 軸、Z 軸と右手直交座標系を構成する軸を Y 軸とする。図 1 には、原点について定められた座標系を図示してある。

## 【 0 0 6 1 】

実施例 1、2 では、瞳 1 の中心について定められた座標系の Y - Z 平面内でプリズム部材 1 0、2 0 の各面の偏心を行っており、また、その各回転非対称自由曲面の唯一の対称面を Y - Z 面としている。

## 【 0 0 6 2 】

プリズム部材 1 0、2 0 の偏心面については、瞳 1 の中心について定められた座標系の原点から、その面の面頂位置の偏心量（X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向をそれぞれ X、Y、Z）と、その面の中心軸（自由曲面については、前記（a）式の Z 軸、非球面については、後記（b）式の Z 軸）の X 軸、Y 軸、Z 軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ （°））とが与えられている。なお、その場合、 $\alpha$  と  $\beta$  の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 $\gamma$  の正は Z 軸の正方向に対して時計回りを意味する。

## 【 0 0 6 3 】

また、各実施例の光学系を構成する光学作用面の中、特定の面とそれに続く面が共軸光学系を構成する場合には、面間隔が与えられており、その他、媒質の屈折率、アッペ数が慣用法に従って与えられている。

## 【 0 0 6 4 】

また、本発明で用いられる自由曲面の面の形状は前記（a）式により定義し、その定義式の Z 軸が自由曲面の軸となる。

## 【 0 0 6 5 】

また、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

## 【 0 0 6 6 】

$$Z = (Y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K) Y^2 / R^2\}^{1/2}] + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + \dots \quad \dots (b)$$

ただし、Z を光の進行方向を正とした光軸（軸上主光線）とし、Y を光軸と垂直な方向にとる。ここで、R は近軸曲率半径、K は円錐定数、A、B、C、D、... はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数である。この定義式の Z 軸が回転対称非球面の軸となる。

## 【 0 0 6 7 】

なお、データの記載されていない自由曲面、非球面に関する項は 0 である。屈折率については、d 線（波長 587.56 nm）に対するものを表記してある。

長さの単位は mm である。

## 【 0 0 6 8 】

また、自由曲面の他の定義式として、以下の（c）式で与えられる Zernike 多項式がある。この面の形状は以下の式により定義する。その定義式の Z 軸が Zernike 多項式の軸となる。回転非対称面の定義は、X - Y 面に対する Z の軸の高さの極座標で定義され、A は X - Y 面内の Z 軸からの距離、R は Z 軸回りの方位角で、Z 軸から測った回転角で表せられる。

## 【 0 0 6 9 】

$$x = R \times \cos(A)$$

$$y = R \times \sin(A)$$

$$Z = D_2$$

$$+ D_3 R \cos(A) + D_4 R \sin(A)$$

$$+ D_5 R^2 \cos(2A) + D_6 (R^2 - 1) + D_7 R^2 \sin(2A)$$

$$+ D_8 R^3 \cos(3A) + D_9 (3R^3 - 2R) \cos(A)$$

$$+ D_{10} (3R^3 - 2R) \sin(A) + D_{11} R^3 \sin(3A)$$

10

$$+ D_{12} R^4 \cos(4A) + D_{13} (4R^4 - 3R^2) \cos(2A)$$

$$+ D_{14} (6R^4 - 6R^2 + 1) + D_{15} (4R^4 - 3R^2) \sin(2A)$$

$$+ D_{16} R^4 \sin(4A)$$

$$+ D_{17} R^5 \cos(5A) + D_{18} (5R^5 - 4R^3) \cos(3A)$$

$$+ D_{19} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \cos(A)$$

$$+ D_{20} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \sin(A)$$

$$+ D_{21} (5R^5 - 4R^3) \sin(3A) + D_{22} R^5 \sin(5A)$$

20

$$+ D_{23} R^6 \cos(6A) + D_{24} (6R^6 - 5R^4) \cos(4A)$$

$$+ D_{25} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \cos(2A)$$

$$+ D_{26} (20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1)$$

$$+ D_{27} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \sin(2A)$$

$$+ D_{28} (6R^6 - 5R^4) \sin(4A) + D_{29} R^6 \sin(6A) \dots$$

\dots (c)

なお、X軸方向に対称な光学系として設計するには、 $D_4$ 、 $D_5$ 、 $D_6$ 、 $D_{10}$ 、 $D_{11}$ 、 $D_{12}$ 、 $D_{13}$ 、 $D_{14}$ 、 $D_{20}$ 、 $D_{21}$ 、 $D_{22}$ ...を利用する。

30

【0070】

その他の面の例として、次の定義式(d)があげられる。

【0071】

$$Z = C_{nm} X^k Y^k$$

例として、 $k = 7$  (7次項)を考えると、展開したとき、以下の式で表せる。

【0072】

$$\begin{aligned}
Z = & C_2 \\
& + C_3 Y + C_4 |X| \\
& + C_5 Y^2 + C_6 Y |X| + C_7 X^2 \\
& + C_8 Y^3 + C_9 Y^2 |X| + C_{10} Y X^2 + C_{11} |X^3| \\
& + C_{12} Y^4 + C_{13} Y^3 |X| + C_{14} Y^2 X^2 + C_{15} Y |X^3| + C_{16} X^4 \\
& + C_{17} Y^5 + C_{18} Y^4 |X| + C_{19} Y^3 X^2 + C_{20} Y^2 |X^3| \\
& \quad + C_{21} Y X^4 + C_{22} |X^5| \\
& + C_{23} Y^6 + C_{24} Y^5 |X| + C_{25} Y^4 X^2 + C_{26} Y^3 |X^3| \\
& \quad + C_{27} Y^2 X^4 + C_{28} Y |X^5| + C_{29} X^6 \\
& + C_{30} Y^7 + C_{31} Y^6 |X| + C_{32} Y^5 X^2 + C_{33} Y^4 |X^3| \\
& \quad + C_{34} Y^3 X^4 + C_{35} Y^2 |X^5| + C_{36} Y X^6 + C_{37} |X^7| \\
& \quad \dots (d)
\end{aligned}$$

なお、本発明の実施例では、前記 (a) 式を用いた自由曲面で面形状が表現されているが、上記 (c) 式、(d) 式を用いても同様の作用効果を得られるのは言うまでもない。

#### 【0073】

なお、回折光学素子に関しては、例えば「光学系デザイナーのための小型光学エレメント」第6、7章（オプトロニクス社刊）や「SPIE」第126巻、p. 46～53（1977）等に記載されており、可視域でのアップ数 = -3.453、部分分散比<sub>g,F</sub> = 0.03であり、その回折格子の間隔を自由に変えることが可能なため、任意の非球面レンズ面と等価に扱える。以下では、「SPIE」第126巻、p. 46～53（1977）に記載されている「ultra-high index method」を用いている。

#### 【0074】

本発明の実施例1のシースルー光学系を備えた観察光学装置の光軸を含むY-Z断面図を図1に示す。実施例2のシースルー光学系を備えた観察光学装置も同様に構成される。これら実施例の観察光学装置の像面の表示像を観察する場合の水平画角22°であり、画像表示素子の大きさは9.6×7.2mmであり、瞳径は4mmである。

#### 【0075】

この観察光学装置は、画像表示素子の表示像を観察する場合には、逆光線追跡で物体側から光の通る順に、射出瞳1、プリズム光学系10、回折光学素子4、平行平板6、像面3からなり、また、外界をシースルーする際は、逆光線追跡で物体側から光の通る順に、射出瞳1、プリズム光学系10、シースルー光学素子20からなる。

#### 【0076】

プリズム光学系10は、逆光線追跡で、第1面11から第3面13で構成され、その第1面11は物体側からの光束をプリズム10内に入射させると共に第2面12で反射された光束をプリズム内で全反射する透過面と全反射面を兼ねた面となっており、第2面12は第1面11から入射した光束をプリズム内で反射すると共に、一部シースルー光学素子20側へ透過する半透過反射面となっており、第3面13は第1面11で反射された光束をプリズム外へ射出する透過面となっている。

#### 【0077】

また、回折光学素子4は、その像面3側の面が回折面5となっている。平行平板6は像面3を照明するための光学系あるいはフィルター類を構成するものである。

#### 【0078】

像面3に配置された画像表示素子の表示面からの表示光は、平行平板6を経て回折光学

素子 4 の回折面 5 で回折され、プリズム光学系 10 の第 3 面 13 からプリズム内に入り、第 1 面 11 で全反射され、第 2 面 12 で反射されて今度は第 1 面 11 で屈折されてプリズム外に射出し、射出瞳 1 の位置に瞳が位置する観察者眼球に入射して、画像表示素子の表示画像の拡大像を形成する。

【0079】

また、シースルー光学素子 20 は、プリズム光学系 10 の第 3 面 13 の前方に間隔をおいて配置され、逆光線追跡で、第 1 面 21 と第 2 面 22 で構成された透過プリズム部材からなり、外界からの光は、シースルー光学素子 20 の第 2 面 22、第 1 面 21、プリズム光学系 10 の第 2 面 12、第 1 面 11 の順に透過して射出瞳 1 の位置に瞳が位置する観察者眼球に入射して、外界像を形成する。なお、外界像と像面 3 の表示像とは選択的あるいは重畳して観察される。

10

【0080】

図 2 に実施例 1 のシースルー光学系の光軸を含む Y - Z 断面図を、図 3 に実施例 2 のシースルー光学系の光軸を含む Y - Z 断面図を示す。両実施例のプリズム光学系 10 は共通のものであり、シースルー光学素子 20 の面形状が異なるが、プリズム光学系 10 の第 3 面 13 の前方に配置され、逆光線追跡で、第 1 面 21 と第 2 面 22 で構成された透過プリズム部材からなる。

【0081】

以下に上記各実施例のシースルー光学系の構成パラメータと、両実施例共通の像面 3 に配置された画像表示素子の観察光学系の構成パラメータとを示す。以下の表中の“ F F S ”は自由曲面、“ A S S ”は非球面、“ D O E ”は回折面、“ L C D ”は画像表示素子の表示面、“ R S ”は反射面、“ H R P ”は仮想面をそれぞれ示す。

20

【0082】

## (実施例1)

面番号 物体面	曲率半径 $\infty$	面間隔 $\infty$	偏心	屈折率	アッベ数	
1	$\infty$ (瞳)					
2	ASS①		偏心(1)	1.5254	56.2	
3	FFS①		偏心(2)			
4	FFS②		偏心(3)	1.5254	56.2	10
5	ASS②		偏心(4)			
	ASS①					
R	-176.22					
K	$-3.7387 \times 10^{+1}$					
A	$-1.6692 \times 10^{-6}$					
B	$2.9814 \times 10^{-9}$					
C	$-2.0018 \times 10^{-12}$					20
	ASS②					
R	-1062.55					
K	$5.4556 \times 10^{+2}$					
A	$3.6429 \times 10^{-6}$					
B	$5.0316 \times 10^{-9}$					
C	$-1.1192 \times 10^{-12}$					
	FFS①					30
C <sub>4</sub>	$-6.8800 \times 10^{-3}$	C <sub>6</sub>	$-6.3619 \times 10^{-3}$	C <sub>8</sub>	$4.1553 \times 10^{-5}$	
C <sub>10</sub>	$6.8837 \times 10^{-5}$	C <sub>11</sub>	$1.2241 \times 10^{-6}$	C <sub>13</sub>	$3.3302 \times 10^{-6}$	
C <sub>15</sub>	$2.5098 \times 10^{-6}$	C <sub>17</sub>	$3.8987 \times 10^{-8}$	C <sub>19</sub>	$1.2588 \times 10^{-7}$	
C <sub>21</sub>	$5.2527 \times 10^{-8}$					
	FFS②					
C <sub>4</sub>	$-4.4160 \times 10^{-3}$	C <sub>6</sub>	$-2.4845 \times 10^{-3}$	C <sub>8</sub>	$2.2623 \times 10^{-4}$	
C <sub>10</sub>	$2.3442 \times 10^{-4}$	C <sub>11</sub>	$8.6043 \times 10^{-6}$	C <sub>13</sub>	$1.7297 \times 10^{-5}$	40
C <sub>15</sub>	$9.4774 \times 10^{-6}$	C <sub>17</sub>	$8.8375 \times 10^{-8}$	C <sub>19</sub>	$2.5550 \times 10^{-7}$	

$C_{21} \quad 1.6464 \times 10^{-7}$

偏心(1)

X    0.00    Y    -2.61    Z    32.27

$\alpha$     5.50     $\beta$     0.00     $\gamma$     0.00

偏心(2)

X    0.00    Y    3.08    Z    42.45

$\alpha$  -14.95     $\beta$     0.00     $\gamma$     0.00

10

偏心(3)

X    0.00    Y    3.08    Z    42.95

$\alpha$  -14.95     $\beta$     0.00     $\gamma$     0.00

偏心(4)

X    0.00    Y    -6.46    Z    48.00

$\alpha$     7.60     $\beta$     0.00     $\gamma$     0.00

【 0 0 8 3 】

20

## (実施例2)

面番号 物体面	曲率半径 $\infty$	面間隔 $\infty$	偏心	屈折率	アッベ数	
1	$\infty$ (瞳)		偏心(1)			
2	A S S ①		偏心(2)	1.5254	56.2	
3	F F S ①		偏心(3)			
4	F F S ②		偏心(4)	1.5254	56.2	10
5	F F S ③		偏心(5)			
A S S ①						
R	-176.22					
K	$-3.7387 \times 10^{+1}$					
A	$-1.6692 \times 10^{-6}$					
B	$2.9814 \times 10^{-9}$					
C	$-2.0018 \times 10^{-12}$					20
F F S ①						
C <sub>4</sub>	$-6.8800 \times 10^{-3}$	C <sub>6</sub>	$-6.3619 \times 10^{-3}$	C <sub>8</sub>	$4.1553 \times 10^{-5}$	
C <sub>10</sub>	$6.8837 \times 10^{-5}$	C <sub>11</sub>	$1.2241 \times 10^{-6}$	C <sub>13</sub>	$3.3302 \times 10^{-6}$	
C <sub>15</sub>	$2.5098 \times 10^{-6}$	C <sub>17</sub>	$3.8987 \times 10^{-8}$	C <sub>19</sub>	$1.2588 \times 10^{-7}$	
C <sub>21</sub>	$5.2527 \times 10^{-8}$					
F F S ②						
C <sub>4</sub>	$-5.3827 \times 10^{-3}$	C <sub>6</sub>	$-3.9107 \times 10^{-3}$	C <sub>8</sub>	$2.0464 \times 10^{-5}$	30
C <sub>10</sub>	$2.0013 \times 10^{-4}$	C <sub>11</sub>	$-3.0583 \times 10^{-6}$	C <sub>13</sub>	$2.9474 \times 10^{-6}$	
C <sub>15</sub>	$5.4444 \times 10^{-6}$	C <sub>17</sub>	$-1.1451 \times 10^{-7}$	C <sub>19</sub>	$1.3958 \times 10^{-7}$	
C <sub>21</sub>	$3.3195 \times 10^{-7}$					
F F S ③						
C <sub>4</sub>	$-3.9314 \times 10^{-4}$	C <sub>6</sub>	$4.9360 \times 10^{-4}$	C <sub>8</sub>	$-9.7487 \times 10^{-6}$	
C <sub>10</sub>	$1.6818 \times 10^{-4}$	C <sub>11</sub>	$-5.3888 \times 10^{-6}$	C <sub>13</sub>	$-2.1876 \times 10^{-6}$	
C <sub>15</sub>	$5.8586 \times 10^{-6}$	C <sub>17</sub>	$-7.0891 \times 10^{-8}$	C <sub>19</sub>	$-4.0581 \times 10^{-8}$	40
C <sub>21</sub>	$3.4163 \times 10^{-7}$					



## 偏心(1)

X	0.00	Y	-2.61	Z	32.27
$\alpha$	5.50	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心(2)

X	0.00	Y	3.08	Z	42.45
$\alpha$	-14.95	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心(3)

X	0.00	Y	1.38	Z	42.12
$\alpha$	-14.16	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心(4)

X	0.00	Y	1.25	Z	47.68
$\alpha$	9.11	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

【 0 0 8 4 】

## (画像表示素子の観察光学系)

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	$\infty$	-1000.00			
1	$\infty$ (瞳)				
2	ASS①		偏心(1)	1.5254	56.2
3	FFS① (RS)		偏心(2)	1.5254	56.2
4	ASS① (RS)		偏心(1)	1.5254	56.2
5	FFS②		偏心(3)		
6	$\infty$ (HRP)	1.50	偏心(4)		
7	$\infty$	1.40		1.5254	56.2
8	$\infty$	0.00		1001.0682	-3.5
9	-209750.722 (DOE)	0.50			
10	$\infty$	7.13		1.5163	64.1
11	$\infty$	1.56			
12	$\infty$	0.16		1.5860	34.5
13	$\infty$	1.10		1.5230	59.4
像 面	$\infty$ (LCD)				
	ASS①				
R	-176.22				
K	$-3.7387 \times 10^{+1}$				
A	$-1.6692 \times 10^{-6}$				30
B	$2.9814 \times 10^{-9}$				
C	$-2.0018 \times 10^{-12}$				
	FFS①				
C <sub>4</sub>	$-6.8800 \times 10^{-3}$	C <sub>6</sub>	$-6.3619 \times 10^{-3}$	C <sub>8</sub>	$4.1553 \times 10^{-5}$
C <sub>10</sub>	$6.8837 \times 10^{-5}$	C <sub>11</sub>	$1.2241 \times 10^{-6}$	C <sub>13</sub>	$3.3302 \times 10^{-6}$
C <sub>15</sub>	$2.5098 \times 10^{-6}$	C <sub>17</sub>	$3.8987 \times 10^{-8}$	C <sub>19</sub>	$1.2588 \times 10^{-7}$
C <sub>21</sub>	$5.2527 \times 10^{-8}$				
	FFS②				

10

20

30

40

$C_4$	$-2.3155 \times 10^{-2}$	$C_6$	$-3.0035 \times 10^{-2}$	$C_8$	$4.7893 \times 10^{-4}$
$C_{10}$	$5.9168 \times 10^{-4}$	$C_{11}$	$7.4760 \times 10^{-6}$	$C_{13}$	$4.6108 \times 10^{-5}$
$C_{15}$	$1.6986 \times 10^{-5}$	$C_{17}$	$-7.6840 \times 10^{-7}$	$C_{19}$	$-3.8926 \times 10^{-6}$
$C_{21}$	$-2.0872 \times 10^{-6}$				

## 偏心(1)

X	0.00	Y	-2.61	Z	32.27
$\alpha$	5.50	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

10

## 偏心(2)

X	0.00	Y	3.08	Z	42.45
$\alpha$	-14.95	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心(3)

X	0.00	Y	18.35	Z	39.28
$\alpha$	60.78	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心(4)

X	0.00	Y	18.86	Z	38.29
$\alpha$	49.61	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

20

## 【0085】

上記実施例1、2のシースルー光学系を通して見た方眼画像と裸眼で見た方眼画像を重畳した図をそれぞれ図4、図5に示す。各実施例の観察光学系を片目装着型の頭部装着型観察光学装置に用いた場合に、両眼で外界を観察すると、左右の目で外界像を容易に融像することができることが明らかである。

## 【0086】

なお、上記実施例1、2の条件(3)~(8)に関する $P_x$ 、 $P_y$ 、 $\beta_x$ 、 $\beta_y$ 、 $C_{x3}/C_{x2}$ 、 $C_{y3}/C_{y2}$ の値を以下の通りである。

30

## 【0087】

	$P_x$	$P_y$	$\beta_x$	$\beta_y$	$C_{x3}/C_{x2}$	$C_{y3}/C_{y2}$
実施例1	0.00050	0.00000	0.99920	0.99850	0.69950	0.56645
実施例2	0.00060	-0.00010	0.99691	1.00130	0.83012	0.62687

## 【0088】

次に、図6に、本発明の別の形態の観察光学系の構成を示す。反射型LCD(液晶表示素子)100と、照明光源101と、照明用光学素子102、103とからなる第1像形成部材と、反射型LCD100に表示された第1像を観察者眼球Eに導く接眼光学系104と、外界像(第2像)を導くために接眼光学系104の第2像側に配置されたシースルー光学素子105と、さらに、その第2像側に配置された光束の透過と遮断若しくは透過と減光の切り換えができる遮光部材106とを含む構成により、本実施形態の観察光学系は形成されている。さらに、視線検知のために、瞳照明光源107と、その瞳像を受光する受光素子108と、この受光素子108の瞳像を解析し、その情報に基づいて他の部材の制御を行うCPU109が配置されている。

40

## 【0089】

50

照明光源 101 は、LED やランプ 等であり、白色光源でも、R, G, B セットの光源であってもよい。照明用光学素子 102 は、光源 101 側の面が正パワーを有する凸面 110 で構成され、フィールドレンズの作用を持つ。なお、この凸面 110 は、発生する収差の補正の要請と、生産性向上による低コスト化の要請との調和の観点から、収差補正の要請が強まれば、球面から、回転対称非球面、アナモルフィック面、自由曲面へと設計の自由度を増す方向に変え、逆に、低コスト化の要請が強まれば、生産性の高い球面や回転対称非球面へと変えることが望ましい。照明用光学素子 102 と 103 との間の面 111 には、光の透過作用と反射作用とを兼用するように、ハーフミラーコート、ビームスプリットコート等が形成されている。また、視野検知用の瞳照明光源 107 が赤外光や可視光領域でも、波長帯域幅の狭い光の場合には、その光を反射させたとしても、LCD 100 からの第 1 像の観察への影響を無視できるので、この間の面 111 には、光源 107 の光を高反射率で反射する波長選択性のある面としてもよい。

10

#### 【0090】

接眼光学系 104 は、第 1 面 112、第 2 面 113、第 3 面 114 の 3 つの光学作用面を持ったプリズムにて構成され、第 3 面 114 から入射した光は、第 1 面 112 で全反射して、第 2 面 113 で反射して、今度は第 1 面 112 を透過して射出瞳を形成し、そこに観察者が眼球の瞳を置いたときに、LCD 100 の表示像を観察できるようになっている。この 3 つの面 112 ~ 114 は、偏心配置されているため、偏心収差補正可能なアナモルフィック面や自由曲面（特に、図 6 の断面が唯一の対称面となる自由曲面が望ましい。）で構成することが望ましい。ただし、生産性の観点からの調和を図るならば、第 1 面 ~ 第 3 面 112 ~ 114 の中、少なくとも 1 面は回転対称非球面や球面で構成することが望ましい。このとき、面の精度に着目するならば、面の領域が一番広く、透過と反射とで 2 回光束に作用を与える第 1 面 112 を高い生産精度の担保可能な球面や回転対称非球面にすることが望ましい。また、接眼光学系 104 とシースルー光学素子 105 との間の空気レンズによる収差性能やパワー等に着目するならば、第 2 面 113 を球面や回転対称非球面にすることが望ましい。

20

#### 【0091】

また、光束の透過と遮断若しくは透過と減光の切り換えができる遮光部材 106 は、光の透過と遮光との切り換え可能なシャッター（機械式開口シャッター、液晶シャッター、ブラインドシャッター）や蓋が開閉するだけの単純なドア機構等の他、透過率が段階的又は連続的に変化するように構成された液晶板等であってもよい。そして、この遮光部材 106 は、例えば、受光素子 108 で受光された瞳像から瞳孔の大きさを測り、ある値以上大きく開かれた場合には明るく、反対に、ある値以下に小さく開かれた場合には暗く調整するように、CPU 109 で制御する。また、外界像と LCD 100 の表示像との照度差を図示しない測定器で測り、その値に応じて遮光部材 106 の透過率を CPU 109 で制御するようにしてもよい。

30

#### 【0092】

さらに、視線検知された情報を用いて、LCD 100 に表示された像をスクロールさせたり、コンピュータ画面上に表示されるカーソルと同じ作用を持たせることができる。

#### 【0093】

また、接眼光学手系 104 の第 2 面 113 とシースルー光学系素子 105 とは同じ大きさであれば、組立が楽になる。逆に、軽量化のため、シースルー光学素子 105 を小さくした場合には、フレアー防止のため、遮光塗料やコーティング等の遮光コート 115 を光学面や側面に設けることが望ましい。

40

#### 【0094】

また、図 6 の実施形態を改良したものとして図 7 のものがあげられる。これは、例えばコンピュータ画面の像を LCD 100（透過型 LCD でも、反射型 LCD でも可）に表示する場合、視線を下に向けてキーボードの確認をしやすくする等、シースルー光学素子 105 を介する外界像以外に、直接下方の外界像を見られるようにする構成を示したものである。このように下方視野を確保できるようにするためには、視軸を基準にして、瞳中心を

50

中心に、接眼光学系 104 及びシースルー光学素子 105 が  $60^\circ$  以内 ( $60^\circ$ ) に収納されるように、瞳と接眼光学系 104 の距離を離すか、あるいは、その下方の長さを短くするかして構成することが望ましい。ただし、垂直画角や光学設計上の要請から制限する場合には、相方の調和の観点から、 $45^\circ$  以内 ( $45^\circ$ ) にするようにしてもよい。

#### 【0095】

また、他の形態として、図 8 に示すように、外界像とは別の第 3 の像を、シースルー光学素子 105 と、接眼光学系 104 とを介して瞳 E に導くように構成することができる。LCD や LED、又は、外光による記号表示等、小型の文字等を表示する表示素子 116 をシースルー光学素子 105 の外界側に配置する。外界の視野上にこの表示素子 116 の像を表示する場合には、遮光部材 106 とシースルー光学素子 105 間に表示素子 116 を配置する。また、外界像と表示素子 116 の像を並設する場合には、図 8 のように、遮光部材 106 の一部を短くし、その位置に表示素子 116 を設ける。その場合、境界部分を明瞭にしつつ、フレアー光等の入射を防止するためには、余白部分に遮光コート 115 を設けることが望ましい。この表示素子 116 には、警告表示や、図示しない外気温・湿度センサーや紫外線量測定センサー等の測定値を表示したり、使用時間や時刻等を表示する等のサポート情報表示に利用できる。

#### 【0096】

さらに、外界像の視野が狭くてもよい場合や、装置全体のコンパクト化・軽量化の要請が強い場合には、図 9 ~ 図 10 に示すように、シースルー光学素子 105 を小型に構成してもよい。図 9 の場合には、シースルー光学素子 105 は下方に配置され、LCD 100 からの像観察のための視軸と、外界からの像を観察するための視軸とが略一致しているため、観察者は眼球を旋回させることはなく両像の観察が行える。

#### 【0097】

また、図 10 の場合には、シースルー光学素子 105 は上方に配置され、LCD 100 からの像と外界像とは一部オーバーラップするかあるいは完全に並設できるので、二重像の煩わしさを軽減し、かつ同時に、LCD 100 の像と外界像とを同時に観察できる。

#### 【0098】

なお、図 9 ~ 図 10 ではシースルー光学素子 105 を上下方向に配置したが、左右方向であってもよい。また、図 6 ~ 図 10 は縦断面図であり、LCD 100 は全て上方に配置されているが、 $180^\circ$  回転させて、下方に LCD 100 を配置するようにしてもよく、また、さらに  $90^\circ$  回転させて、横方向から折り返す光路を形成させた観察光学系に構成してもよい。

#### 【0099】

また、接眼光学系 104 は何れも光学作用面が 3 面で 2 回反射型のプリズムを用いたものとしたが、図 11 ~ 図 17 に示すようなタイプのプリズムであってもよい。また、シースルー光学素子 105 は、単一の光学素子だけでなく、接合された光学素子や GRIN (屈折率分布) 光学素子であってもよい。

#### 【0100】

以下、図 11 ~ 図 17 に示す接眼光学系 104 について若干説明する。

#### 【0101】

図 11 の場合は、接眼光学系 104 は第 1 面 11、第 2 面 12、第 3 面 13、第 4 面 14 からなり、逆光線追跡で射出瞳位置 E を通って入射した光は、第 1 面 11 で屈折してプリズム内に入射し、第 2 面 12 で内部反射し、第 3 面 13 で内部反射し、第 4 面 14 に入射して屈折されて、LCD 100 の位置に結像する。この接眼光学系 104 の場合には、第 2 面 12 の外界像側にシースルー光学素子 105 が離して配置される。

#### 【0102】

図 12 の場合は、接眼光学系 104 は第 1 面 11、第 2 面 12、第 3 面 13、第 4 面 14 からなり、逆光線追跡で射出瞳位置 E を通って入射した光は、第 1 面 11 で屈折してプリズム内に入射し、第 2 面 12 で内部反射し、第 3 面 14 に入射して全反射し、第 4 面 14

に入射して内部反射し、再び第3面13に入射して今度は屈折されて、LCD100の位置に結像する。この接眼光学系104の場合には、第2面12の外界像側にシースルー光学素子105が離して配置される。

【0103】

図13の場合は、接眼光学系104は第1面11、第2面12、第3面13、第4面14からなり、逆光線追跡で射出瞳位置Eを通して入射した光は、第1面11で屈折してプリズム内に入射し、第2面12で内部反射し、第3面13に入射して内部反射し、第2面12に再度入射して内部反射し、第4面14に入射して屈折されて、LCD100の位置に結像する。この接眼光学系104の場合には、第2面12の外界像側にシースルー光学素子105が離して配置される。

10

【0104】

図14の場合は、接眼光学系104は第1面11、第2面12、第3面13、第4面14からなり、逆光線追跡で射出瞳位置Eを通して入射した光は、第1面11で屈折してプリズム内に入射し、第2面12で内部反射し、第3面13に入射して内部反射し、第2面12に再度入射して内部反射し、第4面15に入射して内部反射し、第2面12に再度入射して今度は屈折されて、LCD100の位置に結像する。この接眼光学系104の場合には、第2面12の外界像側にシースルー光学素子105が離して配置される。

【0105】

図15の場合は、接眼光学系104は第1面11、第2面12、第3面13からなり、逆光線追跡で射出瞳位置Eを通して入射した光は、第1面11で屈折してプリズム内に入射し、第2面12で内部反射し、再び第1面11に入射して今度は全反射し、第3面13で内部反射し、三たび第1面11に入射して全反射し、第3面13に再度入射して今度は屈折されて、LCD100の位置に結像する。この接眼光学系104の場合には、第2面12の外界像側にシースルー光学素子105が離して配置される。あるいは、その代わりに、又は、それに加えて、第3面13の外界像側に別のシースルー光学素子105'を離して配置してもよい。

20

【0106】

図16の場合は、接眼光学系104は第1面11、第2面12、第3面13からなり、逆光線追跡で射出瞳位置Eを通して入射した光は、第1面11で屈折してプリズム内に入射し、第2面12で内部反射し、再び第1面11に入射して今度は全反射し、第3面13で内部反射し、三たび第1面11に入射して全反射し、再び第3面13に入射して内部反射し、四たび第1面11に入射して今度は屈折されて、LCD100の位置に結像する。この接眼光学系104の場合には、第2面12の外界像側にシースルー光学素子105が離して配置される。あるいは、その代わりに、又は、それに加えて、第3面13の外界像側に別のシースルー光学素子105'を離して配置してもよい。

30

【0107】

図17の場合は、接眼光学系104は第1面11、第2面12、第3面13、第4面14からなり、逆光線追跡で射出瞳位置Eを通して入射した光は、第1面11で屈折してプリズム内に入射し、第2面12で内部反射し、第3面14に入射して反射し、第4面14に入射して屈折されて、LCD100の位置に結像する。この接眼光学系104の場合には、第2面12の外界像側にシースルー光学素子105が離して配置される。

40

【0108】

以上のような本発明による観察光学系は、例えば頭部装着型画像表示装置の光学系として用いることができる。その例を以下に示す。

【0109】

まず、図18に頭部装着型で片眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を、図19にその画像表示装置の断面図を示す。この構成は、例えば図6に示したような観察光学系を用いており、この観察光学系と反射型画像表示素子100からなる組み1つからなる表示装置本体122が前フレーム128の対応する眼（この場合は左眼）の前方位置に取り付けられ、片眼で観察できる据え付け型又は頭部装着型画像表示装置のようなボー

50

ダブル型の画像表示装置として構成されている。

【0110】

すなわち、表示装置本体122には、前記のような観察光学系が用いられ、対応して像面に反射型液晶表示素子からなる反射型画像表示素子100が配置されている。そして、表示装置本体122が取り付けられた前フレーム128には、図18に示すように、左右に連続して側頭フレーム123が設けられ、表示装置本体122を観察者の眼前に保持できるようになっている。なお、画像表示装置122の観察光学系の接眼光学系104の第1面112を保護するために、図19に示すように、接眼光学系104の射出瞳と第1面112の間にカバー部材121が配置されている。このカバー部材121としては、平行平板、正レンズあるいは負レンズの何れを用いてもよい。

10

【0111】

また、側頭フレーム123にはスピーカ124が付設されており、画像観察と共に立体音響を聞くことができるようになっている。このようにスピーカ124を有する表示装置本体122には、映像音声伝達コード125を介してポータブルビデオカセット等の再生装置126が接続されているので、観察者はこの再生装置126を図示のようにベルト箇所等の任意の位置に保持して、映像音響を楽しむことができるようになっている。図18の符号127は再生装置126のスイッチ、ボリューム等の調節部である。なお、表示装置本体122の内部に映像処理、音声処理回路等の電子部品を内蔵させてある。

【0112】

なお、コード125は先端をジャックにして、既存のビデオデッキ等に取り付け可能としてもよい。さらに、TV電波受信用チューナーに接続してTV鑑賞用としてもよいし、コンピュータに接続してコンピュータグラフィックスの映像や、コンピュータからのメッセージ映像等を受信するようにしてもよい。また、邪魔なコードを排斥するために、アンテナを接続して外部からの信号を電波によって受信するようにしてもよい。

20

【0113】

さらに、本発明による観察光学系は、両眼装着用の頭部装着型画像表示装置に用いてもよい。図20にその両眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を示す。この構成では、図19に示すような観察光学系と反射型画像表示素子100からなる画像表示装置122を左右一対用意し、それらを眼輻距離だけ離して支持することにより、両眼で観察できる据え付け型又は頭部装着型画像表示装置のようなポータブル型の画像表示装置として構成されている。その他の構成は図18の場合と同様であり、説明は省く。

30

【0114】

以上の本発明の観察光学系及びそれを用いた観察光学装置は次のように構成することができる。

【0115】

〔1〕 観察者に観察させる第1像を形成する像形成部材と、前記像形成部材が形成した像を観察者眼球に導くように構成された接眼光学系と、前記第1像とは別の第2像を観察者眼球に導くように前記接眼光学系よりも前記第2像側に配置されたシースルー光学素子とを備えた観察光学系において、

前記接眼光学系が、前記第1像からの光束を反射させ、観察者眼球側に導くように、少なくとも曲面形状の反射面を有し、前記反射面が、前記シースルー光学素子を透過した前記第2像からの光束を透過させる作用を備えて構成され、

40

前記シースルー光学素子が、前記反射面よりも前記第2像側に、前記反射面と間隔を離して配置され、

前記第2像からの光束が、前記シースルー光学素子と前記接眼光学系とを透過するに際して、前記シースルー光学素子と前記接眼光学系との合成の光学パワーPが略0となり、かつ、角倍率が略1となるように構成されていることを特徴とする観察光学系。

【0116】

〔2〕 前記接眼光学系の有する反射面が、偏心収差を補正するような回転非対称な曲面形状にて構成され、

50

前記第 2 像からの光束が前記シースルー光学素子と前記接眼光学系とを透過する際に与えられる合成の光学パワー及び角倍率が、以下の条件を満足するように、前記シースルー光学系が前記接眼光学系で発生する光学パワーと角倍率とを相殺するように構成されていることを特徴とする上記 1 記載の観察光学系。

【 0 1 1 7 】

-  $0.002 < P_x < 0.002$  . . . ( 3 )

-  $0.002 < P_y < 0.002$  . . . ( 4 )

$0.97 < x < 1.03$  . . . ( 5 )

$0.95 < y < 1.05$  . . . ( 6 )

ただし、全光学系の偏心方向が Y 軸方向で、軸上主光線と平行な面を Y - Z 面とし、その Y - Z 面と直交する方向を X 方向とすると、全系の X 方向のパワーを  $P_x$ 、Y 方向のパワーを  $P_y$ 、全系の X 方向の角倍率を  $x$ 、全系の Y 方向の角倍率を  $y$  とする。

【 0 1 1 8 】

〔 3 〕 前記接眼光学系の有する反射面が、偏心収差を補正するような回転非対称な曲面形状にて構成され、その曲面形状がアナモルフィック面若しくは対称面を 1 面のみ備えた面対称自由曲面にて構成されたことを特徴とする上記 1 又は 2 記載の観察光学系。

【 0 1 1 9 】

〔 4 〕 前記接眼光学系が、少なくとも屈折率が 1 よりも大きい媒質を挟んだプリズム部材を有し、

前記プリズム部材が、少なくとも透過か反射の一方の光学作用を備えた光学作用面を 3 つ以上含み、その 3 つの面は、前記第 1 像からの光束をプリズム内に入射する第 3 面と、前記シースルー光学素子に間隔を離して対向し前記シースルー光学素子を透過した前記第 2 像からの光束をプリズム内に透過させる作用と前記第 1 像からの光束をプリズム内で反射させる作用とを備え、前記少なくとも曲面形状の反射面を有して構成された第 2 面と、前記第 1 像からの光束をプリズム外に射出する第 1 面にて構成されたことを特徴とする上記 1 から 3 の何れか 1 項記載の観察光学系。

【 0 1 2 0 】

〔 5 〕 前記第 3 面が、偏心収差を補正するような回転非対称な曲面形状にて構成され、その曲面形状が、アナモルフィック面若しくは対称面を 1 面のみ備えた面対称自由曲面にて構成されたことを特徴とする上記 1 から 4 の何れか 1 項記載の観察光学系。

【 0 1 2 1 】

〔 6 〕 前記第 1 面が、偏心収差を補正するような回転非対称な曲面形状にて構成され、その曲面形状が、アナモルフィック面若しくは対称面を 1 面のみ備えた面対称自由曲面にて構成されたことを特徴とする上記 1 から 5 の何れか 1 項記載の観察光学系。

【 0 1 2 2 】

〔 7 〕 前記第 1 面が、前記プリズム内での光束の反射作用と透過作用とを兼用するように構成されたことを特徴とする上記 6 記載の観察光学系。

【 0 1 2 3 】

〔 8 〕 前記第 1 面の反射作用と透過作用との兼用面は、反射光束が全反射臨界角を越えた角度でこの第 1 面に入射するような全反射面にて構成され、その後反射面で折り返された反射光束を全反射臨界角を越えない角度で入射させてプリズムから射出させるように構成されていることを特徴とする上記 7 記載の観察光学系。

【 0 1 2 4 】

〔 9 〕 前記第 1 像からの光束が前記接眼光学系から射出されて決まる前記第 1 像観察視野範囲は、前記第 2 像からの光束が前記シースルー光学素子と前記接眼光学系の一部を透過して決定される第 2 像観察視野範囲内に形成されるように、前記接眼光学系と前記シースルー光学素子とが構成されていることを特徴とする上記 1 から 8 の何れか 1 項記載の観察光学系。

【 0 1 2 5 】

〔 1 0 〕 前記接眼光学系の前記シースルー光学素子に対向配置されている反射面の光束



反射領域に対して、前記シースルー光学素子から透過する光束透過領域が前記像形成部材側にシフトするように前記シースルー光学素子の光学径を前記接眼光学系の反射面よりも小さく構成し、かつ、前記シースルー光学素子を前記反射面の前記像形成部材に近い側の領域と対向して配置し、前記反射面の前記シースルー光学素子に対向しない部分には、外界からのフレアー光線の入射を防止する遮光コートを施して構成したことを特徴とする上記 1 から 8 の何れか 1 項記載の観察光学系。

【 0 1 2 6 】

〔 1 1 〕 前記第 2 像が外界像となるように、前記シースルー光学素子の前方又は後方の少なくとも一方に外界像からの光束の透過と遮断若しくは透過と減光の切り換えができる遮光部材を配置して構成されたことを特徴とする上記 1 から 1 0 の何れか 1 項記載の観察光学系。

10

【 0 1 2 7 】

〔 1 2 〕 前記第 2 像が、前記第 1 像とは別の像を形成する表示素子によって形成されるように、前記シースルー光学素子の前記接眼光学系とは反対側に表示素子を配置したことを特徴とする上記 1 から 1 0 の何れか 1 項記載の観察光学系。

【 0 1 2 8 】

〔 1 3 〕 前記第 2 像が外界像となるように、前記シースルー光学素子の前方又は後方の少なくとも一方に外界像からの光束の透過と遮断若しくは透過と減光の切り換えができる遮光部材を配置して構成されると共に、前記外界像と前記シースルー光学素子との間に第 3 の像を表示する表示素子を配置したことを特徴とする上記 1 から 1 0 の何れか 1 項記載の観察光学系。

20

【 0 1 2 9 】

〔 1 4 〕 前記第 1 像からの光束を導く前記接眼光学系内の光路と、前記第 2 像からの光束を導く前記シースルー光学素子内の光路とは、別の位置に配置された瞳照射用の光源と、前記瞳の像を受光する受光素子とを備え、観察者の視線を検知するように構成されたことを特徴とする上記 1 から 1 3 の何れか 1 項記載の観察光学系。

【 0 1 3 0 】

〔 1 5 〕 前記視線を検出する手段は、少なくとも前記瞳の像が、前記接眼光学系の光路内を通り、前記第 1 像との間の光路中から分離されて前記受光素子に導かれるように構成されたことを特徴とする上記 1 4 記載の観察光学系。

30

【 0 1 3 1 】

〔 1 6 〕 前記接眼光学系から射出された前記第 1 像からの光束の光軸を視軸とし、射出瞳を中心に前記視軸から前記像形成部材と反対側に向う方向の前記接眼光学系によって規定される角度を とすると、前記接眼光学系と前記シースルー光学素子と前記射出瞳とが以下の条件を満足する関係に配置されていることを特徴とする上記 1 から 1 5 の何れか 1 項記載の観察光学系。

【 0 1 3 2 】

6 0 °

〔 1 7 〕 上記 1 から 1 5 の何れか 1 項記載の観察光学系を備え、前記接眼光学系と前記シースルー光学素子と前記第 1 像を形成する像形成部材とが間隔を保持する保持手段によって保持された本体部と、前記本体部を観察者頭部に支える支持手段とを備えたことを特徴とする頭部装着型観察光学装置。

40

【 0 1 3 3 】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、観察光学系を構成するシースルー光学素子と接眼光学系とからなるシースルー光学系の光学パワー  $P$  を略 0、角倍率 を略 1 にすることにより、シースルー光学系を透して見た像が裸眼で見た像を同じになり、裸眼で見た像とシースルー光学系を通して見た像とが融像しやすく、例えば片目装着型の頭部装着型画像表示装置において両眼で外界像が観察しやすくなる。

【図面の簡単な説明】

50

- 【図 1】本発明の実施例 1 の観察光学系の光路図である。
- 【図 2】本発明の実施例 1 の観察光学系のシースルー光学系部分の断面図である。
- 【図 3】本発明の実施例 2 の観察光学系のシースルー光学系部分の断面図である。
- 【図 4】実施例 1 のシースルー光学系を通して見た方眼画像と裸眼で見た方眼画像を重畳した図である。
- 【図 5】実施例 2 のシースルー光学系を通して見た方眼画像と裸眼で見た方眼画像を重畳した図である。
- 【図 6】本発明の別の形態の観察光学系の構成を示す図である。
- 【図 7】図 6 の実施形態の変形例の構成を示す図である。
- 【図 8】他の形態の観察光学系の構成を示す図である。
- 【図 9】別の形態の観察光学系の構成を示す図である。
- 【図 10】さらに別の形態の観察光学系の構成を示す図である。
- 【図 11】本発明の観察光学系の接眼光学系に適用可能な偏心プリズムの 1 例を示す図である。
- 【図 12】本発明の観察光学系の接眼光学系に適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
- 【図 13】本発明の観察光学系の接眼光学系に適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
- 【図 14】本発明の観察光学系の接眼光学系に適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
- 【図 15】本発明の観察光学系の接眼光学系に適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
- 【図 16】本発明の観察光学系の接眼光学系に適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
- 【図 17】本発明の観察光学系の接眼光学系に適用可能な偏心プリズムの別の例を示す図である。
- 【図 18】本発明の観察光学系を用いる頭部装着型で片眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を示す図である。
- 【図 19】図 18 の画像表示装置の断面図である。
- 【図 20】本発明の観察光学系を用いる頭部装着型で両眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を示す図である。
- 【図 21】偏心した反射面により発生する像面湾曲を説明するための概念図である。
- 【図 22】偏心した反射面により発生する非点収差を説明するための概念図である。
- 【図 23】偏心した反射面により発生するコマ収差を説明するための概念図である。

【符号の説明】

E ... 観察者眼球

M ... 凹面鏡

1 ... 射出瞳

2 ... 軸上主光線（光軸）

3 ... 像面

4 ... 回折光学素子

5 ... 回折面

6 ... 平行平板

10 ... プリズム光学系

11 ... 第 1 面

12 ... 第 2 面

13 ... 第 3 面

14 ... 第 4 面

20 ... シースルー光学素子

21 ... 第 1 面

10

20

30

40

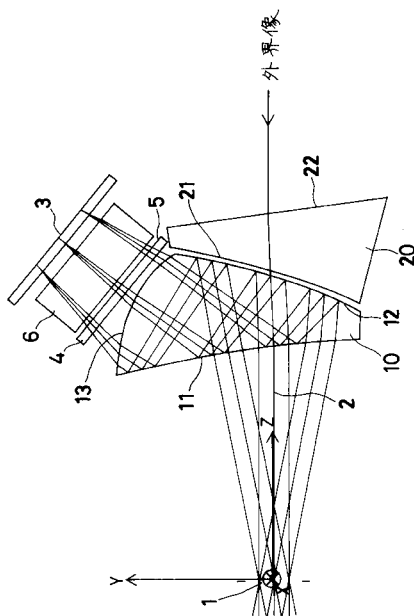
50

- 2 2 ... 第 2 面
- 1 0 0 ... L C D ( 液晶表示素子 )
- 1 0 1 ... 照明光源
- 1 0 2、1 0 3 ... 照明用光学素子
- 1 0 4 ... 接眼光学系
- 1 0 5 ... シースルー光学素子
- 1 0 6 ... 遮光部材
- 1 0 7 ... 瞳照明光源
- 1 0 8 ... 受光素子
- 1 0 9 ... C P U
- 1 1 0 ... 凸面
- 1 1 1 ... 照明用光学素子間の面
- 1 1 2 ... 接眼光学系の第 1 面
- 1 1 3 ... 接眼光学系の第 2 面
- 1 1 4 ... 接眼光学系の第 3 面
- 1 1 5 ... 遮光コート
- 1 1 6 ... 表示素子
- 1 2 1 ... カバー部材
- 1 2 2 ... 表示装置本体
- 1 2 3 ... 側頭フレーム
- 1 2 4 ... スピーカ
- 1 2 5 ... 映像音声伝達コード
- 1 2 6 ... 再生装置
- 1 2 7 ... 調節部
- 1 2 8 ... 前フレーム

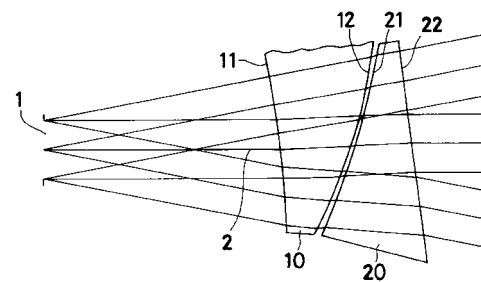
10

20

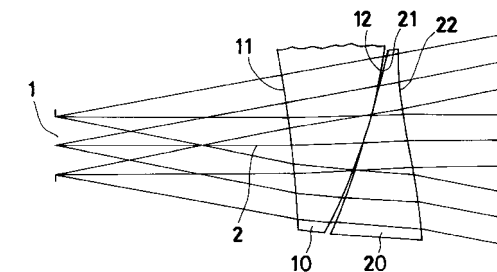
【図 1】



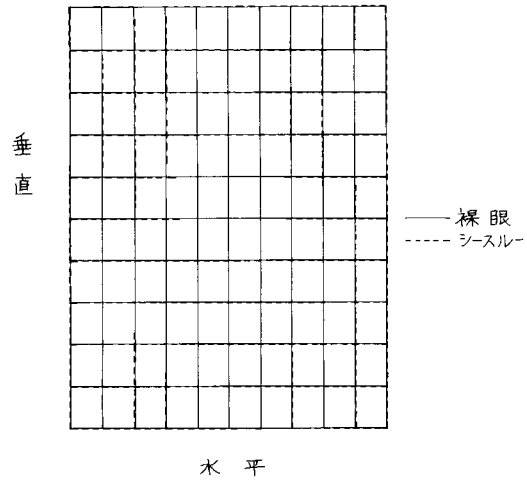
【図 2】



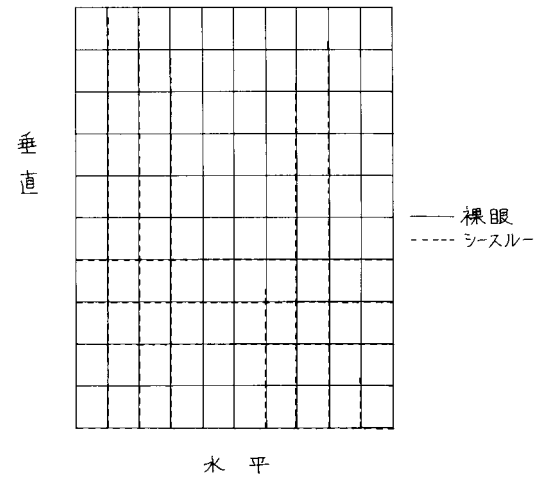
【図 3】



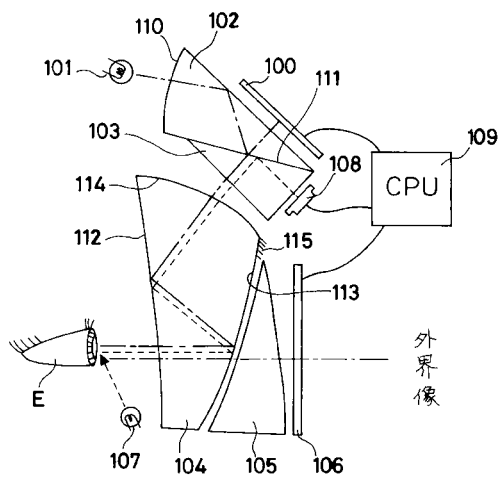
【図 4】



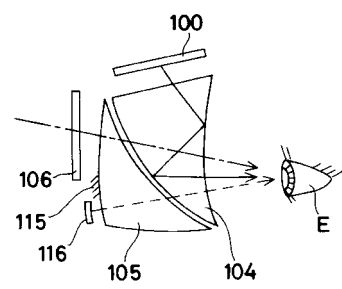
【図 5】



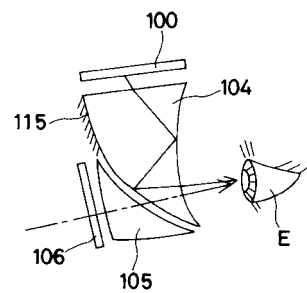
【図 6】



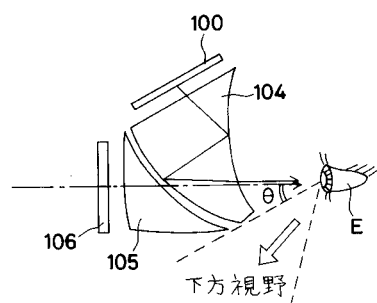
【図 8】



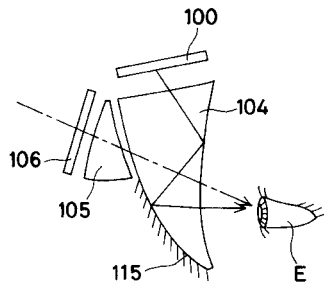
【図 9】



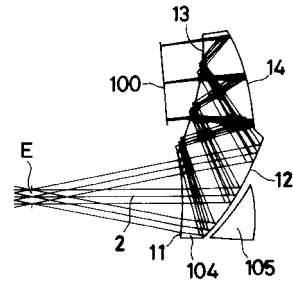
【図 7】



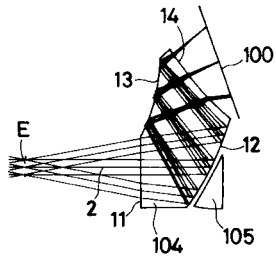
【図 10】



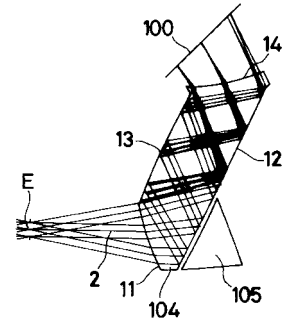
【図 12】



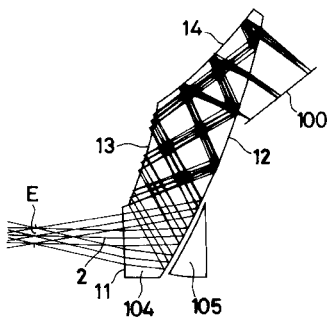
【図 11】



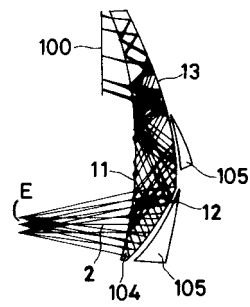
【図 13】



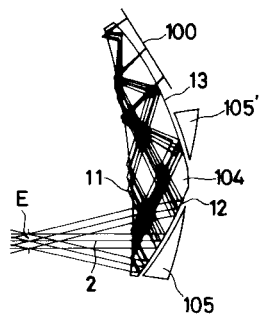
【図 14】



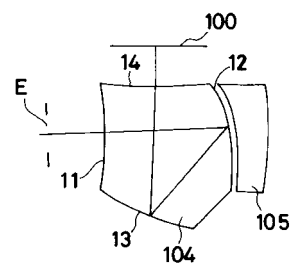
【図 16】



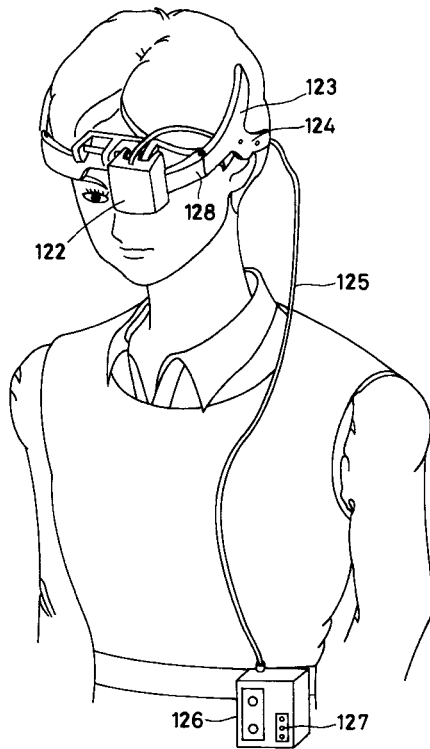
【図 15】



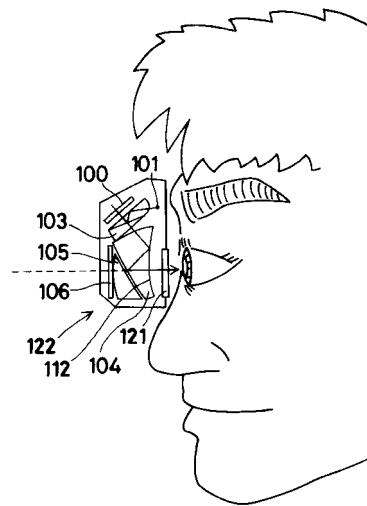
【図 17】



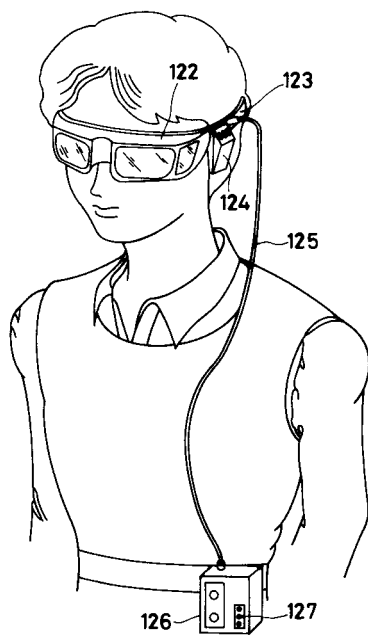
【図 18】



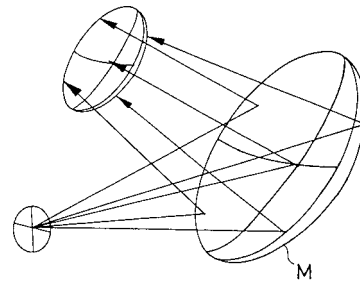
【図 19】



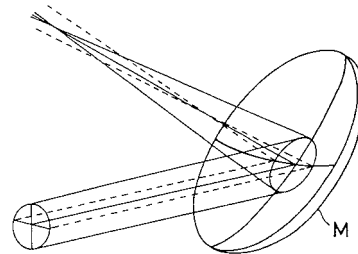
【図 20】



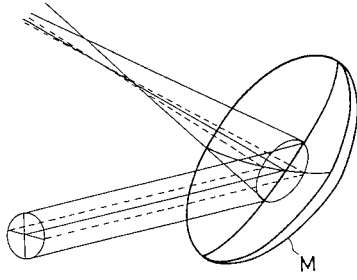
【図 21】



【図 22】



【図 23】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 研野孝吉

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号

オリンパス光学工業株式会社内

合議体

審判長 稲積 義登

審判官 吉野 公夫

審判官 右田 昌士

(56)参考文献 特開平09-073005(JP,A)

特開平10-307276(JP,A)

特開平09-113842(JP,A)

特開平08-086975(JP,A)

特開平11-174367(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/02