

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6221731号
(P6221731)

(45) 発行日 平成29年11月1日(2017.11.1)

(24) 登録日 平成29年10月13日(2017.10.13)

(51) Int. Cl. F I
GO 2 B 27/02 (2006.01) GO 2 B 27/02 Z
HO 4 N 5/64 (2006.01) HO 4 N 5/64 5 1 1 A

請求項の数 11 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2013-263475 (P2013-263475)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年12月20日(2013.12.20)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-72436 (P2015-72436A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年4月16日(2015.4.16)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成28年11月4日(2016.11.4)		弁理士 渡辺 和昭
(31) 優先権主張番号	特願2013-182160 (P2013-182160)	(74) 代理人	100164633
(32) 優先日	平成25年9月3日(2013.9.3)		弁理士 西田 圭介
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(72) 発明者	小松 朗
			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	戸谷 貴洋
			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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

映像光を生じさせる映像素子と、

2面以上の非軸対称な曲面を含むとともに光学系の一部として内部に中間像が形成される導光部材とを備え、

前記導光部材を構成する複数面のうち第1面と第3面とは、対向するように配置され、

前記映像素子からの映像光は、前記第3面で全反射され、前記第1面で全反射され、第2面で反射された後、前記第1面を透過して、観察側に到達し、

前記映像素子の表示画面全体から発し、観察者の眼の瞳の位置として想定される瞳配置位置に到達する有効範囲内にある全光線束に対し、

前記映像素子の表示画面全体の範囲を示す領域の光線束断面のうち、長辺方向の全幅に対応する第1方向の長さが最小になる断面の面位置をA面位置とし、

前記映像素子の表示画面全体の範囲を示す領域の光線束断面のうち、短辺方向の全幅に対応する第2方向の長さが最小になる断面の面位置をB面位置として、

前記A面位置における光線束の断面において、前記第1方向の幅をW A xとし、前記第2方向の幅をW A yとし、

前記B面位置における光線束の断面において、前記第1方向の幅をW B xとし、前記第2方向の幅をW B yとするとき、下記条件式(1)及び(2)

$$W A x < W A y \quad \dots \quad (1)$$

$$W B y < W B x \quad \dots \quad (2)$$

が成り立つ、虚像表示装置。

【請求項 2】

前記導光部材の曲面上の 1 点において、直交する 2 つの方向に x 軸及び y 軸を取り、x 軸の方向の曲率を K_x とし、y 軸の方向の曲率を K_y とするとき、下記条件式 (3)

$$0.005 < |K_x - K_y| \quad \dots \quad (3)$$

を満たす点を有する曲面が少なくとも 1 面ある、請求項 1 に記載の虚像表示装置。

【請求項 3】

観察者の瞳の直径として想定される長さである基準値を H とするとき、

前記 A 面位置における光線束の断面の幅 W_{Ax} 及び幅 W_{Ay} と、前記 B 面位置における光線束の断面の幅 W_{Bx} 及び幅 W_{By} とについて、下記条件式 (4) 及び (5)

$$W_{Ax} < H < W_{Ay} \quad \dots \quad (4)$$

$$W_{By} < H < W_{Bx} \quad \dots \quad (5)$$

が成り立つ、請求項 1 及び 2 のいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 4】

前記導光部材は、映像光と外界光とを視認させ、

前記第 1 面と前記第 3 面とを通過させて外界を視認したときに、視度が略 0 になっている、請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 5】

前記光学系を構成する各面の原点を基準として、面形状の表現式を原点から接線方向に延びる直交座標 x 及び y に関して多項式展開したものとするとき、第 k 面を表す多項式の項 $x^m \cdot y^n$ の係数を $A_{k,m,n}$ として、下記条件式 (6) から (8) までを満足する、請求項 1 から 4 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

$$-10^{-1} < A_{1,0,2} + A_{1,2,0} < 10^{-2} \quad \text{及び}$$

$$-10^{-1} < A_{3,0,2} + A_{3,2,0} < 10^{-2} \quad \dots \quad (6)$$

$$|A_{1,2,0} - A_{1,0,2}| < 10^{-1} \quad \text{及び}$$

$$|A_{3,2,0} - A_{3,0,2}| < 10^{-1} \quad \dots \quad (7)$$

$$|A_{1,2,0} - A_{3,2,0}| < 10^{-2} \quad \text{及び}$$

$$|A_{1,0,2} - A_{3,0,2}| < 10^{-2} \quad \dots \quad (8)$$

【請求項 6】

前記第 2 面にハーフミラーを形成し、映像光を観察者に提示するとともに、前記第 2 面の外側に光透過部材を一体的に配置し、外界光に対する視度を略 0 にして、外界光と映像光とを重ねて観察者に提示する、請求項 1 から 5 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 7】

前記映像素子からの映像光を前記導光部材に入射させる投射レンズをさらに備え、

少なくとも前記導光部材の一部と前記投射レンズとは、中間像を形成するリレー光学系を構成する、請求項 1 から 6 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 8】

前記投射レンズは、軸対称なレンズによって構成されており、少なくとも 1 面以上の非球面を含んでいる、請求項 7 に記載の虚像表示装置。

【請求項 9】

前記投射レンズは、少なくとも 1 面の非軸対称非球面を含んでいる、請求項 7 に記載の虚像表示装置。

【請求項 10】

前記導光部材を含む前記光学系は、装着時に観察者の眼前のうち一部を覆い、眼前が覆われていない部分を存在させる、請求項 1 から 9 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 11】

前記映像素子は、画像に対応して変調された信号光を射出する信号光形成部と、前記信号光形成部から入射した信号光を走査させることにより走査光として射出させる走査光学

10

20

30

40

50

系と、を有する、請求項 1 から 10 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像表示素子等によって形成された映像を観察者に提示する虚像表示装置に関し、特に観察者の頭部に装着するヘッドマウントディスプレイに好適な虚像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

観察者の頭部に装着するヘッドマウントディスプレイ（以下、HMDとも言う）等の虚像表示装置に組み込まれる光学系として様々なものが提案されている（特許文献 1～4 参照）。

10

【0003】

HMD等の虚像表示装置については、映像光を広画角化することと、装置重量を低減することが望まれている。特に、観察者の視軸方向の厚みを薄くし、重心を観察者に近づけることが、装着感を向上させるために重要である。

【0004】

また、観察者の視界を全て覆ってしまい、映像光のみが見える状態にしてしまうと、観察者に外界の状態が判らず、不安を与えてしまう。さらに、外界と映像を重ねて見せることによって、仮想現実の様な新しい用途が生み出される。このため、外界の視界を妨げず、映像光を重ねて表示するディスプレイが望まれている。

20

【0005】

さらに、観察者の装着感を向上させ、見た目のフォルムを良くするためには、映像表示装置を眼の上方に置かないで顔の横に配置することが、望ましくなる。

【0006】

光学系を小型化し、なおかつ視界を妨げないように、映像表示装置を観察者の眼の位置から離すためには、表示画像光を一度光学系の中で結像させて中間像を形成し、この中間像を拡大して見せるリレー光学系を用いることがよい。

【0007】

例えば特許文献 1 では、端面が放物面鏡になっている平行平面状の導光板と、投射レンズとを用い、導光板の内部に中間像を形成するリレー光学系が提案されている。しかし、特許文献 1 の光学系の場合、投射レンズが大きく、小型軽量化を妨げている。

30

【0008】

特許文献 2 では、リレーレンズ光学系を用いることで、投射レンズを小型・軽量化した光学系が提案されている。しかし、この光学系では、観察者の眼の前に、大きなハーフミラーと凹面鏡が必要になり、外観を大きく損なっている。また、外界を観察するには、凹面鏡もハーフミラーにする必要があり、映像光は、ハーフミラーで 2 回反射され、さらにハーフミラーを透過するため、大変暗くなってしまう。

【0009】

さらに、光学系を小さくするためには、光学系を通る光線束（光束）の幅を小さくすることが有効である。一方、観察者の瞳の位置における光線束幅が十分ないと、映像の視野が欠けたり、瞳孔間距離の違いによって観察できない人が生じたりしてしまう。この点を考慮して、特許文献 3 では、リレー光学系を構成し、その中間像の位置に拡散板を置き、光線を拡散させることによって、瞳における光線束幅を広げている。しかし、接眼レンズ系によって、拡散板の上の像を拡大しているため、拡散板上のゴミや傷なども拡大され、映像品質を損なってしまうおそれがある。

40

【0010】

また、特許文献 4 では、接眼光学系と観察者の眼との間に、光線束を広げるために、プリズムアレイを挿入している。しかし、このプリズムアレイは、厚みが必要なため、接眼光学系と眼との距離が長くなり、光学系が大きくなってしまふ。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特許2746697号公報

【特許文献2】特許3311122号公報

【特許文献3】特許3573474号公報

【特許文献4】特開平8-129146号公報

【発明の概要】

【0012】

本発明は、広画角・高性能であり、かつ、小型軽量の虚像表示装置を提供することを目的とする。

10

【0013】

本発明に係る虚像表示装置は、映像光を生じさせる映像素子と、2面以上の非軸対称な曲面を含むとともに光学系の一部として内部に中間像が形成される導光部材とを備え、導光部材を構成する複数面のうち第1面と第3面とは、対向するように配置され、映像素子からの映像光は、第3面で全反射され、第1面で全反射され、第2面で反射された後、第1面を透過して、観察側に到達し、映像素子の表示画面全体から発し、観察者の眼の瞳の位置として想定される瞳配置位置に到達する有効範囲内にある全光線束に対し、映像素子の表示画面全体の範囲を示す領域の光線束断面のうち、長辺方向の全幅に対応する第1方向の長さが最小になる断面の面位置をA面位置（第1面位置）とし、映像素子の表示画面全体の範囲を示す領域の光線束断面のうち、短辺方向の全幅に対応する第2方向の長さが最小になる断面の面位置をB面位置（第2面位置）として、A面位置における光線束の断面において、第1方向の幅を $W A x$ とし、第2方向の幅を $W A y$ とし、B面位置における光線束の断面において、第1方向の幅を $W B x$ とし、第2方向の幅を $W B y$ とするとき、

20

$$W A x < W A y \quad \dots \quad (1)$$

$$W B y < W B x \quad \dots \quad (2)$$

が成り立つ。ここで、映像光とは、映像素子等によって形成され眼にとって虚像として認識可能な光であり、上記のように導光部材の内部において中間像を形成している。また、ここで、導光部材における2面以上の非軸対称な曲面とは、特定の面を指すものではなく、例えば、第1面や第3面は、非軸対称な曲面であっても良いし、平面である場合も想定され得る。

30

【0014】

上記虚像表示装置では、光学系等によって導光部材の内部に中間像が形成されるとともに、第3面、第1面、及び第2面の順に反射された映像光が、第1面を透過して観察者に到達するので、導光部材を薄型にして光学系全体を小型で軽量のものにしつつ、広画角で明るい高性能の表示を実現することができる。この場合、第2面にパワーを持たせ、中間像を形成しているのだが、この第2面が傾いているために必然的に、映像光に大きな非点収差が生じてしまう。本発明では、第4面、第5面等を非軸対称な形状をすることによって、この非点収差を総合的に補正している。その結果、射出瞳に相当する場所に対して共役な所に収差が生じ、第1方向の共役点と第2方向の共役点とに分かれ、A面位置とB面位置とにおいて、光線束の幅に関し、上式(1)及び(2)が成り立つ状態となる。映像光の収差を補正するよう、適正に設定された第1面から第5面までの曲面形状により、広画角で高性能な画像の形成をし、かつ、小型で軽量の虚像表示装置を実現することができる。

40

【0015】

本発明の具体的な側面では、導光部材の曲面上の1点において、直交する2つの方向にx軸及びy軸を取り、x軸の方向の曲率を $K x$ とし、y軸の方向の曲率を $K y$ とするとき、

$$0.005 < |K x - K y| \quad \dots \quad (3)$$

50

を満たす点を有する曲面が少なくとも1面ある。この場合、上式(3)を満たす曲面が存在することで、小型で軽量の虚像表示装置としつつ、収差を補正することができる。

【0016】

本発明の別の側面では、観察者の瞳の直径として想定される長さである基準値をHとするとき、A面位置における光線束の断面の幅 W_{Ax} 及び幅 W_{Ay} と、B面位置における光線束の断面の幅 W_{Bx} 及び幅 W_{By} とについて、下記条件式(4)及び(5)

$$W_{Ax} < H < W_{Ay} \quad \dots \quad (4)$$

$$W_{By} < H < W_{Bx} \quad \dots \quad (5)$$

が成り立つ。この場合、徒に導光部材を大きくしたり、光学系を構成するレンズのパワーを大きくしたりすることなく、光学性能を向上させることができる。

10

【0017】

本発明のさらに別の側面では、上記虚像表示装置において、光学系を構成する各面の原点を基準として、面形状の表現式を原点から接線方向に延びる直交座標 x 及び y に関して多項式展開したものとするとときに、第 k 面を表す多項式の項 $x^m \cdot y^n$ の係数を $A_{k_m, n}$ として、下記条件式(6)から(8)までを満足する。

$$-10^{-1} < A_{1_{0,2}} + A_{1_{2,0}} < 10^{-2} \quad \text{及び}$$

$$-10^{-1} < A_{3_{0,2}} + A_{3_{2,0}} < 10^{-2} \quad \dots \quad (6)$$

$$|A_{1_{2,0}} - A_{1_{0,2}}| < 10^{-1} \quad \text{及び}$$

$$|A_{3_{2,0}} - A_{3_{0,2}}| < 10^{-1} \quad \dots \quad (7)$$

$$|A_{1_{2,0}} - A_{3_{2,0}}| < 10^{-2} \quad \text{及び}$$

$$|A_{1_{0,2}} - A_{3_{0,2}}| < 10^{-2} \quad \dots \quad (8)$$

20

なお、以上において、各面の直交座標 x 及び y を含むローカル座標 (x, y, z) は、光学系の一部である導光部材における各曲面について示した上記の場合と同様に定義される。

【0018】

本願発明では、導光部材に非球面を使用し、この曲面形状の自由度を有効に使用して高画質の光学系を得ることに成功した。曲面の働きを基本的に特徴付けるのは、曲面の曲率であり、原点近傍の曲率は、主に係数 $A_{k_{2,0}}$ 及び $A_{k_{0,2}}$ ($k=1, 3$)の値によって決まるので、係数 $A_{k_{2,0}}$ 及び $A_{k_{0,2}}$ の値を適切に設定することが重要である。

30

【0019】

条件(6)は、原点近傍における第1面の平均曲率と第3面の平均曲率との大きさを規定している。条件(1)の上限を超えると、第1面及び第3面が、観察者に対し凸形状になる為、全体的な形状が大きくなり、収差補正が困難になる。また、条件(6)の下限を超えると、曲率が強くなり過ぎ、収差補正が難しくなるとともに、導光部材の位置が顔に近くなってしまい、装用感を損なってしまう。

【0020】

条件(7)は、第1面及び第3面の x 軸方向の曲率と y 軸方向の曲率との差を規定している。条件(8)の上限を超えると、第1面及び第3面で発生する非点収差が大きくなり過ぎ、収差補正が困難になる。

40

【0021】

条件(7)は、 x 軸方向及び y 軸方向に関する、第1面の曲率と第3面の曲率との差を規定しており、外光に対する導光部材の視度に影響を与える。導光部材の光軸上の x 軸方向の視度 D_x 及び y 軸方向の視度 D_y については、導光部材の厚さを T 、屈折率を N とすると、

$$D_x = 2000(N-1)(A_{1_{2,0}} - A_{3_{2,0}}) + (2T(N-1)/N) \times A_{1_{2,0}} \times A_{3_{2,0}}$$

$$D_y = 2000(N-1)(A_{1_{0,2}} - A_{3_{0,2}}) + (2T(N-1)/N) \times A_{1_{0,2}} \times A_{3_{0,2}}$$

で与えられる。

50

一般に、遠方視度の誤差は、 $\pm 1 D$ を超えると不愉快に感じるため、導光部材の視度は、 $\pm 1 D$ の範囲に抑えることが望ましい。

【0022】

第1面及び第3面を、条件(6)~(8)を満たす形状とすることによって、外界光と映像光との双方の収差補正が良好に行われ、優れた画質をもたらすことができる。

【0023】

本発明のさらに別の側面では、第2面にハーフミラーを形成し、映像光を観察者に提示するとともに、第2面の外側に光透過部材を一体的に配置し、外界光に対する視度を略0にして、外界光と映像光とを重ねて観察者に提示する。この場合、第2面越しに観察する外界光のデフォーカスや歪みを低減できる。

10

【0024】

本発明のさらに別の側面では、映像素子からの映像光を導光部材に入射させる投射レンズをさらに備え、少なくとも導光部材の一部と投射レンズとが、中間像を形成するリレー光学系を構成する。

【0025】

本発明のさらに別の側面では、投射レンズが、軸対称なレンズによって構成されており、少なくとも1面以上の非球面を含んでいる。

【0026】

本発明のさらに別の側面では、投射レンズが、少なくとも1面の非軸対称非球面を含んでいる。

20

【0027】

本発明のさらに別の側面では、導光部材を含む光学系が、装着時に観察者の眼前のうち一部を覆い、眼前が覆われていない部分を存在させる。

【0028】

本発明のさらに別の側面では、映像素子が、画像に対応して変調された信号光を射出する信号光形成部と、信号光形成部から入射した信号光を走査させることにより走査光として射出させる走査光学系と、を有する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の一実施形態である虚像表示装置の外観を簡単に説明する斜視図である。

30

【図2】(A)は、虚像表示装置の外観斜視図であり、(B)は、虚像表示装置からフレームや外装部材を取り除いた内部構造を示す斜視図である。

【図3】虚像表示装置のうち第1表示装置の構造を説明するため外装部材等を取り除いた状態を示す斜視図である。

【図4】虚像表示装置を構成する第1表示装置の本体部分の平面視の断面図である。

【図5】(A)は、映像表示素子の表示画面全体の領域を示す図であり、(B)は、眼の瞳の大きさに対する第1面位置での光線束断面形状について模式的に示す図であり、(C)は、眼の瞳の大きさに対する第2面位置での光線束断面形状について模式的に示す図であり、(D)は、眼の瞳について示す図である。

【図6】第1表示装置中の導光部材における光学面や光路を説明する断面図である。

40

【図7】実施例1の光学系を説明する図である。

【図8】(A)は、実施例1の第1面位置での光線束断面形状について示す図であり、(B)は、実施例1の第2面位置での光線束断面形状について示す図である。

【図9】(A)~(F)は、実施例1の光学系の収差を説明する図である。

【図10】(A)~(F)は、実施例1の光学系の収差を説明する図である。

【図11】実施例2の光学系を説明する図である。

【図12】(A)は、実施例2の第1面位置での光線束断面形状について示す図であり、(B)は、実施例2の第2面位置での光線束断面形状について示す図である。

【図13】(A)~(F)は、実施例2の光学系の収差を説明する図である。

【図14】(A)~(F)は、実施例2の光学系の収差を説明する図である。

50

【図15】実施例3の光学系を説明する図である。

【図16】(A)は、実施例3の第1面位置での光線束断面形状について示す図であり、(B)は、実施例3の第2面位置での光線束断面形状について示す図である。

【図17】(A)～(F)は、実施例3の光学系の収差を説明する図である。

【図18】(A)～(F)は、実施例3の光学系の収差を説明する図である。

【図19】実施例4の光学系を説明する図である。

【図20】(A)は、実施例4の第1面位置での光線束断面形状について示す図であり、(B)は、実施例4の第2面位置での光線束断面形状について示す図である。

【図21】(A)～(F)は、実施例4の光学系の収差を説明する図である。

【図22】(A)～(F)は、実施例4の光学系の収差を説明する図である。

10

【図23】実施例5の光学系を説明する図である。

【図24】(A)は、実施例5の第1面位置での光線束断面形状について示す図であり、(B)は、実施例5の第2面位置での光線束断面形状について示す図である。

【図25】(A)～(F)は、実施例5の光学系の収差を説明する図である。

【図26】(A)～(F)は、実施例5の光学系の収差を説明する図である。

【図27】虚像表示装置の一実施例について光学系の各面を示す斜視図である。

【図28】変形例の虚像表示装置を説明する図である。

【図29】(A)は、導光装置及びこれを用いた虚像表示装置のその他の別の一例について説明する斜視図であり、(B)は、正面図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0030】

以下、図1等を参照しつつ、本発明に係る虚像表示装置の一実施形態について詳細に説明する。

【0031】

図1に示すように、本実施形態の虚像表示装置100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であり、この虚像表示装置100を装着した観察者又は使用者に対して虚像による画像光を視認させることができるとともに、観察者に外界像をシースルーで視認又は観察させることができる。虚像表示装置100は、観察者の眼前を透視可能に覆う第1及び第2光学部材101a, 101bと、両光学部材101a, 101bを支持する枠部102と、枠部102の左右両端から後方のつる部分(テンプル)104にかける部分に付加された第1及び第2像形成本体部105a, 105bとを備える。ここで、図面上で左側の第1光学部材101aと第1像形成本体部105aとを組み合わせた第1表示装置100Aは、右眼用の虚像を形成する部分であり、単独でも虚像表示装置として機能する。また、図面上で右側の第2光学部材101bと第2像形成本体部105bとを組み合わせた第2表示装置100Bは、左眼用の虚像を形成する部分であり、単独でも虚像表示装置として機能する。

30

【0032】

図2(A)は、虚像表示装置100の表側の外観を説明する斜視図であり、図2(B)は、虚像表示装置100を部分的に分解した表側の斜視図である。

【0033】

40

図示のように、虚像表示装置100に設けた枠部102は、上側に配置されるフレーム107と下側に配置されるプロテクター108とを備える。枠部102のうち、図2(A)に示す上側のフレーム107は、XZ面内でU字状に折れ曲がった細長い板状の部材であり、左右の横方向(X方向)に延びる正面部107aと、前後の奥行き方向(Z方向)に延びる一对の側面部107b, 107cとを備える。フレーム107、すなわち正面部107aと側面部107b, 107cとは、アルミダイカストその他の各種金属材料で形成された金属製の一体部品である。正面部107aの奥行き方向(Z方向)の幅は、第1及び第2光学部材101a, 101bに対応する導光装置20の厚み又は幅よりも十分に厚いものとなっている。フレーム107の左側方、具体的には正面部107aにおける向かって左端部から側面部107bにかける部分である側方端部65aには、第1光学部

50

材 1 0 1 a と第 1 像形成本体部 1 0 5 a とがアライメントされネジ止めによって直接固定されることにより、支持されている。また、フレーム 1 0 7 の右側方、具体的には正面部 1 0 7 a における向かって右端部から側面部 1 0 7 c にかけての部分である側方端部 6 5 b には、第 2 光学部材 1 0 1 b と第 2 像形成本体部 1 0 5 b とがアライメントされネジ止めにより直接固定されることにより、支持されている。なお、第 1 光学部材 1 0 1 a と第 1 像形成本体部 1 0 5 a とは、嵌合によって互いにアライメントされ、第 2 光学部材 1 0 1 b と第 2 像形成本体部 1 0 5 b とは、嵌合によって互いにアライメントされる。

【 0 0 3 4 】

図 2 (A) 及び 2 (B) に示すプロテクター 1 0 8 は、アンダーリム状の部材であり、図 2 (A) に示すフレーム 1 0 7 の下方に配置されて固定されている。プロテクター 1 0 8 の中央部 1 0 8 g は、フレーム 1 0 7 の中央部 1 0 7 g に嵌合及びネジ止めによって固定される。プロテクター 1 0 8 は、2 段のクランク状に折れ曲がった細長い板状の部材であり、金属材料又は樹脂材料から一体的に形成されている。プロテクター 1 0 8 の第 1 先端部 1 0 8 i は、第 1 像形成本体部 1 0 5 a を覆うカバー状の外装部材 1 0 5 d のうち外部材 1 0 5 e に設けた凹部 1 0 5 i に嵌合した状態で固定される。また、プロテクター 1 0 8 の第 2 先端部 1 0 8 j は、第 2 像形成本体部 1 0 5 b を覆うカバー状の外装部材 1 0 5 d のうち外部材 1 0 5 e に設けた凹部 1 0 5 j に嵌合した状態で固定される。

【 0 0 3 5 】

フレーム 1 0 7 は、第 1 及び第 2 像形成本体部 1 0 5 a , 1 0 5 b を支持するだけでなく、外装部材 1 0 5 d と協働して第 1 及び第 2 像形成本体部 1 0 5 a , 1 0 5 b の内部を保護する役割を有する。なお、フレーム 1 0 7 及びプロテクター 1 0 8 は、第 1 及び第 2 像形成本体部 1 0 5 a , 1 0 5 b に連結される根元側を除いた導光装置 2 0 の長円状の周囲部分と離間するか又は緩く接している。このため、中央の導光装置 2 0 と、フレーム 1 0 7 及びプロテクター 1 0 8 を含む枠部 1 0 2 との間に熱膨張率の差があっても、枠部 1 0 2 内での導光装置 2 0 の膨張が許容され、導光装置 2 0 に歪み、変形、破損が生じることを防止できる。

【 0 0 3 6 】

フレーム 1 0 7 に付随して、鼻受部 4 0 が設けられている。鼻受部 4 0 は、観察者の鼻に当接することによって枠部 1 0 2 を支持する役割を有する。つまり、枠部 1 0 2 は、鼻に支持される鼻受部 4 0 と耳に支持される一对のテンプル部 1 0 4 とによって、観察者の顔前に配置されることになる。鼻受部 4 0 は、枠部 1 0 2 を構成する一方のフレーム 1 0 7 の正面部 1 0 7 a の中央部 1 0 7 g において、枠部 1 0 2 を構成する他方のプロテクター 1 0 8 の中央部 1 0 8 g に挟まれるようにして、ねじ止めによって固定されている。

【 0 0 3 7 】

図 3 に示すように、第 1 表示装置 1 0 0 A は、投影用の光学系である投射透視装置 7 0 と、映像光を形成する画像表示装置 8 0 とを備えると見ることができる。投射透視装置 7 0 は、第 1 像形成本体部 1 0 5 a によって形成された画像を虚像として観察者の眼に投射する役割を有する。投射透視装置 7 0 は、導光及び透視用の導光部材 1 0 と、透視用の光透過部材 5 0 と、結像用の投射レンズ 3 0 とを備える。つまり、第 1 光学部材 1 0 1 a 又は導光装置 2 0 は、導光部材 1 0 と光透過部材 5 0 とで構成され、第 1 像形成本体部 1 0 5 a は、画像表示装置 8 0 と投射レンズ 3 0 とで構成される。

【 0 0 3 8 】

以下、図 3 及び図 4 等を参照して、第 1 像形成本体部 1 0 5 a を構成する画像表示装置 8 0 と投射レンズ 3 0 とについて説明する。

【 0 0 3 9 】

画像表示装置 8 0 は、照明光を射出する照明装置 8 1 と、透過型の空間光変調装置である映像表示素子 8 2 と、照明装置 8 1 及び映像表示素子 8 2 の動作を制御する駆動制御部 8 4 とを有する。

【 0 0 4 0 】

画像表示装置 8 0 の照明装置 8 1 は、赤、緑、及び青の 3 色を含む光を発生する光源 8

10

20

30

40

50

1 aと、この光源からの光を拡散させて矩形断面の光線束にするバックライト導光部 8 1 bとを有する。映像表示素子（映像素子）8 2は、例えば液晶表示デバイスで形成され、照明装置 8 1からの照明光を空間的に変調して動画像等の表示対象となるべき画像光を形成する。駆動制御部 8 4は、光源駆動回路 8 4 aと、液晶駆動回路 8 4 bとを備える。光源駆動回路 8 4 aは、照明装置 8 1に電力を供給して安定した輝度の照明光を射出させる。液晶駆動回路 8 4 bは、映像表示素子（映像素子）8 2に対して画像信号又は駆動信号を出力することにより、透過率パターンとして動画や静止画の元になるカラーの映像光又は画像光を形成する。なお、液晶駆動回路 8 4 bに画像処理機能を持たせることができるが、外付けの制御回路に画像処理機能を持たせることもできる。

【0041】

投射レンズ30は、構成要素として3つの光学素子31～33を備える投射光学系であり、これらの光学素子31～33を収納して支持する鏡筒39を含む。光学素子31～33は、例えば軸対称な非球面レンズであり、導光部材10の一部と協働して導光部材10の内部に映像表示素子82の表示像に対応する中間像を形成する。鏡筒39は、前端側に矩形棒状の係合部材39aを有する。係合部材39aは、導光部材10の第2導光部分12側の先端部と嵌合することで、鏡筒39に対する導光部材10の位置決めを可能にしている。

【0042】

以下、図4を参照して、投射透視装置70等の機能、動作等の詳細について説明する。投射透視装置70のうち、プリズム型の導光装置20の一部である導光部材10は、平面視において顔面に沿うように例えば湾曲した円弧状の部材である。導光部材10のうち、第1導光部分11は、鼻に近い中央側つまり光射出側に配置され、光学的な機能を有する側面として、第1面S11と、第2面S12と、第3面S13とを有し、第2導光部分12は、鼻から離れた周辺側つまり光入射側に配置され、光学的な機能を有する側面として、第4面S14と、第5面S15とを有する。このうち、第1面S11と第4面S14とが連続的に隣接し、第3面S13と第5面S15とが連続的に隣接する。また、第1面S11と第3面S13との間に第2面S12が配置され、第4面S14と第5面S15とは大きな角度を成して隣接している。

【0043】

導光部材10において、第1面S11は、Z軸に平行な射出側光軸AXOをローカルz軸とする自由曲面であり、第2面S12は、XZ面に平行な基準面（図示の断面）に含まれZ軸に対して傾斜した光軸AX1をローカルz軸とする自由曲面であり、第3面S13は、射出側光軸AXOをローカルz軸とする自由曲面である。第4面S14は、XZ面に平行な上記基準面に含まれZ軸に対して傾斜した一対の光軸AX3, AX4の2等分線に平行な光軸をローカルz軸とする自由曲面であり、第5面S15は、XZ面に平行な上記基準面に含まれるとともにZ軸に対して傾斜した一対の光軸AX4, AX5の2等分線に平行な光軸をローカルz軸とする自由曲面である。光軸AX5の第5面S15側の延長上には、入射側光軸AXIが配置されている。なお、以上の第1～第5面S11～S15は、水平（又は横）に延びXZ面に平行で光軸AX1～AX5等が通る基準面（図示の断面）を挟んで、鉛直（又は縦）のY軸方向に関して対称な形状を有している。

【0044】

ここでは、特に、導光部材10を構成する複数の面のうち、第1面S11から第3面S13までの面以外の面であって、少なくとも1つの自由曲面について、方向によって曲率の符号が異なっている点を少なくとも1つ含むものとなっている。これにより、映像光の導光を精密に制御しつつ、導光部材10の小型化を可能にしている。なお、詳しくは実施例において後述するが、図示の場合では、第1面S11から第3面S13までの面よりも画像表示装置80側すなわち映像表示素子（映像素子）82側にある第4面S14が、原点において、方向によって曲率の符号が異なる曲面形状となっている。以下、方向によって曲率の符号が異なっている点（第4面S14の原点）を曲率異符号点P1（図6参照）と呼び、曲率異符号点P1を含む曲面（第4面S14）を曲率異符号曲面と呼ぶ。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

導光部材 1 0 のうち本体 1 0 s は、可視域で高い光透過性を示す樹脂材料で形成されており、例えば金型内に熱可塑性樹脂を注入・固化させることにより成形する。なお、本体 1 0 s の材料としては、例えばシクロオレフィンポリマー等を用いることができる。本体 1 0 s は、一体形成品とされているが、導光部材 1 0 は、既に説明したように機能的に第 1 導光部分 1 1 と第 2 導光部分 1 2 とに分けて考えることができる。第 1 導光部分 1 1 は、映像光 G L の導波及び射出を可能にするとともに、外界光 H L の透視を可能にする。第 2 導光部分 1 2 は、映像光 G L の入射及び導波を可能にする。

【 0 0 4 6 】

第 1 導光部分 1 1 において、第 1 面 S 1 1 は、映像光 G L を第 1 導光部分 1 1 外に射出させる屈折面として機能するとともに、映像光 G L を内面側で全反射させる全反射面として機能する。第 1 面 S 1 1 は、眼 E Y の正面に配されるものであり、例えば観察者に対し凹面形状を成している。なお、第 1 面 S 1 1 は、本体 1 0 s の表面に施されたハードコート層 2 7 によって形成される面である。

10

【 0 0 4 7 】

第 2 面 S 1 2 は、本体 1 0 s の表面であり、当該表面にハーフミラー層 1 5 が付随している。このハーフミラー層 1 5 は、光透過性を有する反射膜（すなわち半透過反射膜）である。ハーフミラー層（半透過反射膜）1 5 は、第 2 面 S 1 2 の全体ではなく、第 2 面 S 1 2 を主に Y 軸に沿った鉛直方向に関して狭めた部分領域 P A 上に形成されている（図 3 参照）。ハーフミラー層 1 5 は、本体 1 0 s の下地面のうち部分領域 P A 上に、金属反射膜や誘電体多層膜を成膜することにより形成される。ハーフミラー層 1 5 の映像光 G L に対する反射率は、シースルーによる外界光 H L の観察を容易にする観点で、想定される映像光 G L の入射角範囲において 1 0 % 以上 5 0 % 以下とする。具体的な実施例のハーフミラー層 1 5 の映像光 G L に対する反射率は、例えば 2 0 % に設定され、映像光 G L に対する透過率は、例えば 8 0 % に設定される。

20

【 0 0 4 8 】

第 3 面 S 1 3 は、映像光 G L を内面側で全反射させる全反射面として機能する。第 3 面 S 1 3 は、眼 E Y の正面に配されるものであり、第 1 面 S 1 1 と同様に例えば観察者に対し凹面形状を成しており、第 1 面 S 1 1 と第 3 面 S 1 3 とを通過させて外界光 H L を見たときに、視度が略 0 になっている。なお、第 3 面 S 1 3 は、本体 1 0 s の表面に施されたハードコート層 2 7 によって形成される面である。

30

【 0 0 4 9 】

第 2 導光部分 1 2 において、第 4 面 S 1 4 は、映像光 G L を内面側で全反射させる全反射面として機能する。第 4 面 S 1 4 は、映像光 G L を第 2 導光部分 1 2 内に入射させる屈折面としても機能する。すなわち、第 4 面 S 1 4 は、外部から導光部材 1 0 に映像光 G L を入射させる光入射面と、導光部材 1 0 の内部において映像光 G L を伝搬させる反射面としての機能を兼用している。なお、第 4 面 S 1 4 は、本体 1 0 s の表面に施されたハードコート層 2 7 によって形成される面である。

【 0 0 5 0 】

第 2 導光部分 1 2 において、第 5 面 S 1 5 は、既述のように、本体 1 0 s の表面上に無機材料で形成される光反射膜 R M を成膜することで形成され、反射面として機能する。

40

【 0 0 5 1 】

光透過部材 5 0 は、既述のように導光部材 1 0 と一体的に固定され 1 つの導光装置 2 0 となっている。光透過部材 5 0 は、導光部材 1 0 の透視機能を補助する部材（補助光学ブロック）であり、光学的な機能を有する側面として、第 1 透過面 S 5 1 と、第 2 透過面 S 5 2 と、第 3 透過面 S 5 3 とを有する。ここで、第 1 透過面 S 5 1 と第 3 透過面 S 5 3 との間に第 2 透過面 S 5 2 が配置されている。第 1 透過面 S 5 1 は、導光部材 1 0 の第 1 面 S 1 1 を延長した曲面上にあり、第 2 透過面 S 5 2 は、当該第 2 面 S 1 2 に対して接着層 C C によって接合され一体化されている曲面であり、第 3 透過面 S 5 3 は、導光部材 1 0 の第 3 面 S 1 3 を延長した曲面上にある。このうち第 2 透過面 S 5 2 と導光部材 1 0 の第

50

2面S12とは、薄い接着層CCを介しての接合によって一体化されるため、略同じ曲率の形状を有する。

【0052】

光透過部材（補助光学ブロック）50は、可視域で高い光透過性を示し、光透過部材50の本体部分は、導光部材10の本体10sと略同一の屈折率を有する熱可塑性樹脂材料で形成されている。なお、光透過部材50は、本体部分を導光部材10の本体10sに接合した後、接合された状態で本体10sとともにハードコートによる成膜がなされて形成されるものである。つまり、光透過部材50は、導光部材10と同様、本体部分の表面にハードコート層27が施されたものとなっている。第1透過面S51と第3透過面S53とは、本体部分の表面に施されたハードコート層27によって形成される面である。

10

【0053】

以下、虚像表示装置100における映像光GL等の光路について説明する。映像表示素子（映像素子）82から射出された映像光GLは、投射レンズ30によって収束されつつ、導光部材10に設けた正の屈折力を有する第4面S14に入射する。

【0054】

導光部材10の第4面S14を通過した映像光GLは、収束しつつ進み、第2導光部分12を経由する際に、比較的弱い負の屈折力を有する第5面S15で反射され、第4面S14に内側から再度入射して反射される。

【0055】

第2導光部分12の第4面S14で反射された映像光GLは、第1導光部分11において、図示の例では比較的弱い正の屈折力を有する第3面S13に入射して全反射され、図示の例では比較的弱い負の屈折力を有する第1面S11に入射して全反射される。なお、映像光GLは、第3面S13を通過する前後において、導光部材10中に中間像を形成する。この中間像の像面IIは、映像表示素子82の像面OIに対応するものである。

20

【0056】

第1面S11で全反射された映像光GLは、第2面S12に入射するが、特にハーフミラー層15に入射した映像光GLは、このハーフミラー層15を部分的に透過しつつも部分的に反射されて第1面S11に再度入射して通過する。なお、ハーフミラー層15は、ここで反射される映像光GLに対して比較的強い正の屈折力を有するものとして作用する。また、第1面S11は、これを通過する映像光GLに対して図示の例では負の屈折力を有するものとして作用する。

30

【0057】

第1面S11を通過した映像光GLは、観察者の眼EYの瞳又はその等価位置に略平行光線束として入射する。つまり、観察者は、虚像としての映像光GLにより、映像表示素子（映像素子）82上に形成された画像を観察することになる。

【0058】

一方、外界光HLのうち、導光部材10の第2面S12よりも+X側に入射するものは、第1導光部分11の第3面S13と第1面S11とを通過するが、この際、正負の屈折力が相殺されるとともに収差が補正される。つまり、観察者は、導光部材10越しに歪みの少ない外界像を観察することになる。同様に、外界光HLのうち、導光部材10の第2面S12よりも-X側に入射するもの、つまり、光透過部材50に入射したものは、これに設けた第3透過面S53と第1透過面S51とを通過する際に、正負の屈折力が相殺されるとともに収差が補正される。つまり、観察者は、光透過部材50越しに歪みの少ない外界像を観察することになる。さらに、外界光HLのうち、導光部材10の第2面S12に対応する光透過部材50に入射するものは、第3透過面S53と第1面S11とを通過する際に、正負の屈折力が相殺されるとともに収差が補正される。つまり、観察者は、光透過部材50越しに歪みの少ない外界像を観察することになる。なお、導光部材10の第2面S12と光透過部材50の第2透過面S52とは、略同一の曲面形状をとともに有し、略同一の屈折率をとともに有し、両者の隙間が略同一の屈折率の接着層CCで充填されている。つまり、導光部材10の第2面S12や光透過部材50の第2透過面S52は、外界

40

50

光 H L に対して屈折面として作用しない。

【 0 0 5 9 】

ただし、ハーフミラー層 1 5 に入射した外界光 H L は、このハーフミラー層 1 5 を部分的に透過しつつも部分的に反射されるので、ハーフミラー層 1 5 に対応する方向からの外界光 H L は、ハーフミラー層 1 5 の透過率に弱められる。その一方で、ハーフミラー層 1 5 に対応する方向からは、映像光 G L が入射するので、観察者は、ハーフミラー層 1 5 の方向に映像表示素子（映像素子）8 2 上に形成された画像とともに外界像を観察することになる。

【 0 0 6 0 】

導光部材 1 0 内で伝搬されて第 2 面 S 1 2 に入射した映像光 G L のうち、ハーフミラー層 1 5 で反射されなかったものは、光透過部材 5 0 内に入射するが、光透過部材 5 0 に設けた不図示の反射防止部によって導光部材 1 0 に戻ることが防止される。つまり、第 2 面 S 1 2 を通過した映像光 G L が光路上に戻されて迷光となることが防止される。また、光透過部材 5 0 側から入射してハーフミラー層 1 5 で反射された外界光 H L は、光透過部材 5 0 に戻されるが、光透過部材 5 0 に設けた上述の不図示の反射防止部によって導光部材 1 0 に射出されることが防止される。つまり、ハーフミラー層 1 5 で反射された外界光 H L が光路上に戻されて迷光となることが防止される。

【 0 0 6 1 】

以上のように、例えば第 4 面 S 1 4 のような斜入射を前提とし曲率異符号点 P 1 を含む曲率異符号曲面を有する面を含む構成とすることによって、導光部材 1 0 のサイズが大きくなることを抑制しつつ、光学系全体としての映像光 G L の導光を精密に制御し高い性能を維持することが可能となる。しかし、第 4 面 S 1 4 のように横方向（第 1 方向）と縦方向（第 2 方向）とで曲率が異なる非軸対称な自由曲面を含む光学系で構成した場合、方向によって光線束の収束の度合いに違いが生じ、いわば非点収差を制御しつつ虚像を形成していることにもなる。これに対して、本実施形態に係る虚像表示装置 1 0 0 を構成する光学系は、図 4 に示す映像表示素子 8 2 の像面 O I の位置から中間像の像面 I I までの間において、有効範囲内にある映像光 G L の全光線束の光線束断面形状について、縦長になっている位置と横長になっている位置とが存在するような構成としている。これにより、収差抑制のために方向によって曲率の異なる曲面を有する導光部材 1 0 を経た映像光 G L が、観察者の眼 E Y に射出される際には的確な状態となり、良好な画像を視認させることが可能になっている。ここで、投射レンズ 3 0 は、軸対称な光学系であるが、導光部材 1 0 は、非軸対称な光学系であるため、投射レンズ 3 0 と導光部材 1 0 の一部とを、像面 O I の位置から像面 I I の位置までを構成する 1 つの光学系として捉えた場合、全体として非軸対称な光学系になっていることになる。従って、像面 O I から像面 I I までの間における光学系が、軸対称な光学系部分を含めて上述した非点収差の影響について考慮された構成となっていることが重要となる。

【 0 0 6 2 】

以下、図 4 及び図 5 を参照して、像面 O I から像面 I I にかけての虚像表示装置 1 0 0 の光学系における映像光 G L の光線束の断面形状について詳しく説明する。

【 0 0 6 3 】

まず、図 4 において、映像表示素子 8 2 の像面 O I において、眼 E Y の位置として想定される瞳配置位置 I E に到達する有効範囲内にある映像光 G L の全光線束による表示画面全体は、図 5 (A) に示すように、横長の領域となっている。ここでは、横長の領域で示される像面 O I において、長辺 W x が延びる方向を長辺方向 S 1 とし、短辺 W y が延びる方向を短辺方向 S 2 とする。言い換えると、図示において、長辺 W x は、長辺方向 S 1 についての像面 O I の全幅を示し、短辺 W y は、短辺方向 S 2 についての像面 O I の全幅を示している。なお、長辺方向 S 1 は、図 4 における X Z 面に平行な方向であり、短辺方向 S 2 は、図 4 における Y Z 面に平行な方向である。

【 0 0 6 4 】

ここで、図 4 において、第 1 面位置 A は、有効範囲内にある映像光 G L の光線束断面に

10

20

30

40

50

ついて、像面 O I の長辺方向 S 1 に対応する第 1 方向の幅が最小になる位置 (A 面位置) であり、第 2 面位置 B は、有効範囲内にある映像光 G L の光線束断面について、短辺方向 S 2 に対応する第 2 方向の幅が最小になる位置 (B 面位置) である。本実施形態では、位置 A における光線束の断面と位置 B における光線束の断面とで、縦横比が異なる形状となっている。なお、図示の場合では、位置 A が相対的に中間像の像面 I I に近い側にあり、位置 B が相対的に映像表示素子 8 2 の像面 O I に近い側にあるものとなっている。

【 0 0 6 5 】

まず、図 5 (B) に示すように、位置 A において、有効範囲内にある映像光 G L の全光線束の光線束断面形状は、縦長の領域となっている。より具体的には、位置 A の光線束の光線束断面 A I において、図 5 (A) の長辺方向 S 1 に対応する第 1 方向 D A 1 の幅を $W A x$ とし、図 5 (A) の短辺方向 S 2 に対応する第 2 方向 D A 2 の幅を $W A y$ とすると、

$$W A x < W A y \quad \dots \quad (1)$$

が成り立っている。なお、位置 A の規定の仕方より、幅 $W A x$ は、光路上における映像光 G L の光線束断面のうち長辺方向 S 1 の全幅である $W x$ (図 5 (A) 参照) に対応する長さとして最小のものとなっている。

【 0 0 6 6 】

一方、図 5 (C) に示すように、位置 B において、有効範囲内にある映像光 G L の全光線束の光線束断面形状は、横長の領域となっている。より具体的には、位置 B の光線束の光線束断面 B I において、図 5 (A) の長辺方向 S 1 に対応する第 1 方向 D B 1 の幅を $W B x$ とし、図 5 (A) の短辺方向 S 2 に対応する第 2 方向 D B 2 の幅を $W B y$ とすると、

$$W B y < W B x \quad \dots \quad (2)$$

が成り立っている。なお、位置 B の規定の仕方より、幅 $W B y$ は、光路上における映像光 G L の光線束断面のうち短辺方向 S 2 の全幅である $W y$ (図 5 (A) 参照) に対応する長さとして最小のものとなっている。

【 0 0 6 7 】

上式 (1) 及び (2) に示すように、本実施形態の場合、映像表示素子 8 2 の像面 O I に近い側の位置 B では、光線束断面 B I の形状が、像面 O I の形状と同じく横長となっているのに対して、中間像の像面 I I に近い側の位置 A では、光線束断面 A I の形状が、像面 O I の形状とは異なり縦長となっている。言い換えると、像面 O I から像面 I I までの間の位置において、長辺方向 S 1 に対応する方向と短辺方向 S 2 に対応する方向とに関して、全体の光線束における全幅の比率の大小が入れ替わっている箇所が存在している。

【 0 0 6 8 】

上記のように、例えば導光部材 1 0 を構成する自由曲面の曲率が、縦方向と横方向とで異なっており、また、これらの面に対し、映像光の成分が斜めに入射して反射するような構成の場合、非点収差が発生することに相当する。仮に、瞳の非点収差が発生しない状況にあるとすれば、上記の第 1 面位置 A と第 2 面位置 B とが一致する、すなわち第 1 方向の幅が最小になる位置と第 2 方向の幅が最小になる位置とは略同一の位置となる。このような場合、例えば当該略同一の位置において略円形の光線束断面が形成されることになる。しかし、このような非軸対称な面を有さない光学系によって、小型軽量にするといった形状的制限の下にあり、かつ、斜め方向から入射する光を反射させる必要があるといった状況下での H M D の構成において、広画角・高性能なものを実現することは非常に難しい。これに対して、本実施形態では、上記のような非軸対称な光学系を用いて光線束の制御を行うことで、形状的制限がある等の状況下にあっても広画角・高性能な画像を形成させることを可能とし、この際に、非軸対称な光学系の使用に伴う非点収差の発生を加味して、上式 (1) 及び (2) に示すように位置 A と位置 B とにおいて、光線束断面の形状が異なったものになる構成としている。以上により、本実施形態の虚像表示装置 1 0 0 では、光学系全体として、小型でありながら収差を抑制した画像を眼に向けて射出することを可能にしている。

【 0 0 6 9 】

また、上記構成の場合、中間像の像面 I I の位置に関して、第 1 方向 (横方向) につい

10

20

30

40

50

ての結像位置は、第2方向（縦方向）についての結像位置よりも光路下流側、すなわち観察者の眼E Yが配置されるべき瞳配置位置I Eに近い側となる。

【0070】

さらに、ここでは、図5（D）に示す眼E Yの瞳P Uの直径の大きさについての基準値Hに対して、図5（B）及び5（C）に示すように、

$$W A x < H < W A y \quad \dots \quad (4)$$

$$W B y < H < W B x \quad \dots \quad (5)$$

が成り立つものとしている。

【0071】

なお、図5（D）に例示する眼E Yの瞳P Uの大きさ、すなわち瞳孔径は、通常、2 mmから7 mm程度の間で変化する。ここでは、平均的な瞳孔径を取り、瞳P Uの大きさの基準値Hを5 mmとする。なお、基準値Hについては、虚像表示装置100全体の光学系の構成や瞳の位置が動くことを配慮して、例えば瞳P Uの大きさの1倍から2倍程度の範囲で適宜定めることができる。瞳P Uの大きさを基準とすることで、徒に導光部材を大きくしたり、光学系を構成するレンズのパワーを大きくしたりすることなく、光学性能を向上させることができる。

【0072】

図6は、導光部材10中の光軸A X 1 ~ A X 4やローカル座標を説明する図である。以下の説明では、光学系の評価や表現の便宜を考慮して、観察者の眼E Yから画像表示装置80の映像表示素子82に向けて逆進方向に関して、光学面や光路を規定する。実際の光学系では、映像表示素子82から発した光は、投射レンズ30と導光部材10と順次通り、眼E Yに至るのであるが、その状態では光学系の評価がやり難い。そのため、眼E Yの位置にある絞りを通して無限遠の光源からの光が、導光部材10に入り、投射レンズ30を通過して映像表示素子82に結像するものとして、評価・設計を行なっており、以下に詳述する光学系のデータもその順で表示している。なお、導光部材10に接合されて一体として使用される光透過部材50については、導光部材10の形状を延長したものであり、説明を省略している。

【0073】

図示の導光部材10において、第1面S 1 1の光軸は、射出側光軸A X 0と一致しており、第1面S 1 1のローカル座標（x, y, z）は、全体座標（X, Y, Z）と並進関係にあつて、第1面S 1 1上に原点を有する。つまり、ローカル座標のz方向は、射出側光軸A X 0上にあつて進行方向（光線の逆進方向）となっており、ローカル座標のy方向は、全体座標のY方向と平行になっている。以後の各面においても、ローカル座標のy方向は、全体座標のY方向と平行になっている。

【0074】

第2面S 1 2の光軸は、射出側光軸A X 0に対して適宜傾けられたものとなっており、第2面S 1 2のローカル座標は、全体座標に対してY軸の周りに適宜回転するとともに並進したものとなっており、第2面S 1 2上に原点を有する。第2面S 1 2のローカル座標のz方向は、射出側光軸A X 0と、第2面S 1 2から第1面S 1 1に向けての光線束中心の光軸A X 1との中間方向になっている。

【0075】

第3面S 1 3の光軸は、射出側光軸A X 0と一致しており、第3面S 1 3のローカル座標は、全体座標と並進関係にあつて、第3面S 1 3の延長面すなわち第3透過面S 5 3上に原点を有する。

【0076】

以上により、第2面S 1 2から第1面S 1 1に向けての光線束中心の光軸A X 1と、第1面S 1 1から第3面S 1 3に向けての光線束中心の光軸A X 2との中間方向は、第1面S 1 1上の光線束中心（光軸A X 1, A X 2の交点）における第1面S 1 1の法線方向と一致している。また、第1面S 1 1から第3面S 1 3に向けての光線束中心の光軸A X 2と、第3面S 1 3から第4面S 1 4に向けての光線束中心の光軸A X 3との中間方向は、

10

20

30

40

50

第3面S13上の光線束中心（光軸AX2，AX3の交点）における第3面S13の法線方向と一致している。

【0077】

第3面S13から次の第4面S14に向かう光路において、そのローカル座標は、進行方向（光線の逆進方向）に対応するものとなっている。つまり、第3面S13から第4面S14にかけてのローカル座標のz方向は、光線束中心の光軸AX3と一致しており、このローカル座標のy方向は、全体座標のY方向と平行になっている。

【0078】

第4面S14のローカル座標の原点は、この第4面S14上にある。また、第4面S14のローカル座標のz方向、すなわち第4面S14の光軸は、第3面S13から第4面S14に向けての光線束中心の光軸AX3と、第4面S14から第5面S15に向けての光線束中心の光軸AX4との2等分線となっている。

10

【0079】

第5面S15のローカル座標の原点は、この第5面S15上にある。また、第5面S15のローカル座標のz方向、すなわち第5面S15の光軸は、第4面S14から第5面S15に向けての光線束中心の光軸AX4と、第5面S15から第4面S14に向けての光線束中心の光軸AX5との2等分線となっている。

【0080】

導光部材10の第1面S11の形状は、第1面S11のローカル座標（x，y，z）を利用して

20

$$z = \{ A_{1m,n} \cdot (x^m \cdot y^n) \} \dots \quad (9)$$

ここで、 $A_{1m,n}$ は、多項式展開した第m・n項の係数
m，nは、0以上の整数

で表される。

【0081】

導光部材10の第2面S12の形状は、第2面S12のローカル座標（x，y，z）を利用して

$$z = \{ A_{2m,n} \cdot (x^m \cdot y^n) \} \dots \quad (10)$$

ここで、 $A_{2m,n}$ は、多項式展開した第m・n項の係数
で表される。

30

【0082】

導光部材10の第3面S13の形状は、第3面S13のローカル座標（x，y，z）を利用して

$$z = \{ A_{3m,n} \cdot (x^m \cdot y^n) \} \dots \quad (11)$$

ここで、 $A_{3m,n}$ は、多項式展開した第m・n項の係数
で表される。

【0083】

本実施形態において、導光部材10の第1～第3面S11～S13は、

$$-10^{-1} < A_{10,2} + A_{12,0} < 10^{-2} \quad \text{及び}$$

$$-10^{-1} < A_{30,2} + A_{32,0} < 10^{-2} \quad \dots \quad (6)$$

40

$$|A_{12,0} - A_{10,2}| < 10^{-1} \quad \text{及び}$$

$$|A_{32,0} - A_{30,2}| < 10^{-1} \quad \dots \quad (7)$$

$$|A_{12,0} - A_{32,0}| < 10^{-2} \quad \text{及び}$$

$$|A_{10,2} - A_{30,2}| < 10^{-2} \quad \dots \quad (8)$$

の3条件を満足している。これらの3条件を満たすように第1～第3面S11～S13の形状を設定することによって、外界光HLと映像光GLとの双方の収差補正が良好に行われ、優れた画質をもたらすことができる。

【0084】

導光部材10の第1面S11と第3面S13との間隔は5mm以上15mm以下となっている。また、第1面S11に対する第2面S12の傾斜角が20°以上40°以下とな

50

っている。

【0085】

なお、導光部材10の第4面S14又は第5面S15は、光路の調整や収差のより精密な補正のために設けられたものである。

【0086】

導光部材10の第4面S14の形状は、第4面S14のローカル座標(x, y, z)を利用して

$$z = \{ A_{4m, n} \cdot (x^m \cdot y^n) \} \dots (12)$$

ここで、 $A_{4m, n}$ は、多項式展開した第m・n項の係数で表される。

10

【0087】

導光部材10の第5面S15の形状は、第5面S15のローカル座標(x, y, z)を利用して

$$z = \{ A_{5m, n} \cdot (x^m \cdot y^n) \} \dots (13)$$

ここで、 $A_{5m, n}$ は、多項式展開した第m・n項の係数で表される。

【0088】

本実施形態では、上式(12)及び(13)で表される第4面S14や第5面S15の曲面形状が、方向によって曲率が異なる非軸対称点を少なくとも1つ含むものとなっている。より詳しくはある曲面上の1点において、直交する2つの方向のうちの一方向である直交座標xの方向(x方向)の曲率を K_x とし、当該直交する2つの方向のうち他方向である直交座標yの方向(y方向)の曲率を K_y とするとき、

20

$$0.005 < |K_x - K_y| \dots (3)$$

を満たす非対称性を有している。上記(1)及び(2)に加え、上式(3)を満たす曲面を有することにより、光を制御して、虚像表示装置100を小型で軽量なものとしつつ、収差を補正することができるようにすることができる。

【0089】

本実施形態の虚像表示装置100のように、眼の並ぶ横方向(特定方向)に偏って延びる光学系の場合、当該横方向とこれに直交する縦方向とでは、結像条件等が大きく異なる。これに対して、本実施形態では、導光部材10のうち、少なくとも第4面S14や第5面S15が、第1面S11等と同様にそれぞれ映像光GLを反射する或いは透過させるといった導光に寄与する主要面(主面)のうちの一つであり、かつ、上記のように眼の並ぶ横方向に対応するx方向(第1方向D1)とこれに直交する縦方向に対応するy方向(第2方向D2)とによって曲率が異なっている非軸対称曲面となっている。さらに、虚像表示装置100の光学系は、第1面位置Aにおける第1方向DA1の幅 W_{Ax} 及び第2方向DA2の幅 W_{Ay} と、これらにそれぞれ対応する第2面位置Bにおける第1方向DB1の幅 W_{Bx} 及び第2方向DB2の幅 W_{By} とについて、上式(1)及び上式(2)が成り立つように光線束を制御している。これにより、小型で広画角なHMDの作製を可能としつつ収差の発生を抑制するために、例えば上記第4面S14のように方向により曲率の異なる非対称面となるような自由曲面を有する導光部材10を含む光学系において、映像光GLの導光を精密に制御し高い性能を維持しつつ眼EYに向けて適切な状態で射出させることを可能にしている。

30

40

【0090】

なお、本実施形態の虚像表示装置100では、投射レンズ30等によって導光部材10の内部に中間像が形成されるとともに、第3面S13、第1面S11、及び第2面S12の順に2面以上で全反射された映像光GLが、第1面S11を透過して観察者の眼EYに到達するので、導光部材10を薄型にして光学系全体を小型で軽量なものにしつつ、広画角で明るい高性能の表示を実現することができる。また、外界光HLについては、例えば第1面S11と第3面S13とを通過させて観察することができ、その際の視度を略0とするので、シースルーで外界光HLを観察する際の外界光HLのデフォーカスや歪みを低

50

減できる。また、導光部材 10 の形状を、観察者の顔に沿う形とでき、重心も顔に近く、デザインにも優れたものとする。

【0091】

〔実施例〕

以下、本発明に係る虚像表示装置に組み込まれる投射透視装置の実施例について説明する。各実施例で使用する記号を以下にまとめた。

SPH : 瞳

FFSk : 自由曲面 (導光部材中の k = 面番号)

ASPk : 軸対称非球面 (投射光学系中の k = 面番号)

SPH : 球面又は平面 (保護ガラス表面)

R : 曲率半径

T : 軸上面間隔

Nd : 光学材料の d 線に対する屈折率

Vd : 光学材料の d 線に関するアッペ数

TLY : 特定面の横断面 (XZ 断面) における光軸の傾斜角度 (°)
(TLY については、特定面の前後で変化する場合がある)

DCX : 特定面の横断面 (XZ 断面) における X 軸方向の光軸のズレ量

【0092】

(実施例 1)

実施例 1 の投射透視装置のうち導光部材及び投射レンズを構成する光学面のデータを以下の表 1 に示す。なお、例えば FFS1 は、第 1 面 S11 を意味し、FFS2 は、第 2 面 S12 を意味し、FFS3 は、第 3 面 S13 を意味する、また、ASP1 は、投射レンズの第 1 レンズの射出面を意味し、ASP2 は、第 1 レンズの入射面を意味する。

〔表 1〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		20.00		
2	FFS1	-	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-	10.00	1.525	55.95
5	FFS3	-	-20.00	1.525	55.95
6	FFS4	-	10.00	1.525	55.95
7	FFS5	-	-10.00	1.525	55.95
8	FFS4	-	-0.50		
9	ASP1	-6.137	-6.00	1.525	55.95
10	ASP2	6.711	-0.50		
11	ASP3	6.613	-1.20	1.585	29.90
12	ASP4	-17.825	-6.00		
13	ASP5	-7.024	-6.00	1.525	55.95
14	ASP6	32.129	-3.91		
15	SPH		-1.60	1.458	67.82
16	像面				

【0093】

実施例 1 を構成する導光部材中の光学面について、その横断面における光軸傾斜角度 (ティルト) TLY と光軸ズレ量 (ディセンター) DCX を以下の表 2 に示す。なお、第 4 面 S14 に関しては、2 度目の通過における角度の傾斜を考慮している。

〔表 2〕

No	Type	TLY (面前)	DCX (面後)	TLY (面後)
2	FFS1	0	0	0
3	FFS2	-28	0	28
4	FFS1	0	0	0

5	FFS3	0	23.17	-44.19
6	FFS4	53	0	53
7	FFS5	-35	0	-35
8	FFS4	0	10	-17.78

【 0 0 9 4 】

実施例 1 を構成する導光部材中の各光学面について、自由曲面の多項式展開した係数 $A_{k,m,n}$ を以下の表 3 に示す。なお、表 3 において、記号 m, n は、係数 $A_{k,m,n}$ 中の変数又は次数を意味する。また、記号 FFS_k ($k = 1 \sim 5$) は、自由曲面である第 1 ~ 第 5 面 $S_{11} \sim S_{15}$ のうち第 k 面を意味する。なお、係数 $A_{k,m,n}$ は、対象とする第 k 面を表す多項式を構成する各項 $x^m \cdot y^n$ の係数を意味する。

10

〔表 3〕

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4	FFS5
2	0	-6.070E-03	-1.115E-02	-5.518E-03	7.456E-03	7.176E-03
0	2	-6.428E-03	-1.033E-02	-5.843E-03	-1.928E-02	-1.403E-02
3	0	0.000E+00	1.034E-04	0.000E+00	2.404E-04	1.204E-03
1	2	-2.437E-04	-8.469E-05	-2.014E-04	7.842E-04	2.030E-04
4	0	8.234E-07	-3.110E-06	6.185E-07	1.602E-05	1.512E-04
2	2	-1.084E-05	7.972E-06	-8.142E-06	9.630E-05	2.067E-05
0	4	3.564E-05	1.023E-05	2.678E-05	-1.340E-04	-2.956E-05
5	0	5.154E-08	-3.707E-08	3.520E-08	-5.360E-07	1.381E-05
3	2	1.671E-06	-1.035E-07	1.141E-06	-3.882E-06	2.044E-05
1	4	0.000E+00	-5.741E-07	0.000E+00	4.412E-05	4.589E-06
6	0	-7.659E-10	2.404E-08	-4.755E-10	-6.913E-09	-1.274E-06
4	2	-3.089E-08	-3.373E-09	-1.918E-08	-6.764E-07	-5.177E-07
2	4	4.831E-08	7.923E-08	3.000E-08	-8.697E-06	-1.726E-06
0	6	-5.048E-07	-1.852E-07	-3.134E-07	5.804E-05	3.361E-06

20

以上の表 3 及び以下の表において、数値の E 以後は 10 進数の指数部を意味し、例えば「-6.070E-03」とは、 -6.070×10^{-03} を意味する。

【 0 0 9 5 】

実施例 1 の投射透視装置のうち投射レンズを構成する光学面の非球面の係数を以下の表 4 に示す。

30

〔表 4〕

	ASP1	ASP2	ASP3	ASP4	ASP5	ASP6
K	0	0	0	0	0	0
B4	1.969E-04	-2.830E-03	-2.165E-03	4.007E-04	7.860E-04	-7.467E-05
B6	5.824E-06	1.443E-04	7.601E-05	-1.350E-04	-1.371E-05	9.941E-07
B8	3.833E-07	-4.093E-06	-4.139E-06	7.564E-07	2.842E-07	-2.326E-07

以上の表 4 において、記号 K, B_i は、投射レンズ 30 を構成する 3 つのレンズ 31, 32, 33 のレンズ面である非球面 $APS_1 \sim APS_6$ の非球面を特定するための係数を示している。非球面は、以下の多項式（非球面式）によって特定される。

40

$$z = \frac{(1/R) \times h^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1) \times (1/R)^2 \times h^2}} + B_4 h^4 + B_6 h^6 + B_8 h^8 + \dots$$

ここで、 R は各面の曲率半径であり、 h は光軸からの高さであり、 K は対象レンズ面の円錐係数であり、 B_i ($i = 4, 6, 8, \dots$) は対象レンズ面の高次非球面係数である。

【 0 0 9 6 】

図 7 は、実施例 1 の投射透視装置 70 の断面図である。ただし、光線束については、基準面 SR 上だけでなく、基準面 SR から Y 方向に外れたものも示している。投射透視装置 70 のうち導光部材 10 は、弱い負の屈折力を有する第 1 面 S_{11} と、比較的強い正の屈折力を有する第 2 面 S_{12} と、比較的弱い正の屈折力を有する第 3 面 S_{13} と、比較的強

50

い正の屈折力を有する第4面S14と、比較的弱い負の屈折力を有する第5面S15とを有する。ここで、第4面S14は、反射面及び屈折面として機能している。具体的には、第4面S14は、第3面S13から逆行する光線束（実際には第5面S15からの光）に対して全反射面となっており、第5面S15から逆行する光線束（実際には投射レンズ30からの光）に対して透過面となっている。つまり、第4面S14は、光路の折り曲げの機能と、光線束の収束に関する機能を兼ね備えている。投射レンズ30は、正の屈折力を有する第1レンズ31と、負の屈折力を有する第2レンズ32と、正の屈折力を有する第3レンズ33とを有している。実施例1の光学系の具体的な仕様について説明すると、水平画角が20.1°で、垂直画角が11.4°で、映像表示素子の表示領域の大きさが9.22×5.18mmで、瞳径が5mmで、焦点距離が約26mmである。

10

【0097】

なお、図8(A)は、実施例1の第1面位置Aでの光線束断面AIの形状について示す図であり、8(B)は、実施例1の第2面位置Bでの光線束断面BIの形状について示す図である。図示のように、光線束断面AIの形状は、上式(1)を満たす縦長の形状となっており、光線束断面BIの形状は、上式(2)を満たす横長の形状となっている。

【0098】

図9(A)~9(F)及び図10(A)~10(F)は、実施例1の収差を示す。各収差図において、横軸は瞳における位置を示し、縦軸は収差量をミクロン単位で示す。具体的には、図9(A)及び9(B)は、X方向に10°でY方向に5.7°の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図9(C)及び9(D)は、X方向に0.0°でY方向に5.7°の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図9(E)及び9(F)は、X方向に-10°でY方向に5.7°の方位におけるY及びX方向の収差を示す。図10(A)及び10(B)は、X方向に10°でY方向に0.0°の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図10(C)及び10(D)は、X方向に0.0°でY方向に0.0°の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図10(E)及び10(F)は、X方向に-10°でY方向に0.0°の方位におけるY及びX方向の収差を示す。なお、図示の収差量は、便宜上光線を逆行させた場合の映像表示素子の像面における収差量となっている。

20

【0099】

(実施例2)

実施例2の投射透視装置のうち導光部材及び投射レンズを構成する光学面のデータを以下の表5に示す。

30

〔表5〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		22.00		
2	FFS1	-	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-	10.00	1.525	55.95
5	FFS3	-	-20.00	1.525	55.95
6	FFS4	-	14.00	1.525	55.95
7	FFS5	-	-10.00	1.525	55.95
8	FFS6	-	-2.00		
9	ASP1	-20.674	-7.00	1.525	55.95
10	ASP2	9.056	-0.50		
11	ASP3	7.190	-1.00	1.585	29.90
12	ASP4	54.244	-19.37		
13	ASP5	-10.384	-8.15	1.525	55.95
14	ASP6	-23.928	-4.98		
15	SPH		-1.60	1.458	67.82
16	像面				

40

【0100】

50

実施例 2 を構成する導光部材中の光学面について、その横断面における光軸傾斜角度（ティルト）T L Y と光軸ズレ量（ディセクター）D C X を以下の表 6 に示す。

〔表 6〕

No	Type	TLY (面前)	DCX (面後)	TLY (面後)
2	FFS1	0	0	0
3	FFS2	-29	0	29
4	FFS1	0	0	0
5	FFS3	0	24.171	-39.58
6	FFS4	50	0	50
7	FFS5	-50	0	-50
8	FFS6	0	0	0

10

【 0 1 0 1 】

実施例 2 を構成する導光部材中の各光学面について自由曲面の多項式展開した係数を以下の表 7 に示す。なお、表 7 において、記号 m, n は、係数 $A k_m, n$ 中の変数又は次数を意味する。また、記号 F F S k ($k = 1 \sim 6$) は、自由曲面である第 1 ~ 第 6 面 S 1 1 ~ S 1 6 のうち第 k 面を意味する。図 1 1 に示すように、本実施例では、導光部材 1 0 が第 4 面 S 1 4 に連続的に隣接する第 6 面 S 1 6 を有しているものとする。なお、図示のように、第 6 面 S 1 6 は、光入射面であり、光線束の収束に関する機能を有する。一方、第 4 面 S 1 4 は、光路の折り曲げの機能を担っている。つまり、実施例 1 の第 4 面 S 1 4 において兼ねられていた機能が、実施例 2 では、第 4 面 S 1 4 と第 6 面 S 1 6 とに分離されていることになる。

20

〔表 7〕

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4	FFS5	FFS6
2	0	-4.110E-03	-1.005E-02	-3.798E-03	-3.374E-03	-2.584E-03	3.105E-02
0	2	-6.261E-03	-1.022E-02	-5.949E-03	-2.723E-02	5.720E-03	3.039E-02
3	0	1.513E-05	8.269E-06	1.513E-05	4.878E-05	5.891E-06	5.084E-05
1	2	-8.802E-06	-4.719E-05	-8.802E-06	1.315E-03	1.092E-04	-4.205E-04
4	0	-3.283E-07	-2.484E-06	-3.283E-07	1.997E-05	8.630E-06	3.586E-05
2	2	1.110E-05	-2.325E-07	1.110E-05	5.553E-05	1.338E-05	-7.045E-05
0	4	-1.231E-05	-3.745E-06	-1.231E-05	1.172E-04	4.272E-06	-6.522E-05
5	0	-7.697E-08	7.994E-08	-7.697E-08	-7.495E-07	3.889E-07	1.241E-05
3	2	-1.577E-06	-5.251E-08	-1.577E-06	-1.319E-05	-6.510E-07	5.310E-06
1	4	-1.721E-07	6.772E-08	-1.721E-07	-2.496E-05	-1.061E-06	-1.205E-06
6	0	1.800E-09	2.414E-09	1.800E-09	-1.502E-07	1.016E-09	1.206E-06
4	2	1.544E-08	3.116E-08	1.544E-08	-1.443E-07	2.158E-09	3.052E-06
2	4	2.672E-08	7.908E-09	2.672E-08	1.848E-06	7.531E-08	2.561E-06
0	6	3.158E-07	9.774E-10	3.158E-07	3.779E-06	1.021E-07	9.437E-07

30

【 0 1 0 2 】

実施例 2 の投射透視装置のうち投射レンズを構成する光学面の非球面の係数を以下の表 8 に示す。

40

〔表 8〕

	ASP1	ASP2	ASP3	ASP4	ASP5	ASP6
K	0	0	0	0	0	0
B4	-2.343E-05	-2.140E-03	-6.380E-04	-1.244E-04	2.638E-04	1.289E-04
B6	1.019E-06	-6.197E-06	-1.496E-05	-6.791E-06	7.578E-07	9.812E-06
B8	5.340E-08	-9.118E-08	-1.696E-07	-2.134E-08	1.763E-08	-1.069E-07

以上の表 8 において、記号 K, B_i は、投射レンズ 3 0 を構成する 3 つのレンズ 3 1, 3 2, 3 3 のレンズ面である非球面 A P S 1 ~ A P S 6 の非球面を特定する係数を示している。

【 0 1 0 3 】

50

図11は、実施例2の投射透視装置70の断面図である。投射透視装置70のうち導光部材10は、弱い負の屈折力を有する第1面S11と、比較的強い正の屈折力を有する第2面S12と、比較的弱い正の屈折力を有する第3面S13と、比較的弱い負の屈折力を有する第4面S14と、比較的弱い正の屈折力を有する第5面S15と、比較的強い正の屈折力を有する第6面S16とを有する。投射レンズ30は、正の屈折力を有する第1レンズ31と、負の屈折力を有する第2レンズ32と、正の屈折力を有する第3レンズ33とを有している。実施例2の光学系の具体的な仕様について説明すると、水平画角が20.1°で、垂直画角が11.4°で、映像表示素子の表示領域の大きさが9.22×5.18mmで、瞳径が5mmで、焦点距離が約26mmである。

【0104】

なお、図12(A)は、実施例2の第1面位置Aでの光線束断面AIの形状について示す図であり、12(B)は、実施例2の第2面位置Bでの光線束断面BIの形状について示す図である。図示のように、光線束断面AIの形状は、上式(1)を満たす縦長の形状となっており、光線束断面BIの形状は、上式(2)を満たす横長の形状となっている。また、図示において、光線束断面を構成する複数の円形状の輪郭COは、1つの円形状の輪郭COが1画素に対応する光の成分についての光線束断面の外縁を示している。

【0105】

図13(A)~13(F)及び図14(A)~14(F)は、実施例2の収差を示す。具体的には、図13(A)及び13(B)は、X方向に10°でY方向に5.7°の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図13(C)及び13(D)は、X方向に0.0°でY方向に5.7°の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図13(E)及び13(F)は、X方向に-10°でY方向に5.7°の方位におけるY及びX方向の収差を示す。図14(A)及び14(B)は、X方向に10°でY方向に0.0°の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図14(C)及び14(D)は、X方向に0.0°でY方向に0.0°の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図14(E)及び14(F)は、X方向に-10°でY方向に0.0°の方位におけるY及びX方向の収差を示す。

【0106】

(実施例3)

実施例3の投射透視装置のうち導光部材及び投射レンズを構成する光学面のデータを以下の表9に示す。

〔表9〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		20.00		
2	FFS1	-	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-	9.00	1.525	55.95
5	FFS3	-	-17.00	1.525	55.95
6	FFS4	-	7.00	1.525	55.95
7	FFS5	-	2.00	1.525	55.95
8	ASP1	7.697	4.00	1.525	55.95
9	ASP2	-4.907	0.50		
10	ASP3	-5.158	1.50	1.585	29.90
11	ASP4	5.276	2.84		
12	ASP5	6.501	6.00	1.525	55.95
13	ASP6	-10.192	9.51		
14	SPH		1.60	1.458	67.82
15	像面				

【0107】

実施例3を構成する導光部材中の光学面について、その横断面における光軸傾斜角度(ティルト)TLYと、光軸ズレ量(ディセーター)DCXを以下の表10に示す。

〔表 1 0〕

No	Type	TLY (面前)	DCX (面後)	TLY (面後)
2	FFS1	0	0	0
3	FFS2	-26	0	26
4	FFS1	0	0	0
5	FFS3	0	19.893504	-29.394622
6	FFS4	60	0	60
7	FFS5	0	0	0

【 0 1 0 8 】

実施例 3 を構成する導光部材中の各光学面について自由曲面の多項式展開した係数を以下の表 1 1 に示す。なお、表 1 1 において、記号 m, n は、係数 $A k_m, n$ 中の変数又は次数を意味する。また、記号 $FFS k$ ($k = 1 \sim 5$) は、自由曲面である第 1 ~ 第 5 面 $S 1 1 \sim S 1 5$ のうち第 k 面を意味する。

〔表 1 1〕

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4	FFS5
2	0	-1.254E-02	-1.211E-02	-1.191E-02	-2.323E-03	-7.675E-02
0	2	-1.031E-02	-1.364E-02	-9.899E-03	4.233E-04	-6.169E-02
3	0	5.751E-04	1.604E-04	5.751E-04	-3.570E-04	-1.002E-03
1	2	2.984E-05	7.274E-05	2.984E-05	5.402E-04	1.477E-03
4	0	-1.456E-05	-1.762E-05	-1.456E-05	1.163E-04	-1.143E-03
2	2	3.029E-05	1.938E-06	3.029E-05	-1.986E-04	-3.046E-03
0	4	5.757E-06	3.553E-06	5.757E-06	2.752E-04	-1.033E-03
5	0	-2.015E-07	1.015E-06	-2.015E-07	4.365E-08	8.729E-05
3	2	-2.008E-06	-5.253E-07	-2.008E-06	6.700E-06	-1.739E-05
1	4	2.748E-06	6.960E-07	2.748E-06	-6.458E-05	-2.971E-05
6	0	6.781E-09	-3.238E-08	6.781E-09	-1.541E-06	7.581E-05
4	2	7.881E-08	4.590E-08	7.881E-08	8.640E-07	2.208E-04
2	4	-1.309E-07	-6.944E-08	-1.309E-07	2.069E-05	2.278E-04
0	6	-4.681E-07	-1.134E-07	-4.681E-07	-2.282E-06	6.185E-05

【 0 1 0 9 】

実施例 3 の投射透視装置のうち投射レンズを構成する光学面の非球面の係数を以下の表 1 2 に示す。

〔表 1 2〕

	ASP1	ASP2	ASP3	ASP4	ASP5	ASP6
K	0	0	0	0	0	0
B4	-2.434E-03	2.595E-03	2.499E-03	-5.821E-03	-1.978E-03	2.139E-04
B6	3.219E-05	-4.997E-05	7.246E-05	2.617E-04	1.853E-05	-5.137E-06
B8	2.641E-06	5.850E-06	-1.484E-06	-8.002E-06	-6.175E-07	-1.059E-07

以上の表 1 2 において、記号 $K, B i$ は、投射レンズ 3 0 を構成する 3 つのレンズ 3 1 , 3 2 , 3 3 のレンズ面である非球面 $A P S 1 \sim A P S 6$ の非球面を特定するための係数を示している。

【 0 1 1 0 】

図 1 5 は、実施例 3 の投射透視装置 7 0 の断面図である。投射透視装置 7 0 のうち導光部材 1 0 は、弱い負の屈折力を有する第 1 面 $S 1 1$ と、比較的強い正の屈折力を有する第 2 面 $S 1 2$ と、比較的弱い正の屈折力を有する第 3 面 $S 1 3$ と、比較的弱い負の屈折力を有する第 4 面 $S 1 4$ と、比較的強い正の屈折力を有する第 5 面 $S 1 5$ とを有する。ここで、第 5 面 $S 1 5$ は、光線束の収束に関して実施例 1 の第 4 面 $S 1 4$ の一部の機能（実施例 2 の第 6 面 $S 1 6$ の機能）を有する。つまり、図 1 5 の実施例 3 は、図 7 に示す実施例 1 の第 1 ~ 第 5 面 $S 1 1 \sim S 1 5$ のうち、第 5 面 $S 1 5$ が省略されたものとみることができる。投射レンズ 3 0 は、正の屈折力を有する第 1 レンズ 3 1 と、負の屈折力を有する第 2

10

20

30

40

50

レンズ 3 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ 3 3 とを有している。実施例 3 の光学系の具体的な仕様について説明すると、水平画角が 20.1° で、垂直画角が 11.4° で、映像表示素子の表示領域の大きさが $9.22 \times 5.18 \text{ mm}$ で、瞳径が 5 mm で、焦点距離が約 26 mm である。本実施例では、第 4 面 S 1 4 の原点において、x 方向についての曲率の符号と y 方向についての曲率の符号とが逆転している。

【 0 1 1 1 】

なお、図 1 6 (A) は、実施例 3 の第 1 面位置 A での光線束断面 A I の形状について示す図であり、1 6 (B) は、実施例 3 の第 2 面位置 B での光線束断面 B I の形状について示す図である。図示のように、光線束断面 A I の形状は、上式 (1) を満たす縦長の形状となっており、光線束断面 B I の形状は、上式 (2) を満たす横長の形状となっている。

10

【 0 1 1 2 】

図 1 7 (A) ~ 1 7 (F) 及び図 1 8 (A) ~ 1 8 (F) は、実施例 3 の収差を示す。具体的には、図 1 7 (A) 及び 1 7 (B) は、X 方向に 10° で Y 方向に 5.7° の方位における Y 及び X 方向の収差を示し、図 1 7 (C) 及び 1 7 (D) は、X 方向に 0.0° で Y 方向に 5.7° の方位における Y 及び X 方向の収差を示し、図 1 7 (E) 及び 1 7 (F) は、X 方向に -10° で Y 方向に 5.7° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。図 1 8 (A) 及び 1 8 (B) は、X 方向に 10° で Y 方向に 0.0° の方位における Y 及び X 方向の収差を示し、図 1 8 (C) 及び 1 8 (D) は、X 方向に 0.0° で Y 方向に 0.0° の方位における Y 及び X 方向の収差を示し、図 1 8 (E) 及び 1 8 (F) は、X 方向に -10° で Y 方向に 0.0° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。

20

【 0 1 1 3 】

(実施例 4)

実施例 4 の投射透視装置のうち導光部材及び投射レンズを構成する光学面のデータを以下の表 1 3 に示す。

〔 表 1 3 〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		20.00		
2	平面		5.80	1.525	55.95
3	FFS1	-	-5.80	1.525	55.95
4	平面		10.00	1.525	55.95
5	平面		-22.70	1.525	55.95
6	FFS2	-	11.90	1.525	55.95
7	FFS3	-	-11.90	1.525	55.95
8	FFS2	-	-3.20		
9	FFS4	-	-6.00	1.525	55.95
10	ASP1	11.067	-1.29		
11	ASP2	9.431	-1.50	1.585	29.90
12	ASP3	-61.649	-6.75		
13	ASP4	-16.964	-5.50	1.525	55.95
14	ASP5	12.848	-3.00		
15	SPH		-1.60	1.458	67.82
16	像面				

30

40

実施例 4 を構成する導光部材中の光学面について、その横断面における光軸傾斜角度 (ティルト) T L Y と、光軸ズレ量 (ディセンター) D C X を以下の表 1 4 に示す。

〔 表 1 4 〕

No	Type	TLY (面前)	DCX (面後)	TLY (面後)
2	平面	6	0	-6
3	FFS1	-23.8	0	23.8
4	平面	6	0	-6
5	平面	6	21.1	-55.25

50

6	FFS2	57	0	57
7	FFS3	-33.06	0	33.06
8	FFS2	-57	11.04	-11.75

実施例 4 を構成する導光部材中の各光学面について自由曲面の多項式展開した係数を以下の表 1 5 に示す。なお、第 1 ~ 第 5 面 S 1 1 ~ S 1 5 のうち、第 1 面 S 1 1 及び第 3 面 S 1 3 は、平面であり、互いに平行となっている。さらに、投射レンズ 3 0 を構成するレンズのうち第 1 レンズ 3 1 のレンズ面 3 1 a (図 1 9 参照) は、光軸に対して非対称な非球面 (非軸対称非球面) となっている。また、表 1 5 において、記号 m , n は、係数 $A_{k,m,n}$ 中の変数又は次数を意味する。また、記号 F F S k (k = 1 ~ 4) は、第 1 ~ 第 5 面 S 1 1 ~ S 1 5 のうち平面でない自由曲面である第 2 面 S 1 2 、第 4 面 S 1 4 及び第 5 面 S 1 5 と、第 1 レンズ 3 1 のレンズ面 3 1 a とを意味する。すなわち、記号 F F S 1 が第 2 面 S 1 2 に相当し、記号 F F S 2 が第 4 面 S 1 4 に相当し、記号 F F S 3 が第 5 面 S 1 5 に相当し、記号 F F S 4 がレンズ面 3 1 a に相当する。

[表 1 5]

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4
2	0	-8.000E-03	1.281E-03	-1.232E-02	3.377E-02
0	2	-7.104E-03	-2.261E-02	-1.810E-02	-5.713E-02
3	0	-7.472E-06	1.253E-04	5.624E-06	4.621E-03
1	2	-3.912E-05	4.613E-04	-9.222E-06	1.954E-03
4	0	7.734E-07	-1.083E-06	5.367E-06	-1.747E-04
2	2	1.827E-07	-2.670E-06	1.341E-05	5.794E-05
0	4	-3.075E-07	1.216E-04	9.966E-07	5.078E-05
5	0	-2.648E-08	5.502E-08	5.965E-07	-4.209E-05
3	2	-4.661E-08	-1.212E-06	7.145E-07	-1.351E-05
1	4	-7.936E-09	-7.680E-06	5.860E-07	-5.436E-06
6	0	-5.229E-09	2.269E-09	2.790E-08	2.173E-06
4	2	-1.021E-08	3.050E-08	3.560E-08	3.457E-06
2	4	-4.325E-09	3.383E-07	3.763E-08	3.162E-06
0	6	1.946E-09	1.015E-07	9.005E-08	2.207E-06

実施例 4 の投射透視装置のうち投射レンズを構成する光学面の非球面の係数を以下の表 1 6 に示す。

[表 1 6]

	ASP1	ASP2	ASP3	ASP4	ASP5
K	-1	-1	-1	-1	-1
B4	-2.302E-04	-1.562E-03	-1.273E-03	1.885E-04	3.482E-04
B6	-4.106E-06	6.061E-06	-4.546E-06	3.211E-06	4.031E-07
B8	1.065E-07	1.246E-07	-1.173E-07	3.480E-08	2.487E-08

以上の表 1 6 において、記号 K 、 B i は、投射レンズ 3 0 を構成する 3 つのレンズ 3 1 , 3 2 , 3 3 のレンズ面のうち上述したレンズ 3 1 の最初のレンズ面 3 1 a すなわち記号 F F S 4 の面を除いたレンズ面である非球面 A P S 1 ~ A P S 5 の非球面を特定するための係数を示している。

【 0 1 1 4 】

図 1 9 は、実施例 4 の投射透視装置 7 0 の断面図である。投射透視装置 7 0 のうち導光部材 1 0 は、屈折力を有しない第 1 面 S 1 1 と、比較的強い正の屈折力を有する第 2 面 S 1 2 と、屈折力を有しない第 3 面 S 1 3 と、比較的弱い正の屈折力を有する第 4 面 S 1 4 と、比較的強い正の屈折力を有する第 5 面 S 1 5 とを有する。投射レンズ 3 0 は、正の屈折力を有する第 1 レンズ 3 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ 3 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ 3 3 とを有している。なお、上述のように、第 1 レンズ 3 1 のレンズ面 3 1 a は、光軸に対して非対称な非球面 (非軸対称非球面) となっている。この場合、導光部材 1 0 に加え、投射レンズ 3 0 においても、非軸対な収差を補正する機能を持たせるこ

とができる。実施例4の光学系の具体的な仕様について説明すると、水平画角が 20.1° で、垂直画角が 11.4° で、映像表示素子の表示領域の大きさが 9.22×5.18 mmで、瞳径が5 mmで、焦点距離が約26 mmである。この場合、対向して配置される第1面S11と第3面S13とが、平行な平面形状であることで、観察者が第1面S11及び第3面S13を透過して外界を見た視度を完全に0とすることができる。

【0115】

なお、図20(A)は、実施例4の第1面位置Aでの光線束断面AIの形状について示す図であり、20(B)は、実施例4の第2面位置Bでの光線束断面BIの形状について示す図である。図示のように、光線束断面AIの形状は、上式(1)を満たす縦長の形状となっており、光線束断面BIの形状は、上式(2)を満たす横長の形状となっている。

10

【0116】

図21(A)~21(F)及び図22(A)~22(F)は、実施例4の収差を示す。具体的には、図21(A)及び21(B)は、X方向に 10° でY方向に 5.7° の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図21(C)及び21(D)は、X方向に 0.0° でY方向に 5.7° の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図21(E)及び21(F)は、X方向に -10° でY方向に 5.7° の方位におけるY及びX方向の収差を示す。図22(A)及び22(B)は、X方向に 10° でY方向に 0.0° の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図22(C)及び22(D)は、X方向に 0.0° でY方向に 0.0° の方位におけるY及びX方向の収差を示し、図22(E)及び22(F)は、X方向に -10° でY方向に 0.0° の方位におけるY及びX方向の収差を示す。

20

【0117】

(実施例5)

実施例5の投射透視装置のうち導光部材及び投射レンズを構成する光学面のデータを以下の表17に示す。

〔表17〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		20.00		
2	FFS1	-	5.00	1.525	55.95
3	FFS2	-	-5.00	1.525	55.95
4	FFS1	-	8.50	1.525	55.95
5	FFS3	-	-12.00	1.525	55.95
6	FFS4	-	9.00	1.525	55.95
7	FFS5	-	-6.20	1.525	55.95
8	FFS6	-	-2.00		
9	ASP1	-46.932	-1.50	1.585	29.90
10	FFS7	-	-3.23		
11	ASP2	-6.165	-4.00	1.525	55.95
12	ASP3	-19.763	-3.00		
13	SPH		-1.44	1.458	67.82
14	像面				

30

40

【0118】

実施例5を構成する導光部材中の光学面について、その横断面における光軸傾斜角度(ティルト)TLYと、光軸ズレ量(ディセンター)DCXを以下の表18に示す。

〔表18〕

No	Type	TLY(面前)	DCX(面後)	TLY(面後)
2	FFS1	0.00	0.0	0.00
3	FFS2	-24.00	0.0	24.00
4	FFS1	0.00	0.0	0.00
5	FFS3	0.00	15.361	-5.87
6	FFS4	35.00	0.0	35.00

50

7	FFS5	-37.00	0.0	-37.00
8	FFS6	0.00	0.0	0.00

【 0 1 1 9 】

実施例 5 を構成する導光部材中の各光学面について自由曲面の多項式展開した係数を以下の表 1 9 に示す。なお、表 1 9 において、記号 m, n は、係数 $A k_m, n$ 中の変数又は次数を意味する。また、記号 FFS k ($k = 1 \sim 6$) は、自由曲面である第 1 ~ 第 6 面 S 1 1 ~ S 1 6 のうち第 k 面を意味する。また、記号 FFS 7 は、投射レンズ 3 0 を構成する 2 つのレンズ 3 1, 3 2 のうち第 1 レンズ 3 1 のもう 1 つのレンズ面である第 2 レンズ面 3 1 b (図 2 3 参照) に相当する。レンズ面 3 1 b は、光軸に対して非対称な非球面となっている。また、表 1 3 及び表 1 4 において、記号 m, n は、係数 $A k_m, n$ 中の変数又は次数を意味する。

10

〔表 1 9〕

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4
2	0	-9.590E-03	-1.493E-02	-9.015E-03	1.106E-02
0	2	-3.895E-02	-1.718E-02	-3.174E-02	-4.225E-02
3	0	-3.944E-05	1.514E-04	-3.155E-05	-1.006E-03
1	2	7.919E-05	-5.479E-04	6.335E-05	-1.529E-03
4	0	1.802E-05	-9.117E-06	-1.873E-05	6.325E-05
2	2	-1.154E-04	-1.375E-06	2.347E-05	-1.241E-04
0	4	2.027E-06	-8.306E-06	-3.121E-05	3.387E-04
5	0	-1.163E-06	6.691E-07	1.423E-07	1.841E-05
3	2	3.615E-07	-9.426E-07	-3.074E-06	7.113E-06
1	4	-8.107E-06	-3.125E-07	2.872E-06	8.646E-05
6	0	5.687E-08	-1.366E-08	6.812E-09	-5.296E-06
4	2	-8.370E-08	2.463E-08	1.030E-08	-1.413E-07
2	4	-5.216E-07	-2.612E-08	-2.164E-07	1.999E-05
0	6	4.183E-08	-6.074E-08	-4.753E-08	-3.325E-06

20

m	n	FFS5	FFS6	FFS7
2	0	-2.012E-02	4.113E-03	-4.696E-02
0	2	-2.602E-02	1.450E-01	8.928E-02
3	0	1.762E-04	-6.809E-03	1.596E-03
1	2	3.957E-04	4.988E-03	5.628E-03
4	0	4.907E-07	-2.072E-04	-1.046E-04
2	2	1.606E-05	7.518E-04	-2.569E-04
0	4	1.968E-04	-4.126E-03	4.836E-03
5	0	6.181E-07	2.409E-05	5.063E-05
3	2	-2.044E-06	-2.596E-05	-2.063E-04
1	4	5.215E-06	2.987E-04	-3.074E-04
6	0	8.272E-08	-1.343E-05	-2.780E-05
4	2	-2.522E-06	-3.140E-05	-1.312E-04
2	4	2.747E-05	5.979E-05	-4.072E-04
0	6	-9.104E-05	4.539E-04	-1.536E-03

30

40

【 0 1 2 0 】

実施例 5 の投射透視装置のうち投射レンズを構成する光学面の非球面の係数を以下の表 2 0 に示す。

〔表 2 0〕

	ASP1	ASP2	ASP3
K	-1	-1	-1
B4	1.730E-05	3.985E-04	3.628E-04

50

B6 -4.292E-05 -1.324E-05 -2.023E-05

B8 4.667E-07 1.089E-07 3.764E-07

以上の表 20 において、記号 K 、 B_i は、投射レンズ 30 を構成する 2 つのレンズ 31、32 のレンズ面のうち上述したレンズ 31 の第 2 レンズ面 31b すなわち記号 FFS7 の面を除いたレンズ面である非球面 APS1 ~ APS3 の非球面を特定するための係数を示している。

【0121】

図 23 は、実施例 5 の投射透視装置 70 の断面図である。投射透視装置 70 のうち導光部材 10 は、弱い負の屈折力を有する第 1 面 S11 と、比較的強い正の屈折力を有する第 2 面 S12 と、比較的弱い正の屈折力を有する第 3 面 S13 と、比較的弱い正の屈折力を有する第 4 面 S14 と、比較的強い正の屈折力を有する第 5 面 S15 と比較的強い正の屈折力を有する第 6 面 S16 とを有する。投射レンズ 30 は、負の屈折力を有する第 1 レンズ 31 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ 32 とを有している。実施例 5 の光学系の具体的な仕様について説明すると、水平画角が 20.1° で、垂直画角が 11.4° で、映像表示素子の表示領域の大きさが 9.22×5.18 mm で、瞳径が 5 mm で、焦点距離が約 26 mm である。本実施例では、第 4 面 S14 の原点において、x 方向についての曲率の符号と y 方向についての曲率の符号とが逆転している。

10

【0122】

なお、図 24 (A) は、実施例 5 の第 1 面位置 A での光線束断面 AI の形状について示す図であり、24 (B) は、実施例 5 の第 2 面位置 B での光線束断面 BI の形状について示す図である。図示のように、光線束断面 AI の形状は、上式 (1) を満たす縦長の形状となっており、光線束断面 BI の形状は、上式 (2) を満たす横長の形状となっている。

20

【0123】

図 25 (A) ~ 25 (F) 及び図 26 (A) ~ 26 (F) は、実施例 5 の収差を示す。具体的には、図 25 (A) 及び 25 (B) は、X 方向に 10° で Y 方向に 5.7° の方位における Y 及び X 方向の収差を示し、図 25 (C) 及び 25 (D) は、X 方向に 0.0° で Y 方向に 5.7° の方位における Y 及び X 方向の収差を示し、図 25 (E) 及び 25 (F) は、X 方向に -10° で Y 方向に 5.7° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。図 26 (A) 及び 26 (B) は、X 方向に 10° で Y 方向に 0.0° の方位における Y 及び X 方向の収差を示し、図 26 (C) 及び 26 (D) は、X 方向に 0.0° で Y 方向に 0.0° の方位における Y 及び X 方向の収差を示し、図 26 (E) 及び 26 (F) は、X 方向に -10° で Y 方向に 0.0° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。

30

【0124】

以下の表 21 に、各実施例 1 ~ 5 について、条件式 (1) ~ (3) に関する数値データをまとめた。

〔表 21〕

〔表21〕

係数值又は条件値		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
A1 _{2,0}		-6.070E-03	-4.110E-03	-1.254E-02	0.000E+00	-9.590E-03
A1 _{0,2}		-6.428E-03	-6.261E-03	-1.031E-02	0.000E+00	-3.895E-02
A3 _{2,0}		-5.518E-03	-3.798E-03	-1.191E-02	0.000E+00	-9.015E-03
A3 _{0,2}		-5.843E-03	-5.949E-03	-9.899E-03	0.000E+00	-3.174E-02
条件式(1)	A1 _{2,0} +A1 _{0,2}	-1.2E-02	-1.0E-02	-2.3E-02	0.0E+00	-4.9E-02
条件式(1)	A3 _{2,0} +A3 _{0,2}	-1.1E-02	-9.7E-03	-2.2E-02	0.0E+00	-4.1E-02
条件式(2)	A1 _{2,0} -A1 _{0,2}	3.6E-04	2.2E-03	2.2E-03	0.0E+00	2.9E-02
条件式(2)	A3 _{2,0} -A3 _{0,2}	3.3E-04	2.2E-03	2.0E-03	0.0E+00	2.3E-02
条件式(3)	A1 _{2,0} -A3 _{2,0}	5.5E-04	3.1E-04	6.3E-04	0.0E+00	5.8E-04
条件式(3)	A1 _{0,2} -A3 _{0,2}	5.8E-04	3.1E-04	4.1E-04	0.0E+00	7.2E-03

10

また、以下の表 2 2 に、各実施例 1 ~ 5 について、第 1 面 S 1 1 と第 3 面 S 1 3 との間隔及び第 1 面 S 1 1 に対する第 2 面 S 1 2 の傾斜角に関する数値データをまとめた。

〔表 2 2〕

〔表22〕

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
S11とS13との間隔(mm)	10.00	10.00	9.00	10.00	8.50
S11に対するS12の傾斜角(°)	28	29	26	23.8	24

20

また、条件式(3)は、外光に対する導光部材の視度に影響を与えており、導光部材の光軸上のx軸方向の視度D_x及びy軸方向の視度D_yは、導光部材の厚さをT、屈折率をNとすると、

$$D_x = 2000(N-1)(A_{1_{2,0}} - A_{3_{2,0}} + (2T(N-1)/N) \times A_{1_{2,0}} \times A_{3_{2,0}})$$

$$D_y = 2000(N-1)(A_{1_{0,2}} - A_{3_{0,2}} + (2T(N-1)/N) \times A_{1_{0,2}} \times A_{3_{0,2}})$$

30

で与えられる。上式に基づいて、以下の表 2 3 に、各実施例 1 ~ 5 についての視度に関する数値データをまとめた。

〔表 2 3〕

〔表23〕

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
視度D _x (D:ディオプター)	-0.34	-0.21	0.31	0.00	-0.07
視度D _y (D:ディオプター)	-0.34	-0.06	0.23	0.00	0.03
プリズムの厚さT(mm)	10	10	9	10	8.5
屈折率N	1.525	1.525	1.525	1.525	1.525

40

【 0 1 2 5 】

また、以下の表 2 4 に、各実施例 1 ~ 5 についての光線束の断面についての幅W_{Ax}、W_{Ay}等に関する数値データをまとめた。いずれの実施例においても、条件式(1)及び(2)、さらには条件式(4)及び(5)が満たされている。

〔表 2 4〕

〔表24〕

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
H	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
WAx	3.04	4.90	2.93	3.50	3.60
WAy	5.65	8.26	7.29	9.28	5.28
比	0.54	0.59	0.40	0.38	0.68
WBx	6.93	7.49	8.31	7.23	8.29
WBy	2.38	4.58	3.16	2.14	1.62
比	2.91	1.64	2.63	3.38	5.12

10

【0126】

図27は、虚像表示装置の一実施例（実施例1に相当）について光学系の各面について示す斜視図である。図示のように、虚像表示装置100の導光部材10のうち光学的な機能を有する面である各面S11～S15や、投射レンズ30を構成するレンズ面は、X方向のみならずY方向に関しても曲率を有する曲面となっており、特に、導光部材10を構成する面の多くは、X方向とY方向とで曲率が異なる自由曲面となっていることが分かる。このような形状を有することで、上述したような所望の映像光の光路の調整や収差の補正が可能となっている。なお、斜視図による図示を省略するが、実施例1以外の各実施例

20

【0127】

〔その他〕

以上各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。

【0128】

上記の説明では、曲率異符号曲面において、ローカル座標の原点が曲率異符号点となっているものとしているが、これ以外の点が曲率異符号点となっている曲率異符号曲面であってもよい。

30

【0129】

上記の説明では、ハーフミラー層（半透過反射膜）15が横長の矩形領域に形成されたとしたが、ハーフミラー層15の輪郭は用途その他の仕様に応じて適宜変更することができる。また、ハーフミラー層15の透過率や反射率も用途その他に応じて変更することができる。

【0130】

上記の説明では、映像表示素子82における表示輝度の分布を特に調整していないが、位置によって輝度差が生じる場合等においては、表示輝度の分布を不均等に調整することができる。

40

【0131】

上記の説明では、画像表示装置80として、透過型の液晶表示デバイス等からなる映像表示素子82を用いているが、画像表示装置80としては、透過型の液晶表示デバイス等からなる映像表示素子82に限らず種々のものを利用可能である。例えば、反射型の液晶表示デバイスを用いた構成も可能であり、液晶表示デバイス等からなる映像表示素子82に代えてデジタル・マイクロミラー・デバイス等を用いることもできる。また、画像表示装置80として、LEDアレイやOLED（有機EL）などに代表される自発光型素子を用いることもできる。

【0132】

50

上記実施形態では、透過型の液晶表示デバイス等からなる画像表示装置 80 を用いているが、これに代えて走査型の画像表示装置を用いることもできる。

【0133】

具体的には図 28 に示すように、虚像表示装置としての第 1 表示装置 100A は、導光装置 20 と画像表示装置 380 とを備える。導光装置 20 は、上記実施形態の図 1 における第 1 光学部分 103a に相当する、すなわち導光部材 10 と光透過部材 50 とを接合したものに相当するため、ここでは説明を省略する。画像表示装置 380 は、強度変調された信号光を形成するとともに当該信号光を走査光 TL として射出する装置であり、信号光形成部 381 と走査光学系 382 とを有する。

【0134】

信号光形成部 381 は、光源を備えており、不図示の制御回路からの制御信号に基づいて変調して形成した信号光 LL を射出する。走査光学系 382 は、信号光形成部 381 を経た信号光 LL を走査しつつ射出させる。ここで、走査光学系 382 は、MEMS ミラー等で構成され、信号光形成部 381 による信号光 LL の変調に同期させて姿勢を変化させて信号光 LL の光路を調整することで光線（走査光 TL）の射出角度を縦横に変化させる 2 次元走査を行う。以上により、画像表示装置 380 は、映像光 GL となるべき走査光 TL を導光装置 20 に入射させるとともに第 2 面 S12 のうちハーフミラー層 15 が形成される部分領域の全体に対してスキャンさせる。

【0135】

図示の第 1 表示装置 100A の動作について説明すると、画像表示装置 380 は、上述のようにして、信号光 LL を走査光 TL として導光装置 20 の光入射面としての第 4 面 S14 に向けて射出する。導光装置 20 は、第 4 面 S14 を通過した走査光 TL を全反射等により内部で導光させ、ハーフミラー層 15 に到達させる。この際、ハーフミラー層 15 の面上において走査光 TL が走査されることで、走査光 TL の軌跡としての映像光 GL によって虚像が形成され、この虚像を装着者が眼 EY で捉えることで、画像が認識される。

【0136】

また、上記実施形態では、導光部材 10 と補助光学ブロックである光透過部材 50 とが装着者の眼 EY の前全体を覆うような構成となっているが、これに限らず、例えば図 29 (A) 及び 29 (B) に示すように、ハーフミラー層 15 を有する曲面形状である第 2 面 S12 を含んだ部分が眼 EY の一部のみを覆っている、すなわち眼前の一部を覆い、覆わない部分も存在する小型の構成としてもよい。また、この場合、導光部材 10 及び光透過部材 50 を十分小さくすることで、シースルーとせず、ハーフミラー層 15 に代えて全反射をするミラーを配置させた構成としても、装着者が導光部材 10 及び光透過部材 50 の周囲から外界を観察できる。なお、図示の場合、第 2 面 S12 の全体又は略全体にハーフミラー層 15 が形成されているが、第 2 面 S12 の一部にのみハーフミラー層 15 が形成されていてもよい。また、図 29 (B) の例では、眼 EY の略正面にハーフミラー層 15 が配置されるものとなっているが、ハーフミラー層 15 を正面よりずらして配置し、視線を動かすことで映像を視認可能にするものとしてもよい。例えば、眼 EY の位置をやや下げる（導光部材 10 及び光透過部材 50 の位置をやや上げる）ものとしてもよい。この場合、例えば眼 EY の下半分が導光部材 10 及び光透過部材 50 の下から見える状態となる。

【0137】

上記の説明では、一对の表示装置 100A, 100B を備える虚像表示装置 100 について説明しているが、単一の表示装置とできる。つまり、右眼及び左眼の双方に対応して、一組ずつ投射透視装置 70 及び画像表示装置 80 を設けるのではなく、右眼又は左眼のいずれか一方に対してのみ投射透視装置 70 及び画像表示装置 80 を設け、画像を片眼視する構成にしてもよい。

【0138】

上記の説明では、一对の表示装置 100A, 100B の X 方向の間隔について説明していないが、両表示装置 100A, 100B の間隔は固定に限らず、機械機構等によって間

10

20

30

40

50

隔の調整が可能である。つまり、両表示装置 100A, 100B の X 方向の間隔は、着用者の眼幅等に応じて調整することができる。

【0139】

上記の説明では、ハーフミラー層 15 が単なる半透過性の膜（例えば金属反射膜や誘電体多層膜）であるとしたが、ハーフミラー層 15 は、平面又は曲面のホログラム素子に置き換えることができる。

【0140】

上記の説明では、虚像表示装置 100 がヘッドマウントディスプレイであるとして具体的な説明を行ったが、虚像表示装置 100 は、ヘッドアップディスプレイに改変することもできる。

10

【0141】

上記の説明では、導光部材 10 の第 1 面 S11 及び第 3 面 S13 において、表面上にミラーやハーフミラー等を施すことなく空気との界面により映像光を全反射させて導くものとしているが、本願発明の虚像表示装置 100 における全反射については、第 1 面 S11 又は第 3 面 S13 上の全体又は一部にミラーコートや、ハーフミラー膜が形成されてなされる反射も含むものとする。例えば、画像光の入射角度が全反射条件を満たした上で、上記第 1 面 S11 又は第 3 面 S13 の全体又は一部にミラーコート等が施され、実質的に全ての画像光を反射する場合も含まれる。また、十分な明るさの画像光を得られるのであれば、多少透過性のあるミラーによって第 1 面 S11 又は第 3 面 S13 の全体又は一部がコートされていてもよい。

20

【0142】

上記の説明では、導光部材 10 等が眼 EY の並ぶ横方向に延びているが、導光部材 10 を縦方向に延びるように配置することもできる。この場合、導光部材 10 は、直列的ではなく並列的に平行配置された構造を有することになる。なお、映像光（画像光）を導光させる方向に応じて、上述の説明の場合と比較して縦方向及び横方向に関する構成を適宜入れ替えるものとしてすることができる。

【符号の説明】

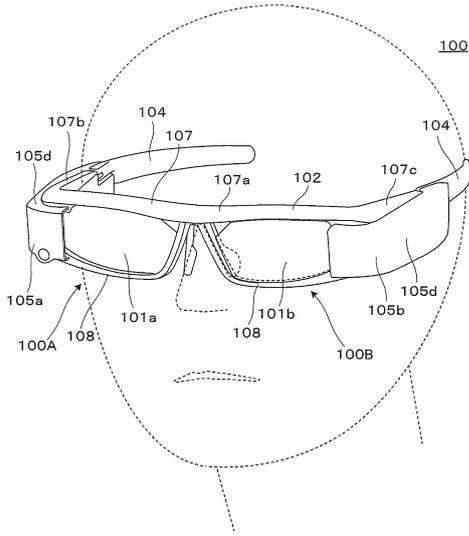
【0143】

AX1 - AX4 ... 光軸、 AXI ... 入射側光軸、 AXO ... 射出側光軸、 EY ... 眼、
GL ... 映像光、 HL ... 外界光、 II ... 中間像の像面、 PA ... 部分領域、 S11 -
S16 ... 第 1 - 第 6 面、 S51 - S53 ... 第 1 - 第 3 透過面、 SL ... 照明光、 SR
... 基準面、 10 ... 導光部材、 10s ... 本体部分、 11, 12 ... 導光部分、 15 ...
ハーフミラー層、 30 ... 投射レンズ、 31, 32, 33 ... レンズ、 50 ... 光透過部
材、 70 ... 投射透視装置、 80 ... 画像表示装置、 81 ... 照明装置、 82 ... 映像表
示素子（映像素子）、 84 ... 駆動制御部、 映像表示素子（映像素子）の像面 OI、
100 ... 虚像表示装置、 100A, 100B ... 表示装置、 103a, 103b ... 光学
部分、 101 ... 透視部材、 102 ... フレーム、 15 ... ミラー面、 CC ... 接着剤、
A ... 位置（A 面位置）、 B ... 位置（B 面位置）、 AI ... 光線束断面（光線束の断面
）、 BI ... 光線束断面（光線束の断面）、 WAx, WAy, WBx, WBy ... 幅、
H ... 基準値、 IE ... 瞳配置位置

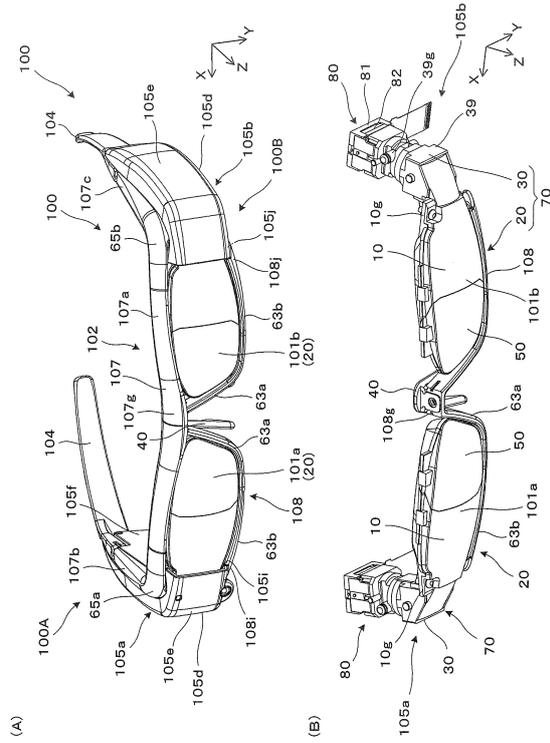
30

40

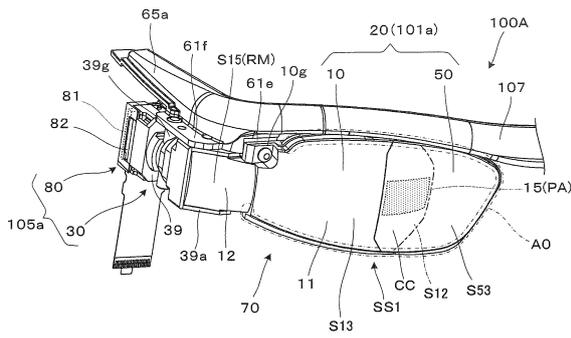
【図1】



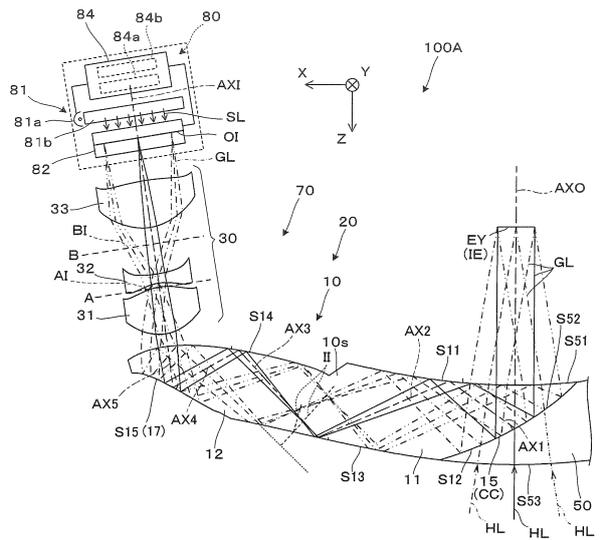
【図2】



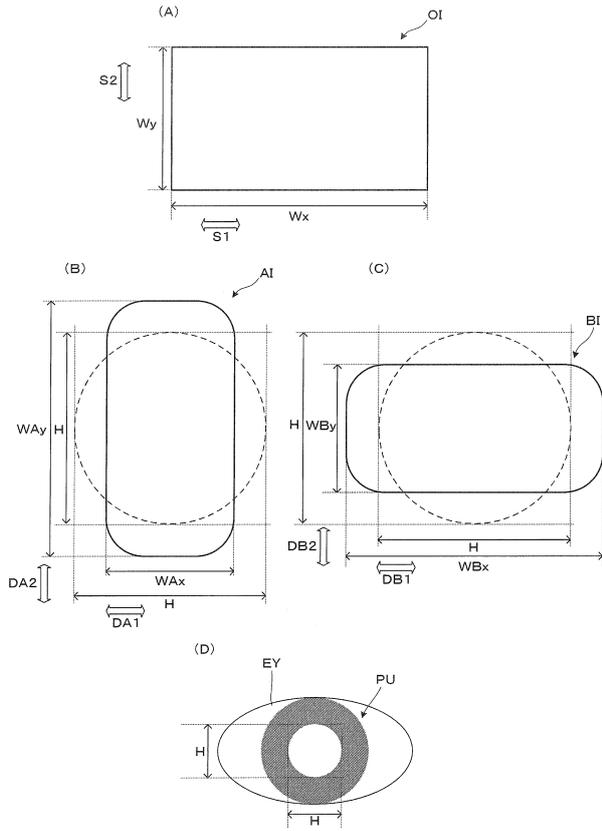
【図3】



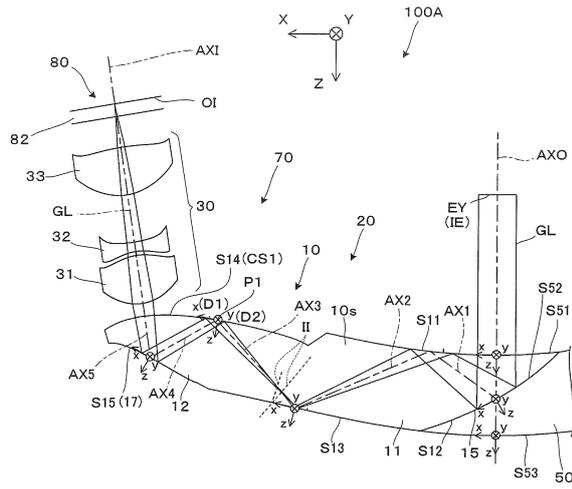
【図4】



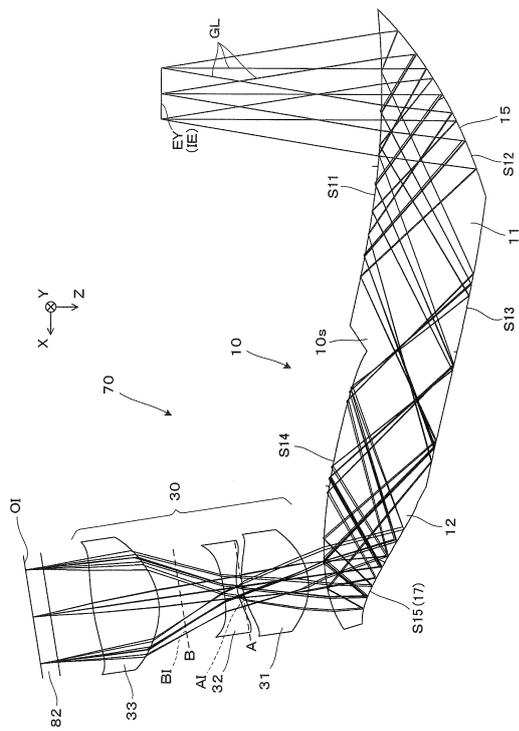
【図5】



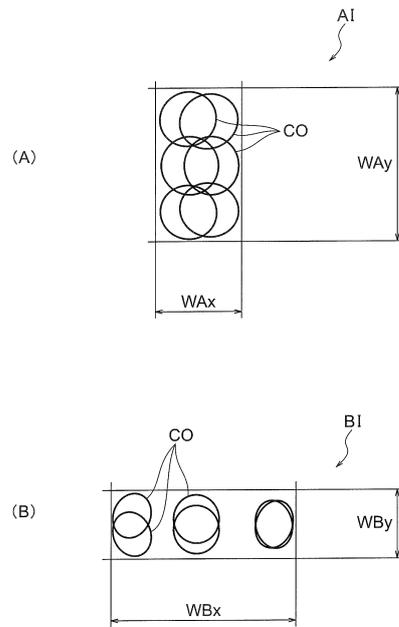
【図6】



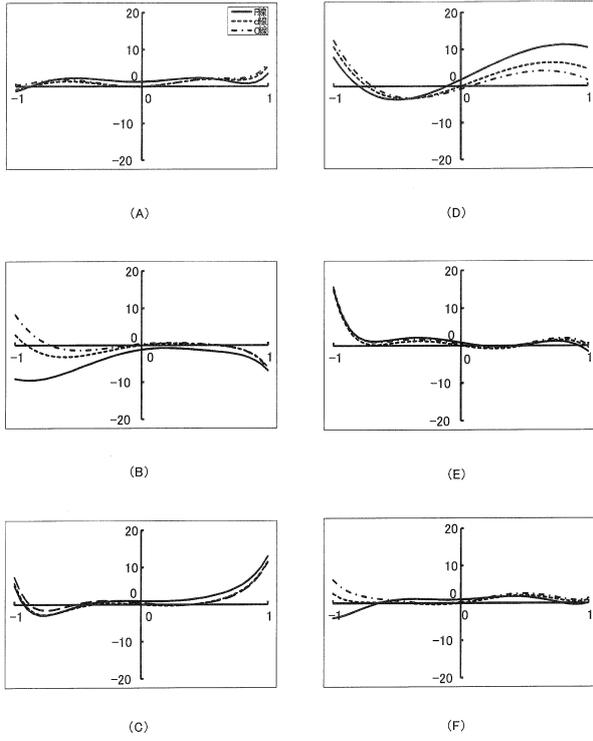
【図7】



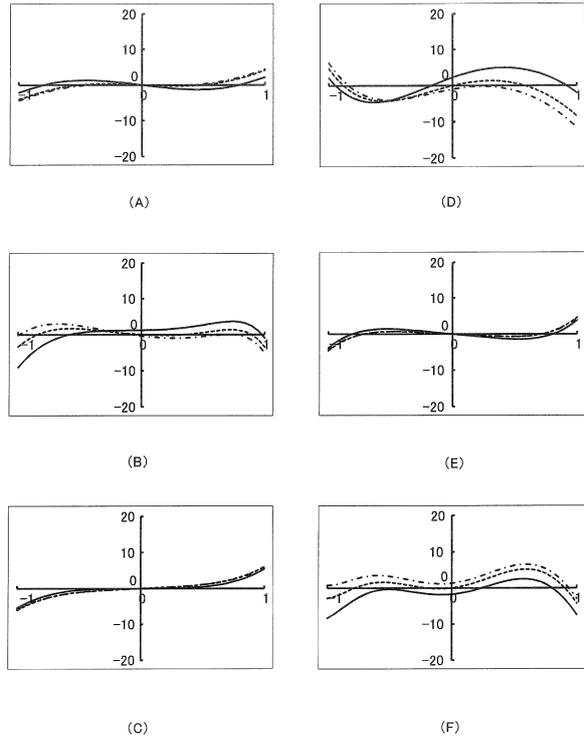
【図8】



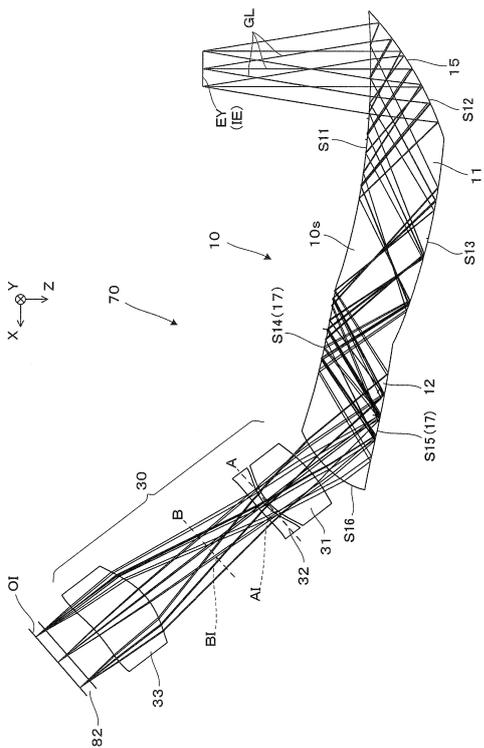
【 図 9 】



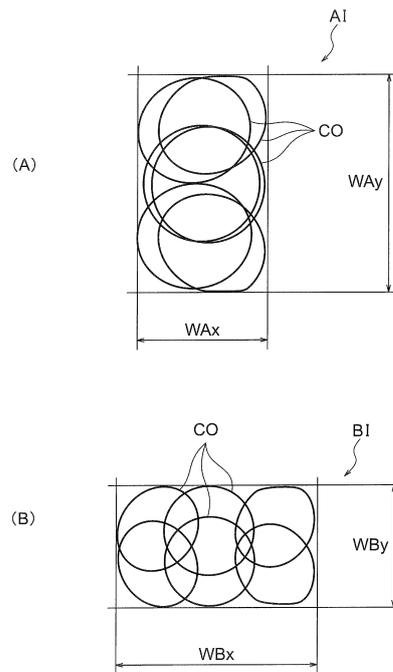
【 図 10 】



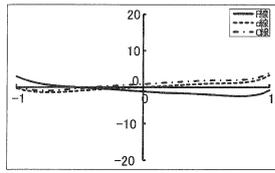
【 図 11 】



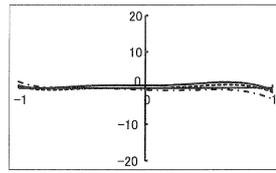
【 図 12 】



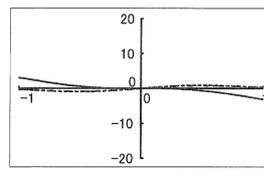
【 図 13 】



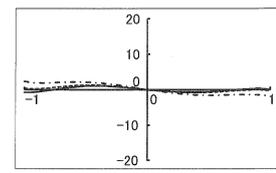
(A)



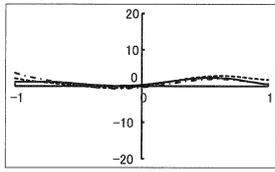
(D)



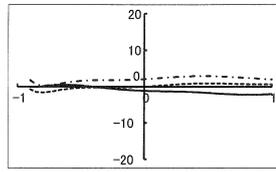
(A)



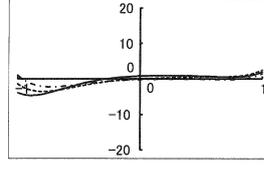
(D)



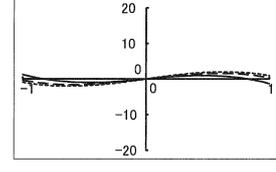
(B)



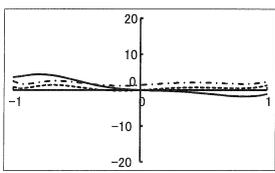
(E)



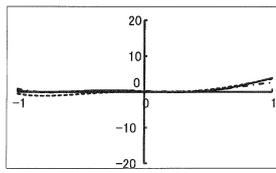
(B)



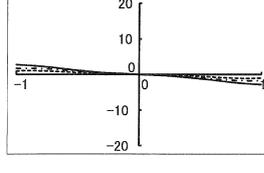
(E)



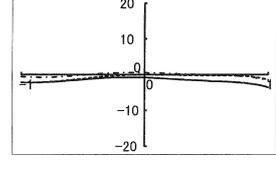
(C)



(F)

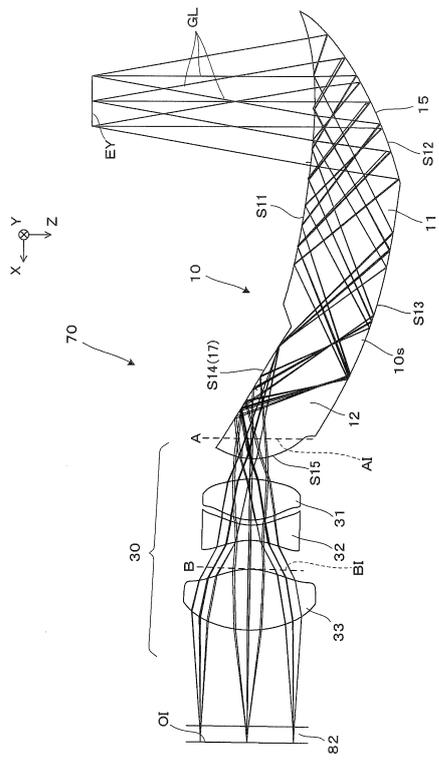


(C)

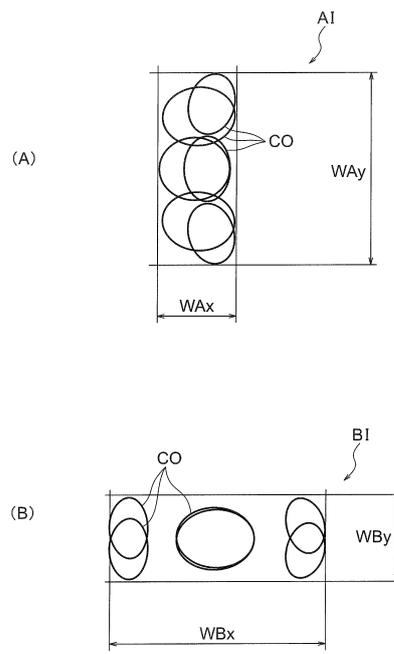


(F)

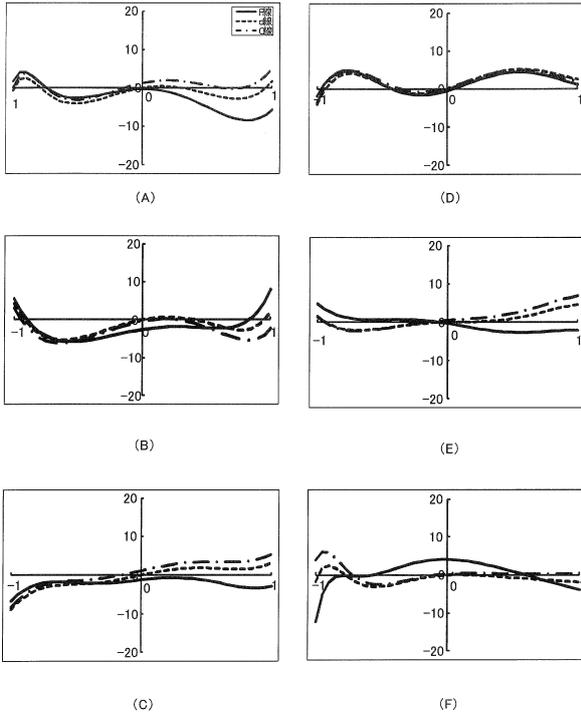
【 図 15 】



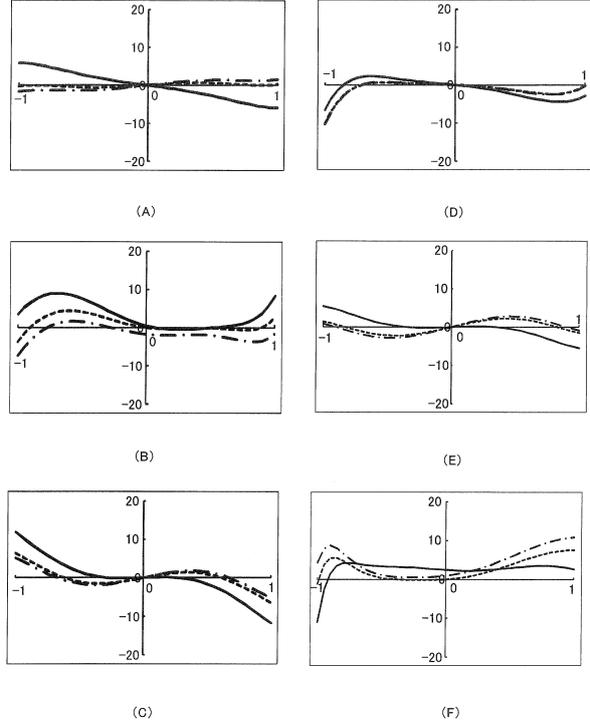
【 図 16 】



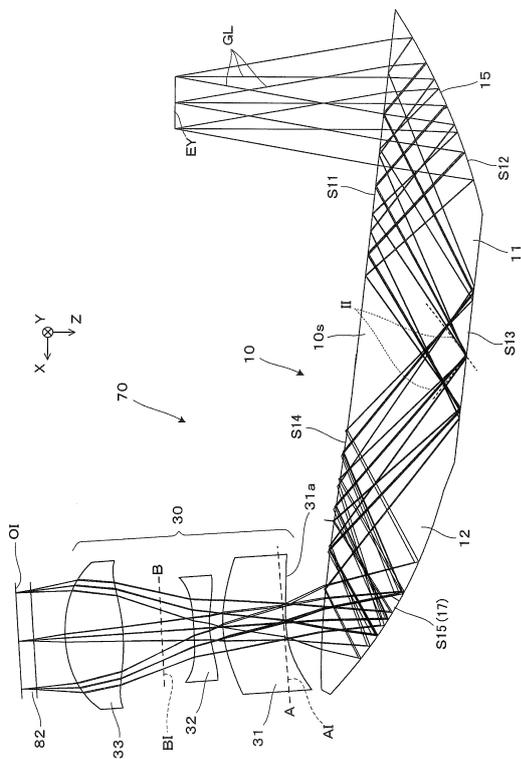
【 図 17 】



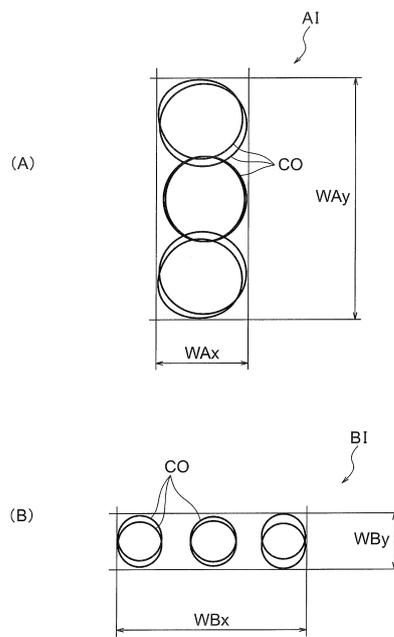
【 図 18 】



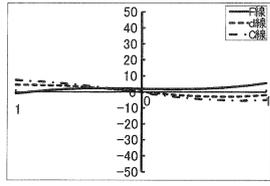
【 図 19 】



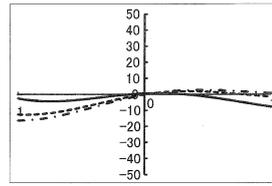
【 図 20 】



【図 2 1】

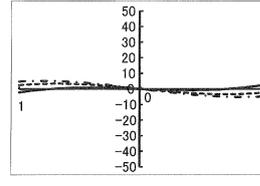


(A)

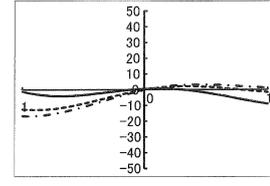


(D)

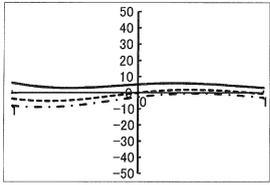
【図 2 2】



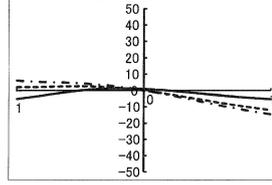
(A)



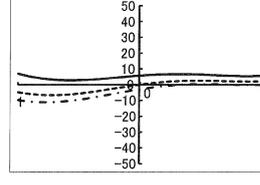
(D)



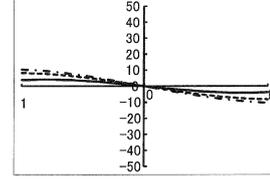
(B)



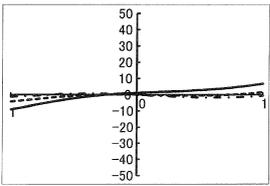
(E)



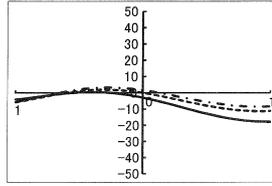
(B)



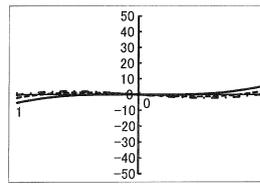
(E)



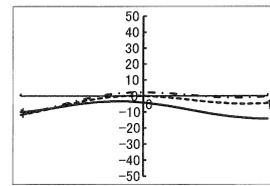
(C)



(F)

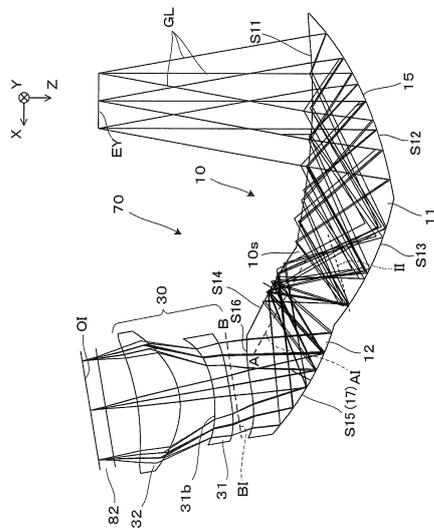


(C)

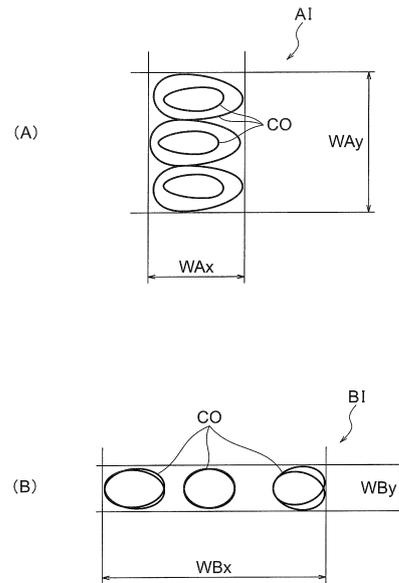


(F)

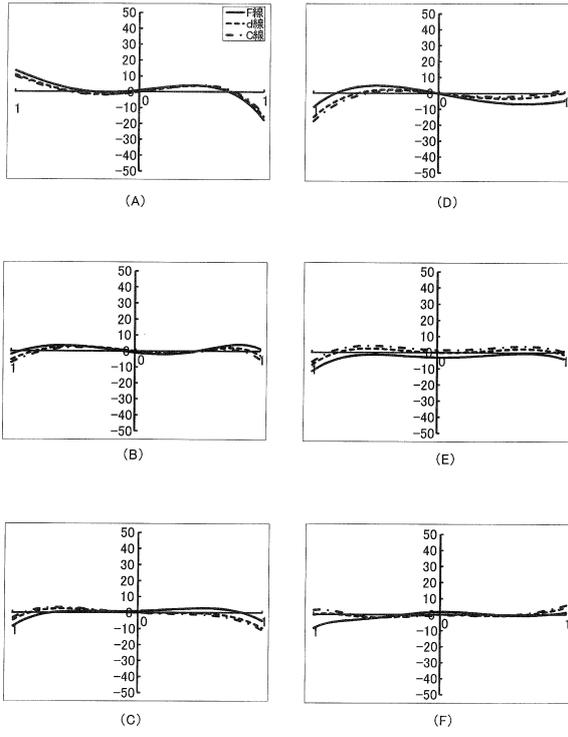
【図 2 3】



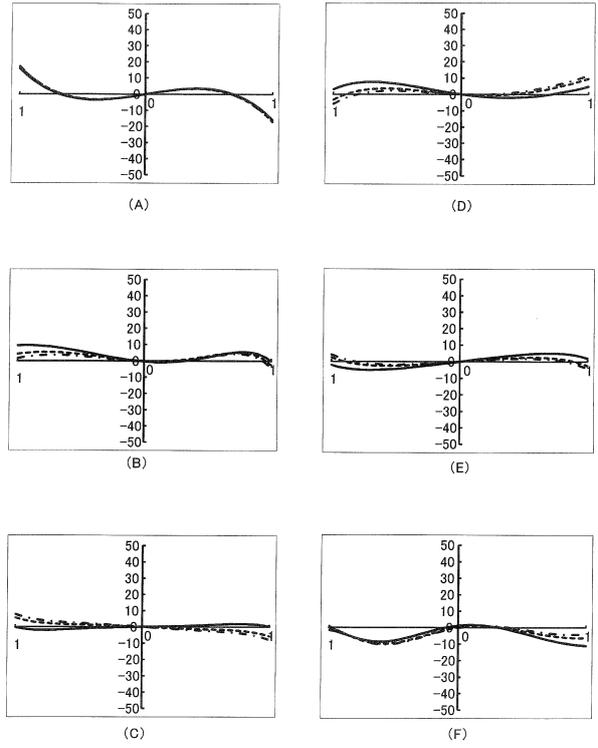
【図 2 4】



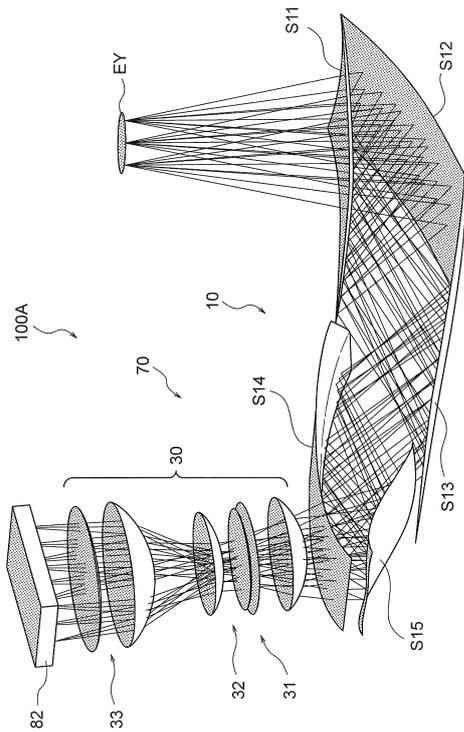
【図 25】



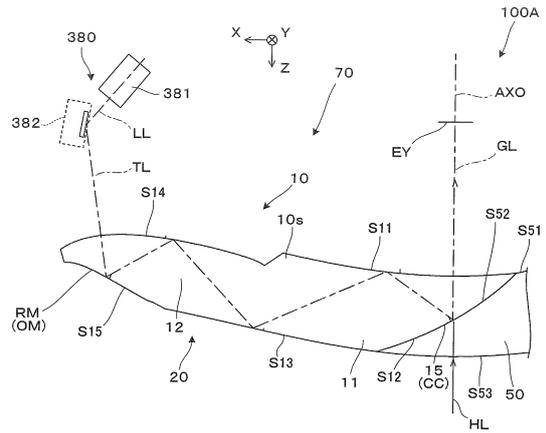
【図 26】



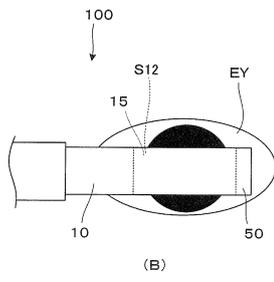
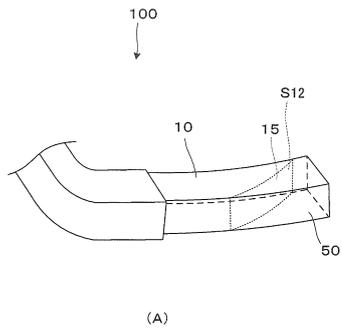
【図 27】



【図 28】



【 図 29 】



フロントページの続き

- (72)発明者 高木 将行
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 武田 高司
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 宮尾 敏明
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

審査官 山本 貴一

- (56)参考文献 特開2000-187177(JP,A)
特開平10-307276(JP,A)
特開2003-149592(JP,A)
特開2000-199853(JP,A)
特開2008-310342(JP,A)
特開2012-083456(JP,A)
特開2013-037095(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/01, 27/02
G03B 21/00
H04N 5/64