

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6111635号
(P6111635)

(45) 発行日 平成29年4月12日 (2017.4.12)

(24) 登録日 平成29年3月24日 (2017.3.24)

(51) Int. Cl.		F I	
GO2B	27/02	(2006.01)	GO2B 27/02 Z
HO4N	5/64	(2006.01)	HO4N 5/64 511A
GO2B	17/08	(2006.01)	GO2B 17/08 A
GO2B	5/04	(2006.01)	GO2B 5/04 Z

請求項の数 13 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2012-270071 (P2012-270071)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年12月11日 (2012.12.11)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-200553 (P2013-200553A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成25年10月3日 (2013.10.3)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成27年10月1日 (2015.10.1)		弁理士 渡辺 和昭
(31) 優先権主張番号	特願2012-38382 (P2012-38382)	(74) 代理人	100164633
(32) 優先日	平成24年2月24日 (2012.2.24)		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】

映像光と外界光とを同時に視認させる虚像表示装置であって、
映像光を生じさせる映像素子と、
3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1つのプリズムとを備え、
前記プリズムを構成する複数面のうち第1面と第3面とを通過させて外界を視認したときに、視度が略0になっており、
前記第1面と前記第3面とは、観察側に対し凹面形状を成しており、
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、
前記プリズムは、第1面と第2面と第3面とを有する光射出側の第1プリズム部分と、
光入射側の第2プリズム部分とを有し、
前記映像素子からの映像光を前記プリズムに入射させる投射レンズをさらに備え、
前記第2プリズム部分は、少なくとも1つ以上の光学面を有し、前記映像素子と前記投射レンズと前記第2プリズム部分とによって中間像が形成される、虚像表示装置。

【請求項2】

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(1)から(3)までの条件を満足する

、請求項 1 に記載の虚像表示装置。

$$-5 \times 10^{-2} < A_{12,0} + A_{10,2} < -1 \times 10^{-3} \quad \text{及び}$$

$$-5 \times 10^{-2} < A_{32,0} + A_{30,2} < -1 \times 10^{-3} \quad \dots \quad (1)$$

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

$$|A_{12,0} - A_{32,0}| < 5 \times 10^{-3} \quad \text{及び}$$

$$|A_{10,2} - A_{30,2}| < 5 \times 10^{-3} \quad \dots \quad (3)$$

【請求項 3】

前記第 1 プリズム部分と前記第 2 プリズム部分とは、一体形成されている、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 3 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 5】

前記光透過部材は、観察者側に第 1 透過面と第 2 透過面とを有するとともに外界側に第 3 透過面を有し、前記プリズムの第 2 面と前記光透過部材の第 2 透過面とは、略同じ曲面形状を有し、前記第 2 面と前記第 2 透過面とは、一体化されている、請求項 3 及び 4 のいずれかに記載の虚像表示装置。

【請求項 6】

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 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】

前記映像素子は、表示位置から映像光を射出する映像表示素子であり、

前記投射レンズと前記第 2 プリズム部分とは、前記リレー光学系として、前記映像表示素子の表示位置から射出された映像光を前記プリズムの内部において結像させ中間像を形成させる、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】

前記第 2 プリズム部分は、前記映像光を前記第 2 プリズム部分に入射させる光学面を有する、請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 9】

前記第 2 プリズム部分は、屈折面及び反射面としての機能を併せ持つ少なくとも 1 つ以上の光学面を有する、請求項 1 から 8 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 10】

前記第 1 面と前記第 3 面との間隔は、5 mm 以上 15 mm 以下である、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】

前記第 1 面に対する前記第 2 面の傾斜角は、20° 以上 40° 以下である、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。

【請求項 12】

前記プリズム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 11 までのいずれか一項に記載の虚像表示装置。

【請求項 13】

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系と、を有する、請求項 1 から 12 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】

10

20

30

40

50

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）。

【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。

【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、一般には眼鏡の形態に近づくことが望ましく、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。

【0008】

特許文献2では、曲面の射出反射面を備える導光プリズムと、投射レンズとを用いたりレー光学系が提案されている。しかし、特許文献2の光学系は、観察者に外界を見せることを配慮していない。この光学系を応用して外界を見せるためには、プリズム全体に広がる反射面に補償プリズムを貼り付け接合面にハーフミラーを設ける必要があり、このハーフミラー面で映像光が2回反射されることになるので、大変暗くなってしまう。

【0009】

特許文献3では、投射レンズと凹面鏡と導光板とからなるリレー光学系が提案されている。この光学系では、波長板と偏光ハーフミラーとを組み合わせることによって、反射効率を上げている。しかし、特許文献3の光学系を応用して外界を見せるためには、凹面鏡に補償レンズを貼り合わせる必要があり、全体的に厚くなる。

【0010】

特許文献4では、光路を折り曲げることによって、全長を短く、コンパクトにまとめたリレー光学系が提案されている。しかし、特許文献4の光学系の場合、プリズム中央の凸部や、投射レンズが視界の妨げになる。また、映像光は、ハーフミラーを透過した後、折り返され、ハーフミラーで反射されて眼に入射するので、観察される映像が暗くなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特許2746697号広報

【特許文献2】特許3787399号広報

10

20

30

40

50

【特許文献3】特許4218553号広報

【特許文献4】特許4819532号広報

【発明の概要】

【0012】

本発明は、外界光と映像光とを重ねて表示させるシースルー機能を持ち、広画角・高性能でありながら、小型軽量の虚像表示装置を提供することを目的とする。

【0013】

本発明に係る虚像表示装置は、映像光と外界光とを同時に視認させるものであって、映像光を生じさせる映像素子と、3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1つのプリズムとを備え、プリズムを構成する複数面のうち第1面と第3面とを通過させて外界を視認したときに、視度が略0になっており、第1面と第3面とは、観察側に対し凹面形状を成しており、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、観察側に到達する。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、上記のようにプリズムの内部において中間像が形成されるものとなっている。

【0014】

上記虚像表示装置では、光学系等によってプリズム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、プリズム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。また、外界光については、第1面と第3面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を観察する際の外界光のデフォーカスや歪みを低減できる。また、プリズムの形状が、観察者の顔に沿う形となっており、重心も顔に近くでき、デザインの的にも優れたものとする。

【0015】

本発明の具体的な側面では、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(1)から(3)までの条件を満足する。

$$-5 \times 10^{-2} < A_{1 2, 0} + A_{1 0, 2} < -1 \times 10^{-3} \quad \text{及び}$$

$$-5 \times 10^{-2} < A_{3 2, 0} + A_{3 0, 2} < -1 \times 10^{-3} \quad \dots \quad (1)$$

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

$$|A_{1 2, 0} - A_{3 2, 0}| < 5 \times 10^{-3} \quad \text{及び}$$

$$|A_{1 0, 2} - A_{3 0, 2}| < 5 \times 10^{-3} \quad \dots \quad (3)$$

【0016】

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、曲面上のある1点を原点としており、面の法線方向に z 軸、面の接線方向に x 軸と y 軸とをとっている。曲面の原点は、例えば光束中心が通る位置とする。

【0017】

本願発明では、映像光だけでなく外界光の観察にも関係する第1面と第3面とを自由曲面とし、両面を観察者側に凹面状にすることによって、これらの曲面形状の自由度を有効に使用し、高画質の光学系を得ることに成功した。第1面及び第3面の働き、すなわち曲面の働きを特徴付けるのは、曲面の曲率であり、原点近傍の曲率は、主に係数 $A_{k 2, 0}$ と $A_{k 0, 2}$ ($k = 1, 3$) の値によって決まるので、係数 $A_{k 2, 0}$ と $A_{k 0, 2}$ の値を適切に設定することが重要である。

【0018】

条件(1)は、原点近傍における第1面の曲率と第3面の曲率との大きさを規定している。これらの値 $A_{1 2, 0}$, $A_{1 0, 2}$, $A_{3 2, 0}$, $A_{3 0, 2}$ がマイナスであることは、第1面又は第3面が、観察者に対して凹面状になっていることを表している。条件(

10

20

30

40

50

1) の上限を超えると、形状が平面に近くなり、外界光の観察に問題がなくても映像光の収差補正に有効に働かなくなる。また、条件(1)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、プリズムの位置が顔に近くなってしまい、装用感を損なう。

【0019】

条件(2)は、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(2)の上限を超えると、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。

【0020】

条件(3)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、外光に対するプリズムの視度に影響を与える。プリズムの光軸上のx軸方向の視度 D_x 及びy軸方向の視度 D_y は、プリズムの厚さを T 、屈折率を N とすると、

$$D_x = 2000(N-1)(A_{12,0} - A_{32,0} + (2T(N-1)/N) \times A_{12,0} \times A_{32,0})$$

$$D_y = 2000(N-1)(A_{10,2} - A_{30,2} + (2T(N-1)/N) \times A_{10,2} \times A_{30,2})$$

で与えられる。

一般に、遠方視度の誤差は、 $\pm 1D$ を超えると不愉快に感じるため、プリズムの視度は、 $\pm 1D$ に抑えることが望ましい。ただし、外周部の視度や収差とのバランスにより、設計上光軸上の視度を $\pm 2D$ の範囲に設定する場合もある。光軸上の視度は、上記の式の通り、プリズムの厚さや、屈折率も関係するため、非球面係数の値のみでは、決まらないのであるが、係数が、条件(3)を満たす範囲にあれば、光軸上の視度を、 $\pm 2D$ の範囲に抑えることが可能である。

【0021】

第1面及び第3面を以上の条件(1)~(3)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。

【0022】

本発明のさらに別の側面では、プリズムが、第1面と第2面と第3面とを有し光射出側の第1プリズム部分と、光入射側の第2プリズム部分とを有し、第1プリズム部分と第2プリズム部分とが一体形成されている。

【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。

【0024】

本発明のさらに別の側面では、光透過部材が、観察者側に第1透過面と第2透過面とを有するとともに外界側に第3透過面を有し、プリズムの第2面と光透過部材の第2透過面とが、略同じ曲面形状を有し、第2面と第2透過面とが、一体化されている。この場合、面同士を接合して一体化することができ、第1面及び第3面側に連続的な表面をそれぞれ形成することができる。

【0025】

本発明のさらに別の側面では、映像素子からの映像光をプリズムに入射させる投射レンズをさらに備え、少なくともプリズム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。

【0026】

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。

【0027】

本発明のさらに別の側面では、第2プリズム部分が、少なくとも1つ以上の光学面を有

10

20

30

40

50

し、映像素子と投射レンズと第2プリズム部とによって中間像が形成される。この場合、第2プリズム部分の光学面がリレー光学系の一部として中間像の形成に寄与する。

【0028】

本発明のさらに別の側面では、映像素子が、表示位置から映像光を射出する映像表示素子であり、投射レンズと第2プリズム部分とが、リレー光学系として、映像表示素子の表示位置から射出された映像光をプリズムの内部において結像させ中間像を形成させる。この場合、投射レンズ等がリレー光学系として機能することで、映像表示素子の表示位置上の各点から射出された映像光をプリズム内に再結像させ中間像を形成できる。

【0029】

本発明のさらに別の側面では、第2プリズム部分が、屈折面及び反射面としての機能を併せ持つ少なくとも1つ以上の光学面を有する。

10

【0030】

本発明のさらに別の側面では、第1面と第3面との間隔が5mm以上15mm以下である。この場合、5mm以上であることで、眼前を覆う第1プリズムのサイズを十分大きくすることができ、15mm以下であることで、重量が増加することを抑制できる。

【0031】

本発明のさらに別の側面では、第1面に対する第2面の傾斜角が20°以上40°以下である。この場合、傾斜角が上記範囲にあることで、映像光を適切な反射回数及び反射角度で眼に導くことが容易となる。

【0032】

本発明のさらに別の側面では、プリズムを含む光学系が、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。

20

【0033】

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】

【0034】

【図1】実施形態の虚像表示装置の外観を説明する斜視図である。

【図2】虚像表示装置の本体構造を説明する斜視図である。

30

【図3】(A)は、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り、(B)は、本体部分の正面図である。

【図4】第1表示装置中のプリズムにおける光学面や光路を説明する断面図である。

【図5】実施例1の光学系を説明する図である。

【図6】(A)～(F)は、実施例1の光学系の収差を説明する図である。

【図7】(A)～(F)は、実施例1の光学系の収差を説明する図である。

【図8】実施例2の光学系を説明する図である。

【図9】(A)～(F)は、実施例2の光学系の収差を説明する図である。

【図10】(A)～(F)は、実施例2の光学系の収差を説明する図である。

【図11】実施例3の光学系を説明する図である。

40

【図12】(A)～(F)は、実施例3の光学系の収差を説明する図である。

【図13】(A)～(F)は、実施例3の光学系の収差を説明する図である。

【図14】実施例4の光学系を説明する図である。

【図15】(A)～(F)は、実施例4の光学系の収差を説明する図である。

【図16】(A)～(F)は、実施例4の光学系の収差を説明する図である。

【図17】実施例5の光学系を説明する図である。

【図18】(A)～(F)は、実施例5の光学系の収差を説明する図である。

【図19】(A)～(F)は、実施例5の光学系の収差を説明する図である。

【図20】実施例6の光学系を説明する図である。

【図21】(A)～(F)は、実施例6の光学系の収差を説明する図である。

50

【図 2 2】(A) ~ (F) は、実施例 6 の光学系の収差を説明する図である。

【図 2 3】変形例の虚像表示装置を説明する図である。

【図 2 4】(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】

【0035】

以下、図面を参照しつつ、本発明に係る一実施形態の虚像表示装置について詳細に説明する。

【0036】

〔A. 虚像表示装置の外観〕

図 1 に示す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 を装着した観察者に対して虚像に対応す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、観察者の眼前を覆う透視部材 101 と、透視部材 101 を支持するフレーム 102 と、フレーム 102 の左右両端のカバー部から後方のつる部分(テンプル)にかけての部分に付加された第 1 及び第 2 内蔵装置部 105 a, 105 b とを備える。ここで、透視部材 101 は、観察者の眼前を覆う肉厚で湾曲した光学部材(透過アイカバー)であり、第 1 光学部分 103 a と第 2 光学部分 103 b とに分かれている。図面上で左側の第 1 光学部分 103 a と第 1 内蔵装置部 105 a とを組み合わせた第 1 表示装置 100 A 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 光学部分 103 b と第 2 内蔵装置部 105 b とを組み合わせた第 2 表示装置 100 B 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。

【0037】

〔B. 表示装置の構造〕

図 2、図 3 (A)、3 (B) 等示すように、第 1 表示装置 100 A は、投射透視装置 70 と、画像表示装置 80 とを備える。このうち、投射透視装置 70 は、導光部材であるプリズム 10 と、光透過部材 50 と、結像用の投射レンズ 30 とを備える。プリズム 10 と光透過部材 50 とは接合によって一体化され、例えばプリズム 10 の上面 10 e とフレーム 61 の下面 61 e とが接するようにフレーム 61 の下側にしっかりと固定されている。投射レンズ 30 は、これを収納する鏡筒 62 を介してプリズム 10 の端部に固定されている。投射透視装置 70 のうちプリズム 10 と光透過部材 50 とは、図 1 における第 1 光学部分 103 a に相当し、投射透視装置 70 の投射レンズ 30 と、画像表示装置 80 とは、図 1 における第 1 内蔵装置部 105 a に相当する。なお、図 1 に示す第 2 表示装置 100 B は、第 1 表示装置 100 A と同様の構造を有し左右を反転させただけであるので、第 2 表示装置 100 B の詳細な説明は省略する。

【0038】

投射透視装置 70 のうち、プリズム 10 は、平面視において顔面に沿うように湾曲した円弧状の部材であり、鼻に近い中央側の第 1 プリズム部分 11 と、鼻から離れた周辺側の第 2 プリズム部分 12 とに分けて考えることができる。第 1 プリズム部分 11 は、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 プリズム部分 12 は、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、第 6 面 S16 とを有する。このうち、第 1 面 S11 と第 4 面 S14 とが隣接し、第 3 面 S13 と第 5 面 S15 とが隣接し、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 との間に第 6 面 S16 が配置されている。また、プリズム 10 は、第 1 ~ 第 6 面 S11 ~ S16 に隣接するとともに互いに対向する第 1 の側面 10 e と第 2 の側面 10 f とを有する。

【0039】

プリズム 10 において、第 1 面 S11 は、Z 軸に平行な射出側光軸 AXO を中心軸又は

10

20

30

40

50

基準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SRに含まれZ軸に対して傾斜した光軸AX1を中心軸又は基準軸とする自由曲面であり、第3面S13は、射出側光軸AX0を中心軸又は基準軸とする自由曲面である。第4面S14は、XZ面に平行な基準面SRに含まれZ軸に対して傾斜した一対の光軸AX3, AX4の2等分線を中心軸又は基準軸とする自由曲面であり、第5面S15は、XZ面に平行な基準面SRに含まれZ軸に対して傾斜した一対の光軸AX4, AX5の2等分線を中心軸又は基準軸とする自由曲面であり、第6面S16は、XZ面に平行な基準面SRに含まれZ軸に対して傾斜した光軸AX4を中心軸又は基準軸とする自由曲面である。なお、以上の第1~第6面S11~S16は、水平(又は横)に伸びXZ面に平行で光軸AX1~AX4等を通る基準面SR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。

10

【0040】

プリズム10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。プリズム10の本体部分10sは、一体形成品とされているが、第1プリズム部分11と第2プリズム部分12とに分けて考えることができる。第1プリズム部分11は、映像光GLの導波及び射出を可能にするとともに、外界光HLの透視を可能にする。第2プリズム部分12は、映像光GLの入射及び導波を可能にする。

【0041】

第1プリズム部分11において、第1面S11は、映像光GLを第1プリズム部分11外に射出させる屈折面として機能するとともに、映像光GL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S11は、眼EYの正面に配されるものであり、観察者に対し凹面形状を成している。なお、第1面S11は、表面の損傷を防止し映像の解像度低下を防止する目的で、本体部分10sをハードコート層で被覆することもできる。このハードコート層は、本体部分10sの下地面上に樹脂等からなるコート剤をディップ処理やスプレーコート処理によって成膜することによって形成される。

20

【0042】

第2面S12は、ハーフミラー層15を有している。このハーフミラー層15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)15は、第2面S12の全体ではなく、その部分領域PA上に形成されている。つまり、ハーフミラー層15は、第2面S12が広がる全体領域QAを主に鉛直方向に関して狭めた部分領域PA上に形成されている。より詳細には、この部分領域PAは、鉛直のY軸方向に関する中央側に配置されており、水平の基準面SRに沿った方向に関して略全体に配置されている。ハーフミラー層15は、本体部分10sの下地面のうち部分領域PA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15の映像光GLに対する反射率は、シースルーによる外界光HLの観察を容易にする観点で、想定される映像光GLの入射角範囲において10%以上50%以下とする。具体的な実施例のハーフミラー層15の映像光GLに対する反射率は、例えば20%に設定され、映像光GLに対する透過率は、例えば80%に設定される。

30

【0043】

第3面S13は、映像光GLを内面側で全反射させる全反射面として機能する。なお、第3面S13は、表面の損傷を防止し映像の解像度低下を防止する目的で、本体部分10sをハードコート層で被覆することもできる。第3面S13は、眼EYの正面に配されるものであり、第1面S11と同様に観察者に対し凹面形状を成しており、第1面S11と第3面S13とを通過させて外界光HLを見たときに、視度が略0になっている。

40

【0044】

第2プリズム部分12において、第4面S14及び第5面S15は、映像光GLを内面側で全反射させる全反射面として機能し、或いはミラー層17で被覆されて反射面として機能する。なお、第4面S14及び第5面S15を全反射面として機能させる場合、表面の損傷を防止し映像の解像度低下を防止する目的で、本体部分10sをハードコート層で被覆することもできる。

50

【 0 0 4 5 】

第6面S16は、映像光GLを第2プリズム部分12内に入射させる屈折面として機能する。なお、第6面S16は、表面の損傷を防止し映像の解像度低下を防止する目的で、本体部分10sをハードコート層で被覆することもできるが、さらに反射防止によってゴーストを抑制する目的で、本体部分10sを多層膜で被覆することもできる。

【 0 0 4 6 】

光透過部材50は、プリズム10と一体的に固定されている。光透過部材50は、プリズム10の透視機能を補助する部材（補助プリズム）であり、光学的な機能を有する側面として、第1透過面S51と、第2透過面S52と、第3透過面S53とを有する。ここで、第1透過面S51と第3透過面S53との間に第2透過面S52が配置されている。第1透過面S51は、プリズム10の第1面S11を延長した曲面上にあり、第2透過面S52は、当該第2面S12に対して接着剤CC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S53は、プリズム10の第3面S13を延長した曲面上にある。このうち第2透過面S52とプリズム10の第2面S42とは、接合によって一体化するため、略同じ曲率の形状を有する。

10

【 0 0 4 7 】

光透過部材（補助プリズム）50は、可視域で高い光透過性を示し、プリズム10の本体部分10sと略同一の屈折率を有する樹脂材料で形成されている。光透過部材50は、例えば熱可塑性樹脂の成形によって形成される。

20

【 0 0 4 8 】

投射レンズ30は、鏡筒62内に保持され、画像表示装置80は、鏡筒62の一端に固定されている。プリズム10の第2プリズム部分12は、投射レンズ30を保持する鏡筒62に連結され、投射レンズ30及び画像表示装置80を間接的に支持している。プリズム10の光入射側は、投射レンズ30等とともに、遮光部材63に覆われている。プリズム10上端部又は下端部も遮光部材63に覆われている。プリズム10の周辺には、プリズム10に外光が入射することを防止する追加の遮光部を設けることができる。遮光部は、例えば遮光性の塗装や光散乱層で構成することができる。

【 0 0 4 9 】

投射レンズ30は、入射側光軸AXIに沿って例えば3つのレンズ31, 32, 33を有している。各レンズ31, 32, 33は、軸対称なレンズであり、少なくとも1つ以上が非球面を有するものとなっている。投射レンズ30は、画像表示装置80から射出された映像光GLを再結像させるためにプリズム10の第6面S16を介してプリズム10内に入射させる。つまり、投射レンズ30は、映像表示素子82の像面（表示位置）OI上の各点から射出された映像光又は画像光をプリズム10内に再結像させるためのリレー光学系である。なお、プリズム10の各面は、投射レンズ30と協働することでリレー光学系の一部として機能する。

30

【 0 0 5 0 】

画像表示装置80は、2次元的な照明光SLを射出する照明装置81と、透過型の空間光変調装置である映像表示素子82と、照明装置81及び映像表示素子82の動作を制御する駆動制御部84とを有する。

40

【 0 0 5 1 】

画像表示装置80の照明装置81は、赤、緑、青の3色を含む光を発生する光源81aと、光源81aからの光を拡散させて矩形断面の光束にするバックライト導光部81bとを有する。映像表示素子82は、例えば液晶表示デバイスで形成される映像素子であり、照明装置81からの照明光SL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84は、光源駆動回路84aと、液晶駆動回路84bとを備える。光源駆動回路84aは、照明装置81の光源81aに電力を供給して安定した輝度の照明光SLを射出させる。液晶駆動回路84bは、映像表示素子（映像素子）82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画像光を形成する。なお、液晶駆動回路84bに画像処理機能を持たせるこ

50

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。

【0052】

〔C．映像光等の光路〕

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。

【0053】

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、プリズム10に設けた比較的強い正の屈折力を有する第6面S16に入射する。

【0054】

プリズム10の第6面S16を通過した映像光GLは、収束しつつ進み、第2プリズム部分12を通過する際に、比較的弱い正の屈折力を有する第5面S15で反射され、比較的弱い負の屈折力を有する第4面S14で反射される。

【0055】

第2プリズム部分12の第4面S14で反射された映像光GLは、第1プリズム部分11において、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、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、プリズム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（表示位置）OIに対応するものであるが、第3面S13で折り返されたものとなっている。

【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に対して負の屈折力を有するものとして作用する。

【0057】

第1面S11を通過した映像光GLは、観察者の眼EYの瞳に略平行光束として入射する。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、プリズム10の第2面S12よりも+X側に入射するものは、第1プリズム部分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、プリズム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、プリズム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、プリズム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、プリズム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、プリズム10の第2面S12や光透過部材50の第2透過面S52は、外界光HLに対して屈折面として作用しない。

【0059】

ただし、ハーフミラー層15に入射した外界光HL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るので、ハーフミラー層15に対応する方向からの外界光HLは、ハーフミラー層15の透過率に弱められる。その一方で、ハーフミラー層1

10

20

30

40

50

5に対応する方向からは、映像光GLが入射するので、観察者は、ハーフミラー層15の方向に映像表示素子82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。

【0060】

プリズム10内で伝搬されて第2面S12に入射した映像光GLのうち、ハーフミラー層15で反射されなかったものは、光透過部材50内に入射するが、光透過部材50に設けた不図示の反射防止部によってプリズム10に戻る事が防止される。つまり、第2面S12を通過した映像光GL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50側から入射してハーフミラー層15で反射された外界光HLは、光透過部材50に戻されるが、光透過部材50に設けた上述の不図示の反射防止部によってプリズム10に射出されることが防止される。つまり、ハーフミラー層15で反射された外界光HLが光路上に戻されて迷光となることが防止される。

10

【0061】

〔D．光学面や光路の規定方法〕

図4は、プリズム10中の光軸AX1～AX4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EY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とプリズム10と順次通り、眼EY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EYの位置にある絞りを通して無限遠の光源からの光が、プリズム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、プリズム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、プリズム10の形状を延長したものであり、説明を省略している。

20

【0062】

図示のプリズム10において、第1面S11の光軸は、射出側光軸AX0と一致しており、第1面S11のローカル座標(x, y, z)は、全体座標(X, Y, Z)と並進関係にあって、第1面S11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AX0上にあって進行方向(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。

30

【0063】

第2面S12の光軸は、射出側光軸AX0に対して適宜傾けられたものとなっており、第2面S12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S12上に原点を有する。第2面S12のローカル座標のz方向は、射出側光軸AX0と、第2面S12から第1面S11に向けての光束中心の光軸AX1との中間方向になっている。

【0064】

第3面S13の光軸は、射出側光軸AX0と一致しており、第3面S13のローカル座標は、全体座標と並進関係にあって、第3面S13の延長面すなわち第3透過面S53上に原点を有する。

40

【0065】

以上により、第2面S12から第1面S11に向けての光束中心の光軸AX1と、第1面S11から第3面S13に向けての光束中心の光軸AX2との中間方向は、第1面S11上の光束中心(光軸AX1, AX2の交点)における第1面S11の法線方向と一致している。また、第1面S11から第3面S13に向けての光束中心の光軸AX2と、第3面S13から第4面S14に向けての光束中心の光軸AX3との中間方向は、第3面S13上の光束中心(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。

【0066】

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

50

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。

【0067】

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に向けての光束中心の光軸AX3と、第4面S14から第5面S15に向けての光束中心の光軸AX4との2等分線となっている。

【0068】

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に向けての光束中心の光軸AX4と、第5面S15から第6面S16に向けての光束中心の光軸AX5との2等分線となっている。

【0069】

なお、第6面S16の光軸は、光軸AX5と一致しており、画像表示装置80から延びる入射側光軸AXIと一致している。

【0070】

〔E. 光学面の望ましい特徴〕

プリズム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

$$z = \{ A_{1m, n} \cdot (x^m \cdot y^n) \} \dots \quad (4)$$

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。

【0071】

プリズム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

$$z = \{ A_{2m, n} \cdot (x^m \cdot y^n) \} \dots \quad (5)$$

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。

【0072】

プリズム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

$$z = \{ A_{3m, n} \cdot (x^m \cdot y^n) \} \dots \quad (6)$$

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。

【0073】

本実施形態において、プリズム10の第1～第3面S11～S13は、

$$-5 \times 10^{-2} < A_{12, 0} + A_{10, 2} < -1 \times 10^{-3} \quad \text{及び} \quad (1)$$

$$-5 \times 10^{-2} < A_{32, 0} + A_{30, 2} < -1 \times 10^{-3} \quad \dots \quad (2)$$

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

$$|A_{12, 0} - A_{32, 0}| < 5 \times 10^{-3} \quad \text{及び} \quad (3)$$

$$|A_{10, 2} - A_{30, 2}| < 5 \times 10^{-3} \quad \dots$$

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。

【0074】

プリズム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°以下となっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

なお、プリズム 1 0 の第 4 面 S 1 4 又は第 5 面 S 1 5 については、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り、投射透視装置 7 0 の仕様等を考慮して省略することができる。

【 0 0 7 6 】

本実施形態の虚像表示装置 1 0 0 では、投射レンズ 3 0 等によってプリズム 1 0 の内部に中間像が形成されるとともに、第 3 面 S 1 3、第 1 面 S 1 1、及び第 2 面 S 1 2 の順に 2 面以上で全反射された映像光 G L が、第 1 面 S 1 1 を透過して観察者の眼 E Y に到達するので、プリズム 1 0 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 H L については、例えば第 1 面 S 1 1 と第 3 面 S 1 3 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 H L を観察する際の外界光 H L のデフォーカスや歪みを低減できる。また、プリズム 1 0 の形状が、観察者の顔に沿う形となっており、重心も顔に近く、デザインにも優れたものとなる。

10

【 0 0 7 7 】

〔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 (プリズム中の k = 面番号)	20
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 (°) (T L Y 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	30

【 0 0 7 8 】

(実施例 1)

実施例 1 の投射透視装置のうちプリズム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 F F S 1 は、第 1 面 S 1 1 を意味し、 F F S 2 は、第 2 面 S 1 2 を意味し、 F F S 3 は、第 3 面 S 1 3 を意味する、また、 A S P 1 は、投射レンズの第 1 レンズの射出面を意味し、 A S P 2 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		22.00		
2	FFS1	-76.789	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-45.250	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-76.789	10.00	1.525	55.95
5	FFS3	-86.789	-20.00	1.525	55.95
6	FFS4	-152.636	11.00	1.525	55.95
7	FFS5	-104.492	-6.50	1.525	55.95
8	FFS6	38.430	-2.00		
9	ASP1	-11.866	-4.38	1.525	55.95
10	ASP2	7.425	-0.50		
11	ASP3	6.090	-1.00	1.585	29.90
12	ASP4	22.664	-14.55		
13	ASP5	-8.433	-4.00	1.525	55.95

40

50

14	ASP6	-17.659	-3.73		
15	SPH		-1.60	1.458	67.82
16	像面				

【 0 0 7 9 】

実施例 1 を構成するプリズム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 とを以下の表 2 に示す。

〔表 2〕

No	Type	TLY (面前)	DCX (面後)	TLY (面後)	
2	FFS1	0	0	0	
3	FFS2	-29	0	29	10
4	FFS1	0	0	0	
5	FFS3	0	25.03	-34.6	
6	FFS4	50	0	50	
7	FFS5	-40	0	-40	
8	FFS6	0	0	0	

【 0 0 8 0 】

実施例 1 を構成するプリズム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 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。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。

〔表 3〕

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4	FFS5	FFS6	
2	0	-6.511E-03	-1.105E-02	-5.761E-03	-3.276E-03	-4.785E-03	1.301E-02	
0	2	-8.627E-03	-1.071E-02	-7.877E-03	-3.259E-02	-1.515E-02	1.059E-02	
3	0	7.870E-05	4.763E-05	7.870E-05	-2.134E-05	9.806E-05	3.355E-05	
1	2	-2.001E-04	-8.770E-05	-2.001E-04	9.492E-04	-1.050E-04	-1.237E-03	
4	0	-4.670E-07	-5.173E-06	-4.670E-07	2.717E-05	2.953E-05	1.435E-04	
2	2	2.280E-05	2.413E-06	2.280E-05	4.420E-05	1.214E-05	-1.302E-04	
0	4	1.639E-05	9.860E-07	1.639E-05	3.467E-04	1.944E-05	-6.456E-05	30
5	0	-1.464E-07	3.652E-07	-1.464E-07	-7.465E-07	2.234E-06	3.447E-05	
3	2	-3.283E-06	-1.491E-07	-3.283E-06	-1.238E-05	-1.560E-06	9.562E-06	
1	4	-7.503E-06	-1.165E-06	-7.503E-06	-6.219E-05	-3.090E-06	-1.099E-05	
6	0	1.404E-09	-9.846E-09	1.404E-09	-2.716E-07	7.773E-08	-3.239E-06	
4	2	1.092E-07	3.431E-08	1.092E-07	-1.125E-06	-3.354E-07	-5.077E-06	
2	4	7.458E-07	1.637E-07	7.458E-07	2.079E-06	-4.320E-07	-8.780E-06	
0	6	-5.667E-07	-8.426E-08	-5.667E-07	4.332E-06	1.343E-07	-1.682E-06	

以上の表 3 及び以下の表において、数値の E 以後は 1 0 進数の指数部を意味し、例えば「 $-6.511E-03$ 」とは、 -6.511×10^{-03} を意味する。

【 0 0 8 1 】

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。

〔表 4〕

	ASP1	ASP2	ASP3	ASP4	ASP5	ASP6	
K	0	0	0	0	0	0	
B4	-5.974E-05	-6.031E-05	-1.068E-03	-8.277E-04	6.835E-04	5.660E-04	
B6	-3.481E-07	-3.703E-05	-4.617E-05	-4.824E-06	-1.131E-06	1.494E-05	
B8	1.918E-07	6.165E-07	5.247E-07	7.186E-08	2.283E-07	-1.285E-07	

以上の表 4 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。

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

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。

【0082】

図5は、実施例1の投射透視装置70の断面図である。ただし、光束については、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のうちプリズム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 9.22×5.18 mmで、瞳径が5 mmで、焦点距離が約26 mmである。

【0083】

図6(A)～6(F)及び図7(A)～7(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、縦軸は収差量をマイクロン単位で示す。具体的には、図6(A)及び6(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6(C)及び6(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6(E)及び6(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7(A)及び7(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7(C)及び7(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7(E)及び7(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。

【0084】

(実施例2)

実施例2の投射透視装置のうちプリズム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。

〔表5〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		22.00		
2	FFS1	-121.658	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-49.762	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-121.658	10.00	1.525	55.95
5	FFS3	-131.658	-20.00	1.525	55.95
6	FFS4	-148.187	14.00	1.525	55.95
7	FFS5	-193.512	-10.00	1.525	55.95
8	FFS6	16.102	-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

【 0 0 8 5 】

実施例 2 を構成するプリズム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（ディセクター）DCXとを以下の表 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	10
6	FFS4	50	0	50	
7	FFS5	-50	0	-50	
8	FFS6	0	0	0	

【 0 0 8 6 】

実施例 2 を構成するプリズム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 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。

〔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	20
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	30
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	

【 0 0 8 7 】

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。

〔表 8〕

	ASP1	ASP2	ASP3	ASP4	ASP5	ASP6	
K	0	0	0	0	0	0	40
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 APS 1 ~ APS 6 の非球面を特定する係数を示している。

【 0 0 8 8 】

図 8 は、実施例 2 の投射透視装置 7 0 の断面図である。投射透視装置 7 0 のうちプリズム 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。

【0089】

図9(A)~9(F)及び図10(A)~10(F)は、実施例2の収差を示す。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。

10

【0090】

(実施例3)

実施例3の投射透視装置のうちプリズム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。

20

〔表9〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		20.00		
2	FFS1	-82.379	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-44.857	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-82.379	10.00	1.525	55.95
5	FFS3	-90.616	-20.00	1.525	55.95
6	FFS4	67.062	10.00	1.525	55.95
7	FFS5	69.676	-10.00	1.525	55.95
8	FFS4	67.062	-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				

30

【0091】

実施例3を構成するプリズム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(ディセクター)DCXとを以下の表10に示す。

40

〔表10〕

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

50

【 0 0 9 2 】

実施例 3 を構成するプリズム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 F F S k (k = 1 ~ 5) は、自由曲面である第 1 ~ 第 5 面 S 1 1 ~ 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	-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	10
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	20
0	6	-5.048E-07	-1.852E-07	-3.134E-07	5.804E-05	3.361E-06	

【 0 0 9 3 】

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	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	30

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 ~ 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 0 9 4 】

図 1 1 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 のうちプリズム 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、比較的強い正の屈折力を有する第 4 面 S 1 4 と、比較的弱い負の屈折力を有する第 5 面 S 1 5 とを有する。ここで、第 4 面 S 1 4 は、実施例 1 等と異なり、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 S 1 4 は、第 3 面 S 1 3 から逆行する光束（実際には第 5 面 S 1 5 からの光）に対して全反射面となっており、第 5 面 S 1 5 から逆行する光束（実際には投射レンズ 3 0 からの光）に対して透過面となっている。つまり、第 4 面 S 1 4 は、光路の折り曲げに関して実施例 1 の第 4 面 S 1 4 と同様の機能を有し、光束の収束に関して実施例 1 の第 6 面 S 1 6 の機能を兼ね備えている。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。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 2 0 . 1 ° で、垂直画角が 1 1 . 4 ° で、映像表示素子の表示領域の大きさが 9 . 2 2 x 5 . 1 8 mm で、瞳径が 5 mm で、焦点距離が約 2 6 mm である。

【 0 0 9 5 】

図 1 2 (A) ~ 1 2 (F) 及び図 1 3 (A) ~ 1 3 (F) は、実施例 3 の収差を示す。

10

20

30

40

50

具体的には、図12(A)及び12(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12(C)及び12(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12(E)及び12(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13(A)及び13(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13(C)及び13(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13(E)及び13(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。

【0096】

(実施例4)

実施例4の投射透視装置のうちプリズム及び投射レンズを構成する光学面のデータを以下の表13に示す。

〔表13〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		22.00		
2	FFS1	-55.837	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-37.612	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-55.837	10.00	1.525	55.95
5	FFS3	-65.837	-20.00	1.525	55.95
6	FFS4	-56.378	14.00	1.525	55.95
7	FFS5	-63.568	-10.00	1.525	55.95
8	FFS6	6.101	-2.00		
9	ASP1	11.090	-1.04	1.585	29.90
10	ASP2	-79.528	-16.94		
11	ASP3	-9.815	-5.86	1.525	55.95
12	ASP4	-18.893	-4.33		
13	SPH		-1.60	1.458	67.82
14	像面				

【0097】

実施例4を構成するプリズム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(ディセクター)DCXとを以下の表14に示す。

〔表14〕

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	26.085	-25.91
6	FFS4	50	0	50
7	FFS5	-40	0	-40
8	FFS6	0	0	0

【0098】

実施例4を構成するプリズム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15に示す。なお、表15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FFSk(k=1~6)は、自由曲面である第1~第6面S11~S16のうち第k面を意味する。

〔表15〕

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4	FFS5	FFS6
2	0	-8.955E-03	-1.329E-02	-7.595E-03	-8.869E-03	-7.866E-03	8.195E-02
0	2	-1.201E-02	-1.204E-02	-1.065E-02	-5.081E-02	-2.043E-02	8.652E-02
3	0	1.823E-04	6.369E-05	1.823E-04	-1.761E-04	3.264E-05	-5.225E-04

1	2	-5.163E-04	-1.991E-04	-5.163E-04	-1.299E-04	-6.377E-05	-7.905E-04
4	0	-3.361E-06	-3.444E-06	-3.361E-06	-5.825E-06	2.535E-05	-1.555E-03
2	2	5.620E-05	1.336E-05	5.620E-05	-1.857E-04	2.628E-05	-3.445E-03
0	4	5.166E-05	1.022E-05	5.166E-05	-7.313E-05	3.906E-05	-1.730E-03
5	0	-2.374E-07	5.771E-07	-2.374E-07	-6.804E-07	-1.521E-06	-6.119E-06
3	2	-4.394E-06	-5.833E-07	-4.394E-06	-3.900E-05	-8.096E-06	-4.404E-05
1	4	-2.834E-06	-1.072E-06	-2.834E-06	-2.896E-05	-3.280E-06	-1.687E-05
6	0	3.994E-09	-4.895E-08	3.994E-09	-5.257E-07	-4.371E-07	-5.490E-06
4	2	2.427E-08	7.308E-08	2.427E-08	-5.677E-06	-2.836E-06	-2.111E-05
2	4	-2.090E-07	1.421E-07	-2.090E-07	-2.466E-05	-4.211E-06	-1.439E-05
0	6	-3.139E-06	-3.483E-07	-3.139E-06	1.050E-05	-1.811E-06	-1.499E-06

10

【 0 0 9 9 】

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
K	0	0	0	0
B4	-5.177E-04	1.435E-03	3.151E-04	4.598E-04
B6	-1.900E-04	-2.227E-04	9.531E-07	1.107E-05
B8	1.172E-05	1.240E-05	1.639E-07	-7.800E-08

20

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 2 つのレンズ 3 1、3 2 のレンズ面である非球面 A P S 1 ~ A P S 4 の非球面を特定するための係数を示している。

【 0 1 0 0 】

図 1 4 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 のうちプリズム 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、比較的弱い正の屈折力を有する第 5 面 S 1 5 と、比較的強い正の屈折力を有する第 6 面 S 1 6 とを有する。つまり、実施例 4 のプリズム 1 0 は、実施例 1 と同様の第 1 ~ 第 6 面 S 1 1 ~ S 1 6 を有する。投射レンズ 3 0 は、負の屈折力を有する第 1 レンズ 3 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ 3 2 とを有している。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 2 0 . 1 ° で、垂直画角が 1 1 . 4 ° で、映像表示素子の表示領域の大きさが 9 . 2 2 x 5 . 1 8 mm で、瞳径が 5 mm で、焦点距離が約 2 6 mm である。

30

【 0 1 0 1 】

図 1 5 (A) ~ 1 5 (F) 及び図 1 6 (A) ~ 1 6 (F) は、実施例 4 の収差を示す。具体的には、図 1 5 (A) 及び 1 5 (B) は、X 方向に 1 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 5 (C) 及び 1 5 (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 5 (E) 及び 1 5 (F) は、X 方向に - 1 0 ° で Y 方向に 5 . 7 ° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。図 1 6 (A) 及び 1 6 (B) は、X 方向に 1 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 6 (C) 及び 1 6 (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 6 (E) 及び 1 6 (F) は、X 方向に - 1 0 ° で Y 方向に 0 . 0 ° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。

40

【 0 1 0 2 】

(実施例 5)

実施例 5 の投射透視装置のうちプリズム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 7 に示す。

〔 表 1 7 〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
----	------	---	---	----	----

50

1	SPH		22.00		
2	FFS1	-39.118	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-31.449	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-39.118	9.00	1.525	55.95
5	FFS3	-48.118	-17.00	1.525	55.95
6	FFS4	-199.332	7.00	1.525	55.95
7	FFS5	-12.166	2.00	1.525	55.95
8	ASP1	8.785	4.00	1.525	55.95
9	ASP2	-5.133	0.50		
10	ASP3	-4.931	1.50	1.585	29.90
11	ASP4	37.413	7.73		
12	ASP5	7.796	6.00	1.525	55.95
13	ASP6	49.915	8.98		
14	SPH		1.60	1.458	67.82
15	像面				

10

【 0 1 0 3 】

実施例 5 を構成するプリズム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（ディセクター） DCX とを以下の表 18 に示す。

〔表 18〕

No	Type	TLY (面前)	DCX (面後)	TLY (面後)
2	FFS1	0	0	0
3	FFS2	-26	0	26
4	FFS1	0	0	0
5	FFS3	0	20.598	-17.829
6	FFS4	55	0	55
7	FFS5	0	0	0

20

【 0 1 0 4 】

実施例 5 を構成するプリズム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 19 に示す。なお、表 15 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。

30

〔表 19〕

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4	FFS5
2	0	-1.278E-02	-1.590E-02	-1.039E-02	-2.508E-03	-4.110E-02
0	2	-1.031E-02	-1.465E-02	-7.915E-03	2.846E-04	-4.590E-02
3	0	5.470E-04	6.295E-05	5.470E-04	-5.271E-04	-2.251E-03
1	2	1.214E-04	-8.558E-06	1.214E-04	4.327E-04	1.820E-03
4	0	-2.849E-05	-7.384E-06	-2.849E-05	-2.327E-05	-5.909E-04
2	2	-2.298E-05	2.242E-07	-2.298E-05	-3.912E-05	-4.964E-04
0	4	2.581E-05	7.233E-06	2.581E-05	6.756E-06	-2.117E-04
5	0	4.204E-08	5.252E-07	4.204E-08	-5.136E-06	-8.760E-05
3	2	-2.838E-06	5.864E-07	-2.838E-06	-1.120E-05	-7.639E-05
1	4	-6.797E-07	3.094E-07	-6.797E-07	-6.235E-06	3.387E-06
6	0	1.565E-08	-3.282E-08	1.565E-08	-8.153E-07	-5.669E-06
4	2	2.394E-07	-5.737E-08	2.394E-07	-1.000E-06	2.543E-05
2	4	-6.689E-07	-4.700E-08	-6.689E-07	8.903E-07	1.871E-05
0	6	1.161E-06	1.909E-07	1.161E-06	2.170E-06	8.139E-06

40

【 0 1 0 5 】

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 20 に示す。

50

〔表 2 0〕

	ASP1	ASP2	ASP3	ASP4	ASP5	ASP6
K	0	0	0	0	0	0
B4	-3.374E-04	4.246E-03	3.865E-03	-1.200E-03	-6.648E-04	2.622E-05
B6	7.302E-06	-2.480E-04	-2.282E-04	6.286E-05	3.223E-06	-3.549E-06
B8	-2.376E-06	7.048E-06	1.019E-05	-6.793E-07	-9.008E-08	7.365E-08

以上の表 2 0 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ための係数を示している。

【 0 1 0 6 〕

図 1 7 は、実施例 5 の投射透視装置 7 0 の断面図である。投射透視装置 7 0 のうちプリズム 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、光束の収束に関して実施例 1 の第 6 面 S 1 6 の機能を有する。つまり、図 1 7 の実施例 5 は、図 5 に示す実施例 1 の第 1 ~ 第 6 面 S 1 1 ~ S 1 6 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 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 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 2 0 . 1 ° で、垂直画角が 1 1 . 4 ° で、映像表示素子の表示領域の大きさが 9 . 2 2 × 5 . 1 8 mm で、瞳径が 5 mm で、焦点距離が約 2 6 mm である。

【 0 1 0 7 〕

図 1 8 (A) ~ 1 8 (F) 及び図 1 9 (A) ~ 1 9 (F) は、実施例 5 の収差を示す。具体的には、図 1 8 (A) 及び 1 8 (B) は、X 方向に 1 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 8 (C) 及び 1 8 (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 8 (E) 及び 1 8 (F) は、X 方向に - 1 0 ° で Y 方向に 5 . 7 ° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。図 1 9 (A) 及び 1 9 (B) は、X 方向に 1 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 9 (C) 及び 1 9 (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 9 (E) 及び 1 9 (F) は、X 方向に - 1 0 ° で Y 方向に 0 . 0 ° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。

【 0 1 0 8 〕

(実施例 6)

実施例 6 の投射透視装置のうちプリズム及び投射レンズを構成する光学面のデータを以下の表 2 1 に示す。

〔表 2 1〕

No	Type	R	T	Nd	Vd
1	SPH		22.00		
2	FFS1	-105.883	5.50	1.525	55.95
3	FFS2	-51.559	-5.50	1.525	55.95
4	FFS1	-105.883	10.00	1.525	55.95
5	FFS3	-115.883	-16.00	1.525	55.95
6	FFS4	47.813	-2.00	1.525	55.95
7	ASP1	-12.173	-6.00	1.525	55.95
8	ASP2	7.135	-2.37		
9	ASP3	9.518	-1.57	1.585	29.90
10	ASP4	10.990	-6.00		
11	ASP5	-6.644	-6.00	1.525	55.95
12	ASP6	18.408	-6.00		
13	SPH		-1.60	1.458	67.82

14 像面

【 0 1 0 9 】

実施例 6 を構成するプリズム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（ディセクター） DCX とを以下の表 2 2 に示す。

〔表 2 2〕

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	24.385	-39.86	10
6	FFS4	0	0	0	

【 0 1 1 0 】

実施例 6 を構成するプリズム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 2 3 に示す。なお、表 2 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 ($k = 1 \sim 4$) は、自由曲面である第 1 ~ 第 4 面 $S_{11} \sim S_{14}$ のうち第 k 面を意味する。

〔表 2 3〕

m	n	FFS1	FFS2	FFS3	FFS4	
2	0	-4.722E-03	-9.698E-03	-4.315E-03	1.046E-02	
0	2	-1.296E-02	-1.334E-02	-1.255E-02	1.922E-02	20
3	0	6.643E-05	2.742E-05	6.643E-05	-2.215E-03	
1	2	-3.370E-04	3.311E-05	-3.370E-04	-1.947E-03	
4	0	-1.275E-06	-6.127E-06	-1.275E-06	-7.168E-05	
2	2	5.851E-05	1.804E-06	5.851E-05	-2.635E-04	
0	4	-9.220E-05	-1.825E-05	-9.220E-05	-4.297E-05	
5	0	-8.059E-08	6.737E-07	-8.059E-08	0.000E+00	
3	2	-3.876E-06	-1.785E-07	-3.876E-06	0.000E+00	
1	4	1.201E-05	3.227E-06	1.201E-05	0.000E+00	
6	0	1.502E-09	-4.077E-08	1.502E-09	0.000E+00	
4	2	4.085E-08	-1.735E-08	4.085E-08	0.000E+00	30
2	4	-5.448E-07	-4.874E-07	-5.448E-07	0.000E+00	
0	6	-1.147E-06	1.178E-08	-1.147E-06	0.000E+00	

【 0 1 1 1 】

実施例 6 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 4 に示す。

〔表 2 4〕

	ASP1	ASP2	ASP3	ASP4	ASP5	ASP6	
K	0	0	0	0	0	0	
B4	4.249E-04	-4.544E-04	-4.268E-04	-1.336E-03	6.899E-04	-1.589E-03	
B6	-4.754E-07	-1.239E-05	4.568E-05	1.470E-04	-7.469E-07	2.840E-05	40
B8	-5.301E-08	4.093E-08	-6.304E-06	-2.645E-05	4.179E-07	3.598E-08	

以上の表 2 4 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 $APS_1 \sim APS_6$ の非球面を特定するための係数を示している。

【 0 1 1 2 】

図 2 0 は、実施例 6 の投射透視装置 7 0 の断面図である。投射透視装置 7 0 のうちプリズム 1 0 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、比較的強い正の屈折力を有する第 4 面 S_{14} とを有する。ここで、第 4 面 S_{14} は、光束の収束に関して実施例 1 の第 6 面 S_{16} の機能を有する。つまり、図 2 0 の実施例 6 は、図 5 に示す実施例 1 の第

1 ~ 第6面 S 1 1 ~ S 1 6 のうち、第4面 S 1 4 及び第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 6 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 2 0 . 1 ° で、垂直画角が 1 1 . 4 ° で、映像表示素子の表示領域の大きさが 9 . 2 2 × 5 . 1 8 mm で、瞳径が 5 mm で、焦点距離が約 2 6 mm である。

【 0 1 1 3 】

図 2 1 (A) ~ 2 1 (F) 及び図 2 2 (A) ~ 2 2 (F) は、実施例 6 の収差を示す。具体的には、図 2 1 (A) 及び 2 1 (B) は、X 方向に 1 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 2 1 (C) 及び 2 1 (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 2 1 (E) 及び 2 1 (F) は、X 方向に - 1 0 ° で Y 方向に 5 . 7 ° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。図 2 2 (A) 及び 2 2 (B) は、X 方向に 1 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 2 2 (C) 及び 2 2 (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 2 2 (E) 及び 2 2 (F) は、X 方向に - 1 0 ° で Y 方向に 0 . 0 ° の方位における Y 及び X 方向の収差を示す。

10

【 0 1 1 4 】

以下の表 2 5 に、各実施例 1 ~ 6 について、条件式 (1) ~ (3) に関する数値データをまとめた。

20

〔表 2 5〕

〔表25〕

係数値又は条件値	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
A1 _{2,0}	-6.511E-03	-4.110E-03	-6.070E-03	-8.955E-03	-1.278E-02	-4.722E-03
A1 _{0,2}	-8.627E-03	-6.261E-03	-6.428E-03	-1.201E-02	-1.031E-02	-1.296E-02
A3 _{2,0}	-5.761E-03	-3.798E-03	-5.518E-03	-7.595E-03	-1.039E-02	-4.315E-03
A3 _{0,2}	-7.877E-03	-5.949E-03	-5.843E-03	-1.065E-02	-7.915E-03	-1.255E-02
条件式(1) A1 _{2,0} +A1 _{0,2}	-1.514E-02	-1.037E-02	-1.250E-02	-2.096E-02	-2.309E-02	-1.768E-02
条件式(1) A3 _{2,0} +A3 _{0,2}	-1.364E-02	-9.746E-03	-1.136E-02	-1.824E-02	-1.831E-02	-1.687E-02
条件式(2) A1 _{2,0} -A1 _{0,2}	2.116E-03	2.151E-03	3.580E-04	3.052E-03	-2.476E-03	8.239E-03
条件式(3) A1 _{2,0} -A3 _{2,0}	-7.503E-04	-3.122E-04	-5.517E-04	-1.360E-03	-2.391E-03	-4.075E-04
条件式(3) A1 _{0,2} -A3 _{0,2}	-7.503E-04	-3.122E-04	-5.842E-04	-1.360E-03	-2.391E-03	-4.075E-04

30

【 0 1 1 5 】

また、以下の表 2 6 に、各実施例 1 ~ 6 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 6〕

〔表26〕

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
S11とS13との 間隔(mm)	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	10.00
S11に対するS12 の傾斜角(°)	29	29	28	29	26	29

40

【 0 1 1 6 】

また、条件式 (3) は、外光に対するプリズムの視度に影響を与えており、プリズムの光軸上の x 軸方向の視度 D x 及び y 軸方向の視度 D y は、プリズムの厚さを T、屈折率を N とすると、

$$D_x = 2000(N - 1)(A_{12,0} - A_{32,0} + (2T(N - 1)/N) \times A_{12,0} \times A_{32,0})$$

$$D_y = 2000(N - 1)(A_{10,2} - A_{30,2} + (2T(N - 1)/N) \times A_{10,2} \times A_{30,2})$$

50

で与えられる。上式に基づいて、以下の表 27 に、各実施例 1 ~ 6 についての視度に関する数値データをまとめた。

〔表 27〕

〔表27〕

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
視度D _x (D:ディオプター)	-0.52	-0.21	-0.34	-0.94	-1.65	-0.28
視度D _y (D:ディオプター)	-0.30	-0.06	-0.34	-0.50	-1.98	0.75
プリズムの 厚さT(mm)	10	10	10	10	9	10
屈折率N	1.525	1.525	1.525	1.525	1.525	1.525

10

【0117】

〔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。

【0118】

20

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るとしたが、ハーフミラー層15の輪郭は用途その他の使用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。

【0119】

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。

【0120】

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。

30

【0121】

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。

【0122】

40

具体的には図23に示すように、虚像表示装置としての第1表示装置100Aは、導光部20と画像表示装置380とを備える。導光部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、すなわちプリズム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。

【0123】

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

50

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 を導光部 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。

【0124】

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 として導光部 20 の第 6 面 S16 に向けて射出する。導光部 20 は、第 6 面 S16 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 の軌跡としての画像光 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。なお、図示の場合では、導光部 20 のうち光入射面である第 6 面 S16 は、走査光 TL の光軸に対して垂直な平面となっている。また、第 5 面 S15 及び第 4 面 S14 も平面となっている。

10

【0125】

また、上記実施形態では、導光部材であるプリズム 10 と補助プリズムである光透過部材 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 24 (A) 及び 24 (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、プリズム 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、装着者がプリズム 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 24 (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（プリズム 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 の下半分がプリズム 10 及び光透過部材 50 の下から見える状態となる。

20

30

【0126】

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。

【0127】

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。

40

【0128】

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。

【0129】

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。

【0130】

50

上記の説明では、プリズム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。

【0131】

10

上記の説明では、プリズム10等が眼EYの並ぶ横方向に延びているが、プリズム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、光学部材110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。

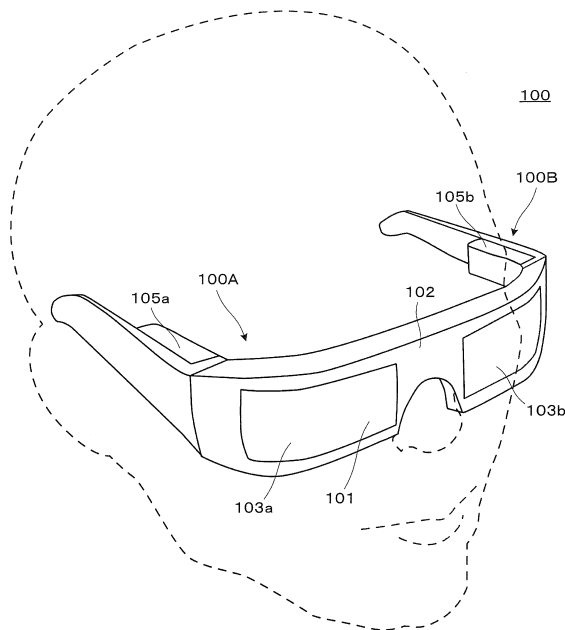
【符号の説明】

【0132】

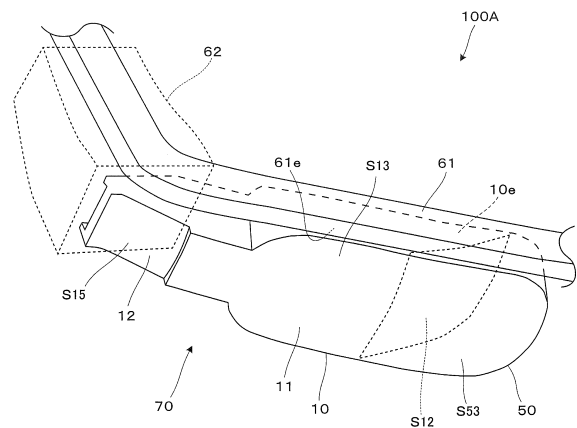
A X 1 - A X 4 ... 光軸、 A X I ... 入射側光軸、 A X O ... 射出側光軸、 E Y ... 眼、 G L ... 映像光、 H L ... 外界光、 I I ... 中間像の像面、 P A ... 部分領域、 S 1 1 - S 1 6 ... 第1 - 第6面、 S 5 1 - S 5 3 ... 第1 - 第3透過面、 S L ... 照明光、 S R ... 基準面、 1 0 ... プリズム、 1 0 s ... 本体部分、 1 1 , 1 2 ... プリズム部分、 1 5 ... ハーフミラー層、 3 0 ... 投射レンズ、 3 1 , 3 2 , 3 3 ... レンズ、 5 0 ... 光透過部材、 7 0 ... 投射透視装置、 8 0 ... 画像表示装置、 8 1 ... 照明装置、 8 2 ... 映像表示素子(映像素子)、 8 4 ... 駆動制御部、 1 0 0 ... 虚像表示装置、 1 0 0 A , 1 0 0 B ... 表示装置、 1 0 3 a , 1 0 3 b ... 光学部分、 1 0 1 ... 透視部材、 1 0 2 ... フレーム、 1 5 ... ミラー面、 C C ... 接着剤

20

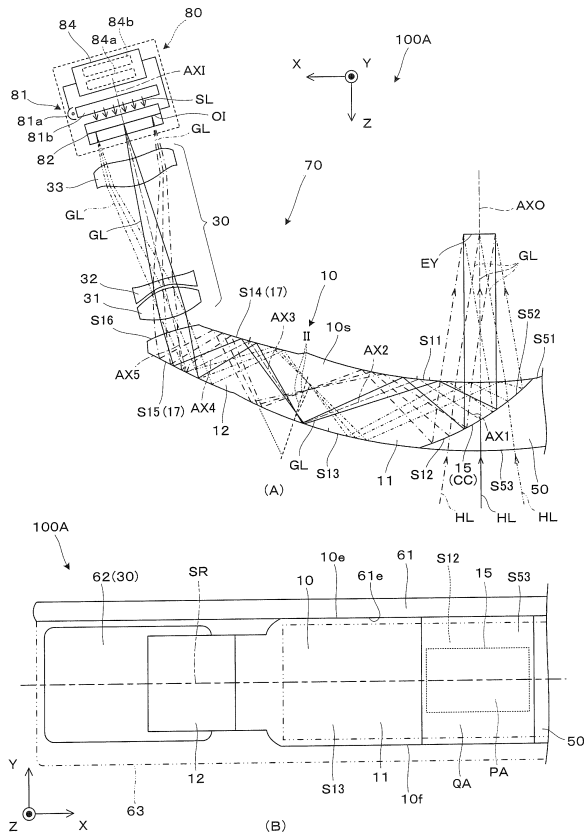
【図1】



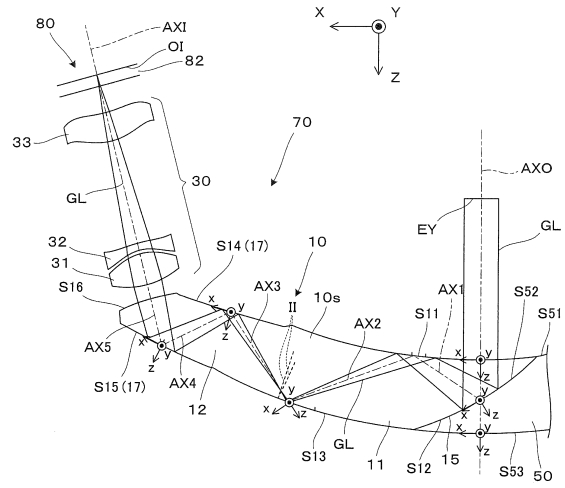
【図2】



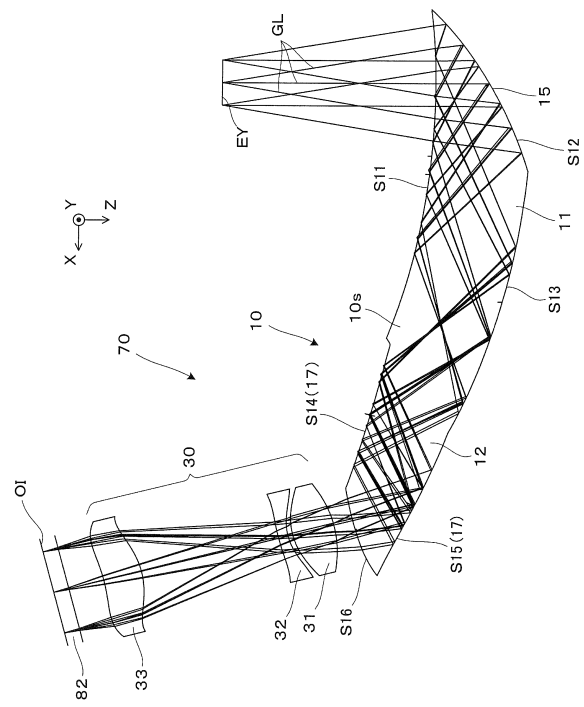
【図3】



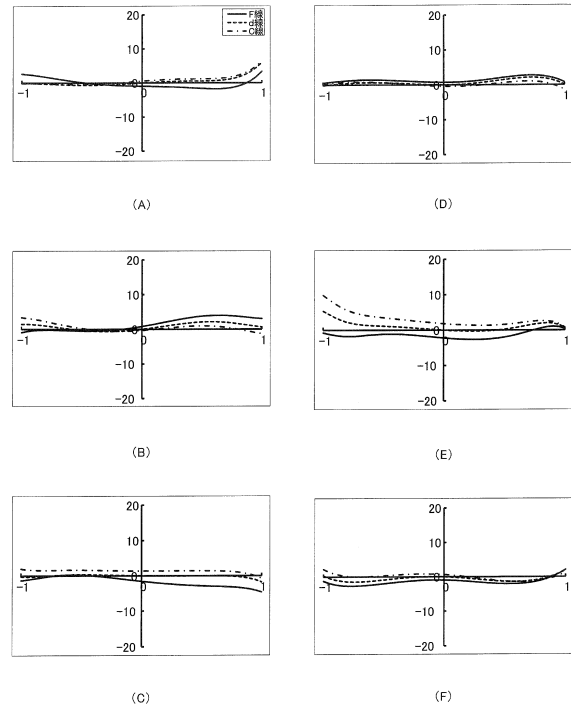
【図4】



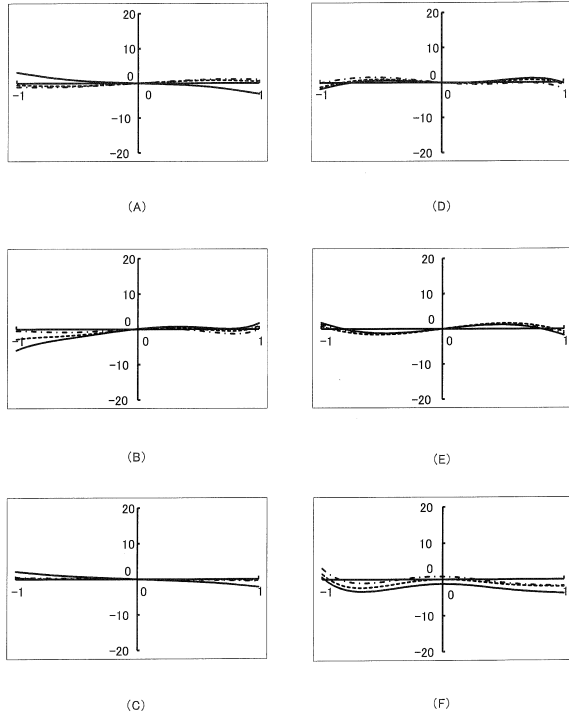
【図5】



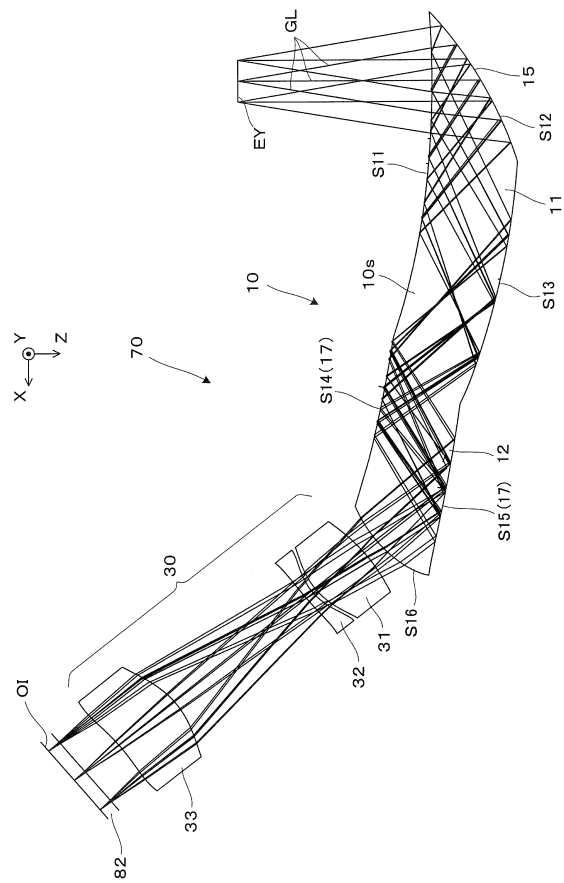
【図6】



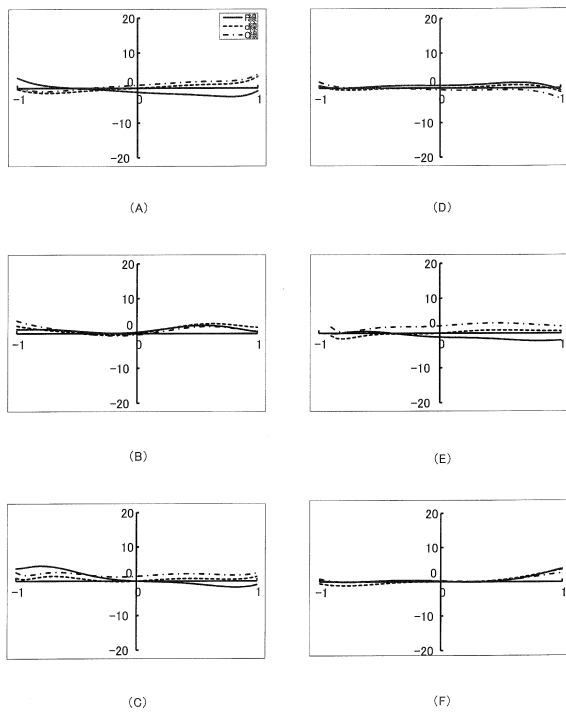
【図7】



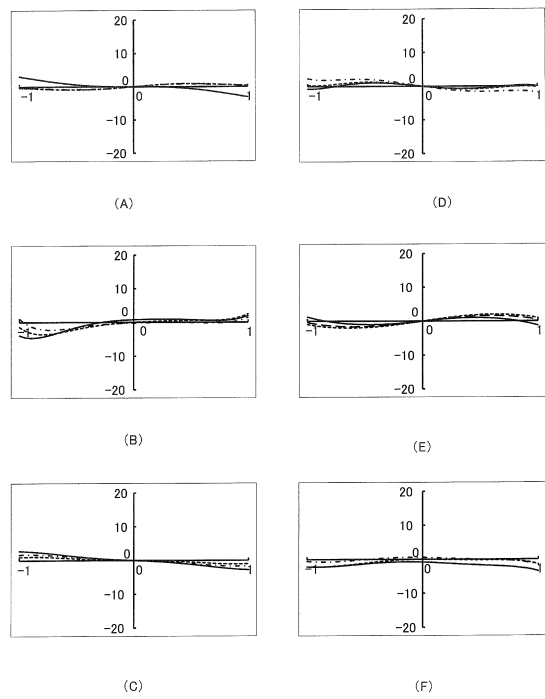
【図8】



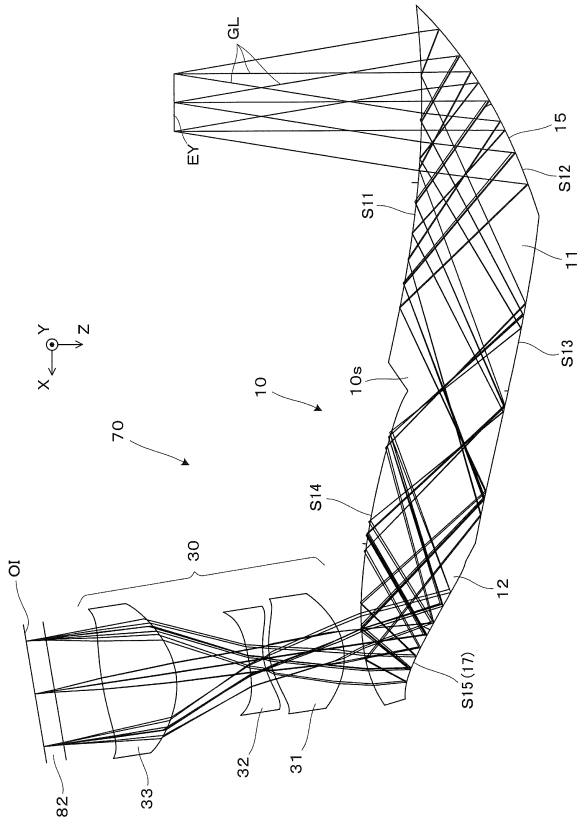
【図9】



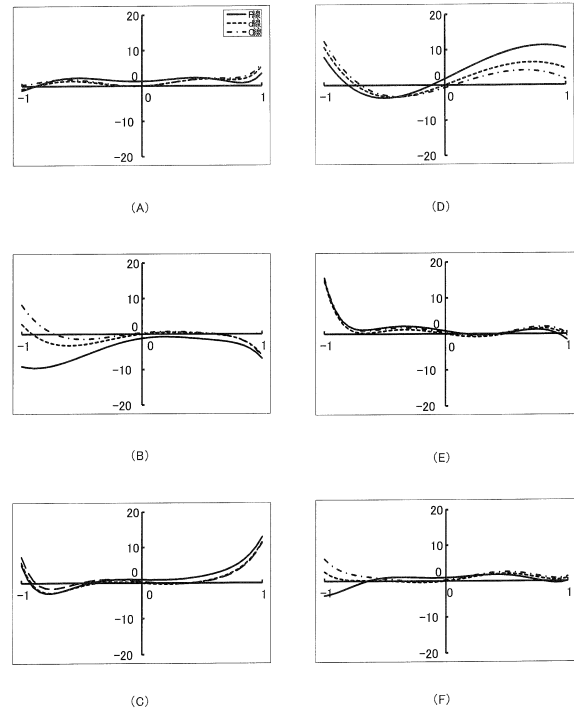
【図10】



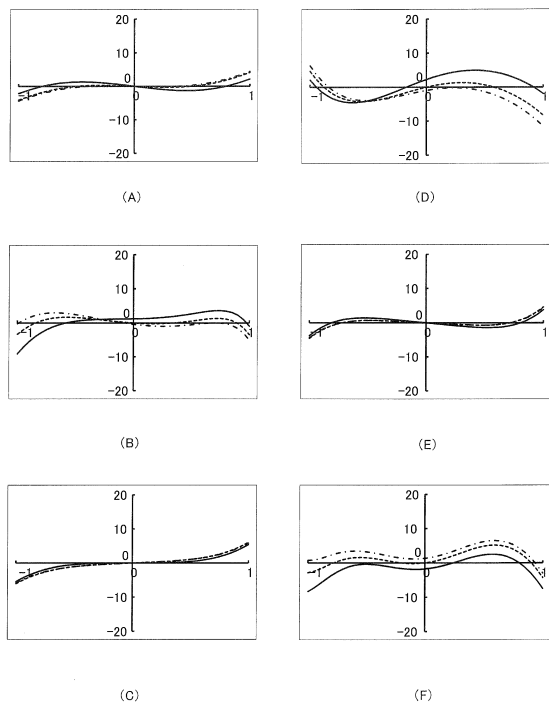
【 図 1 1 】



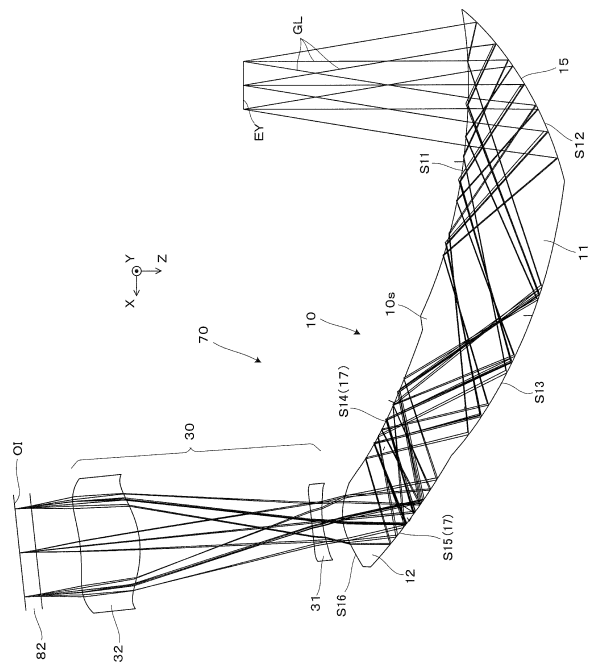
【 図 1 2 】



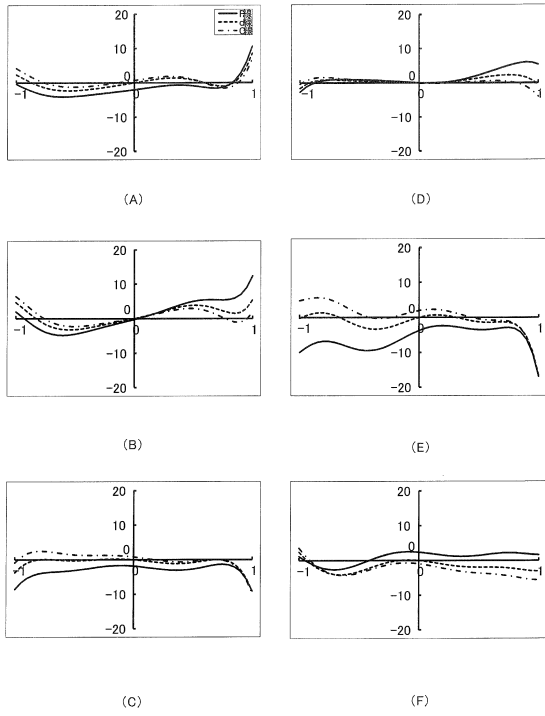
【 図 1 3 】



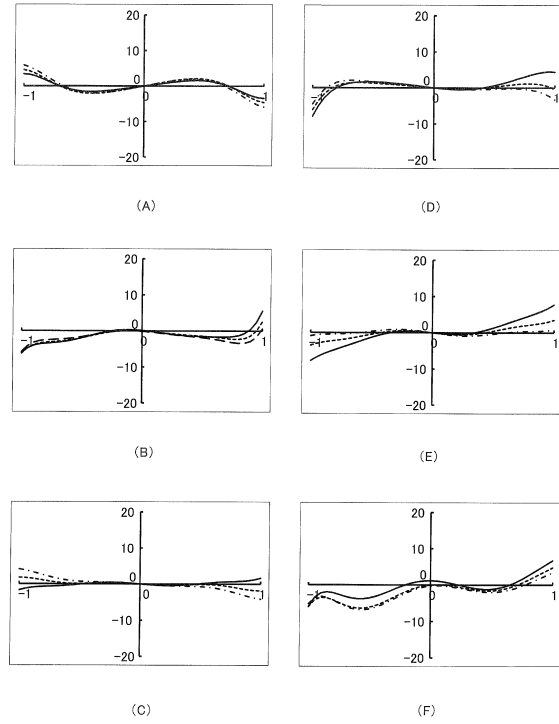
【 図 1 4 】



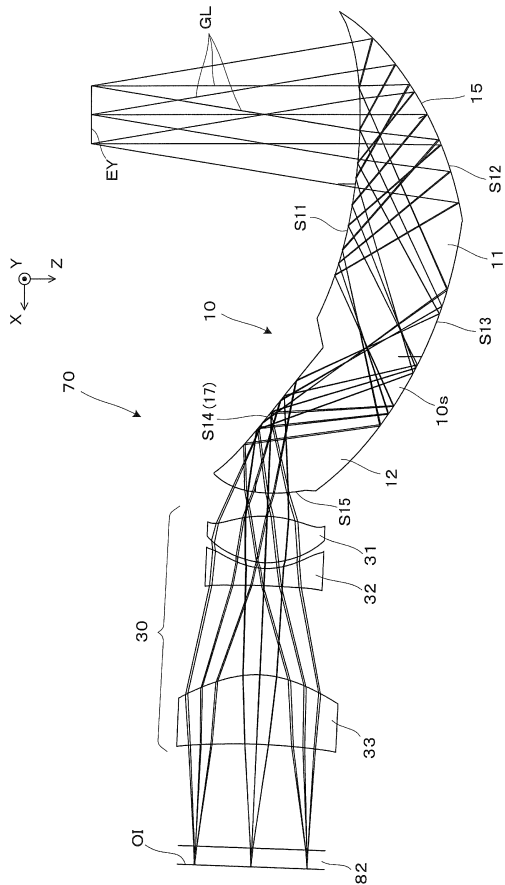
【図 15】



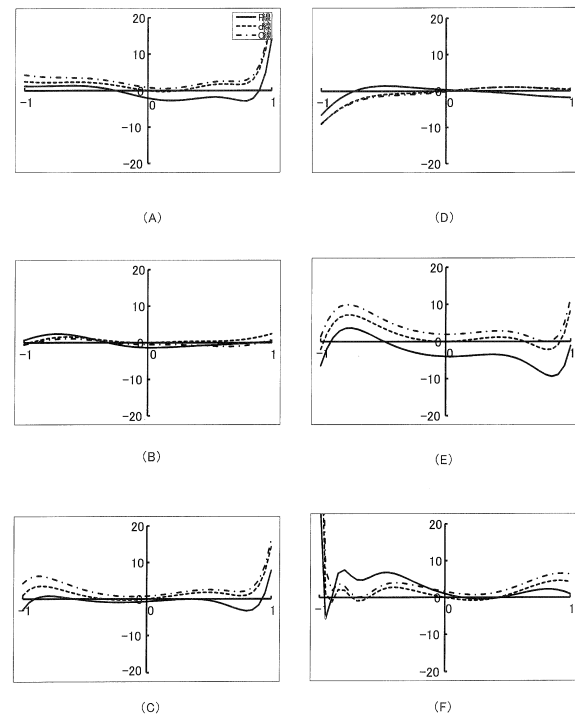
【図 16】



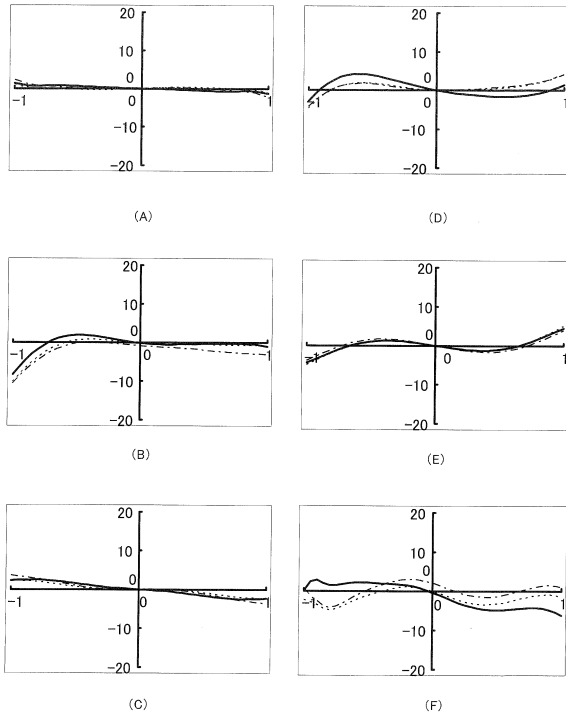
【図 17】



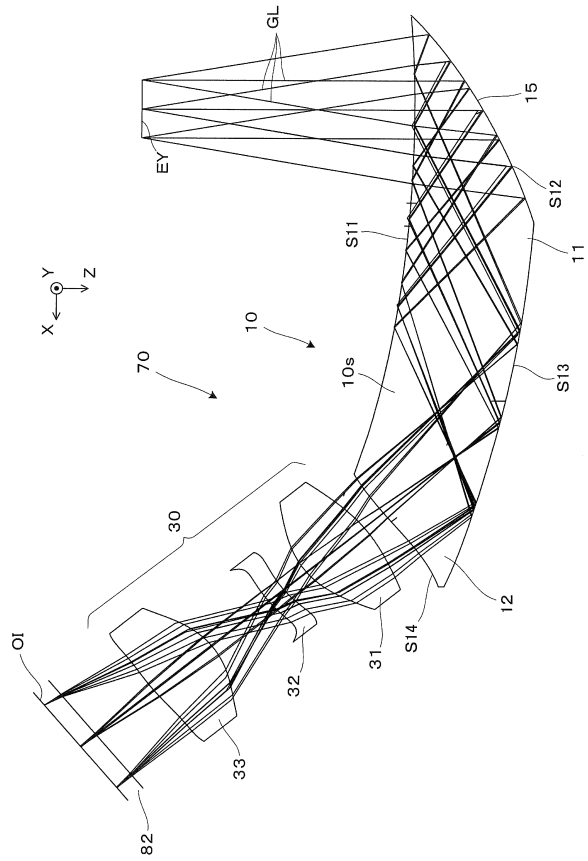
【図 18】



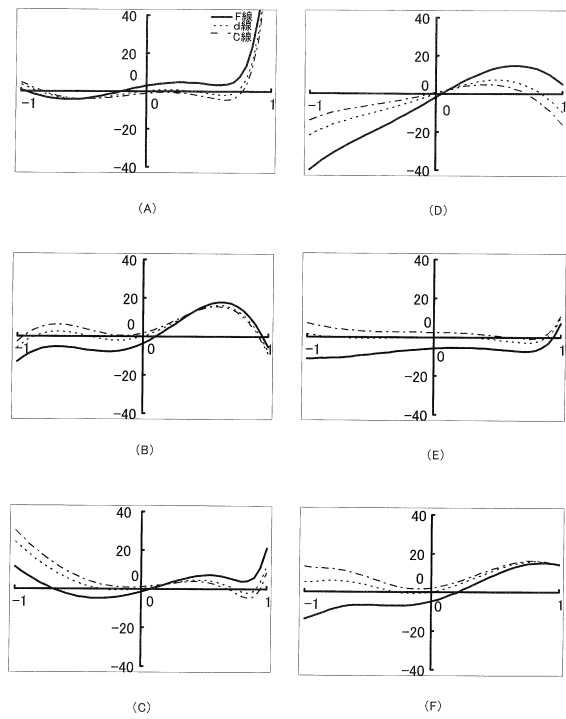
【 図 19 】



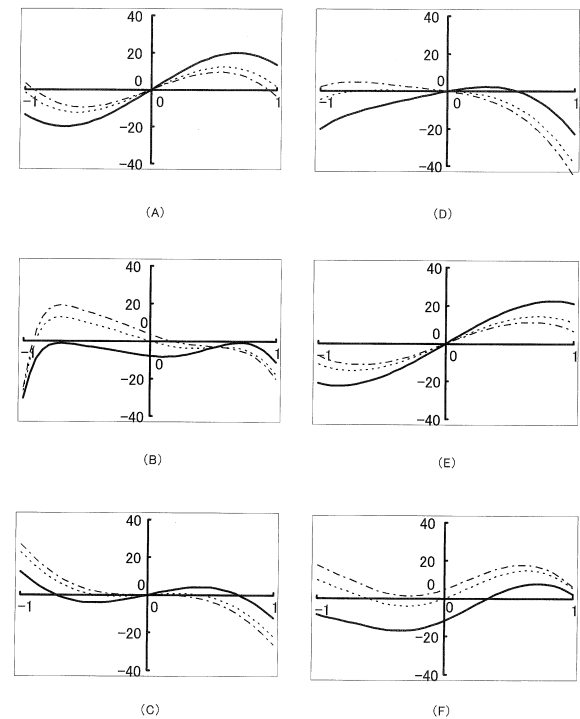
【 図 20 】



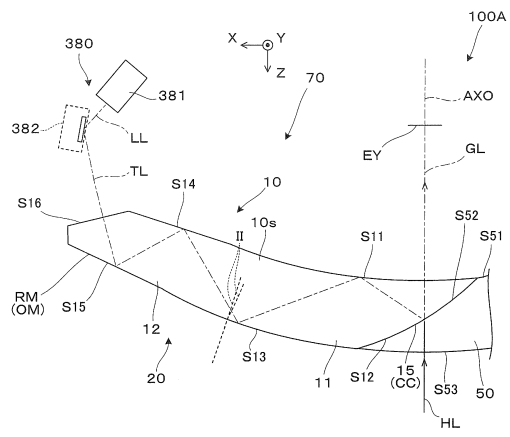
【 図 21 】



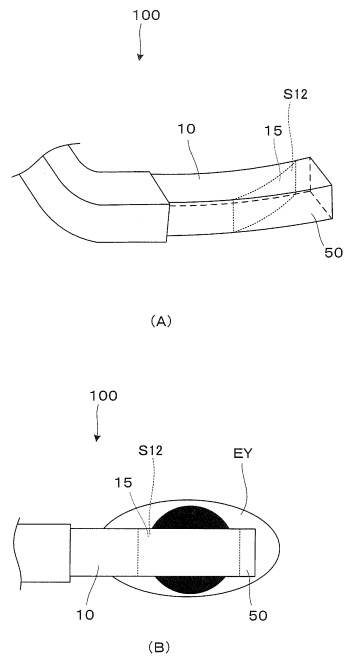
【 図 22 】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



フロントページの続き

- (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
- (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

審査官 山本 貴一

- (56)参考文献 特開2011-002514(JP,A)
特開2010-048841(JP,A)
特開2001-004955(JP,A)
特開2004-341411(JP,A)
特開2012-027351(JP,A)
特表2014-506340(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/01, 27/02
H04N 5/64
G09G 3/00