

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7679702号
(P7679702)

(45)発行日 令和7年5月20日(2025.5.20)

(24)登録日 令和7年5月12日(2025.5.12)

(51)国際特許分類

G 0 2 B	25/00 (2006.01)	F I	G 0 2 B	25/00
G 0 2 B	27/02 (2006.01)		G 0 2 B	27/02

Z

請求項の数 20 (全40頁)

(21)出願番号 特願2021-98862(P2021-98862)
(22)出願日 令和3年6月14日(2021.6.14)
(65)公開番号 特開2022-22103(P2022-22103A)
(43)公開日 令和4年2月3日(2022.2.3)
審査請求日 令和6年2月27日(2024.2.27)
(31)優先権主張番号 特願2020-125508(P2020-125508)
(32)優先日 令和2年7月22日(2020.7.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者 000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(74)代理人 100127111
弁理士 工藤 修一
須藤 芳文
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株
式会社リコー内
中村 直樹
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株
式会社リコー内
伊藤 昌弘
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株
式会社リコー内
(72)発明者 門馬 進

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 伝搬光学系および虚像表示装置およびヘッドマウントディスプレイ

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

画像が表示された画像表示素子からの光を導光部材に導光させ、前記導光部材から外部へ射出させることで前記画像の虚像を表示する虚像表示装置に用いられ、前記画像表示素子からの光を前記導光部材に伝搬する伝搬光学系であって、

前記画像表示素子の側から前記導光部材の側に向かって順に、第1の光学系、中間光学素子、第2の光学系を配してなり、前記画像表示素子に表示された画像の中間像を、前記第1の光学系と前記第2の光学系との間に結像し、

前記中間光学素子は、光軸に対して非回転対称な形状の非回転対称曲面を有し、該非回転対称曲面の前記光軸を含む断面のうちで最も正のパワーが強い断面である特定断面の断面形状が非円弧形状であり、

前記中間光学素子の前記非回転対称曲面は、アナモルフィック非球面である、伝搬光学系。

【請求項2】

画像が表示された画像表示素子からの光を導光部材に導光させ、前記導光部材から外部へ射出させることで前記画像の虚像を表示する虚像表示装置に用いられ、前記画像表示素子からの光を前記導光部材に伝搬する伝搬光学系であって、

前記画像表示素子の側から前記導光部材の側に向かって順に、第1の光学系、中間光学素子、第2の光学系を配してなり、前記画像表示素子に表示された画像の中間像を、前記第1の光学系と前記第2の光学系との間に結像し、

前記中間光学素子は、光軸に対して非回転対称な形状の非回転対称曲面を有し、該非回転

対称曲面の前記光軸を含む断面のうちで最も正のパワーが強い断面である特定断面の断面形状が非円弧形状であり、

前記第2の光学系は、前記中間光学素子の側から前記導光部材の側へ向かって順に、負レンズ、正レンズを配して構成されている、伝搬光学系。

【請求項3】

画像が表示された画像表示素子からの光を導光部材に導光させ、前記導光部材から外部へ射出させることで前記画像の虚像を表示する虚像表示装置に用いられ、前記画像表示素子からの光を前記導光部材に伝搬する伝搬光学系であって、

前記画像表示素子の側から前記導光部材の側に向かって順に、第1の光学系、中間光学素子、第2の光学系を配してなり、前記画像表示素子に表示された画像の中間像を、前記第1の光学系と前記第2の光学系との間に結像し、

10

前記中間光学素子は、光軸に対して非回転対称な形状の非回転対称曲面を有し、該非回転対称曲面の前記光軸を含む断面のうちで最も正のパワーが強い断面である特定断面の断面形状が非円弧形状であり、

前記第1の光学系は、前記画像表示素子の側から前記中間光学素子の側へ向かって順に、共に正のパワーを有する第1前群、第1後群を配して構成され、前記第1前群と前記第1後群の間隔が、前記第1の光学系中で最も広い、伝搬光学系。

【請求項4】

画像が表示された画像表示素子からの光を導光部材に導光させ、前記導光部材から外部へ射出させることで前記画像の虚像を表示する虚像表示装置に用いられ、前記画像表示素子からの光を前記導光部材に伝搬する伝搬光学系であって、

20

前記画像表示素子の側から前記導光部材の側に向かって順に、第1の光学系、中間光学素子、第2の光学系を配してなり、前記画像表示素子に表示された画像の中間像を、前記第1の光学系と前記第2の光学系との間に結像し、

前記中間光学素子は、光軸に対して非回転対称な形状の非回転対称曲面を有し、該非回転対称曲面の前記光軸を含む断面のうちで最も正のパワーが強い断面である特定断面の断面形状が非円弧形状であり、

前記中間光学素子がシリンドリカルレンズである、伝搬光学系。

【請求項5】

請求項1ないし4の何れか1項に記載の伝搬光学系であって、

30

前記特定断面の非円弧形状が、光軸を離れるほど正のパワーが弱くなる形状である、伝搬光学系。

【請求項6】

請求項5記載の伝搬光学系であって、

前記特定断面の非円弧形状と該非円弧形状の近軸曲率円の円弧とのサグ量の差の最大値：

Sag、光軸からの有効光線高さ：Hが、条件：

(1) 0.02 < Sag / H < 0.25

を満足する、伝搬光学系。

【請求項7】

請求項1記載の伝搬光学系であって、

40

前記アノモルフィック非球面の断面の中で、最も正のパワーが強い断面の近軸曲率半径：R_pと、最も正のパワーが強い断面と直交する断面の近軸曲率半径：R_nが

(11) -0.9 < (R_p + R_n) / (R_p - R_n) < -0.3

を満足する伝搬光学系。

【請求項8】

請求項1または7に記載の伝搬光学系であって、

前記アノモルフィック非球面の断面の中で最も正のパワーが強い断面の形状が、光軸を離れるほど正のパワーが弱くなる形状であることを特徴とする伝搬光学系。

【請求項9】

請求項8記載の伝搬光学系であって、

50

前記アナモルフィック非球面の断面の中で最も正のパワーが強い断面の形状のサグ量の最大値：Sag p、同じ光線高さにおいて該断面の近軸曲率の円で作られる断面のサグ量：Sag rpが、条件：

$$(12) \quad 0.6 < \text{Sag p} / \text{Sag rp} < 1.0$$

を満足する、伝搬光学系。

【請求項 10】

請求項 1、7ないし9の何れか一項に記載の伝搬光学系であって、

前記アナモルフィック非球面の断面の中で最も正のパワーが強い断面と直交する断面の形状のサグ量の最大値：Sag n、同じ光線高さにおいて該断面の近軸曲率の円で作られる断面のサグ量：Sag rnが、条件：

$$(13) \quad 0.6 < \text{Sag n} / \text{Sag rn} < 1.0$$

を満足する、伝搬光学系。

【請求項 11】

請求項 3記載の伝搬光学系であって、

前記第1の光学系の厚さ：TLR、前記第1前群と前記第1後群との間隔：TLRaが、条件：

$$(2) \quad 0.4 < \text{TLRa} / \text{TLR} < 0.7$$

を満足する、伝搬光学系。

【請求項 12】

請求項 3または11に記載の伝搬光学系であって、

前記第1前群は、前記画像表示素子の側から前記中間光学素子の側へ向かって順に、正レンズ、負レンズ、正レンズの3枚を配して構成されている、伝搬光学系。

【請求項 13】

請求項 3、11、12の何れか1項に記載の伝搬光学系であって、

前記第1後群は、前記画像表示素子の側から前記中間光学素子の側へ向かって順に、正レンズ、負レンズの2枚を配して構成されている、伝搬光学系。

【請求項 14】

請求項 1ないし13の何れか1項に記載の伝搬光学系であって、

前記中間光学素子の前記非回転対称曲面から、前記第2の光学系の最も導光部材の側の面までの間隔：TLA、前記第1の光学系の最も画像表示素子の側の面から前記第2の光学系の最も導光部材側の面までの間隔：TLが、条件：

$$(3) \quad 0.1 < \text{TLA} / \text{TL} < 0.5$$

を満足する、伝搬光学系。

【請求項 15】

請求項 1ないし14の何れか1項に記載の伝搬光学系であって、

前記第2の光学系の厚さ：TLC、前記第1の光学系の厚さ：TLRが、条件：

$$(4) \quad 0.3 < \text{TLC} / \text{TLR} < 0.6$$

を満足する、伝搬光学系。

【請求項 16】

請求項 1ないし15の何れか1項に記載の伝搬光学系であって、

前記第1の光学系の横倍率：_relayが、条件：

$$(5) \quad -3.0 < _{\text{relay}} < -1.0$$

を満足する、伝搬光学系。

【請求項 17】

請求項 1ないし16の何れか1項に記載の伝搬光学系であって、

前記非回転対称曲面の光軸上の位置から前記中間像の位置までの間隔：Pos1、前記画像表示素子の画像表示領域の対角長：Yが、条件：

$$(6) \quad -0.5 < \text{Pos1} / \text{Y} < 0.5$$

を満足する、伝搬光学系。

【請求項 18】

10

20

30

40

50

請求項 1ないし 17 の何れか 1 項に記載の伝搬光学系であって、
 前記第 1 の光学系は、前記画像表示素子の側から前記中間光学素子の側へ向かって順に、
 共に正のパワーを有する第 1 前群、第 1 後群を配して構成され、
 前記第 1 の光学系の焦点距離 : $f _r$ (> 0)、前記第 1 前群の焦点距離 : $f _r f$ が、
 条件 :

$$(7) 0.4 < f _r / f _r f < 0.8$$

を満足する、伝搬光学系。

【請求項 19】

画像を表示された画像表示素子からの光を伝搬光学系によって導光部材に伝搬し、前記導光部材中を導光させ、前記導光部材から外部へ射出させ、射出した光により前記画像の虚像を表示する虚像表示装置であって、

10

前記伝搬光学系として、請求項 1ないし 18 の何れか 1 項に記載のものを用いる、虚像表示装置。

【請求項 20】

請求項 19 記載の虚像表示装置を有する、ヘッドマウントディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、伝搬光学系および虚像表示装置およびヘッドマウントディスプレイに関する。

20

【背景技術】

【0002】

2 次元の画像を虚像光学系により拡大し、拡大された虚像を観察者に観察させるように表示する虚像表示装置は、HMD (ヘッドマウントディスプレイ) として、近来、広く普及しつつある。

HMD は透過型と非透過型に大別され、透過型は「情報端末と組み合わせて使用したり AR (拡張現実) と組み合わせて使用したり」され、近来「スマートグラス」と呼ばれるものが注目されている。また、非透過型は、ゲームや VR (仮想現実) で用いられ、高い没入感が得られるため広く愛好されている。

【0003】

30

虚像表示装置の 1 ジャンルとして「虚像として表示する画像」を画像表示素子に表示し、表示された画像を伝搬光学系により、導光部材に画像情報として伝搬し、伝搬された画像情報を導光部材で導光し、反射光として観察者に向けて射出させ、観察者が拡大された虚像を観察するようにしたもの（以下、便宜上「導光タイプ」と称する。）が知られている（特許文献 1、2）。上記スマートグラスも導光タイプのものである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

この発明は、前記導光タイプの虚像表示装置に用いられ、画像表示素子に表示された画像を導光部材に伝搬する、新規な伝搬光学系の実現を課題とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

この発明の伝搬光学系は、画像が表示された画像表示素子からの光を導光部材に導光させ、前記導光部材から外部へ射出させることで前記画像の虚像を表示する虚像表示装置に用いられ、前記画像表示素子からの光を前記導光部材に伝搬する伝搬光学系であって、前記画像表示素子の側から前記導光部材の側に向かって順に、第 1 の光学系、中間光学素子、第 2 の光学系を配してなり、前記画像表示素子に表示された画像の中間像を、前記第 1 の光学系と前記第 2 の光学系との間に結像し、前記中間光学素子は、光軸に対して非回転対称な形形状の非回転対称曲面を有し、該非回転対称曲面の前記光軸を含む断面のうちで最も正のパワーが強い断面である特定断面の断面形状が非円弧形状であり、前記中間光学素

50

子の前記非回転対称曲面は、アナモルフィック非球面である。

【発明の効果】

【0006】

この発明によれば、導光タイプの虚像表示装置に用いられ、画像表示素子に表示された画像を導光部材に伝搬する、新規な伝搬光学系を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】虚像表示装置を説明する概念図である。

【図2】実施例1の伝搬光学系の構成を示す図である。

【図3】実施例2の伝搬光学系の構成を示す図である。

10

【図4】実施例3の伝搬光学系の構成を示す図である。

【図5】実施例4の伝搬光学系の構成を示す図である。

【図6】実施例5の伝搬光学系の構成を示す図である。

【図7】実施例の伝搬光学系における虚像上の位置を説明する図である。

【図8】実施例1の伝搬光学系の横収差図である。

【図9】実施例2の伝搬光学系の横収差図である。

【図10】実施例3の伝搬光学系の横収差図である。

【図11】実施例4の伝搬光学系の横収差図である。

【図12】実施例5の伝搬光学系の横収差図である。

20

【図13】実施例6の伝搬光学系の構成を示す図である。

【図14】実施例7の伝搬光学系の構成を示す図である。

【図15】実施例8の伝搬光学系の構成を示す図である。

【図16】実施例9の伝搬光学系の構成を示す図である。

【図17】実施例6の伝搬光学系の横収差図である。

【図18】実施例7の伝搬光学系の横収差図である。

【図19】実施例8の伝搬光学系の横収差図である。

【図20】実施例9の伝搬光学系の横収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

図1を参照する。

30

図1は、この発明の伝搬光学系を用いた虚像表示装置の説明図であり、虚像表示装置をHMDとして観察者に装着した状態を説明図として示している。図1において符号EYが観察者の目を示している。

図1の如くにx、y、z方向を定めると、y方向(図1(a)において図面に直交する方向)は通常の装着状態において上下方向である。

図1において、符号10は「画像表示素子」を示し、符号20は「伝搬光学系」、符号30は「導光部材」をそれぞれ示す。

「画像表示素子」は、虚像として観察すべき画像を表示する素子であり、OLED(有機LED)アレイが好適であるが、他にも、例えば、LCDアレイ、LEDアレイ、DMD(デジタルマイクロミラーデバイス)等を用いることができる。

40

説明の具体性のため、画像表示素子としてOLEDアレイを例にとると、画像表示領域(画素配列領域)のサイズは、例えば「3mm×4mm」であり、画素数は1万画素程度である。

【0009】

表示すべき画像に応じた画素を発光させると、画像表示領域に「画像」が表示される。表示された画像からの光は、伝搬光学系20に入射する。

この発明の伝搬光学系20は、画像表示素子10の側から導光部材30の側に向かって順次、第1の光学系RL、中間光学素子LI、第2の光学素子LCを有する。

以下の説明において、第1の光学系を「リレー光学系」と称し、第2の光学系を「コリメータ光学系」と称する。

50

【0010】

画像表示素子 10 から伝搬光学系 20 に入射する光は、第 1 の光学系であるリレー光学系 RL と第 2 の光学系であるコリメータ光学系 LC との間に、画像表示素子 10 に表示された画像の中間像 IN を結像する。

図 1においては、中間像 IN が、中間光学素子 LI とコリメータ光学系 LC との間に結像する場合が描かれている。しかし、この例に限らず、中間像 IN は、第 1 の光学系であるリレー光学系 RL と中間光学素子 LI との間に結像されることもあるし、中間光学素子 LI の内部に結像される場合もある。

中間像 IN は、観察者が観察する虚像に対する「物体」となる。即ち、観察者は、中間像 LN と導光部材 30 との間にある第 2 の光学系（図の例ではコリメータ光学系 LC）の作用により、画像表示素子 10 の後方に形成される拡大虚像を、導光部材 30 を介して観察することになる。

【0011】

導光部材 30 は、図 1 (a) に示すように、y 方向から見ると板状で、図の右側の部分は楔状に狭まって、観察光取り出し部 30B となっている。

伝搬光学系 20 からの光が、導光部材 30 の入射部 30A から導光部材 30 に入射すると、入射した光は、導光部材 30 内を導光光束 LP となり「z 方向において互いに平行に対向する面」で反射を繰り返しつつ観察光取り出し部 30B に向かって導光される。

導光部材 30 の入射部 30A のサイズは y 方向から見ると「導光部材の厚さと同程度」であり、例えば 2 ~ 3 mm である。

導光部材 30 は、z 方向から見ると、図 1 (b) に示すように矩形形状をなし、導光光束 LP は y 方向には大きい幅を有する。導光部材 30 の y 方向のサイズは 20 ~ 30 mm 程度である。

導光部材 30 において、観察光取り出し部 30B の図 1 (a) で「z 方向の上側」の部分は、図 1 (b) に示すように、細幅で短冊状の平面部分 301 と平面部分 302 とを交互に配列してなっている。

平面部分 301 は、所定の傾斜角をもって図 1 (a) の右方向 (x 方向) へ傾下しており、平面部分 302 は x-y 面と平行である。このようにして、平面部分 302 は階段状に下がっていき、平面部分 301 と共に、図 1 (a) に示す如く観察光取り出し部 30B の図 1 (a) で「z 方向の下側」の部分に向かって「楔状に狭まる面」を形成する。

導光光束 LP は、観察光取り出し部 30B において、傾斜角を持つ平面部分 301 により反射され、観察者の目 EY に向かって観察用画像光 LT となって射出する。この観察用射出光が目 EY に入射すると、網膜に「虚像の共役像」として結像し、観察者は、画像の拡大虚像を z 方向に見ることになる。

【0012】

伝搬光学系 20 を構成するリレー光学系 RL およびコリメータ光学系 LC は、光軸に対して回転対称で正のパワーを有する。

中間光学素子 LI は、光軸（リレー光学系 RL とコリメータ光学系 LC とが共有する光軸）に対して「非回転対称な形状の非回転対称曲面」を有する。

この非回転対称曲面につき「光軸を含む断面のうちで、最も正のパワーが強い断面」を「特定断面」と呼ぶ。「特定断面の断面形状」は非円弧形状である。

【0013】

高性能でありながら、ある程度の光学全長を確保しつつ、コリメータレンズ LC のレンズ径を小さくするためには、伝搬光学系は「中間像を結像する」ようにするのが良い。

リレー光学系 RL の径は比較的小さくできる。リレー光学系 RL を有することにより、機構上あるいは電気系統上の都合で「画像表示素子と伝搬光学系の間隔」を確保する必要がある場合にも対応できる。

伝搬光学系 20 は、上述の如く、画像表示素子 10 の側から順に、リレー光学系 RL、中間光学素子 LI、コリメータ光学系 LC を配して構成される。

中間像 IN が、リレー光学系 RL とコリメータ光学系 LC の間に結像されるので、中間

10

20

30

40

50

光学素子 L I の「非回転対称曲面」の位置は中間像 I N に近くなり、非回転対称性に起因して発生する球面収差やコマ収差を小さくできる。

【 0 0 1 4 】

「特定断面」は、表示される虚像の水平方向（図 1 における x 方向）に対応させるのが良い。このようにすると、最も正のパワーが強い特定断面において、伝搬光学系 2 0 の各軸外の主光線が、導光部材 3 0 の入射部 3 0 A の付近で光軸と交わるように光線を入射させることができ、目 E Y に効率良く光を伝搬できる。

特に導光部材 3 0 の入射部 3 0 A の特定断面に対応する方向の開口幅（y - z 面の開口幅）が小さい場合でも、入射部 3 0 A による主光線の損失を低減でき、光の利用効率を高める事ができる。つまり、導光部材 3 0 を薄型としても（小型化・軽量化しても）主光線の損失が少なくすることができる。

10

【 0 0 1 5 】

特定断面の「非円弧形状」は、「光軸を離れるほど正のパワーが弱くなる形状」であることが好ましい。このようにすると、伝搬光学系 2 0 の各軸外の主光線が、入射部 3 0 A により近い位置で光軸と交わるようにでき、より効率よく「目 E Y に光を伝搬」できる。

【 0 0 1 6 】

上記「光軸を離れるほど正のパワーが弱くなる形状」は、「特定断面の非円弧形状と、非円弧形状の近軸曲率円の円弧とのサグ量の差」の最大値： S a g 、光軸からの有効光線高さ： H が、条件：

$$(1) \quad 0.02 < S a g / H < 0.25$$

20

を満足する形状であることが好ましい。

なお、「サグ量の符号」は、非円弧形状の正のパワーが弱くなる方向を正とする。

条件 (1) の上限値を超えると、非球面量が過大となって「非球面による補正」が過剰となり易く、下限値を超えると逆に補正不足となり易い。このため、上限値を超えても、下限値を超えても目 E Y への光の伝搬効率を有效地に高めることが困難になり易い。

条件 (1) のパラメータ： S a g / H は、より好ましくは、以下の条件 (1 A) を満足するのが良い。

【 0 0 1 7 】

以下において、条件 (1) 等については「条件式 (1)」等とも称する。

【 0 0 1 8 】

30

$$(1 A) \quad 0.05 < S a g / H < 0.20$$

また、リレー光学系は、画像表示素子の側から中間光学素子の側へ向かって順に「共に正のパワーを有する第 1 前群（以下「リレー前群」と称する。）、第 1 後群（以下「リレー後群」と称する。）を配して構成し、リレー前群とリレー後群の間隔が「リレー光学系内で最も広い」構成とすることができます。

このようにすることにより、リレー前群とリレー後群との適切な間隔を確保し、伝搬光学系の全長を確保しつつ、各種収差を良好に補正することが可能となる。

この場合、リレー光学系の厚さ： T L R 、リレー前群とリレー後群との間隔： T L R a が、条件：

$$(2) \quad 0.4 < T L R a / T L R < 0.7$$

40

を満足することが好ましい。

条件 (2) の上限値を超えると、リレー光学系の厚さに対してリレー前群とリレー後群との間隔が占める割合が過大となり、リレー前群やリレー後群が構成するためのスペースが小さくなり、各種収差の補正が困難になり易い。また、下限値を超えると、リレー前群とリレー後群の間隔が過小となり、伝搬光学系の全長を確保しつつ、リレー光学系内において各種収差の良好な補正が困難になり易い。

リレー光学系をリレー前群とリレー後群とにより上記の如く構成する場合、リレー前群は、画像表示素子の側から中間光学素子の側へ向かって順に、正レンズ、負レンズ、正レンズの 3 枚を配して構成することが好ましい。

リレー前群をこのように構成することにより、色収差を十分に補正しつつ、特に球面収

50

差やコマ収差等を十分に補正することが可能である。上記正レンズ、負レンズ、正レンズの各レンズ面は非球面とすることが望ましい。

【0019】

リレー後群は、画像表示素子の側から中間光学素子の側へ向かって順に、正レンズ、負レンズの2枚を配して構成することができる。

このような構成により、リレー前群やコリメータ光学系における残存収差を、正・負2枚のレンズにより補正して、各種収差の十分な補正が容易に可能となる。リレー後群を正レンズ、負レンズで構成する場合、2枚のレンズの各レンズ面は非球面とすることが好ましい。

【0020】

上記構成において、中間光学素子の非回転対称曲面から、コリメータ光学系の最も導光部材の側の面までの間隔：TLA、リレー光学系の最も画像表示素子の側の面から、コリメータ光学系の最も導光部材側の面までの間隔：TLが、条件：

$$(3) \quad 0.1 < TLA / TL < 0.5$$

を満足することが好ましい。「間隔」は勿論、光軸上の値である。

条件(3)の上限値を超えると、非回転対称曲面と導光部材の間隔が過大となり、非回転対称曲面を持つ中間光学素子やコリメータ光学系の径が過大になり易く、下限値を超えると、非回転対称曲面と導光部材の間隔が過小となり、非回転対称曲面の効果が小さくなり、導光部材への入射範囲が過大となり易い。条件(4)を満足することにより、伝搬光学系の更なる小型化が可能となる。

【0021】

上記構成において、コリメータ光学系の厚さ：TLC、リレー光学系の厚さ：TLRが、条件：

$$(4) \quad 0.3 < TLC / TLR < 0.6$$

を満足することが好ましい。

条件(4)の上限値を超えると、コリメータ光学系が厚くなり、非回転対称曲面を有する中間光学素子やコリメータ光学系の径が過大となり易い。下限値を超えると、コリメータ光学系が薄くなり、コリメータ光学系内の各種収差の補正が困難となり易い。

【0022】

この発明の伝搬光学系はまた、リレー光学系の横倍率：__ relayが、条件：

$$(5) \quad -3.0 < __ relay < -1.0$$

を満足することが好ましい。

画像表示素子の画像表示領域が大きくなると、PCB等の電気系統の部品等も大きくなり、小型化が困難になり易い。

画角を広くするためには中間像は比較的大きい必要がある。

条件(5)は、このような観点から、リレー光学系の横倍率：__ relayの好適な範囲を規定するものである。

【0023】

中間光学素子が有する「非回転対称曲面」は、例えば「トロイダル面」や「シリンドリカル面」であることができ、中間光学素子は「トロイダルレンズ」や「シリンドリカルレンズ」であることができる。

この場合、中間光学素子としてのシリンドリカルレンズは、非回転対称曲面の無曲率の方向が「正のパワーが最も弱い断面である第2特定断面」でパワーが0であり、この方向に直交する断面における曲面形状が「特定断面の非円弧形状」である。

このようなシリンドリカルレンズは、トロイダルレンズ等の自由曲面レンズと比較し加工しやすく、加工コストを安くできる。

【0024】

上記構成において、さらに、以下のようないくつかの条件(6)、(7)を満足することにより、伝搬光学系のさらなる高性能化が可能となる。

$$(6) \quad -0.5 < Pos1/Y < 0.5$$

10

20

30

40

50

条件(6)において、「Pos 1」は、「非回転対称曲面の光軸上の位置」から、中間像の位置までの距離であり、非回転対称曲面が「中間像の位置より画像表示素子側」にある場合を負とする。「Y」は、画像表示素子の画像表示領域の対角長である。

上限値を超えて下限値を超えて、非回転対称曲面と中間像の間隔が大きくなり、非回転対称な球面収差やコマ収差の発生を抑制するのが困難となり易い。

【0025】

伝搬光学系はまた、以下の条件(7)を満足することが好ましい。

【0026】

$$(7) \quad 0.4 < f_r / f_{rf} < 0.8$$

「 f_r 」は、リレー光学系の焦点距離(> 0)、「 f_{rf} 」はリレー前群の焦点距離である。

10

リレー前群は、リレー光学系の中で主に結像作用を有しており、リレー光学系に対して適切なパワー配置にすることが重要である。条件(7)の上限値を超えると、リレー前群の焦点距離が短くなり、下限値を超えると、リレー前群の焦点距離が長くなり、何れにしても「リレー前群内で発生する収差」の十分な補正が困難になり易い。

【0027】

上に説明した伝搬光学系を、図1における伝搬光学系20として用いることにより、画像を表示された画像表示素子10からの光を伝搬光学系20によって導光部材30に伝搬し、導光部材30中を導光させ、導光部材30から外部へ射出させ、射出した光により前記画像の虚像を表示する虚像表示装置を実現できる。

20

【0028】

また、図1に即して説明した虚像表示装置はHMDであり、従って、前述の「スマートグラス」のような「眼鏡型」に構成できる。

【0029】

以下、伝搬光学系の具体的な例を9例挙げる。

図2ないし図6に順次、伝搬光学系のレンズ構成を5例示す。

図2ないし図6において、X方向とY方向を、以下のように定める。

Y方向(以下において「垂直方向」とも呼ぶ。)は、画像表示素子10の画像表示領域の縦方向に対応する方向である。X方向(以下において「水平方向」とも呼ぶ。)は、画像表示領域の横方向に対応する方向である。

30

なお、Y方向は「方向」であり、上に説明した「画像表示素子の画像表示領域の対角長」とは異なることを付記しておく。

【0030】

画像表示領域のサイズは、以下に示す虚像表示装置の実施例1ないし3および5においては、Y方向(垂直方向)に3.12mm、X方向(水平方向)に4.992mmであり、対角長は5.89mmである。

また、伝搬光学系の実施例4における画像表示領域のサイズは、Y方向(垂直方向)に2.97mm、X方向(水平方向)に5.28mm、対角長は6.06mmである。

即ち、図1に示す虚像表示装置において、観察者が導光部材30を透して観察する虚像は「水平方向に長い横長の像」であり、図1(a)においてxy面に平行な面として観察される。そこで、この虚像に対応させて、画像表示領域の長手方向を水平方向(即ち「X方向」とし、短手方向を垂直方向(即ち「Y方向」とするのである。

40

X方向およびY方向に直交する方向をZ方向とし、図2ないし図6において、伝搬光学系の光軸方向に合致させる。

図2ないし図6において、(a)は伝搬光学系の「YZ面による断面形状」を示し、(b)は伝搬光学系の「XZ面による断面形状」を示している。図の左方が物体側である。即ち、これらの図において、(a)の上下方向がY方向(垂直方向)、(b)の上下方向がX方向(水平方向)である。

【0031】

繁雑を避けるため、図2～図6において符号を共通化する。

50

即ち、図 1 の符号を援用し、画像表示素子の画像表示領域に合致した画像表示面を符号 1 0 (図 5) により表し、この画像表示面に設けられた「カバーガラス」を符号 1 1 により表し、リレー光学系を符号 R L により、コリメータ光学系を符号 L C により表す。

中間光学素子を符号 L I により示し、符号 R L 1 により「リレー前群」を、符号 R L 2 により「リレー後群」を表す。また「開口絞り」を符号 S で示す。

図 2 ないし図 6 の例とも、伝搬光学系は、画像表示素子の側 (図の左方) から導光部材 (図示を省略されている) の側 (図の右方) に向かって順に、リレー光学系 R L 、中間光学素子 L I 、コリメータ光学系 L C を配してなり、リレー光学系 R L は、リレー前群 R L 1 、リレー後群 R L 2 により構成されている。

各例とも、リレー前群 R L 1 は、画像表示素子の側から順に、正・負・正の 3 枚のレンズにより構成され、リレー後群 R L 2 は同じ順に正・負の 2 枚のレンズにより構成されている。コリメータ光学系 L C は、同じ順に負・正の 2 枚のレンズにより構成されている。

【 0 0 3 2 】

リレー前群 R L 1 、リレー後群 R L 2 、コリメータ光学系 L C を構成する各レンズは、光軸 (Z 方向) に対して回転対称で、これらを光軸方向 (Z 方向) に配列したリレー前群 R L 1 、リレー後群 R L 2 、コリメータ光学系 L C も光軸に対して回転対称である。

リレー光学系 R L およびこれを構成するリレー前群 R L 1 、リレー後群 R L 2 は、何れも正のパワーを持ち、コリメータ光学系 L C も正のパワーを有する。

中間光学素子 L I は、 Y Z 面内はパワーがなく、 X Z 面内は正のパワーを有している。

【 0 0 3 3 】

即ち、図 2 ~ 図 6 の伝搬光学系の中間光学素子 L I は「シリンドリカルレンズ」であり、画像表示素子側 (リレー光学系 R L 側) の面はシリンドリカル面、コリメータ光学系 L C 側の面は平面である。

シリンドリカル面が「光軸に対して非回転対称な形状の非回転対称曲面」であり、非回転対称曲面の光軸を含む断面のうちで最も正のパワーが強い断面である「特定断面」は、図 2 ~ 図 6 の (b) に示すように X Z 面 (光軸を含む水平方向の面) であり、その形状は非円弧形状である。

【 0 0 3 4 】

以下に、図 2 ないし図 6 に示す伝搬光学系を用いる虚像表示装置の具体的な実施例を 5 例挙げる。実施例 1 ないし 5 における記号の意味は以下の通りである。

R x : X Z 面内における曲率半径

R y : Y Z 面内における曲率半径

D : 面間隔

N d : 屈折率

d : アップ数

また、非球面の非球面量 : は、近軸曲率半径の逆数 (近軸曲率) を C 、光軸からの高さを h 、円錐定数を K 、 4 次、 6 次、 8 次、 10 次の非球面係数を A 4 、 A 6 、 A 8 、 A 10 として、周知の次式 (A) で表される。

$$= C h^2 / \{ 1 + (1 - (1 + K) C^2 h^2) \} \\ + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + A_{10} \cdot h^{10}$$

(A)

40

【 0 0 3 5 】

以下の表示において「長さの次元を持つ量」の単位は、特に断らない限り「 mm 」である。

また、以下に挙げる実施例 1 ~ 5 において、導光部材としては、図 1 に説明したものとは異なり、全体が平行平板状で、図 1 に示す例における観察光取り出し部 30 B に相当する部分は、 X 方向に傾斜した複数の半透面で構成されている。

【 0 0 3 6 】

「実施例 1 」

実施例 1 は、図 2 に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向 (Y 方向) 、水平方向 (X 方向) 、対角方向のそれ

50

それについて以下の通りである。

画角 垂直方向：17.9度 水平方向：35.5度 対角方向：40.0度

また、虚像距離：1mである。

実施例1のデータを表1に示す。

【0037】

【表1】

	Ry	Rx	D	Nd	v d	
0			0.00			
1	∞	∞	0.70	1.51633	64.14	S-BSL7(OHARA)
2	∞	∞	11.50			
3*	-63.045	-63.045	2.08	1.53100	56	E48R(ZEON)
4*	-6.576	-6.576	0.20			
5*	-229.704	-229.704	1.64	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
6*	8.048	8.048	0.72			
7*	6.165	6.165	2.26	1.53100	56	E48R(ZEON)
8*	-61.294	-61.294	0.20			
9	絞り		15.12			
10*	-168.219	-168.219	2.48	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	-5.916	-5.916	4.61			
12*	-5.134	-5.134	0.94	1.53100	56	E48R(ZEON)
13*	20.079	20.079	10.94			
14*	∞	6.727	7.20	1.53100	56	E48R(ZEON)
15	∞	∞	3.58			
16*	-283.972	-283.972	4.20	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
17*	20.750	20.750	1.40			
18*	37.277	37.277	8.00	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	-9.395	-9.395	1.30			
20	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
21	∞	∞				

【0038】

表1において、最左列の欄は「面番号」であり、画像表示素子の側から順次の面番号を「絞り」の面を含めて示している。面番号の欄において「*印」を付した面は「非球面」である。また、最右欄は、レンズ等の材質の商品名を製造者とともに記載している。この標記の形式は、以下に順次挙げる実施例2ないし実施例5においても同一である。

実施例1を示す図2において、符号1-1は、画像表示素子の「画像表示領域に合致した画像表示面」に密着して設けられたカバーガラスを示しており、表1において、面番号：0が画像表示面、面番号：1、2がカバーガラス両面を示している。

面番号：3～13がリレー光学系RLを示し、面番号：9の絞りよりも画像表示素子側の面番号：3～8がリレー前群RL1、面番号：10～13がリレー後群RL2を示す。

【0039】

面番号：14、15は中間光学素子LIを示す。中間光学素子LIはシリンドリカルレンズであり、その画像表示素子側が、非球面形状のシリンドリカルレンズ面であり、面番号：14のRxが、特定断面における非円弧形状の「近軸曲率」である。

面番号：16～19がコリメータ光学系LCを示し、面番号：20～21は平行平板状の導光部材を示し、面番号：20と21の面間隔は、導光部材内における反射回数に応じて換算した値である。

面：21から観察者の目までの距離が「アイレリーフ」であり15mmである。

【0040】

「非球面データ」

非球面（表1）の面番号において「*印」を付した面（面番号：14を除く。）の非球面データを表2に示す。

【0041】

10

20

30

40

50

【表 2】

	K	A4	A6	A8	A10
3	0.000	-2.61811E-04	-4.40475E-05	1.78961E-05	-1.21807E-06
4	0.000	-9.98371E-04	3.49580E-04	-2.90112E-05	5.03403E-07
5	0.000	-9.79694E-04	3.62391E-04	-4.46026E-05	1.03563E-06
6	0.000	-1.68072E-04	-1.26362E-05	9.07903E-06	-6.34868E-07
7	0.000	-1.95501E-03	-1.17213E-04	2.27081E-05	-5.54134E-07
8	0.000	-1.59575E-03	-3.31045E-05	2.15092E-06	4.10687E-07
10	0.000	2.75964E-04	-1.78714E-05	-1.76136E-07	1.58750E-08
11	0.000	2.31805E-03	-4.30037E-05	8.54899E-07	1.39846E-08
12	0.000	2.80696E-03	-3.24267E-04	1.71895E-05	-2.88910E-07
13	0.000	-3.56293E-03	3.82499E-05	1.01405E-06	-3.24670E-08
16	0.000	-4.70743E-04	-4.60809E-06	5.68828E-08	-7.11595E-09
17	0.000	4.90218E-05	-5.91854E-06	3.00642E-08	-9.85769E-11
18	0.000	1.77575E-04	-1.52376E-06	-4.70266E-09	7.97978E-11
19	0.000	-1.12415E-05	-4.86714E-08	9.07794E-09	3.70864E-11

【0042】

表2の表記において、例えば「-2.61811E-04」とあるのは「-2.61811 × 10⁻⁴」を意味する。以下においても同様である。

【0043】

「特定断面」である面番号：14のXZ面内の非球面データを表3に示す。

【0044】

【表3】

	K	A4	A6	A8	A10
14	0.000	1.04575E-03	-1.16841E-04	3.99306E-06	-5.33054E-08

【0045】

「条件式のパラメータの値」

実施例1における伝搬光学系の条件式(1)～(7)の値を表4に示す。

【0046】

【表4】

Sag/H	0.10
TLRa/TLR	0.50
TLA/TL	0.37
TLC/TLR	0.45
B _{relay}	-2.07
Pos1/Y	-0.25
f_r/f_rf	0.65

10

20

30

40

【0047】

表4における条件式(1)のパラメータにおける「H」の値は「H = 6.0 mm」である。

【0048】

「実施例2」

実施例2は、図3に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向(Y方向)、水平方向(X方向)、対角方向のそれぞれについて以下の通りである。

画角 垂直方向：18.1度 水平方向：35.4度 対角方向：39.8度

50

また、虚像距離：1 mである。

実施例2のデータを表5に示す。

【0049】

【表5】

	Ry	Rx	D	Nd	v d	
0			0.00			
1	∞	∞	0.70	1.51633	64.14	S-BSL7(OHARA)
2	∞	∞	11.52			
3	-61.813	-61.813	1.82	1.53100	56	E48R(ZEON)
4*	-6.139	-6.139	0.71			
5*	267.271	267.271	0.90	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
6	7.328	7.328	0.87			
7*	7.618	7.618	2.36	1.53100	56	E48R(ZEON)
8*	-26.863	-26.863	0.20			
9	絞り		14.71			
10	-4011.813	-4011.813	3.19	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	-6.013	-6.013	4.79			
12*	-6.026	-6.026	2.50	1.53100	56	E48R(ZEON)
13*	10.744	10.744	9.34			
14*	∞	6.560	4.77	1.53100	56	E48R(ZEON)
15	∞	∞	5.10			
16*	-422.579	-422.579	6.00	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
17*	36.723	36.723	0.55			
18*	68.438	68.438	8.09	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	-9.471	-9.471	1.30			
20*	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
21*	∞	∞				

【0050】

実施例2を示す図3において、符号11は、画像表示素子の画像表示面に密着して設けられたカバーガラスを示しており、表5において、面番号：0が画像表示面、面番号：1、2がカバーガラス両面を示している。

面番号：3～13がリレー光学系RLを示し、面番号：9の絞りよりも画像表示素子側の面番号：3～8がリレー前群RL1、面番号：10～13がリレー後群RL2を示す。

【0051】

面番号：14、15は中間光学素子LIを示す。中間光学素子LIはシリンドリカルレンズであり、その画像表示素子側が、非球面形状のシリンドリカルレンズ面であり、面番号：14のRxが、特定断面における非円弧形状の「近軸曲率」である。

面番号：16～19がコリメータ光学系LCを示し、面番号：20～21は平行平板状の導光部材を示し、面番号：20と21の面間隔は、導光部材内における反射回数に応じて換算した値である。

面：21から観察者の目までの距離が「アイレリーフ」であり15mmである。

【0052】

「非球面データ」

非球面の非球面データを表2に倣って、表6に示す。

【0053】

10

20

30

40

50

【表 6】

	K	A4	A6	A8	A10
4	0.000	-3.80082E-05	7.13036E-07	5.20573E-07	1.68679E-08
5	0.000	-3.55061E-04	-9.13991E-05	-4.83027E-06	2.49382E-07
7	0.000	-2.40654E-03	2.739867E-05	7.15137E-06	-2.47477E-07
8	-35.000	-2.53952E-03	-2.46417E-05	3.60254E-06	-7.20825E-08
11	0.000	1.75513E-03	-1.49488E-05	3.75649E-07	9.00779E-09
12	0.000	1.64957E-03	-1.28225E-04	2.47161E-06	1.70788E-08
13	0.000	-3.50273E-03	8.47833E-05	-2.17848E-06	3.05921E-08
16	0.000	-4.79803E-04	-4.69690E-06	2.94030E-08	-6.03853E-09
17	0.000	-5.09394E-05	1.58555E-06	-3.03898E-08	-1.42785E-11
18	0.000	5.31855E-06	5.39257E-06	-8.03933E-08	3.79922E-10
19	-0.517	-5.22301E-05	1.00256E-06	-1.98443E-08	2.68220E-10

【0054】

「特定断面」である面番号：14のXZ面内の非球面データを表7に示す。

【0055】

【表7】

	K	A4	A6	A8	A10
14	0.000	7.94534E-04	-1.03141E-04	3.62205E-06	-5.12616E-08

10

20

【0056】

「条件式のパラメータの値」

実施例2の伝搬光学系の条件式(1)～(7)の値を表8に示す。

【0057】

【表8】

Sag/H	0.13
TLRa/TLR	0.46
TLA/TL	0.37
TLC/TLR	0.46
B_relay	-2.00
Pos1/Y	-0.22
f_rf/f_rf	0.59

30

【0058】

条件式(1)のパラメータにおける「H」の値は「H = 6.0 mm」である。

【0059】

「実施例3」

実施例3は、図4に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向(Y方向)、水平方向(X方向)、対角方向のそれ
ぞれについて以下の通りである。

画角 垂直方向：18.1度 水平方向：35.9度 対角方向：40.1度

また、虚像距離：1mである。

実施例3のデータを表9に示す。

【0060】

40

50

【表 9】

	Ry	Rx	D	Nd	νd	
0			0.00			
1	∞	∞	0.70	1.51633	64.14	S-BSL7(OHARA)
2	∞	∞	11.79			
3	1095.716	1095.716	2.62	1.53100	56	E48R(ZEON)
4*	-6.060	-6.060	0.20			
5*	-14.288	-14.288	0.90	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
6	25.047	25.047	0.20			
7*	10.859	10.859	1.85	1.53100	56	E48R(ZEON)
8*	-21.467	-21.467	0.20			
9	絞り		18.01			
10	-2890.588	-2890.588	4.00	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	-6.424	-6.424	4.79			
12*	-5.714	-5.714	1.30	1.53100	56	E48R(ZEON)
13*	11.091	11.091	6.98			
14*	∞	6.526	6.00	1.53100	56	E48R(ZEON)
15	∞	∞	4.39			
16*	-46.560	-46.560	4.81	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
17*	26.657	26.657	0.74			
18*	39.028	39.028	7.96	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	-9.147	-9.147	1.30			
20*	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
21*	∞	∞				

【0061】

実施例3を示す図4において、符号11は、画像表示素子の画像表示面に密着して設けられたカバーガラスを示しており、表9において、面番号：0が画像表示面、面番号：1、2がカバーガラス両面を示している。

面番号：3～13がリレー光学系RLを示し、面番号：9の絞りよりも画像表示素子側の面番号：3～8がリレー前群RL1、面番号：10～13がリレー後群RL2を示す。

【0062】

面番号：14、15は中間光学素子LIを示す。中間光学素子LIはシリンドリカルレンズであり、その画像表示素子側が、非球面形状のシリンドリカルレンズ面であり、面番号：14のRxが、特定断面における非円弧形状の「近軸曲率」である。

【0063】

面番号：16～19がコリメータ光学系LCを示し、面番号：20～21は平行平板状の導光部材を示し、面番号：20と21の面間隔は、導光部材内における反射回数に応じて換算した値である。

面：21から観察者の目までの距離が「アイレリーフ」であり15mmである。

【0064】

「非球面データ」

非球面の非球面データを表2に倣って、表10に示す。

【0065】

10

20

30

40

50

【表 1 0】

	K	A4	A6	A8	A10
4	0.000	8.51017E-05	6.09650E-06	-1.57281E-06	1.13219E-07
5	0.000	6.11496E-05	-8.52846E-05	-3.56573E-06	2.15850E-07
7	0.000	-2.40046E-03	8.91528E-06	6.53305E-06	-5.24843E-07
8	-70.000	-2.69923E-03	-1.23764E-05	2.41996E-06	-2.45192E-07
11	0.000	1.64239E-03	-1.31771E-05	3.60878E-07	6.00088E-09
12	0.000	5.09632E-04	-3.72173E-05	1.40317E-06	3.22115E-08
13	0.000	-4.62292E-03	1.26195E-04	-2.85056E-06	3.65411E-08
16	0.000	1.08922E-04	-3.60636E-05	1.21625E-06	-2.89565E-08
17	0.000	6.69376E-05	-2.29243E-06	-2.89254E-08	1.08118E-10
18	0.000	-1.03824E-05	4.93013E-06	-9.17496E-08	5.12229E-10
19	-0.430	-3.98452E-05	5.86308E-07	-1.41830E-08	3.08098E-10

【0 0 6 6】

「特定断面」である面番号：14のX Z面内の非球面データを表11に示す。

【0 0 6 7】

【表 1 1】

	K	A4	A6	A8	A10
14	0.000	4.24759E-03	-3.70432E-04	1.15043E-05	-1.35451E-07

10

20

【0 0 6 8】

「条件式のパラメータの値」

実施例3の伝搬光学系の条件式(1)～(7)の値を表12に示す。

【0 0 6 9】

【表 1 2】

Sag/H	0.11
TLRa/TLR	0.53
TLA/TL	0.37
TLC/TLR	0.40
B_relay	-1.92
Pos1/Y	-0.29
f_r/f_rf	0.57

30

【0 0 7 0】

条件式(1)のパラメータにおける「H」の値は「H = 6.0 mm」である。

【0 0 7 1】

「実施例4」

実施例4は、図5に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向(Y方向)、水平方向(X方向)、対角方向のそれ
ぞれについて以下の通りである。

40

画角 垂直方向：17.2度 水平方向：36.0度 対角方向：40.0度

また、虚像距離：1mである。

実施例4のデータを表13に示す。

【0 0 7 2】

50

【表 1 3】

	Ry	Rx	D	Nd	v d	
0			12.00			
1	289.158	289.158	2.42	1.53100	56	E48R(ZEON)
2*	-6.387	-6.387	0.92			
3*	-23.783	-23.783	0.90	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
4	13.401	13.401	0.21			
5*	8.935	8.935	1.99	1.53100	56	E48R(ZEON)
6*	-23.774	-23.774	0.20			
7	絞り		14.08			
8	-276.399	-276.399	4.50	1.53100	56	E48R(ZEON)
9*	-6.585	-6.585	5.21			
10*	-5.531	-5.531	2.72	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	14.563	14.563	6.77			
12*	∞	6.538	5.42	1.53100	56	E48R(ZEON)
13	∞	∞	5.19			
14*	-32.397	-32.397	4.24	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
15*	30.575	30.575	0.90			
16*	40.115	40.115	7.43	1.53100	56	E48R(ZEON)
17*	-8.770	-8.770	1.30			
18*	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	∞	∞				

【0073】

実施例 4 を示す図 5において、符号 10 は、画像表示素子の画像表示面を示しており、表 1 3において、面番号：0 が画像表示面、面番号：1 ~ 11 がリレー光学系 R L を示し、面番号：7 の絞りよりも画像表示素子側の面番号：1 ~ 6 がリレー前群 R L 1、面番号：8 ~ 11 がリレー後群 R L 2 を示す。

面番号：12、13 は中間光学素子 L I を示す。中間光学素子 L I はシリンドリカルレンズであり、その画像表示素子側が、非球面形状のシリンドリカルレンズ面であり、面番号：12 の Rx が、特定断面における非円弧形状の「近軸曲率」である。

面番号：14 ~ 17 がコリメータ光学系 L C を示し、面番号：18 ~ 19 は平行平板状の導光部材を示し、面番号：18 と 19 の面間隔は、導光部材内における反射回数に応じて換算した値である。

面：21 から観察者の目までの距離が「アイレリーフ」であり 15 mm である。

【0074】

「非球面データ」

非球面の非球面データを表 2 に倣って、表 1 4 に示す。

【0075】

【表 1 4】

	K	A4	A6	A8	A10
2	0.000	2.02617E-04	3.81441E-06	-1.09458E-06	5.73506E-08
3	0.000	2.02617E-04	3.81441E-06	-1.09458E-06	5.73506E-08
5	0.000	-2.48736E-03	6.96418E-06	5.84594E-06	-5.06996E-07
6	-70.000	-2.84061E-03	-2.41278E-05	1.50140E-06	-2.35530E-07
9	0.000	1.43493E-03	-7.97213E-06	3.30661E-07	8.04386E-09
10	0.000	1.43493E-03	-7.97213E-06	3.30661E-07	8.04386E-09
11	0.000	1.43493E-03	-7.97213E-06	3.30661E-07	8.04386E-09
14	0.000	-6.04597E-05	-3.41907E-05	1.03311E-06	-2.87406E-08
15	0.000	-6.04597E-05	-3.41907E-05	1.03311E-06	-2.87406E-08
16	0.000	-6.04597E-05	-3.41907E-05	1.03311E-06	-2.87406E-08
17	-0.465	-3.28683E-05	5.26193E-07	-8.57003E-09	3.57991E-10

【0076】

「特定断面」である面番号：12 の X Z 面内の非球面データを表 1 5 に示す。

【0077】

10

20

30

40

50

【表 1 5】

	K	A4	A6	A8	A10
12	0.000	5.03879E-03	-4.57696E-04	1.46891E-05	-1.72588E-07

【0 0 7 8】

「条件式のパラメータの値」

実施例 4 の伝搬光学系の条件式(1)~(7)の値を表 1 6 に示す。

【0 0 7 9】

【表 1 6】

Sag/H	0.10
TLRa/TLR	0.42
TLA/TL	0.37
TLC/TLR	0.38
B_relay	-1.98
Pos1/Y	-0.19
f_rf/f_rf	0.57

10

【0 0 8 0】

条件式(1)のパラメータにおける「H」の値は「H = 6.0 mm」である。

20

【0 0 8 1】

「実施例 5」

実施例 5 は、図 6 に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向(Y 方向)、水平方向(X 方向)、対角方向のそれについて以下の通りである。

画角 垂直(Y) 19.6 度 水平(X) 34.7 度 対角 40.0 度

虚像距離は「実質的に無限遠」である。

【0 0 8 2】

実施例 5 のデータを表 1 に倣って表 1 7 に示す。

30

【0 0 8 3】

【表 1 7】

	Ry	Rx	D	Nd	v_d	
0			0.00			
1	∞	∞	0.70	1.51633	64.14	S-BSL7(OHARA)
2	∞	∞	11.50			
3*	-26.652	-26.652	1.86	1.53100	56	E48R(ZEON)
4*	-6.422	-6.422	0.23			
5*	-21.541	-21.541	2.22	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
6*	13.816	13.816	0.12			
7*	7.759	7.759	2.51	1.53100	56	E48R(ZEON)
8*	-17.711	-17.711	0.20			
9	絞り		15.22			
10*	140.342	140.342	3.89	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	-5.932	-5.932	5.04			
12*	-4.808	-4.808	0.93	1.53100	56	E48R(ZEON)
13*	7.481	7.481	7.23			
14*	∞	6.584	6.00	1.53100	56	E48R(ZEON)
15	∞	∞	5.32			
16*	29.687	29.687	5.00	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
17*	18.358	18.358	1.91			
18*	52.344	52.344	7.30	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	-9.383	-9.383	1.30			
20	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
21	∞	∞				

40

【0 0 8 4】

50

「非球面データ」

非球面の非球面データを表2に倣って、表18に示す。

【0085】

【表18】

	K	A4	A6	A8	A10
3	0.000	5.50110E-04	-7.02951E-05	1.56971E-05	-8.30744E-07
4	0.000	-1.56030E-03	4.23722E-04	-2.61406E-05	3.47790E-07
5	0.000	-2.52881E-03	5.39148E-04	-4.53234E-05	9.72345E-07
6	0.000	-2.11284E-04	7.53890E-06	2.94117E-06	-2.50419E-07
7	0.000	-6.27722E-04	-1.66001E-04	1.65980E-05	-4.98434E-07
8	0.000	-4.36807E-04	-7.30603E-05	4.44546E-06	-5.71817E-08
10	0.000	6.22769E-04	-2.83778E-05	1.50134E-06	-1.61817E-08
11	0.000	2.52486E-03	-5.61126E-05	1.94691E-06	4.08042E-09
12	0.000	4.17141E-03	-5.90815E-04	3.82098E-05	-7.89407E-07
13	0.000	-5.30193E-03	9.15326E-05	1.14394E-06	-5.98876E-08
16	0.000	-4.78743E-04	-4.60809E-06	5.68828E-08	-7.11595E-09
17	0.000	1.62407E-04	-9.09702E-06	9.10528E-08	-5.86605E-10
18	0.000	9.60691E-05	1.82183E-06	-3.71149E-08	2.13800E-10
19	-0.422	-5.12818E-05	1.62730E-06	-2.33181E-08	3.15585E-10

【0086】

「特定断面」である面番号：14のXZ面内の非球面データを表19に示す。

【0087】

【表19】

	K	A4	A6	A8	A10
14	0.000	3.86589E-03	-3.65998E-04	1.18369E-05	-1.39643E-07

【0088】

実施例5の伝搬光学系の条件式(1)～(7)の値を表20に示す。

【0089】

【表20】

Sag/H	0.10
TLRa/TLR	0.47
TLA/TL	0.39
TLC/TLR	0.44
B_relay	-2.06
Pos1/Y	0.03
f_rf/f_rf	0.50

【0090】

条件式(1)のパラメータにおける「H」の値は「H = 6.0 mm」である。

【0091】

図8ないし図12に実施例1～5で用いられた伝搬光学系に関する「横収差図」を示す。

【0092】

これら横収差図は、図7に示す虚像における垂直方向（上下方向）における位置「1、2、3」と水平方向（横方向）における位置（a）、（b）、（c）を組合せた位置における横収差を示すものである。

図8に示す横収差図を例にとって説明すると、図8において左図は、図7に示す虚像上の位置（a）におけるものであり、図8左図の下から上に向かって順次、図7における位置「1、2、3」における横収差を示す。この左図における左側は「XZ断面」、右側は「YZ断面」に係るものである。

10

20

30

40

50

即ち、図8左図は、図7の虚像上における位置(1,(a))、(2,(a))、(3,(a))の位置におけるものである。

同様に、図8の中央の図は、図7の虚像上における位置(1,(b))、(2,(b))、(3,(b))におけるものであり、図8右図は、図7の虚像上における位置(1,(c))、(2,(c))、(3,(c))におけるものである。

図9ないし図12においても、図8と同様である。

これら、図8ないし図12に示す横収差から明らかなように、実施例1～5において用いられている伝搬光学系は、良好な性能を有している。

また、実施例1～5の伝搬光学系は何れも、水平方向、垂直方向、対角方向とも広い画角を有し、特に水平方向(画像表示領域の長手方向)には、35度以上と極めて広い画角が実現され、非常に良好な像性能が確保されている。

【0093】

上には、図1の伝搬光学系20の具体的な例として、実施例1～5を説明した。実施例1～5においては、中間光学素子L1の非回転対称面がシリンドリカルレンズ面であり、特定断面において非球面形状を有し、第2特定断面はパワーが0であった。

この発明の伝搬光学系に含まれる中間光学素子の「非回転対称面」は、上記の如きシリンドリカルレンズ面に限らない。

非回転対称面として先に例示した、トロイダル面等の他にも種々の面が可能である。

以下、非回転対称面として「アナモルフィック非球面」を用いる場合を説明する。

この明細書における「アナモルフィック非球面」は、以下の如きものである。

アナモルフィック非球面において「光軸を含む断面」を考え、これらの断面の中で、最も正のパワーが強くなる断面を「特定断面1」と呼ぶ。そして、光軸を含む断面のうちで、この特定断面1に対して直交する断面を「特定断面2」と呼ぶ。

この明細書に謂う「アナモルフィック非球面」とは、前記特定断面1及び特定断面2における断面形状が共に非球面であるような非回転対称面である。

先に説明した「特定断面」は、上記特定断面1と同一であるが、先の説明における「第2特定断面」は「シリンドリカルレンズの無曲率の方向」に対応し、断面形状は直線であった。

アナモルフィック非球面における特定断面2は「その断面形状が非球面」である点において、第2特定断面と異なる。

【0094】

以下に挙げる具体的な実施例6～9においては、以下の式(B)により、非回転体主面の面形状を特定している。

$$\begin{aligned}
 Z = & \{ C_x X^2 + C_y Y^2 \} / [1 + (1 - (1 + K_x) C_x^2 X^2 - (1 + K_y) C_y^2 \\
 & Y^2)] \\
 & + A R_4 \cdot ((1 - A P_4) X^2 + (1 + A P_4) Y^2)^2 + A R_6 \cdot ((1 - A P_6) \\
 & X^2 + (1 + A P_6) Y^2)^3 + A R_8 \cdot ((1 - A P_8) X^2 + (1 + A P_8) Y^2)^4 \\
 & + A R_{10} \cdot ((1 - A P_{10}) X^2 + (1 + A P_{10}) Y^2)^5 \quad (B)
 \end{aligned}$$

式(B)において、 C_x はX軸方向における近軸曲率(近軸曲率半径の逆数)、 C_y はY軸方向における近軸曲率であり、 X 、 Y はアナモルフィック非球面の光軸からの位置座標であり、この位置座標におけるアナモルフィック非球面量が Z である。

【0095】

また、他の記号の意味は以下の通りである。

【0096】

K_x : X軸の円錐定数

K_y : Y軸の円錐定数

$A R_4$: 回転対称の4次係数

$A R_6$: 回転対称の6次係数

$A R_8$: 回転対称の8次係数

10

20

30

40

50

A R₁₀ : 回転対称の 10 次係数

A P₄ : 回転非対称の 4 次係数

A P₆ : 回転非対称の 6 次係数

A P₈ : 回転非対称の 8 次係数

A P₁₀ : 回転非対称の 10 次係数

上記の X 軸方向は、前述の水平方向に対応し、Y 軸方向は垂直方向に対応する。

【0097】

リレー光学系 L R およびコリメータ光学系 L C は、光軸に対して回転対称で正のパワーを有する。

【0098】

前述の如く、高性能でありながら、ある程度の光学全長を確保しつつ、コリメータレンズ L C のレンズ径を小さくするためには、伝搬光学系は「中間像を結像する」ようにするのが良く、リレー光学系 R L の径は比較的小さくできる。リレー光学系 R L を有することにより、機構上あるいは電気系統上の都合で「画像表示素子と伝搬光学系の間隔」を確保する必要がある場合にも対応できる。

図 1 を参照して説明すると、伝搬光学系 2 0 は、画像表示素子 1 0 の側から順に、リレー光学系 R L、中間光学素子 L I、コリメータ光学系 L C を配して構成され、中間像 I N が、リレー光学系 R L とコリメータ光学系 L C の間に結像されるので、中間光学素子 L I の「アナモルフィック非球面」の位置は中間像 I N に近くなり、非回転対称性に起因して発生する球面収差やコマ収差を小さくできる。

【0099】

アナモルフィック非球面の「特定断面 1」は、表示される虚像の水平方向（図 1 における x 方向）に対応させるのが良い。このようにすると、特定断面 1 において、伝搬光学系 2 0 の各軸外の主光線が、導光部材 3 0 の入射部 3 0 A の付近で光軸と交わるように光線を入射させることができ、目 E Y に効率良く光を伝搬できる。

特に導光部材 3 0 の入射部 3 0 A の特定断面 1 に対応する方向の開口幅（x - y 面の開口幅）が小さい場合でも、入射部 3 0 A による主光線の損失を低減でき、光の利用効率を高める事ができる。つまり、導光部材 3 0 を薄型としても（小型化・軽量化しても）主光線の損失が少なくすることができる。

【0100】

「特定断面 2」は、表示される虚像の垂直方向（図 1 における y 方向）に対応させるのが良い。このようにすると、特定断面 2 において、伝搬光学系 2 0 の各軸外の主光線が、目 E Y の付近で光軸と交わるように光線を入射させることができ、目 E Y に効率良く光を伝搬できる。

【0101】

上記構成において、アナモルフィック非球面の形状は、断面中で最も正のパワーが強い「特定断面 1」の近軸曲率半径 : R_p、特定断面 1 と直交する特定断面 2 の近軸曲率半径 : R_n が、条件 :

$$(11) \quad -0.9 < (R_p + R_n) / (R_p - R_n) < -0.3$$

を満足する形状であることが好ましい。

条件 (11) の上限値を超えると、正のパワーが最も強い特定断面 1 とこれに直交する特定断面 2 のパワーの差が過大となり、特定断面 1 において伝搬光学系 2 0 の各軸外の主光線が導光部材 3 0 の入射部 3 0 A の付近より伝搬光学系側で光軸と交わるようになり、目 E Y に効率良く光を伝搬することが困難になり易い。

下限値を超えると、最も正のパワーが強い特定断面 1 とこれに直交する特定断面 2 のパワーの差が過小となり、特定断面 1 において伝搬光学系 2 0 の各軸外の主光線が導光部材 3 0 の入射部 3 0 A の付近より目 E Y 側で光軸と交わるようになり、目 E Y に効率良く光を伝搬することが困難になり易い。

【0102】

近軸曲率半径は、面を測定し最小 2 乗法でフィッティングして求めることができる。

10

20

30

40

50

より高性能にするためには特定断面2の近軸曲率半径: R_n は負であることが好ましい。

【0103】

特定断面1の「非円弧形状」は、「光軸を離れるほど正のパワーが弱くなる形状」であることが好ましい。このようにすると、伝搬光学系の各軸外の主光線が、入射部30Aにより近い位置で光軸と交わるようにでき、より効率よく「目EYに光を伝搬」できる。

【0104】

上記「光軸を離れるほど正のパワーが弱くなる形状」は、アナモルフィック非球面の断面の中で最も正のパワーが強い特定断面1の形状のサグ量の最大値: Sag_p と、同じ光線高さにおいて該断面の近軸曲率の円で作られる断面のサグ量: Sag_{rp} が、条件:

$$(12) \quad 0.6 < Sag_p / Sag_{rp} < 1.0$$

を満足する形状であることが好ましい。

条件(12)の上限値を超えると、伝搬光学系20の高い軸外の主光線が、導光部材30の入射部30A付近より伝搬光学系側で光軸と交わるようになり、目EYに効率良く光を伝搬することが困難になり易い。逆に条件(12)の下限値を超えると、伝搬光学系20の高い軸外の主光線が、導光部材30の入射部30A付近より目EY側で光軸と交わるようになり、目EYに効率良く光を伝搬することが困難になり易い。

【0105】

特定断面2の「非円弧形状」は、「光軸を離れるほどパワーが弱くなる形状」であることが好ましい。このようにすると、伝搬光学系の高い軸外の主光線が、入射部30Aにより近い位置で光軸と交わるようにでき、より効率よく「目EYに光を伝搬」できる。

【0106】

特定断面2の「光軸を離れるほどパワーが弱くなる形状」は、アナモルフィック非球面の断面の中で最も正のパワーが強い特定断面1と直交する特定断面2の形状のサグ量の最大値: Sag_n と、同じ光線高さにおいて該断面の近軸曲率の円で作られる断面のサグ量: Sag_{rn} が、条件:

$$(13) \quad 0.6 < Sag_n / Sag_{rn} < 1.0$$

を満足する形状であることが好ましい。

【0107】

条件(13)の上限値を超えると、伝搬光学系20の高い軸外の主光線が、目EYより奥側で光軸と交わるようになり、目EYに効率良く光を伝搬することが困難になり易い。

【0108】

逆に、条件(13)の下限値を超えると、伝搬光学系20の高い軸外の主光線が、目EYより手前側で光軸と交わるようになり、目EYに効率良く光を伝搬することが困難になり易い。

【0109】

勿論、アナモルフィック非球面を用いる場合でも、先に説明した条件(2)~(7)の任意の1以上を満足することが好ましく、これらの条件の任の1以上を満足することにより、伝搬光学系の性能をよりたかめることができある。

【0110】

アナモルフィック非球面との関係において、上記条件に付き説明すると、条件(6)において、「Pos1」は「アナモルフィック非球面の光軸上の位置から、中間像の位置までの距離」であり、中間像が「アナモルフィック非球面の位置より画像表示素子側」にある場合を負とする。

「Y」は、画像表示素子の画像表示領域の対角長である。条件(6)の上限値を超えても下限値を超えてても、アナモルフィック非球面と中間像の間隔が大きくなり、非回転対称な球面収差やコマ収差の発生を抑制するのが困難となり易い。

【0111】

また、アナモルフィック非球面を用いる場合においても、リレー光学系は、画像表示素子の側から中間光学素子の側へ向かって順に、共に正の屈折力を有する前述の「リレー前群」、「リレー後群」を配して構成し、リレー前群とリレー後群の間隔が「リレー光学系

10

20

30

40

50

中で最も広い」構成とすることができます。

このようにすることにより、リレー前群とリレー後群との適切な間隔を確保し、伝搬光学系の全長を確保しつつ、各種収差を良好に補正することが可能となる。

この場合も、リレー光学系の厚さ：T L R、リレー前群とリレー後群との間隔：T L R a に、条件(2)を満足させることにより、リレー前群やリレー後群が構成するためのスペースを適正な大きさにし、伝搬光学系の全長を確保しつつ、リレー光学系内において各種収差の良好な補正を実現できる。

リレー光学系をリレー前群とリレー前群とにより上記の如く構成する場合、リレー前群は、画像表示素子の側から中間光学素子の側へ向かって順に、正レンズ、負レンズ、正レンズの3枚を配して構成することが好ましい。10

リレー前群をこのように構成することにより、色収差を十分に補正しつつ、特に球面収差やコマ収差等を十分に補正することが可能である。正レンズ、負レンズ、正レンズの各レンズ面は非球面とすることが好ましい。

【0112】

リレー後群は、画像表示素子の側から中間光学素子の側へ向かって順に、正レンズ、負レンズの2枚を配して構成することができます。

このような構成により、リレー前群やコリメータ光学系における残存収差を、正・負2枚のレンズにより補正して、各種収差の十分な補正が容易に可能となる。リレー後群を正レンズ、負レンズで構成する場合、2枚のレンズの各レンズ面は非球面とすることが好ましい。20

【0113】

また、条件(3)において、T L Aを、中間光学素子のアナモルフィック非球面から、コリメータ光学系の最も導光部材の側の面までの間隔とし、リレー光学系の最も画像表示素子の側の面から、コリメータ光学系の最も導光部材側の面までの間隔：T Lとすれば、T L AとT Lが、条件(3)を満足することにより、伝搬光学系の小型化が可能である。

【0114】

条件(4)を満足させることにより、アナモルフィック非球面を用いる場合においても、コリメータ光学系の厚さを適正に保ちつつ、アナモルフィック非球面を有する中間光学素子やコリメータ光学系の径が過大となるのを抑制し、コリメータ光学系内の各種収差の良好な補正が可能である。30

【0115】

また、条件(5)を満足させることにより、リレー光学系の横倍率：_ r e l a y を好適な範囲に設定できる。

【0116】

前記と同様に、条件(6)、(7)を満足することにより、伝搬光学系のさらなる高性能化が可能となる。

【0117】

以下に、非回転対称面として「アナモルフィック非球面」を用いる伝搬光学系の具体例を、実施例6～9として挙げる。

図13ないし図16に順次、実施例6～9の伝搬光学系のレンズ構成を、図2～図6に倣って示す。40

X方向とY方向は、図2ないし図6におけると同様に定める。

実施例6～9において、画像表示素子の大きさはY方向(垂直方向)に3.12mm、X方向(水平方向)に4.992mm、対角長：5.89mmであり、先に挙げた実施例1、2、3、および5におけるものと同一である。

【0118】

即ち、図1に示す虚像表示装置において、観察者が導光部材30を透して観察する虚像は「水平方向に長い横長の像」であり、図1(a)においてx y面に平行な面として観察される。この虚像に対応させて、画像表示領域の長手方向を水平方向(「X方向」)とし、短手方向を垂直方向(「Y方向」)とするのである。50

X 方向およびY 方向に直交する方向をZ 方向とし、図13ないし図16において、伝搬光学系の光軸方向に合致させる。

図13ないし図16においても、(a)は伝搬光学系の「YZ面による断面形状」を示し、(b)は伝搬光学系の「XZ面による断面形状」を示している。図の左方が物体側である。従って、これらの図の(a)の上下方向がY方向、(b)の上下方向がX方向である。

【0119】

図13～図16における符号は、図2～図6における各符号と共通化する。

即ち、図1の符号を援用し、画像表示素子の画像表示領域に合致した画像表示面に設けられた「カバーガラス」を符号L1により表し、リレー光学系を符号RLにより、コリメータ光学系を符号LCにより表す。

中間光学素子は符号LIIにより示し、符号RL1により「リレー前群」を、符号RL2により「リレー後群」を表す。また「開口絞り」は符号Sで示す。

図13～図16における符号30は「導光部材」を示している。

【0120】

図13ないし図16の例も、伝搬光学系は、画像表示素子の側(図の左方)から導光部材30の側に向かって順に、リレー光学系RL、中間光学素子LII、コリメータ光学系LCを配してなり、リレー光学系RLは、リレー前群RL1、リレー後群RL2により構成されている。

各例とも、リレー前群RL1は、画像表示素子の側から順に、正・負・正の3枚のレンズにより構成され、リレー後群RL2は同じ順に正・負の2枚のレンズにより構成されている。コリメータ光学系LCは、同じ順に負・正の2枚のレンズにより構成されている。

【0121】

リレー前群RL1、リレー後群RL2、コリメータ光学系LCを構成する各レンズは、光軸(Z方向)に対して回転対称で、これらを光軸方向(Z方向)に配列したリレー前群RL1、リレー後群RL2、コリメータ光学系LCも光軸に対して回転対称である。

リレー光学系RLおよびこれを構成するリレー前群RL1、リレー後群RL2は、何れも正のパワーを持ち、コリメータ光学系LCも正のパワーを有する。

図13～図16の伝搬光学系の中間光学素子LIIは「アナモルフィック非球面」を有するレンズであり、画像表示素子側(リレー光学系RL側)の面がアナモルフィック非球面、コリメータ光学系LC側の面は平面である。

アナモルフィック非球面が「非回転対称曲面」であり、非回転対称曲面の光軸を含む断面のうちで最も正のパワーが強い断面である「特定断面1」は、図13～図16の(a)に示すようにXZ面(光軸を含む水平方向の面)であり、図13～図16の(b)に示す特定断面2はYZ面であり、何れも非円弧形状である。

【0122】

以下に、図13ないし図16に示す伝搬光学系を用いる虚像表示装置の具体的な実施例6～9を挙げる。

実施例6～9の記号の意味は、先述の実施例1～5におけると同様であり、非球面は、前述の式(A)により、アナモルフィック非球面は前述の式(B)により表現する。

長さの次元を持つ量の単位は、特に断らない限り「mm」である。

実施例6～9においても、導光部材としては、実施例1～5において説明した、全体が平行平板状で、図1に示す例における観察光取り出し部30Bに相当する部分は、Y方向に傾斜した複数の半透面で構成されたものを用いる。

【0123】

実施例6～9のデータを示す表21等においても、表の左端列に示す面番号における面番号：0が画像表示面、面番号：1、2がカバーガラス両面を示し、面番号：3～13がリレー光学系RLを示し、面番号：9の絞りよりも画像表示素子側の面番号：3～8がリレー前群RL1、面番号：10～13がリレー後群RL2を示す。

【0124】

10

20

30

40

50

面番号：14、15は中間光学素子LIIを示す。中間光学素子LIIはアナモルフィック非球面を有するレンズであり、その画像表示素子側が、アナモルフィック非球面であり、面番号：14のRxが、特定断面1における非円弧形状の「近軸曲率」、Ryが特定断面2における非円弧形状の「近軸曲率」である。

面番号：16～19がコリメータ光学系LCを示し、面番号：20～21は平行平板状の導光部材を示し、面番号：20と21の面間隔は、導光部材内における反射回数に応じて換算した値である。

【0125】

「実施例6」

実施例6は、図13に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向(Y方向)、水平方向(X方向)、対角方向のそれぞれについて以下の通りである。

【0126】

画角 垂直(Y) 18.5度 水平(X) 35.4度 対角 40.0度

虚像距離：1mである。

実施例6のデータを表21に示す。

【0127】

【表21】

	Ry	Rx	D	Nd	νd	
0			0.00			
1	∞	∞	0.70	1.51633	64.14	S-BSL7(OHARA)
2	∞	∞	11.82			
3*	-39.696	-39.696	2.18	1.53100	56	E48R(ZEON)
4*	-6.503	-6.503	0.29			
5*	-3755.363	-3755.363	0.90	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
6*	8.732	8.732	0.51			
7*	6.269	6.269	2.20	1.53100	56	E48R(ZEON)
8*	-78.590	-78.590	0.20			
9	絞り		19.07			
10*	129.642	129.642	2.82	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	-6.215	-6.215	4.32			
12*	-5.296	-5.296	0.90	1.53100	56	E48R(ZEON)
13*	13.251	13.251	7.99			
14*	-51.048	6.585	6.00	1.53100	56	E48R(ZEON)
15	∞	∞	4.60			
16*	123.226	123.226	6.00	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
17*	21.001	21.001	1.38			
18*	47.480	47.480	6.33	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	-9.075	-9.075	1.30			
20	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
21	∞	∞				

10

20

30

【0128】

「非球面データ」

非球面の非球面データを表2に倣って表22に示す。

【0129】

40

50

【表 2 2】

	K	A4	A6	A8	A10
3	0.000	2.99731E-04	-9.54341E-05	1.55348E-05	-9.33793E-07
4	0.000	-1.05734E-03	3.23371E-04	-2.49305E-05	4.22980E-07
5	0.000	-1.86185E-03	4.89521E-04	-4.52525E-05	9.45573E-07
6	0.000	-2.50297E-04	3.94302E-05	-4.35740E-07	-3.16638E-07
7	0.000	-6.86270E-04	-1.78637E-04	1.68227E-05	-3.45262E-07
8	0.000	-6.93285E-04	-3.87683E-05	5.44894E-07	2.68866E-07
10	0.000	1.57112E-05	1.33564E-05	-5.03009E-07	6.58945E-09
11	0.000	1.85245E-03	-8.78364E-06	1.18013E-07	8.70699E-09
12	0.000	2.62484E-03	-2.43958E-04	1.10371E-05	-1.46569E-07
13	0.000	-3.38459E-03	2.70392E-05	1.05402E-06	-2.55106E-08
16	0.000	-4.78743E-04	-4.60809E-06	5.68828E-08	-7.11595E-09
17	0.000	-2.08401E-04	7.04191E-06	-1.81825E-07	1.01916E-09
18	0.000	-6.51757E-05	8.94762E-06	-1.54656E-07	8.63243E-10
19	-0.571	-4.82656E-05	8.64157E-07	-3.02594E-09	2.36819E-10

【0 1 3 0】

「アナモルフィック非球面の係数」

アナモルフィック非球面の円錐定数を表 2 3 に示す。

【0 1 3 1】

【表 2 3】

	Ky	Kx
14	0.000	0.000

【0 1 3 2】

アナモルフィック非球面の回転対称の係数を表 2 4 に示す。

【0 1 3 3】

【表 2 4】

	AR ₄	AR ₆	AR ₈	AR ₁₀
14	8.30789E-05	-8.68897E-06	1.62025E-07	-1.17543E-09

【0 1 3 4】

アナモルフィック非球面の回転非対称の係数を表 2 5 に示す。

【0 1 3 5】

【表 2 5】

	AP ₄	AP ₆	AP ₈	AP ₁₀
14	-1.81810E+00	-1.23091E+00	-1.12718E+00	-1.08816E+00

【0 1 3 6】

「条件式のパラメータの値」

実施例 6 の伝搬光学系の各条件式のパラメータの値を表 2 6 に示す。

【0 1 3 7】

10

20

30

40

50

【表 2 6】

(Rp+Rn)/(Rp-Rn)	-0.77
Sagp / Sag_rp	0.79
Sagn / Sag_rn	0.92
Pos1 / Y	-0.21
TLRa/TLR	0.58
TLA/TL	0.37
TLC/TLR	0.41
β_{relay}	1.99

10

【0 1 3 8】

条件式(12)のパラメータを計算する光線高さ: H = 5 . 9 であり、条件式(13)のパラメータを計算する光線高さ: H = 3 . 7 である。

【0 1 3 9】

「実施例 7」

実施例 7 は、図 14 に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向(Y 方向)、水平方向(X 方向)、対角方向のそれについて以下の通りである。

【0 1 4 0】

画角 垂直(Y) 18 . 8 度 水平(X) 35 . 5 度 対角 40 . 0 度

虚像距離: 1 m である。

実施例 7 のデータを表 2 7 に示す。

【0 1 4 1】

【表 2 7】

	Ry	Rx	D	Nd	νd	
0			0.00			
1	∞	∞	0.70	1.51633	64.14	S-BSL7(OHARA)
2	∞	∞	11.73			
3*	-39.484	-39.484	2.25	1.53100	56	E48R(ZEON)
4*	-6.520	-6.520	0.52			
5*	249.561	249.561	0.90	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
6*	8.470	8.470	0.47			
7*	6.135	6.135	2.35	1.53100	56	E48R(ZEON)
8*	-102.133	-102.133	0.20			
9	絞り		19.21			
10*	107.278	107.278	2.84	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	-6.335	-6.335	4.37			
12*	-5.458	-5.458	0.91	1.53100	56	E48R(ZEON)
13*	12.997	12.997	7.62			
14*	-40.807	6.898	6.00	1.53100	56	E48R(ZEON)
15*	-55.552	-55.552	4.45			
16*	-343.748	-343.748	6.00	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
17*	21.336	21.336	1.24			
18*	37.567	37.567	6.38	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	-9.081	-9.081	1.30			
20	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
21	∞	∞				

30

【0 1 4 2】

「非球面データ」

非球面の非球面データを表 2 に倣って表 2 8 に示す。

【0 1 4 3】

40

50

【表 2 8】

	K	A4	A6	A8	A10
3	0.000	2.17772E-04	-4.12854E-05	9.72053E-06	-7.35922E-07
4	0.000	-1.08045E-03	3.13349E-04	-2.31998E-05	3.79760E-07
5	0.000	-1.82779E-03	4.61859E-04	-4.28284E-05	9.44787E-07
6	0.000	-2.43031E-04	3.51200E-05	-1.19390E-07	-3.07823E-07
7	0.000	-7.30612E-04	-1.73556E-04	1.74989E-05	-4.20640E-07
8	0.000	-7.41881E-04	-2.57386E-05	3.82801E-07	2.35566E-07
10	0.000	-8.46081E-05	1.90782E-05	-4.23332E-07	2.52192E-09
11	0.000	1.62297E-03	3.65626E-06	-5.51422E-08	6.06075E-09
12	0.000	2.13648E-03	-1.49079E-04	4.25265E-06	-2.33543E-08
13	0.000	-3.13937E-03	2.73068E-05	1.51446E-07	-5.98977E-09
15	0.000	-7.02120E-05	1.05079E-05	-2.40669E-07	2.46177E-09
16	0.000	-4.78743E-04	-4.60809E-06	5.68828E-08	-7.11595E-09
17	0.000	-2.12149E-04	6.07956E-06	-1.48577E-07	7.51206E-10
18	0.000	-4.95982E-05	6.93974E-06	-1.20040E-07	6.78296E-10
19	-0.579	-3.70110E-05	6.83450E-07	-3.02120E-09	2.46618E-10

10

【0 1 4 4】

「アナモルフィック非球面の係数」

アナモルフィック非球面の円錐定数を表 2 9 に示す。

20

【0 1 4 5】

【表 2 9】

	Ky	Kx
14	0.000	0.000

【0 1 4 6】

アナモルフィック非球面の回転対称の係数を表 3 0 に示す。

30

【0 1 4 7】

【表 3 0】

	AR₄	AR₆	AR₈	AR₁₀
14	1.17244E-04	-8.38655E-06	1.65241E-07	-1.06775E-09

【0 1 4 8】

アナモルフィック非球面の回転非対称の係数を表 3 1 に示す。

40

【0 1 4 9】

【表 3 1】

	AP₄	AP₆	AP₈	AP₁₀
14	-1.37007E+00	-1.16760E+00	-1.02288E+00	-1.01363E+00

【0 1 5 0】

「条件式のパラメータの値」

実施例 7 の伝搬光学系の各条件式のパラメータの値を表 3 2 に示す。

50

【0 1 5 1】

【表 3 2】

(Rp+Rn)/(Rp-Rn)	-0.71
Sagp / Sag_rp	0.83
Sagn / Sag_rn	0.98
Pos1 / Y	-0.22
TLRa/TLR	0.57
TLA/TL	0.37
TLC/TLR	0.40
β_{relay}	1.96

10

【0 1 5 2】

条件式(12)のパラメータを計算する光線高さ: H = 5 . 9 であり、条件式(13)のパラメータを計算する光線高さ: H = 3 . 7 である。

【0 1 5 3】

「実施例 8」

実施例 8 は、図 15 に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向(Y 方向)、水平方向(X 方向)、対角方向のそれについて以下の通りである。

【0 1 5 4】

画角 垂直(Y) 18 . 9 度 水平(X) 35 . 3 度 対角 40 . 0 度

虚像距離: 1 m である。

実施例 8 のデータを表 3 3 に示す。

【0 1 5 5】

【表 3 3】

	Ry	Rx	D	Nd	νd	
0			0.00			
1	∞	∞	0.70	1.51633	64.14	S-BSL7(OHARA)
2	∞	∞	11.68			
3*	-36.658	-36.658	2.29	1.53100	56	E48R(ZEON)
4*	-6.405	-6.405	0.61			
5*	314.048	314.048	0.90	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
6*	8.461	8.461	0.49			
7*	6.118	6.118	2.18	1.53100	56	E48R(ZEON)
8*	-98.683	-98.683	0.20			
9	絞り		19.56			
10*	101.987	101.987	3.03	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	-6.326	-6.326	4.34			
12*	-5.422	-5.422	0.90	1.53100	56	E48R(ZEON)
13*	12.890	12.890	7.11			
14*	-21.507	8.000	6.00	1.53100	56	E48R(ZEON)
15*	-22.644	-22.644	4.58			
16*	-150.920	-150.920	6.00	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
17*	21.927	21.927	1.19			
18*	38.382	38.382	6.32	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	-9.162	-9.162	1.30			
20	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
21	∞	∞				

20

30

40

【0 1 5 6】

「非球面データ」

非球面の非球面データを表 2 に倣って表 3 4 に示す。

【0 1 5 7】

50

【表 3 4】

	K	A4	A6	A8	A10
3	0.000	3.11269E-04	-4.14558E-05	8.67283E-06	-6.72406E-07
4	0.000	-9.13789E-04	2.62842E-04	-1.87087E-05	2.71956E-07
5	0.000	-1.74793E-03	4.15319E-04	-3.83713E-05	8.66332E-07
6	0.000	-2.41644E-04	3.47680E-05	-3.20938E-07	-2.85222E-07
7	0.000	-7.19498E-04	-1.69695E-04	1.65791E-05	-3.93746E-07
8	0.000	-7.12040E-04	-2.80635E-05	5.67887E-07	2.26008E-07
10	0.000	-4.58508E-05	1.81668E-05	-3.64516E-07	3.16062E-09
11	0.000	1.57308E-03	7.36628E-06	-2.46278E-07	1.08623E-08
12	0.000	1.49467E-03	-8.47791E-05	-2.29808E-07	8.47463E-08
13	0.000	-3.23060E-03	3.06788E-05	-2.06797E-07	4.04231E-09
15	0.000	-7.31884E-05	1.03905E-05	-2.12958E-07	1.38466E-09
16	0.000	-4.78743E-04	-4.60809E-06	5.68828E-08	-7.11595E-09
17	0.000	-2.31219E-04	6.13585E-06	-1.40930E-07	6.83235E-10
18	0.000	-5.60999E-05	6.80013E-06	-1.16103E-07	6.50097E-10
19	-0.575	-3.35421E-05	6.88178E-07	-3.79580E-09	2.43121E-10

【0 1 5 8】

「アナモルフィック非球面の係数」

アナモルフィック非球面の円錐定数を表 3 5 に示す。

【0 1 5 9】

【表 3 5】

	Ky	Kx
14	0.000	0.000

【0 1 6 0】

アナモルフィック非球面の回転対称の係数を表 3 6 に示す。

【0 1 6 1】

【表 3 6】

	AR₄	AR₆	AR₈	AR₁₀
14	2.58245E-04	-9.32734E-06	1.54793E-07	-9.75409E-10

【0 1 6 2】

アナモルフィック非球面の回転非対称の係数を表 3 7 に示す。

【0 1 6 3】

【表 3 7】

	AP₄	AP₆	AP₈	AP₁₀
14	-1.25053E+00	-1.16556E+00	-9.79655E-01	-8.91028E-01

【0 1 6 4】

「条件式のパラメータの値」

実施例 8 の伝搬光学系の各条件式のパラメータの値を表 3 8 に示す。

【0 1 6 5】

10

20

30

40

50

【表 3 8】

(Rp+Rn)/(Rp-Rn)	-0.46
Sagp / Sag_rp	0.95
Sagn / Sag_rn	0.99
Pos1 / Y	-0.21
TLRa/TLR	0.57
TLA/TL	0.37
TLC/TLR	0.39
β_{relay}	1.92

10

【0 1 6 6】

条件式(12)のパラメータを計算する光線高さ: H = 5.9 であり、条件式(13)を計算する光線高さ: H = 3.7 である。

【0 1 6 7】

「実施例 9」

実施例 9 は、図 16 に示したレンズ構成の伝搬光学系を用いる実施例である。

伝搬光学系の「画角」は、垂直方向(Y 方向)、水平方向(X 方向)、対角方向のそれについて以下の通りである。

【0 1 6 8】

画角 垂直(Y) 19.5 度 水平(X) 34.6 度 対角 40.0 度

虚像距離: 1 m である。

実施例 9 のデータを表 3 9 に示す。

【0 1 6 9】

【表 3 9】

	Ry	Rx	D	Nd	νd	
0			0.00			
1	∞	∞	0.70	1.51633	64.14	S-BSL7(CHARA)
2	∞	∞	11.19			
3*	-33.405	-33.405	2.51	1.53100	56	E48R(ZEON)
4*	-6.394	-6.394	0.75			
5*	-172.749	-172.749	0.93	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
6*	8.560	8.560	0.58			
7*	6.231	6.231	2.90	1.53100	56	E48R(ZEON)
8*	-45.757	-45.757	0.20			
9	絞り		16.95			
10*	131.746	131.746	2.94	1.53100	56	E48R(ZEON)
11*	-6.018	-6.018	4.66			
12*	-4.952	-4.952	0.91	1.53100	56	E48R(ZEON)
13*	9.671	9.671	6.77			
14*	-70.647	6.898	5.91	1.53100	56	E48R(ZEON)
15	∞	∞	5.20			
16*	74.488	74.488	6.00	1.63200	23	OKP4HT(Osaka Gas Chemicals)
17*	21.244	21.244	1.11			
18*	32.976	32.976	7.39	1.53100	56	E48R(ZEON)
19*	-9.389	-9.389	1.30			
20	∞	∞	42.69	1.53100	56	E48R(ZEON)
21	∞	∞				

20

30

40

【0 1 7 0】

「非球面データ」

非球面の非球面データを表 2 に倣って表 4 0 に示す。

【0 1 7 1】

50

【表 4 0】

	K	A4	A6	A8	A10
3	0.000	3.27069E-04	-1.78574E-05	7.50597E-06	-5.40216E-07
4	0.000	-1.20730E-03	2.90676E-04	-1.75694E-05	2.39631E-07
5	0.000	-1.91737E-03	4.22213E-04	-3.45347E-05	6.00032E-07
6	0.000	-1.94436E-04	2.75983E-05	4.25755E-06	-5.15839E-07
7	0.000	-8.22136E-04	-1.80489E-04	2.03990E-05	-5.79700E-07
8	0.000	-6.98195E-04	-5.05036E-05	3.71852E-06	6.10308E-08
10	0.000	1.83968E-04	-2.44547E-05	1.60437E-06	-1.87825E-08
11	0.000	2.07011E-03	-6.07144E-05	2.72431E-06	-1.77280E-08
12	0.000	2.22220E-03	-3.82188E-04	2.49803E-05	-4.76838E-07
13	0.000	-4.89637E-03	8.21883E-05	8.07100E-07	-3.90139E-08
16	0.000	-4.78743E-04	-4.60809E-06	5.68828E-08	-7.11595E-09
17	0.000	-7.94488E-05	1.29910E-06	-4.37167E-08	3.90021E-11
18	0.000	-3.44986E-05	5.36498E-06	-8.15318E-08	4.31115E-10
19	-0.519	-4.83821E-05	1.22922E-06	-2.03319E-08	3.49762E-10

【0 1 7 2】

「アナモルフィック非球面の係数」

アナモルフィック非球面の円錐定数を表 4 1 に示す。

【0 1 7 3】

【表 4 1】

	Ky	Kx
14	0.000	0.000

【0 1 7 4】

アナモルフィック非球面の回転対称の係数を表 4 2 に示す。

【0 1 7 5】

【表 4 2】

	AR₄	AR₆	AR₈	AR₁₀
14	3.22700E-04	-1.84623E-05	3.06962E-07	-2.02636E-09

10

20

30

【0 1 7 6】

アナモルフィック非球面の回転非対称の係数を表 4 3 に示す。

【0 1 7 7】

【表 4 3】

	AP₄	AP₆	AP₈	AP₁₀
14	-1.53968E+00	-1.36178E+00	-1.29961E+00	-1.24037E+00

【0 1 7 8】

「条件式のパラメータの値」

実施例 9 の伝搬光学系の各条件式のパラメータの値を表 4 4 に示す。

【0 1 7 9】

40

50

【表44】

$(R_p+R_n)/(R_p-R_n)$	-0.82
Sagp / Sag_rp	0.71
Sagn / Sag_rn	0.79
Pos1 / Y	0.03
TLRa/TLR	0.51
TLA/TL	0.39
TLC/TLR	0.43
β_{relay}	2.01

10

【0180】

条件式(12)のパラメータを計算する光線高さ: $H = 5.9$ であり、条件式(13)のパラメータを計算する光線高さ: $H = 3.7$ である。

【0181】

図17ないし図20に実施例6~9で用いられた伝搬光学系に関する「横収差図」を、図8ないし図12に倣って示す。図8ないし図12におけると同様、図7に示す虚像における垂直方向(上下方向)における位置「1、2、3」と水平方向(横方向)における位置(a)、(b)、(c)を組合せた位置における横収差を示すものである。

これら、図17ないし図20に示す横収差から明らかのように、実施例6~9において用いられている伝搬光学系は、良好な性能を有している。

実施例6~9の伝搬光学系も実施例1~5の実施例と同様、何れも、水平方向、垂直方向、対角方向とも広い画角を有し、特に水平方向(画像表示領域の長手方向)には、35度以上と極めて広い画角が実現され、非常に良好な像性能が確保されている。

【0182】

なお、図示の収差図は何れも、焦点距離: 17mmの理想レンズで結像した場合で計算している。

【0183】

実施例1~9に示された伝搬光学系を用いることにより、性能良好な虚像表示装置をHMDとして、「スマートグラスのような眼鏡型」に構成することができる。特に、薄型の導光部材を用いた場合でも、高い光利用効率と広い画角により良好な像性能が確保できるので、虚像表示装置を軽量かつ小型にすることができる。

30

【0184】

以上、発明の好ましい実施の形態について説明したが、この発明は上述した特定の実施形態に限定されるものではなく、上述の説明で特に限定していない限り、特許請求の範囲に記載された発明の趣旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

この発明の実施の形態に記載された効果は、発明から生じる好適な効果を列挙したに過ぎず、発明による効果は「実施の形態に記載されたもの」に限定されるものではない。

【符号の説明】

【0185】

1 0	画像表示素子
2 0	伝搬光学系
3 0	導光部材
E Y	目
R L	リレー光学系
R L 1	リレー前群
R L 2	リレー後群
L I	中間光学素子
L I I	アナモルフィック非球面を持つ中間光学素子
I N	中間像
L C	コリメータ光学系

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0186】

【文献】特許第5698297号公報

【文献】特許第5421285号公報

10

20

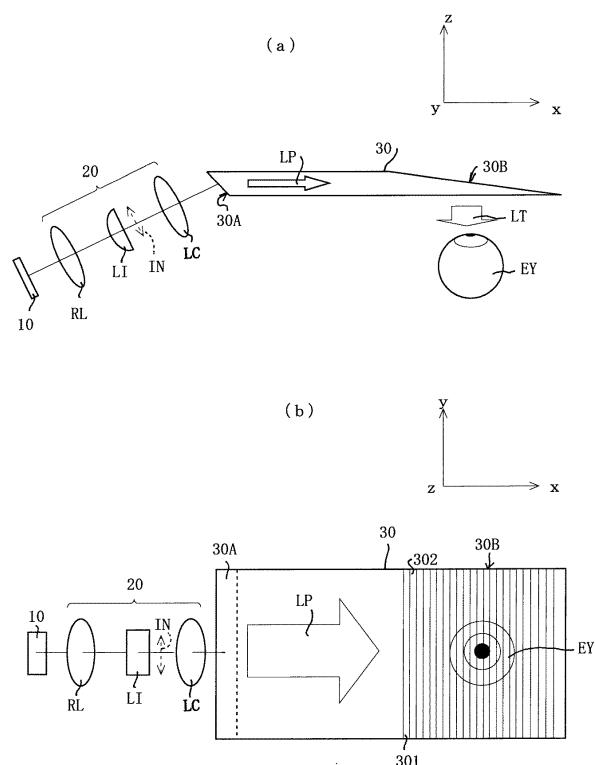
30

40

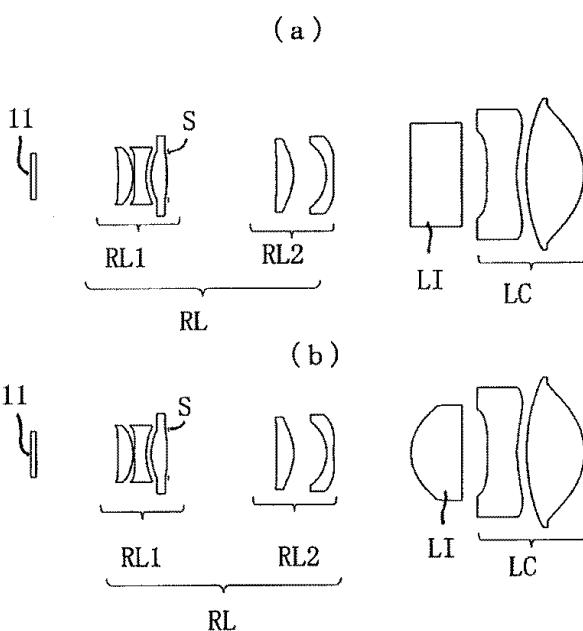
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



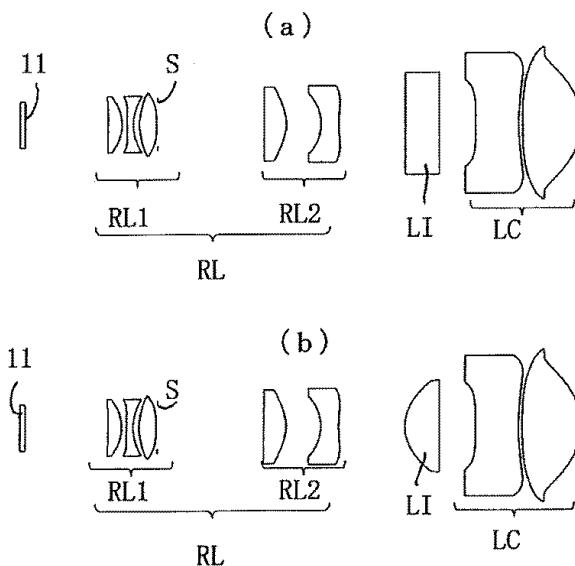
10

20

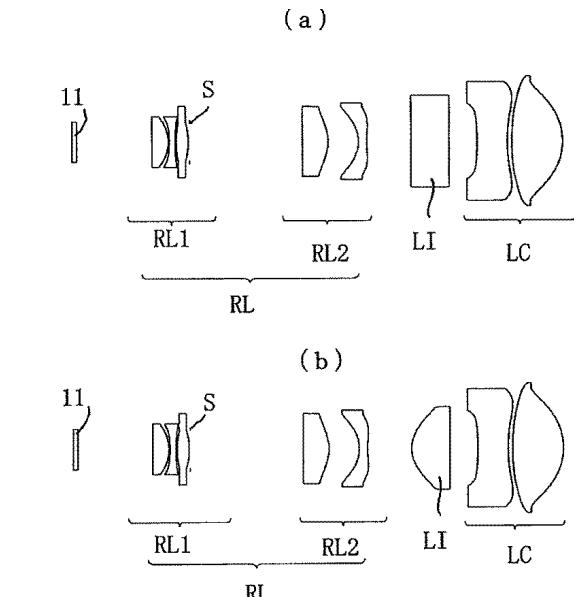
30

40

【図 3】

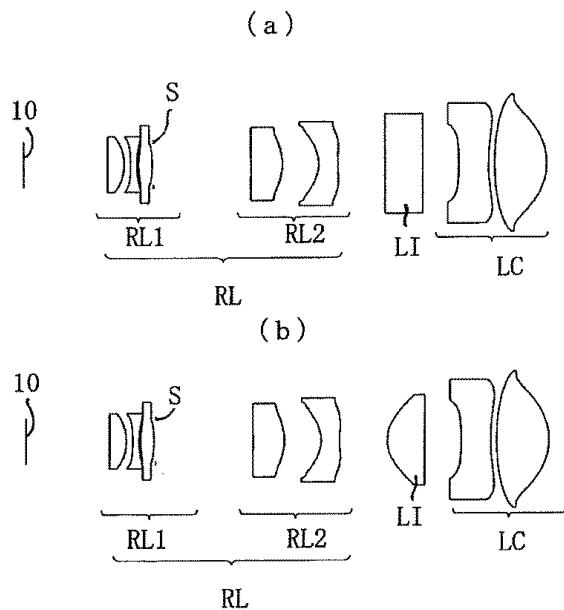


【図 4】

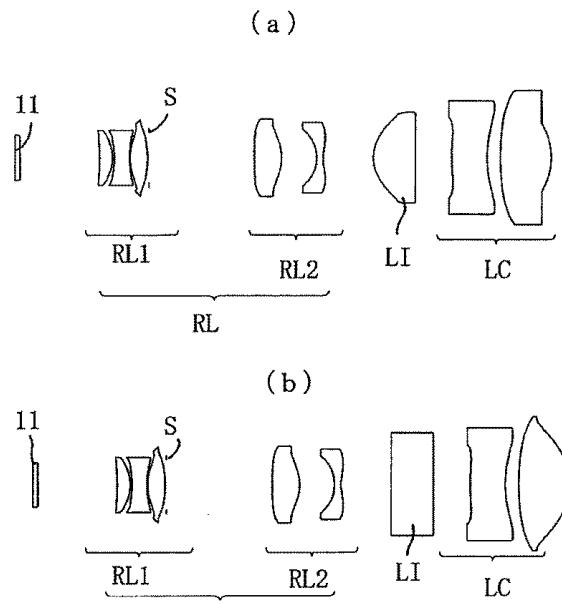


50

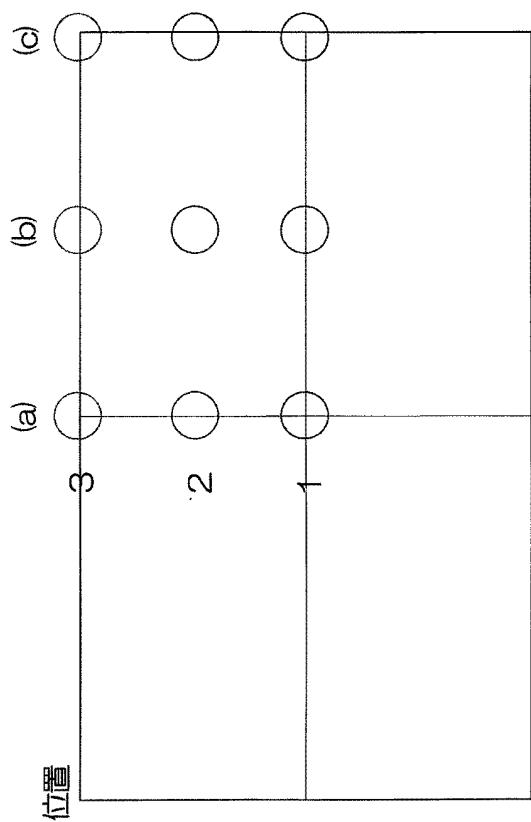
【図 5】



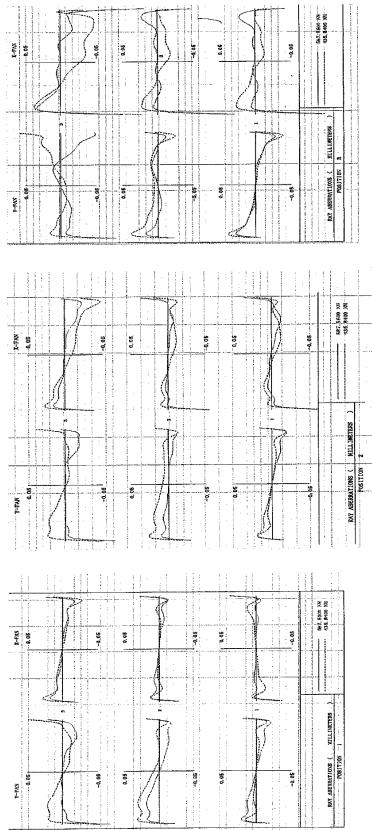
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

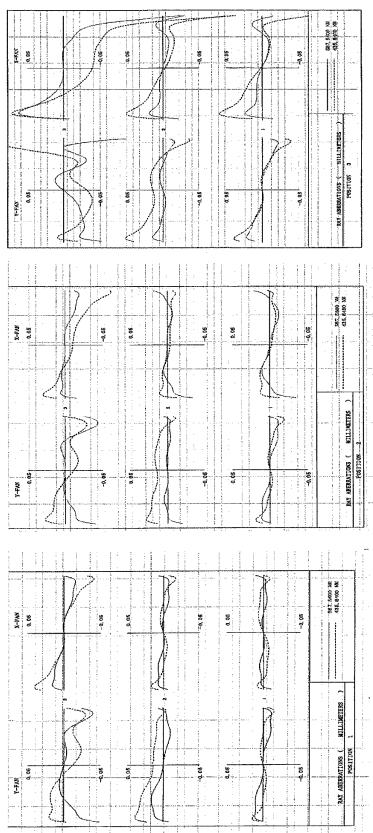
20

30

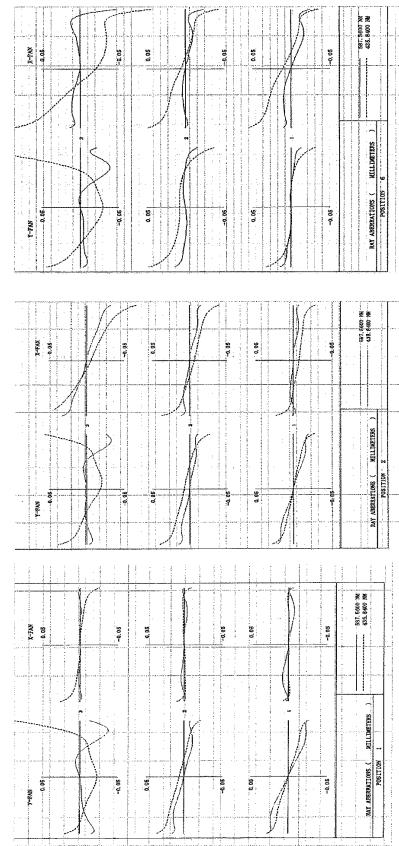
40

50

【図 9】



【図 10】



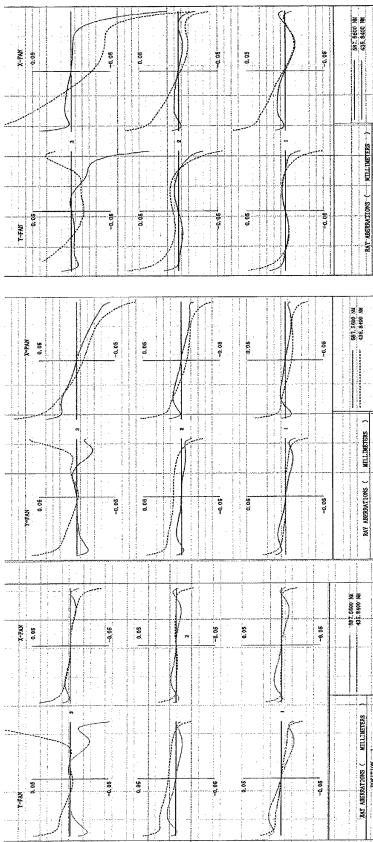
10

20

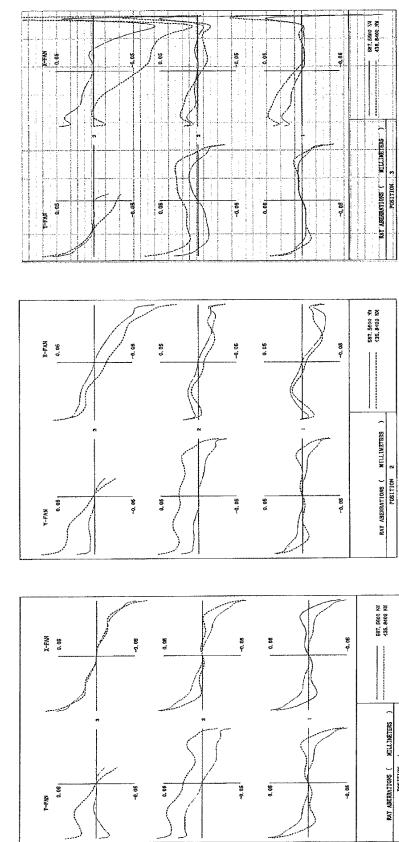
30

40

【図 11】

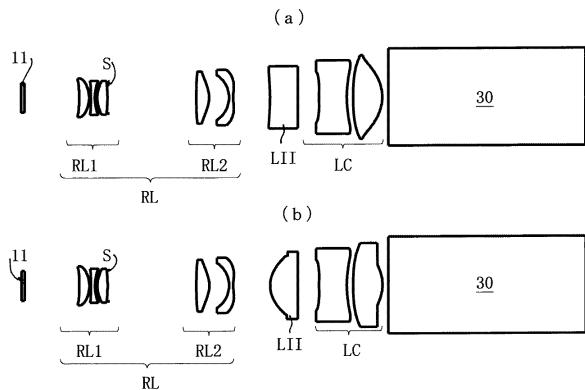


【図 12】

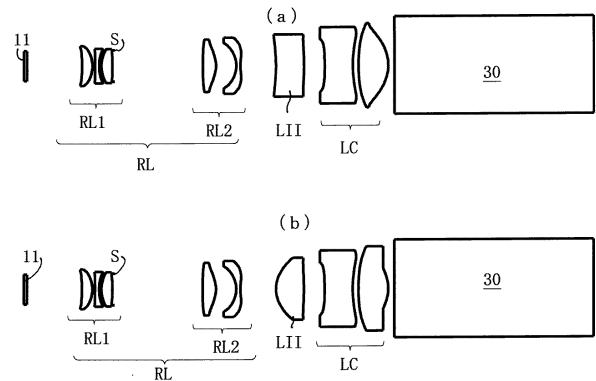


50

【図 1 3】

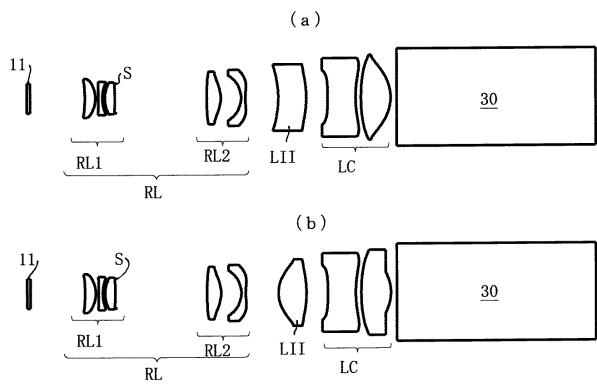


【図 1 4】

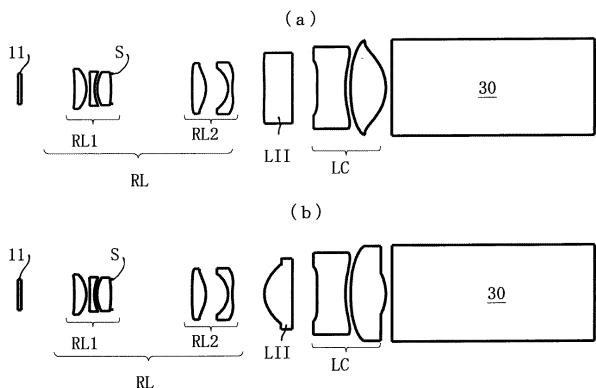


10

【図 1 5】



【図 1 6】



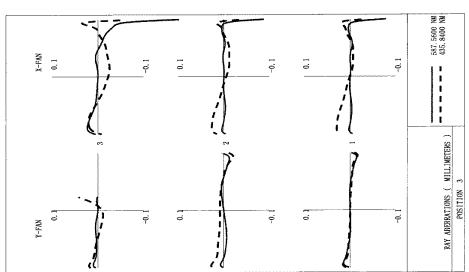
20

30

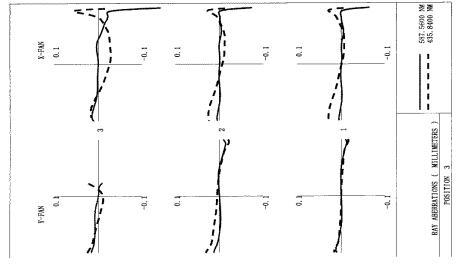
40

50

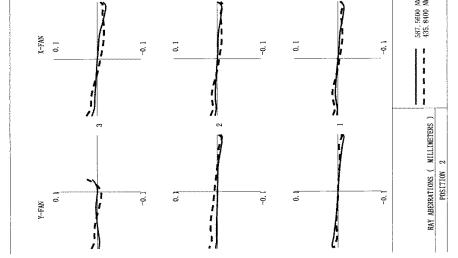
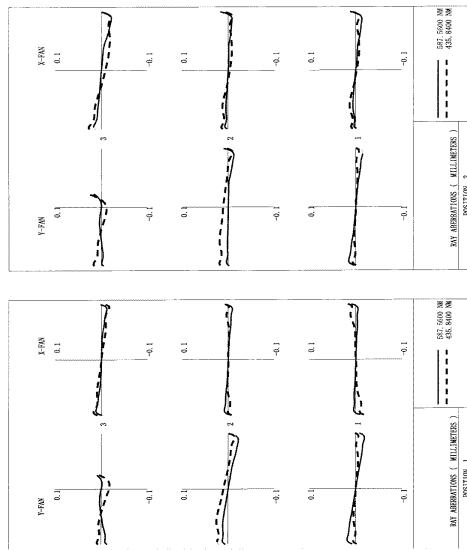
【図 17】



【図 18】

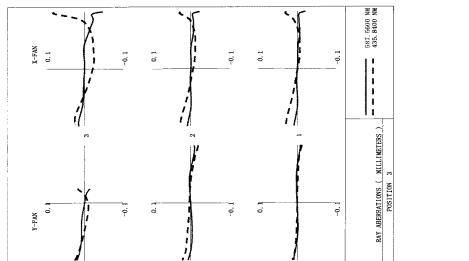


10

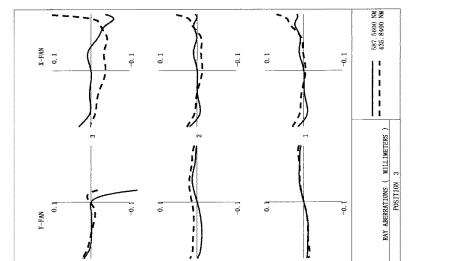


20

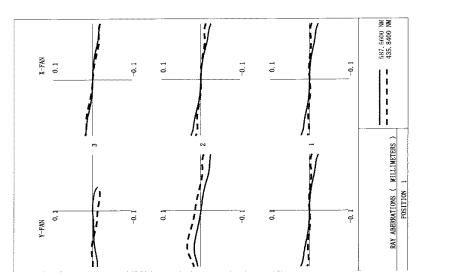
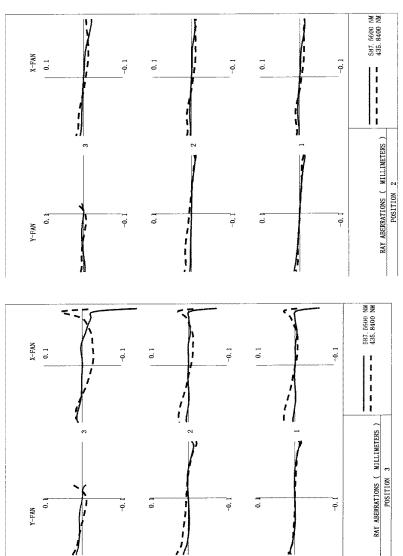
【図 19】



【図 20】



30



40

50

フロントページの続き

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 岡崎 駿

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 平野 成伸

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 片野 泰男

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 亀山 健司

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 五十嵐 規和

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 長谷川 愛乃

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 牧 隆史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 山田 正道

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 筒井 猛壮

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

審査官 濑戸 息吹

(56)参考文献 特表2012-520487(JP,A)

米国特許出願公開第2019/0278076(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08

G 02 B 21 / 02 - 21 / 04

G 02 B 25 / 00 - 25 / 04

G 02 B 27 / 00 - 30 / 60