

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5290092号
(P5290092)

(45) 発行日 平成25年9月18日(2013.9.18)

(24) 登録日 平成25年6月14日(2013.6.14)

(51) Int.Cl.

G02B 27/02 (2006.01)
HO4N 5/64 (2006.01)

F 1

G02B 27/02
HO4N 5/64 511A

請求項の数 21 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2009-200921 (P2009-200921)
(22) 出願日	平成21年8月31日 (2009.8.31)
(65) 公開番号	特開2011-53367 (P2011-53367A)
(43) 公開日	平成23年3月17日 (2011.3.17)
審査請求日	平成24年8月10日 (2012.8.10)

(73) 特許権者	000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(74) 代理人	100147485 弁理士 杉村 憲司
(74) 代理人	100119530 弁理士 富田 和幸
(74) 代理人	100147692 弁理士 下地 健一
(72) 発明者	杉原 良平 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパス株式会社内
(72) 発明者	井場 陽一 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】眼鏡型画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2次元画像を表示する表示素子を含み眼鏡のフレーム部に配置される画像射出部と、少なくとも一方の眼鏡レンズ近傍に配置され、前記眼鏡を観察者の頭部に装着した状態で、前記画像射出部から射出した画像光を、該観察者の眼球へ向けて反射させ、前記2次元画像の虚像を該観察者が観察できるように構成した反射部とを備え、

前記反射部は正の屈折力を持つ反射部材であり、

前記画像射出部から射出して前記観察者の眼球へ至る有効光束は、前記反射部に入射する前記画像光の入射面と平行な面であって、前記有効光束の光軸を含む断面において、前記反射部における前記有効光束の前記光軸に垂直方向の幅が、前記反射部以外における前記有効光束の前記光軸に垂直方向の幅と比較して、最小になるように構成したことを特徴とする眼鏡型画像表示装置。

10

【請求項 2】

前記最小の光軸の垂直方向断面の幅は、人間の平均的な瞳孔径である4mmよりも小さいことを特徴とする請求項1に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項 3】

前記反射部材の反射面は、前記画像光の入射面と平行な方向の幅が前記画像光の入射面と垂直な方向の幅よりも小さい形状であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項 4】

20

前記反射部材の反射面は、前記画像光の入射面と垂直な方向の幅が前記画像光の入射面と平行な方向の幅よりも小さい形状であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項5】

前記反射部材の反射面は、前記画像光の入射面と垂直な方向の幅と前記画像光の入射面と平行な方向の幅とが等しい円形形状であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項6】

前記表示素子は、縦横の長さが異なる矩形形状であり、該矩形形状の長手方向が前記反射部材の反射面の最小幅方向に対応するよう配置されていることを特徴とする請求項3に記載の眼鏡型画像表示装置。 10

【請求項7】

前記反射部材の反射面は、入射面と垂直な方向の曲率半径をRy、入射面と平行な方向の曲率半径をRxとすると、Rx > Ryとなることを特徴とする請求項1から請求項4の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項8】

前記反射部材の反射面は、自由曲面であることを特徴とする請求項1から請求項7の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項9】

前記画像射出部から射出して前記観察者の眼球へ至る有効光束は、 20

前記反射部材に入射する前記画像光の入射面と平行な面であって、前記有効光束の光軸を含む断面における射出瞳位置である横方向瞳位置が、該反射部材近傍であることを特徴とする請求項1から請求項8の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項10】

前記反射部材は、前記眼鏡レンズに埋め込まれていることを特徴とする請求項1から請求項9の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項11】

前記画像射出部は、前記反射部の反射面を中心として回動可能に保持されていることを特徴とする請求項1から請求項10の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項12】

前記反射部は、前記反射部材の反射面を通る回転軸で回動可能に保持されていることを特徴とする請求項1から請求項8の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。 30

【請求項13】

前記表示素子と前記反射部との間に偏角プリズムを有していることを特徴とする請求項1から請求項12の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項14】

前記表示素子は、前記観察者からみて前方に向けて配置され、

前記表示素子から射出された光線は、前記偏角プリズムに入射され、50°～70°偏角されて前記反射部方向に射出されることを特徴とする請求項13に記載の眼鏡型画像表示装置。 40

【請求項15】

前記偏角プリズムは、前記眼鏡のヨロイ部に保持され、

前記表示素子は、前記眼鏡のテンプル部に保持され、

前記表示素子を表示面に垂直な方向に移動調節可能としたことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項16】

前記偏角プリズムは、前記眼鏡のヨロイ部に保持され、

前記表示素子は、前記眼鏡のテンプル部に保持され、

前記表示素子を表示面に平行な方向に移動調節可能としたことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の眼鏡型画像表示装置。 50

【請求項 17】

前記表示素子と前記反射部との間に、前記反射部の偏心により発生する縦収差を補正する縦収差補正レンズを配置することを特徴とする請求項1_3から請求項1_6の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項 18】

前記縦収差補正レンズの面形状は、自由曲面形状であることを特徴とする請求項1_7に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項 19】

前記縦収差補正レンズは、前記偏角プリズムと一体形成されていることを特徴とする請求項1_7または請求項1_8に記載の眼鏡型画像表示装置。 10

【請求項 20】

前記表示素子は有機ELであることを特徴とする請求項1から請求項1_9の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【請求項 21】

前記反射部は、前記観察者の正面に関する投影断面が、該観察者の瞳孔を覆わない位置に配置されていることを特徴とする請求項1から請求項2_0の何れか1項に記載の眼鏡型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

20

本発明は、眼鏡型画像表示装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、眼鏡型画像表示装置として、例えば、眼鏡のテンプル側に保持された画像射出部と、眼鏡のレンズ近傍に保持された接眼光学部とを含む装置が提案されている。このような眼鏡型画像表示装置では、画像射出部から射出された表示すべき電子映像の画像光を、接眼光学部を介して観察者の眼球に入射させて観察できるように構成している。このような、眼鏡型画像表示装置は、通常、電子映像と眼鏡レンズを透過する背景画像とを重ね合わせて眼球内に表示（いわゆるシースルー表示）する。

【0003】

30

このような技術として、視界前方を遮るような凹面鏡と複数枚の投影レンズによるもの（例えば、特許文献1参照）、ホログラム素子を眼鏡レンズ部に配置したもの（例えば、特許文献2参照）などが知られている。また、このような眼鏡型画像表示装置として、画像射出部を眼鏡のフレーム等に保持して眼鏡レンズの外側から画像光を入射する構成（例えば、特許文献3参照）、眼鏡レンズ内に画像光を入射するための光路を構成するもの（例えば、特許文献4参照）などが知られている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開平5-303056号公報

40

【特許文献2】特開2006-209144号公報

【特許文献3】特表2001-522064号公報

【特許文献4】特表2000-511306号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、特許文献1に記載の技術では、大きな凹面鏡を用いることによる収差補正のために投影光学系が複雑であり、また凹面鏡の大きさによる干渉、シースルー機能を付加することの困難さがある。また、特許文献2に記載の技術では、ホログラム素子の波長選択性が高いことにより、レーザー光線のような光源を用いる、あるいは高性能な

50

フィルターによって一部の波長のみを用いるなど高コストの方法を必要とし、更に、ホログラム素子は装着者個別の視度（曲率）に応じて調節する機能を付加することが困難である。

【0006】

上記問題に鑑みて、本発明の課題は、外界視界を遮ることなく外界と電子画像を同時に観察することを可能とすると共に、小型軽量・低コスト化が可能な眼鏡型画像表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明は、2次元画像を表示する表示素子を含み眼鏡のフレーム部に配置される画像射出部と、少なくとも一方の眼鏡レンズ近傍に配置され、前記眼鏡を観察者の頭部に装着した状態で、前記画像射出部から射出した画像光を、該観察者の眼球へ向けて反射させ、前記2次元画像の虚像を該観察者が観察できるように構成した反射部とを備え、前記反射部は正の屈折力を持つ反射部材であり、前記画像射出部から射出して前記観察者の眼球へ至る有効光束は、前記反射部に対する光軸の入射面と平行な光軸断面で、該有効光束の光軸垂直方向の幅が前記反射部にて最小になるように構成する。すなわち、本構成の眼鏡型画像表示装置の光学系では、入射面と平行な光軸断面に関して、反射部材が実質的に開口絞りとして機能している。あるいは、このことを、入射面と平行な光軸断面に関する射出瞳位置が反射部材となるとも言い換えることができる。

【0008】

このとき、前記最小の光軸垂直方向断面の幅は、人間の平均的な瞳孔径である4mmよりも小さいことが好ましい。

【0009】

さらに、前記反射部材の反射面は、入射面と平行な方向の幅が入射面と垂直な方向の幅よりも小さい形状であることが好ましい。

【0010】

また、前記表示素子は、矩形形状であり、該矩形形状の長手方向が前記反射部材の反射面の最小幅方向に対応するよう配置されていることが好ましい。すなわち、反射部材は縦長なのにも拘らず、表示素子は横長である構成とする。

【0011】

さらに、前記反射部材の反射面は、入射面と垂直な方向の曲率半径を R_y 、入射面と平行な方向の曲率半径を R_x とすると、 $R_x > R_y$ となることが好ましい。すなわち、反射部材は、いわゆるトロイダルミラーである。

【0012】

また、前記反射部材の反射面は、自由曲面であることも好ましい。すなわち、反射部材の反射面は、いわゆる自由曲面ミラーである。

【0013】

さらに、前記画像射出部から射出して前記観察者の眼球へ至る有効光束は、前記反射部材の入射面と平行な光軸断面における射出瞳位置である横方向瞳位置が該反射部材近傍であり、前記反射部材の入射面と垂直な光軸断面における射出瞳位置である縦方向瞳位置が前記横方向瞳位置よりも前記観察者の眼球の瞳孔よりに位置することがこのましい。すなわち、入射面と平行な光軸断面に関しては反射部材が開口絞りとして機能するが、入射面と垂直な光軸断面に関しては反射部材が開口絞りとして機能してはいない。

【0014】

また、前記反射部材は、前記眼鏡レンズに埋め込まれていることが好ましい。

【0015】

また、前記画像射出部は、前記反射部の反射面を中心として回動可能に保持されていることが好ましい。

【0016】

また、前記反射部は、前記反射部材の反射面を通り入射面に垂直な軸で回動可能に保持

10

20

30

40

50

されていることが好ましい。

【0017】

また、前記表示素子と前記反射部との間に偏角プリズムを有していることが好ましい。

【0018】

また、前記表示素子は、前記観察者からみて前方に向けて配置され、前記表示素子から射出された光線は、前記偏角プリズムに入射され、 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 偏角されて前記反射部方向に射出されることが好ましい。

【0019】

また、前記偏角プリズムは、前記眼鏡のヨロイ部に保持され、前記表示素子は、前記眼鏡のテンプル部に保持され、前記表示素子を表示面に垂直な方向に移動調節可能とすることが好ましい。 10

【0020】

また、前記偏角プリズムは、前記眼鏡のヨロイ部に保持され、前記表示素子は、前記眼鏡のテンプル部に保持され、前記表示素子を表示面に平行な方向に移動調節可能とすることが好ましい。

【0021】

また、前記表示素子と前記反射部との間に、前記反射部の偏心により発生する縦収差を補正する縦収差補正レンズを配置することが好ましい。

【0022】

さらに、前記縦収差補正レンズの面形状は、自由曲面形状であることが好ましい。 20

【0023】

さらに、前記縦収差補正レンズは、前記偏角プリズムと一体形成されていることが好ましい。

【0024】

さらに、前記表示素子は有機ELであることが好ましい。

【0025】

また、前記反射部は、前記観察者の正面に関する投影断面が、該観察者の瞳孔を覆わない位置に配置することが好ましい。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、外界視界を遮ることなく外界と電子画像を同時に観察することを可能と共に、小型軽量・低コスト化が可能な眼鏡型画像表示装置を提供することができる。 30

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の第1実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の主要部分の概略を示す部分構成図である。

【図2】本発明の実施に用いる反射部の例を示す図である。

【図3】図1の眼鏡型画像表示装置を観察者が装着した状態における右眼側を示す正面図である。 40

【図4】本発明の第1実施形態における反射部の矩形形状の短手方向の幅について説明する図である。

【図5】本発明の第1実施形態の光学要素を抜き出した基本構成図である。

【図6】本発明の第1実施形態の光学系の横方向光軸断面および縦方向光軸断面の光線図である。

【図7】本発明の第2実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の構成および使用状態を示す図である。

【図8】本発明の第2実施形態の光学要素を抜き出した基本構成図である。

【図9】本発明の第2実施形態における眼幅調整の例を示す図である。

【図10】本発明の第2実施形態における眼幅調整の例を示す図である。 50

【図11】本発明の第3実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す図である。

【図12】本発明の第4実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す図である。

【図13】本発明の第4実施形態の光学系の光線図である。

【図14】本発明の第4実施形態の効果を説明するための比較用の光線図である。

【図15】本発明の反射部材が縦長であることによる偏心収差の低減の効果を説明するための光線図である。

【図16】自由曲面ミラーの反射面形状を円形にしたときの収差図である。

【図17】自由曲面ミラーの反射面形状を縦長の矩形にしたときの収差図である。

【図18】自由曲面ミラーの反射面形状を横長の矩形にしたときの収差図である。

【図19】本発明の第5実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す図である。 10

【図20】本発明の第6実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す図である。

【図21】本発明の第7実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す図である。

【図22】本発明の第8実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

【0029】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の主要部分の概略を示す部分構成図である。この図では、眼鏡型画像表示装置1を頭部に装着した際の、観察者の右眼の眼球2を併せて表示している。同図に示されるように、本実施形態の眼鏡型画像表示装置1は、眼鏡のフレーム部3に配置される画像射出部4と、画像射出部4から射出した画像光を、観察者の眼球2へ向けて反射する反射部5とを備える。 20

【0030】

画像射出部4は、2次元画像を表示する表示素子(図1には不図示)を内部に有し、画像光を射出する。表示素子としては、例えば液晶表示素子や有機EL素子等、一般的な表示素子を用いることができる。特に、表示素子として有機EL素子を用いた場合はバックライトが不要であるため、より小型軽量が達成され、かつ消費電力も少ない。

【0031】

反射部5は、眼鏡レンズ近傍に配置された正の屈折力を持つ反射部材であり、眼鏡を観察者の頭部に装着した状態で、画像射出部4から射出した画像光を、観察者の眼球2へ向けて反射させ、2次元画像の虚像を観察者が観察できるように配置されている。反射部5としては、図2に示されるように、(a)表面反射ミラー、(b)裏面反射ミラー、(c)眼鏡レンズへ埋め込まれたミラー、(d)全反射プリズム、などを用いることができる。表面反射ミラーおよび裏面反射ミラーは、それぞれ表面または裏面を金属蒸着や誘電体多層膜等の一般的なミラーコートを施したものを利用することができる。眼鏡レンズへ埋め込まれたミラーを用いた場合は、眼鏡レンズと空気との屈折により、傾斜角を軽減することができる。全反射プリズムを用いた場合は、ミラーコートなしに屈曲させることができる。 30

【0032】

図1に戻り、眼鏡フレーム3は、眼鏡レンズ6(または眼鏡レンズ6の枠)に固定され、眼鏡前面の両端に位置するヨロイ部7と、ヨロイ部7およびヒンジ8を介して折り曲げ可能に結合されたテンプル部9とを含んで構成されている。本実施形態の画像射出部4は、ヒンジ8を介して、テンプル部9によって保持され、眼鏡フレーム3の折りたたみ時に、テンプル部9と共に折り畳まれる。

【0033】

上記の配置では、画像射出部4から射出し、反射部5によって反射され、観察者の眼球2へ至る画像光は、眼鏡レンズ6および眼鏡フレーム3(および観察者の顔面)によって囲まれた空間を伝播する構成となっている。この構成により、観察者の視界を遮る障害物が可能な限り少なく、眼鏡フレーム3の折り畳み時に、(例えば画像射出部4が)干渉し 50

てしまう部品もない。

【0034】

図3は、観察者が装着した状態における図1の眼鏡型画像表示装置の右眼側を示す正面図である。図3に示されるように、本実施形態の眼鏡型画像表示装置では、観察者の方面方向に関する投影断面において、反射部5が観察者の瞳孔10を覆わない位置に配置されている。本実施形態では、反射部5をこの位置に配置することによって、通常時（観察者が眼鏡型画像表示装置からの情報よりも周囲からの情報に意識を向けている状態）に観察者の視界を十分確保し、本実施形態の眼鏡型画像表示装置を使用しているときでも観察者が安全に活動することができる。

【0035】

また、図3に示されるように、本実施形態の眼鏡型画像表示装置では、反射部5が縦長の矩形形状をしている。一方で、画像射出部4およびその内部の表示素子は横長の矩形形状をしている。すなわち、表示素子13の長手方向が、反射部5の最小幅方向に対応するように構成されている。このように構成することにより、横長表示の画像であっても、眼鏡と顔と間の狭いスペースに画像光線を導くことができる。また、本実施形態の眼鏡型画像表示装置では、反射部5が縦長の矩形形状をしていることから、眼鏡装着時の上下方向のズレに対しても許容度が高い。なお、縦長の反射部による上下方向のズレ許容度を、画像表示領域として利用すれば、縦長の表示画面（すなわち縦長の表示素子）に対しても、本実施形態の構成を利用することができる。

【0036】

さらに、本実施形態における反射部5が縦長の矩形形状であることは、光学性能の観点でもメリットを有する。反射部5の反射部材は正の屈折力を有し、図1に示されるように、画像射出部4から射出された画像光は、反射部5に対して偏心して入射され、瞳孔10方向に反射される。すなわち、本実施形態における反射部5では、入射面と平行方向の偏心収差が発生する。しかしながら、本実施形態における反射部5が縦長の（入射面と平行方向の幅が小さい）矩形形状であることにより、反射部5にて発生する偏心収差を低減することができる。なお、この収差補正に関しては、後の第4実施形態において収差図を用いて詳説する。

【0037】

図4は、本実施形態における反射部の矩形形状の短手方向の幅について説明する図である。すでに説明してあるように、本実施形態では、画像射出部4から射出された画像光は反射部5によって反射され、眼球2の瞳孔10に導かれる。したがって、反射部5は眼球2の視線（あるいは画像射出部4から射出された画像光の光軸）に対して傾斜して配置（偏心配置）される。すなわち、観察者の視界にとっての大きさは、実際の反射部5の大きさとは異なる。本実施形態では、反射部5の光軸垂直断面（視線方向の投影断面）における幅が4mm以下となるように構成されている。この4mmという数値は、人間の平均的な瞳孔径に基づき、反射部5の光軸垂直断面が4mmよりも小さい場合、反射部5に遮られない背景光が瞳孔10を通り網膜に像を作る、いわゆる瞳分割シースルーが実現され、背景光と画像射出部4から射出された画像光とが重ね合わされる。

【0038】

図5は、本実施形態の光学系をより詳説するために、本実施形態の光学要素を抜き出した基本構成図である。本実施形態の光学系は、図5に示されるように、光源11から放射された照明光を照明レンズ12によって略平行光に変換して（例えば液晶表示素子など）表示素子13に照射する。その後、表示素子13からは画像情報を含んだ画像光が射出され、正の屈折力を有する反射部5によって眼球方向に屈曲させ、観察者が表示素子13の虚像を観察する。

【0039】

図5に示されるように、本実施形態の光学系における紙面方向の光軸断面では、反射部5の口径が最も細くなっている。言い換えれば、反射部5の反射面の入射面と平行な方向の光軸断面に関して、反射部5が本実施形態の光学系の実質的開口絞りとして機能してい

10

20

30

40

50

る。あるいは、反射部 5 に射出瞳位置が存在していると表現してもよい。このように、本実施形態の光学系は、反射部 5 が射出瞳位置になっていることから、画像の形状（すなわち表示素子の形状）によらずに反射部 5 の形状を決定することができる。よって、本実施形態では、先述したように表示素子 13 が横長の矩形形状であるにも拘らず、反射部 5 が縦長の矩形形状とすることができる。

【0040】

また、光源 11 像が反射部 5 の近傍に位置する構成が好ましい。この構成によれば、光源 11 像から放射された光線が集光した状態で反射部 5 によって反射されるので、照明効率がよい。

【0041】

図 6 は、本実施形態の光学系の（a）横方向光軸断面（すなわち反射部での入射面と平行方向の光軸断面）と（b）縦方向光軸断面（すなわち反射部での入射面と垂直方向の光軸断面）との違いを説明する図である。なお、図 6 では紙面上に記載するために、反射部 5 での屈曲を直線と仮定して記載してある。

【0042】

図 6 (a) および (b) において、光軸上の主光線（すなわち光軸）は 2 点鎖線、光軸上のマージナル光線は実線、軸外の主光線は 1 点鎖線、軸外のマージナル光線は破線で表されている。図 6 (a) に示されるように、本実施形態の光学系では、横方向の光束が反射部 5 によって規定されている（つまり反射部 5 が開口絞りとして機能している）ので、軸外のマージナル光線が光軸に交わっている。一方で、図 6 (b) に示されるように、反射部 5 は縦方向に関しては十分に大きな口径を有しているので、実質的な絞りとしての機能を持たず、瞳孔 10 が開口絞りとして機能している。

【0043】

なお、本実施形態で図示した眼鏡型画像表示装置 1 は、右眼に対して電子映像を表示する構成としたが、左眼に対して電子映像を表示するようにしても良い。

【0044】

（第 2 実施形態）

図 7 は、本発明の第 2 実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す構成図である。この図では、眼鏡型画像表示装置 1 を頭部に装着した際の、観察者の眼球 2 を併せて表示している。同図に示されるように、本実施形態の眼鏡型画像表示装置 1 は、眼鏡のテンプル部 9 に配置される画像射出部 4 と、画像射出部 4 から射出した画像光を偏角する偏角プリズム 15 と、眼鏡レンズ 6 近傍に配置され、偏角プリズム 15 から射出した画像光を観察者の眼球 2 へ向けて反射する反射部 5 とを備える。

【0045】

画像射出部 4 は、2 次元画像を表示する表示素子 13 を内部に有し、画像光を射出する。表示素子 13 としては、第 1 実施形態と同様に、例えば液晶表示素子や有機 E L 素子等、一般的な表示素子を用いることができる。次に、表示素子 13（すなわち画像射出部 4）から射出された画像光は、偏角プリズム 15 に入射され、 $50^\circ \sim 70^\circ$ 偏角されて、反射部方向に射出される。反射部 5 は正の屈折力を持つ反射部材であり、表示素子 13 の画像を拡大し、観察者は表示素子 13 の虚像を観察する。図 7 に示された実施形態では、偏角プリズム 15 と一体で成型された縦収差補正レンズ 14 を有し、反射部 5 の偏心による収差を補正する。

【0046】

また、偏角プリズム 15 の例としては、頂角が $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ のプリズム（いわゆる 30° プリズム）を用いることができる。 30° プリズムを用いた場合、頂角 90° の角の対向面に画像光を垂直入射し、頂角 60° の角の対向面で反射し、頂角 90° の角の対向面で全反射し、頂角 30° の角の対向面から射出することによって、 60° の偏角が実現できる。

【0047】

反射部 5 は、正の屈折力を持つ反射部材であり、眼鏡を観察者の頭部に装着した状態で

10

20

30

40

50

、画像射出部 4 から射出した画像光を、観察者の眼球 2 へ向けて反射させ、2 次元画像の虚像を観察者が観察できるように配置されている。第 1 実施形態と同様に、反射部 5 としては、(a) 表面反射ミラー、(b) 裏面反射ミラー、(c) 眼鏡レンズへ埋め込まれたミラー、(d) 全反射プリズム、などを用いることができる(図 2 を参照)。なお、反射部 5 は、第 1 実施形態と同様に、観察者の方面方向に関する投影断面において、反射部 5 が観察者の瞳孔 10 を覆わない位置に配置されている(図 3 を参照)。本実施形態でも、反射部 5 をこの位置に配置することによって、通常時に観察者の視界を十分確保し、本実施形態の眼鏡型画像表示装置を使用しているときでも観察者が安全に活動することができる。特に、本実施形態では、偏角プリズム 15 によって、第 1 実施形態よりも、反射部 5 により鋭角に光線を入射することができるので、反射部 5 をより視界を遮らない位置に配置することができる。

【 0 0 4 8 】

図 7 に示される本実施形態において、偏角プリズム 15 は眼鏡のヨロイ部 7 に保持されている。さらに、画像射出部 4 は、眼鏡のテンプル部 9 に保持され、表示素子 13 の表示面に垂直な方向に移動調節可能な構成となっている。この構成により、表示素子 13 と偏角プリズム 15 との間の距離を変更することにより、視度調整を行うことができる。また、表示素子 13 を表示面に平行な方向に移動調節可能な構成とすれば、眼幅調節が可能な構成とすることができます。

【 0 0 4 9 】

図 8 は、本実施形態の光学系をより詳説するために、本実施形態の光学要素を抜き出した基本構成図である。本実施形態の光学系は、図 8 に示されるように、表示素子 13 から画像情報を含んだ画像光が射出され、偏角プリズム 15 によって偏角され、画像光を反射部 5 に導く。反射部 5 では入射された画像光を反射し、観察者の瞳孔 10 の方向に画像光を屈曲させる。この場合の反射部 5 における入射面は紙面方向と一致し、観察者からみると略水平方向となっている。また、偏角プリズム 15 と一緒に成型された縦収差補正レンズ 14 は、反射部 5 の偏心による収差を補正する。本実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、紙面方向の光軸断面の光束径は、反射部 5 にて最も細くなっていることが見てとれる。すなわち、本実施形態においても、入射面方向の光軸断面に関して、反射部 5 は実質的に開口絞りとしての機能を有していることが解る。よって、本実施形態でも、反射部 5 が瞳位置になっていることから、表示素子 13 が横長の矩形形状であるにも拘らず、反射部 5 が縦長の矩形形状とすることができる。

【 0 0 5 0 】

図 8 に示される基本構成図から読み取れるように、本実施形態では、表示素子 13 と偏角プリズム 15 との間の距離を変更することにより、表示素子 13 と反射部 5 との間の距離が変わり、その結果、視度調整を行うことができる。また、表示素子 13 を表示面に平行な方向に移動調節可能な構成とすれば、表示素子 13 の瞳孔 10 への投影位置が平行移動し、その結果、眼幅調節が可能な構成とすることができます。

【 0 0 5 1 】

図 9 は、本実施形態における眼幅調整の更なる例を示す図である。図 9 (a) は光学要素のみを抜き出して図示したものであり、図 9 (b) は眼幅調整の機構を例示したものである。

【 0 0 5 2 】

図 9 (a) は、図 8 に示される光学要素と同様に、表示素子 13 から画像情報を含んだ画像光が射出され、偏角プリズム 15 によって偏角され反射部 5 に導く。その後、反射部 5 では入射された画像光を反射し、観察者の瞳孔 10 の方向に画像光を屈曲させる。このとき、画像射出部(同図においては表示素子 13 、偏角プリズム 15 、および縦収差補正レンズ 14)を、反射部 5 を中心として回転させる。この結果、観察者の瞳孔 10 における観察可能な位置が移動するので、眼幅調整が達成される。

【 0 0 5 3 】

図 9 (b) は眼幅調整の機構例によれば、画像射出部 4 が反射部 5 を中心とした円弧状

10

20

30

40

50

のガイド 21 を有し、このガイド 21 を介して画像射出部 4 を眼鏡フレーム 3 に保持される。これにより、画像射出部 4 は、反射部 5 を中心として回動可能に保持される構成が達成され、眼幅調整が行える眼鏡型画像表示装置が実現できる。

【 0 0 5 4 】

図 10 は、本実施形態における眼幅調整の異なる例を示す図である。図 10 (a) は光学要素のみを抜き出して図示したものであり、図 10 (b) は眼幅調整の機構を例示したものである。

【 0 0 5 5 】

図 10 (a) は、図 8 に示される光学要素と同様に、表示素子 13 から画像情報を含んだ画像光が射出され、偏角プリズム 15 によって偏角され反射部 5 に導く。その後、反射部 5 では入射された画像光を反射し、観察者の瞳孔 10 の方向に画像光を屈曲させる。このとき、反射部 5 を、その反射面を通る軸を中心として回転させる。この結果、観察者の瞳孔 10 における観察可能な位置が移動するので、眼幅調整が達成される。10

【 0 0 5 6 】

図 10 (b) に示される眼幅調整の機構例によれば、眼鏡レンズに凹面 16 の溝を形成し、さらに溝の一部に眼鏡レンズを貫く貫通穴 17 を開ける。反射部 5 は反射面 18 の裏面を凸面 19 とし、貫通穴 17 に通すためのツマミ部 20 を形成する。凹面 16 と凸面 19 とを摺動可能に嵌め合わせ、貫通穴 17 を通したツマミ部 20 によって、反射面 18 を偏角する。このように構成することにより、凹面 16 および凸面 19 の曲率の中心が反射面 18 の回転の中心となり、反射面を通る軸を中心とした回転が達成される。すなわち、眼幅調整が行える眼鏡型画像表示装置が実現できる。20

【 0 0 5 7 】

なお、図 9 および図 10 を用いて説明した眼幅調整の例は、第 2 実施形態を用いて説明したが、第 1 実施形態においても適切に実施することが可能である。

【 0 0 5 8 】

(第 3 実施形態)

図 11 は、反射部 5 の反射部材としてトロイダルミラーを用いた、第 3 実施形態の光学系を説明するために、本実施形態の光学要素を抜き出した基本構成図である。本実施形態の光学系を用いる眼鏡型画像表示装置の構成は、例えば第 2 実施形態と同様の構成をとることができる。すなわち、第 3 実施形態の眼鏡型画像表示装置 1 は、眼鏡のテンプル部 9 に配置されて内部に表示素子 13 を有する画像射出部 4 と、画像射出部 4 から射出した画像光を偏角する偏角プリズム 15 と、眼鏡レンズ 6 近傍に配置され、偏角プリズム 15 から射出した画像光を観察者の眼球 2 へ向けて反射する反射部 5 とを備えるものとすることができます。

【 0 0 5 9 】

本実施形態の光学系は、図 11 (a) に示されるように、表示素子 13 から画像情報を含んだ画像光が射出され、偏角プリズム 15 によって偏角され、画像光を反射部 5 に導く。反射部 5 では入射された画像光を反射し、観察者の瞳孔 10 の方向に画像光を屈曲させる。本実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、紙面方向の光軸断面の光束径は、反射部 5 にて最も細くなっていることが見てとれる。すなわち、本実施形態においても、入射面方向の光軸断面に関して、反射部 5 は実質的に開口絞りとしての機能を有していることが解る。よって、本実施形態でも、反射部 5 が瞳位置になっていることから、表示素子 13 が横長の矩形形状であるにも拘らず、反射部 5 が縦長の矩形形状とすることができます。なお、図 11 (a) には、画像射出部 4 の内部の表示素子 13 を保護するカバーガラス 22 も記載されている。40

【 0 0 6 0 】

図 11 (b) は、反射部 5 の反射面 18 の形状を説明するための図である。本実施例の反射面 18 は、上述のように、縦長の矩形形状である。ここで、縦長の矩形形状とは、画像光の入射面に平行方向の幅が、画像光の入射面の垂直方向の幅よりも狭いことを云う。本実施形態における反射面 18 はトロイダル面であり、入射面と垂直な方向の曲率半径を50

R_y 、入射面と平行な方向の曲率半径を R_x としたとき、 $R_x > R_y$ となる関係を有する。すなわち、本実施形態の反射面 18 は、幅の狭い方向の曲率半径が、幅が広い方向の曲率半径よりも大きい。このように、反射面 18 にトロイダルミラーを用いることにより、偏心により生じる非点隔差を補正する。図 11 (b) に示される例では、入射面に平行方向の幅が 2.5 mm であり、入射面に垂直方向の幅が 6.0 mm である。また、入射面と平行な方向の曲率半径が 86.7 mm であり、入射面と垂直な方向の曲率半径が 59.1 mm である。

【0061】

(第4実施形態)

図 12 は、本発明の第4実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す構成図である。この図では、眼鏡型画像表示装置 1 を頭部に装着した際の、観察者の眼球 2 を併せて表示している。同図に示されるように、本実施形態の眼鏡型画像表示装置 1 は、眼鏡のテンプル部 9 に配置される表示素子 13 と、眼鏡レンズ 6 近傍に配置され、表示素子 13 から射出した画像光を観察者の眼球 2 へ向けて反射する反射部 5 とを備える。

10

【0062】

本実施形態では、反射部 5 の反射部材として自由曲面ミラーを用いている。さらに、表示素子 13 を光軸に対して傾けて配置することにより、反射部 5 の偏心による偏心収差を軽減する。また、本実施形態の構成では、表示素子 13 を傾けて配置することにより、表示素子 13 が眼鏡フレーム 3 と略平行に配置することができ、よりコンパクトな構成が実現できる。なお、図 12 に示される本実施形態の構成では、表示素子 13 をバックライトを必要としない有機ELパネルとすることが好ましい。

20

【0063】

以下、図 13 および図 14 を用いて、表示素子 13 の傾斜配置による偏心収差の補正の効果を説明する。

【0064】

図 13 は、本実施形態の光学系の光線図であり、以下のレンズデータに基づく。図 13 は、不図示の虚像面 S0 からの逆追跡の光線図であり、瞳孔 S1 から表示素子の表示面 S6 までを順次描き表したものである。

【0065】

(第4実施形態のレンズデータ：図 13 に対応)

30

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
S0(物体面)		-1000.00			
S1		12.00			
S2	FFS[1]	-34.23	偏心[1]		
S3		-1.00	偏心[2]	1.4917	55.3
S4		-2.30			
S5		-0.70		1.5168	64.1
S6(像面)		0.00			
・FFS[1] :					
C4	-7.7508e-003	C6	-5.2233e-003	C8	-4.0470e-005
C10	-3.8198e-005	C11	-4.6443e-007	C13	2.4738e-006
C15	2.0797e-006	C17	-1.4429e-006	C19	-1.5141e-006
C21	-1.5459e-007				
・偏心[1] :					
X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
	-35.00		0.00		0.00
・偏心[2] :					
X	0.00	Y	-1.70	Z	-1.30
	-35.00		0.00		0.00

40

50

【 0 0 6 6 】

図14は、第4実施形態の効果を説明するために、表示素子およびカバーガラスを傾けずに配置した場合の光線図であり、以下のレンズデータに基づく。図14は、不図示の虚像面S1からの逆追跡の光線図であり、瞳孔S1から表示素子の表示面S6までを順次描き表したものである。図13と図14との違いは、第3面S3(カバーガラス上面)から第6面S6(表示素子の表示面)が傾斜配置されていないことである。

【 0 0 6 7 】

(表示素子を垂直配置したレンズデータ：図14に対応)

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数	
S0(物体面)		-1000.00				10
S1		12.00				
S2	FFS[1]	-34.23	偏心[1]			
S3		-1.00		1.4917	55.3	
S4		-2.30				
S5		-0.70		1.5168	64.1	
S6(像面)		0.00				
・FFS[1] :						
C4 -7.7508e-003	C6	-5.2233e-003	C8	-4.0470e-005		
C10 -3.8198e-005	C11	-4.6443e-007	C13	2.4738e-006		
C15 2.0797e-006	C17	-1.4429e-006	C19	-1.5141e-006		20
C21 -1.5459e-007						
・偏心[1] :						
X 0.00 Y 0.00 Z 0.00						
-35.00 0.00 0.00						

【 0 0 6 8 】

図13と図14とを比較すると解るように、特に第6面S6の近傍において、図14に示された光線図よりも図13に示された光線図の方が光線の乱れが少ない。すなわち、本発明の第4実施形態によれば、表示素子13が傾斜配置されることにより、反射部の偏心による偏心収差を低減することができていることが解る。

【 0 0 6 9 】

30

ここで、本実施形態による自由曲面の光学系を用いて、本発明の反射部材が縦長であることによる偏心収差の低減の効果を説明する。ただし、本発明の反射部材が縦長であることによる偏心収差の低減の効果は、自由曲面ミラーの光学系に限らず、本発明の他の実施形態においても同様に効果を奏する。

【 0 0 7 0 】

図15は、本実施形態の自由曲面ミラーによる光学系の光線図であり、以下のレンズデータに基づく。図15は、不図示の虚像面S1からの逆追跡の光線図であり、瞳孔S1から表示素子の表示面S4までを順次描き表したものである。図13に記載光線図との違いは、カバーガラス(図13におけるS3, S4)が図15ではないことである。

【 0 0 7 1 】

40

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数	
S0(物体面)		-1000.00				
S1		12.00				
S2	FFS[1]	-31.02	偏心[1]			
S3		-0.70	偏心[2]	1.5168	64.1	
S4(像面)		0.00				
・FFS[1]						
C4 -1.1279e-002	C6	-7.6893e-003	C8	-1.2511e-004		
C10 -8.5881e-005	C11	-3.1333e-005	C13	-6.5199e-006		
C15 -3.7601e-006	C17	-2.1593e-006	C19	-1.6531e-006		50

C 21 -9.6704e-007

・偏心[1]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
	-35.00		0.00		0.00

・偏心[2]

X	0.00	Y	-1.56	Z	5.21
	-24.30		0.00		0.00

【 0 0 7 2 】

上記のレンズデータにおいて、第2面S2（自由曲面ミラー）の形状を円形、縦長、横長としたときの、最大像高の各点での横収差図を、それぞれ図16、図17、図18に記載している。図16は、自由曲面ミラーの反射面形状を半径1.74mmの円形にしたときの収差図であり、図17は、自由曲面ミラーの反射面形状をX:0.86×2mm、Y:1.74×2mmの矩形にしたときの収差図であり、図18は、自由曲面ミラーの反射面形状をX:1.74×2mm、Y:0.86×2mmの矩形にしたときの収差図である。ただし、X方向とは横方向（入射面に平行な方向）であり、Y方向とは縦方向（入射面に垂直な方向）である。

10

【 0 0 7 3 】

図16から読み取れるように、本光学系の収差は、X方向の収差の方がY方向の収差よりも大きい。したがって、自由曲面ミラーの反射面形状をX方向に制限すれば、X方向の収差が低減される。実際、自由曲面ミラーの反射面形状をX方向に制限した図17の収差図と、自由曲面ミラーの反射面形状をY方向に制限した図18の収差図とを比較すると、図17の収差図の方がより良く収差が補正されていることがわかる。

20

【 0 0 7 4 】

（第5実施形態）

図19は、本発明の第5実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す構成図である。この図では、眼鏡型画像表示装置1を頭部に装着した際の、観察者の眼球2を併せて表示している。同図に示されるように、本実施形態の眼鏡型画像表示装置1は、眼鏡のテンプル部9に配置される表示素子13と、眼鏡レンズ6近傍に配置され、表示素子13から射出した画像光を観察者の眼球2へ向けて反射する反射部5とを備える。

【 0 0 7 5 】

本実施形態でも、反射部5の反射部材として自由曲面ミラーを用いている。さらに、表示素子13を光軸に対して傾けて配置することにより、反射部5の偏心による偏心収差を軽減する。また、反射部5の反射面は、入射面と平行な方向の幅が入射面と垂直な方向の幅よりも小さい形状（縦長形状）とすることで、偏心収差をより一層低減する。

30

【 0 0 7 6 】

本実施形態の表示素子13は、透過型液晶表示素子である。よって、表示素子13の裏面から照明光を照射する必要がある。本実施形態では、表示素子13の裏面に偏角プリズム15を配置し、偏角プリズム15によって光源11からの照明光を折りたたんで、表示素子13の裏面に照明光を照射する。また、光源11からの照明光を入射する偏角プリズム15の入射面に、照明レンズ12を一体形成することが、構成上にも製造上にも好ましい。

40

【 0 0 7 7 】

（第6実施形態）

図20は、本発明の第6実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す構成図である。この図では、眼鏡型画像表示装置1を頭部に装着した際の、観察者の眼球2を併せて表示している。同図に示されるように、本実施形態の眼鏡型画像表示装置1は、眼鏡のテンプル部9に配置される表示素子13と、眼鏡レンズ6近傍に配置され、表示素子13から射出した画像光を観察者の眼球2へ向けて反射する反射部5とを備える。

【 0 0 7 8 】

本実施形態でも、反射部5の反射部材として自由曲面ミラーを用いている。さらに、表示素子13を光軸に対して傾けて配置することにより、反射部5の偏心による偏心収差を

50

軽減する。また、反射部5の反射面は、入射面と平行な方向の幅が入射面と垂直な方向の幅よりも小さい形状（縦長形状）とすることで、偏心収差をより一層低減する。

【0079】

本実施形態の表示素子13は、例えばLCO SやDMDなどの反射型表示素子である。よって、表示素子13の表面から照明光を照射する必要がある。本実施形態では、表示素子13の表面に偏角プリズム15を配置し、偏角プリズム15によって光源11からの照明光を折りたたんで、表示素子13の表面に照明光を照射する。また、光源11からの照明光を入射する偏角プリズム15の入射面に、照明レンズ12を一体形成することが、構成上にも製造上にも好ましい。

【0080】

10

（第7実施形態）

図21は、本発明の第7実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す構成図である。本実施形態は、図7を用いて説明した第2実施形態の眼鏡型画像表示装置を両眼用に拡張したものである。すなわち、本実施形態の眼鏡型画像表示装置1は、眼鏡のテンプル部9に配置される画像射出部4と、画像射出部4から射出した画像光を偏角する偏角プリズム15と、画像光の縦収差を補正するための縦収差補正レンズ14と、縦収差補正レンズ14からの画像光を観察者の眼球2へ向けて反射する反射部5とを右目用と左目用とにそれぞれ備える。ここでは、本実施形態の各部の機能は、第2実施形態の眼鏡型画像表示装置と同様であるので、図中に同一符号を割り当てることにより省略する。すなわち、本実施形態の眼鏡型画像表示装置は、第2実施形態の眼鏡型画像表示装置が有する作用および効果を有する。

20

【0081】

図21に示されるように、本実施形態では、右目および左目において、画像光の入射角度が同一となっている。すなわち、本実施形態の眼鏡型画像表示装置を装着した観察者は、正面方向に1つの画像を観察する。このとき、右目用画像と左目用画像とに視差を付けた画像を表示することによって、立体映像を表示することが可能である。さらに、反射部5の短手方向の幅を人間の平均的な瞳孔径である4mmよりも小さくすることでシースルーバー表示が可能であるので、観察者の周囲の背景に立体像を重ね合わせて表示することができ、非常にリアルな立体表示が可能となる。また、画像光の入射角度は眼球の輻輳の分だけ内向きに角度を付けてもよい。

30

【0082】

なお、ここでは本実施形態の説明を第2実施形態の拡張として説明を行ったが、本実施形態の思想は、第2実施形態に限らず、他の実施形態を両眼用に拡張すること利用することができる。

【0083】

（第8実施形態）

図22は、本発明の第8実施形態に係る眼鏡型画像表示装置の概略を示す構成図である。本実施形態は、図7を用いて説明した第2実施形態の眼鏡型画像表示装置を両眼用に拡張したものである。すなわち、本実施形態の眼鏡型画像表示装置1は、眼鏡のテンプル部9に配置される画像射出部4と、画像射出部4から射出した画像光を偏角する偏角プリズム15と、画像光の縦収差を補正する縦収差補正レンズ14と、縦収差補正レンズ14からの画像光を観察者の眼球2へ向けて反射する反射部5とを右目用と左目用とにそれぞれ備える。ここでは、本実施形態の各部の機能は、第2実施形態の眼鏡型画像表示装置と同様であるので、図中に同一符号を割り当てることにより省略する。すなわち、本実施形態の眼鏡型画像表示装置は、第2実施形態の眼鏡型画像表示装置が有する作用および効果を有する。

40

【0084】

図12に示されるように、本実施形態では、右目および左目において、画像光の入射角度が観察者から見て外向きとなっている。すなわち、本実施形態の眼鏡型画像表示装置を装着した観察者は、どちらか一方の画像のみを観察する。このとき、右目用画像と左目用

50

画像と異なる画像を表示することによって、観察者は選択的に必要な表示を見ることができる。つまり、左右を併せると2画面分の情報表示が可能であり、本発明の眼鏡型画像表示装置を情報提供機器として用いる場合に好適である。

【0085】

なお、ここでも本実施形態の説明を第2実施形態の拡張として説明を行ったが、本実施形態の思想は、第2実施形態に限らず、他の実施形態を両眼用に拡張すること利用することができる。

【0086】

(レンズデータの記載に関する注釈)

本発明の説明に用いた実施例は、このY-Z平面内で各面の偏心を行っており、また、各回転非対称自由曲面の唯一の対称面をY-Z面としている。

10

【0087】

偏心面については、光学系の原点の中心からその面の面頂位置の偏心量(X軸方向、Y軸方向、Z軸方向をそれぞれX, Y, Z)と、その面の中心軸(自由曲面については、後記(a)式のZ軸、非球面については、後記(b)式のZ軸)のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角(それぞれ , , (°))とが与えられている。その場合、との正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、の正はZ軸の正方向に対して時計回りを意味する。なお、面の中心軸の , , の回転のさせ方は、面の中心軸とそのXYZ直交座標系を、まずX軸の回りで反時計回りに回転させ、次に、その回転した面の中心軸を新たな座標系のY軸の回りで反時計回りに回転させると共に1度回転した座標系もY軸の回りで反時計回りに回転させ、次いで、その2度回転した面の中心軸を新たな座標系の新たな座標系のZ軸の回りで時計回りに回転させるものである。

20

【0088】

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

【0089】

また、本発明で用いる自由曲面とは、以下の式(a)で定義されるものである。なお、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

30

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

ここで、(a)式の第1項は球面項、第2項は自由曲面項である。

【0090】

球面項中、

R : 頂点の曲率半径

k : コーニック定数(円錐定数)

40

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

である。

【0091】

自由曲面項は、

$$\sum_{j=1}^{66} C_j X^m Y^n \\ = C_1 \\ + C_2 X + C_3 Y \\ + C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2$$

50

$$\begin{aligned}
& + C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 X Y^2 + C_{10} Y^3 \\
& + C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} X Y^3 + C_{15} Y^4 \\
& + C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} X Y^4 \\
& \quad \quad \quad \quad \quad + C_{21} Y^5 \\
& + C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4 \\
& \quad \quad \quad \quad \quad + C_{27} X Y^5 + C_{28} Y^6 \\
& + C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4 \\
& \quad \quad \quad \quad \quad + C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} X Y^6 + C_{36} Y^7 \\
& \quad \quad \quad \quad \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot
\end{aligned}$$

ただし、 C_j (j は 1 以上の整数) は係数である。

10

【0092】

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

【0093】

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

20

【0094】

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

【0095】

また、上記定義式 (a) は、前述のように 1 つの例として示したものであり、本発明は、対称面を 1 面のみ有する面対称自由曲面を用いることで偏心により発生する回転非対称な収差を補正し、同時に製作性も向上させるということが特徴であり、他のいかなる定義式に対しても同じ効果が得られるることは言うまでもない。

30

【0096】

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

【符号の説明】

【0097】

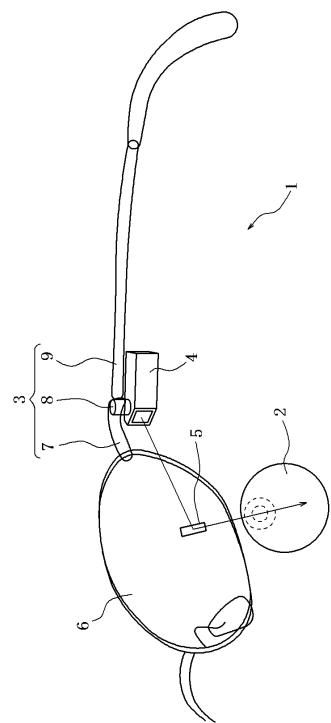
- 1 眼鏡型画像表示装置
- 2 眼球
- 3 眼鏡フレーム
- 4 画像射出部
- 5 反射部
- 6 眼鏡レンズ
- 7 ヨロイ部
- 8 ヒンジ
- 9 テンプル部
- 10 瞳孔
- 11 光源
- 12 照明レンズ
- 13 表示素子
- 14 縦収差補正レンズ

40

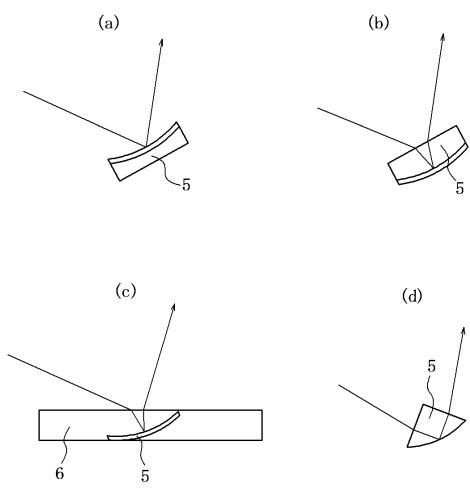
50

- 1 5 偏角プリズム
- 1 6 凹面
- 1 7 貫通穴
- 1 8 反射面
- 1 9 凸面
- 2 0 ツマミ部
- 2 1 ガイド
- 2 2 カバーガラス

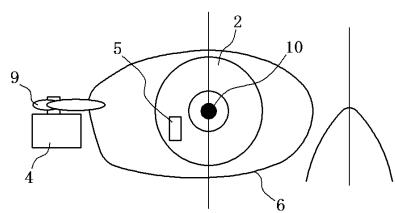
【図 1】



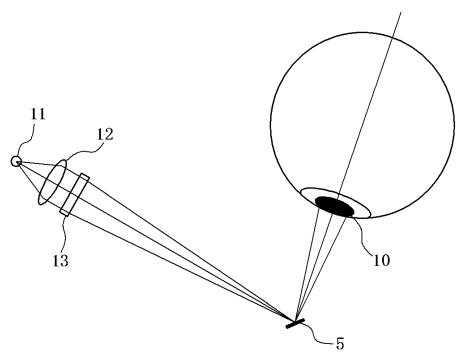
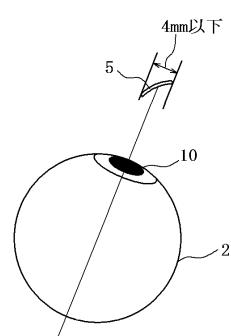
【図 2】



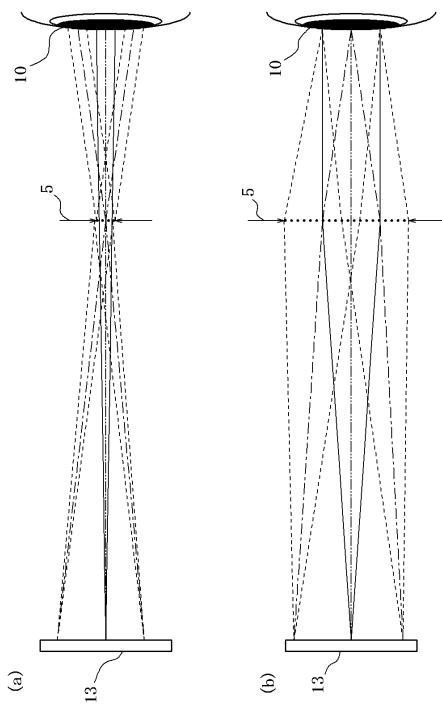
【図3】



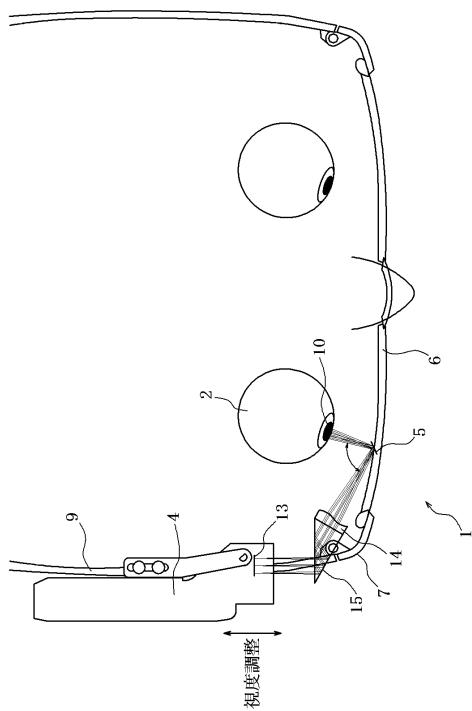
【図4】



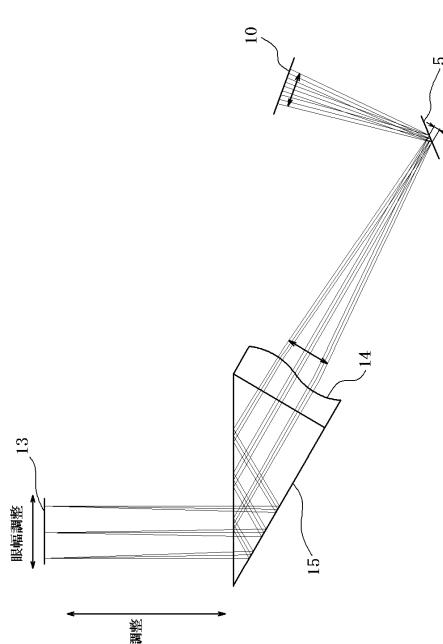
【図6】



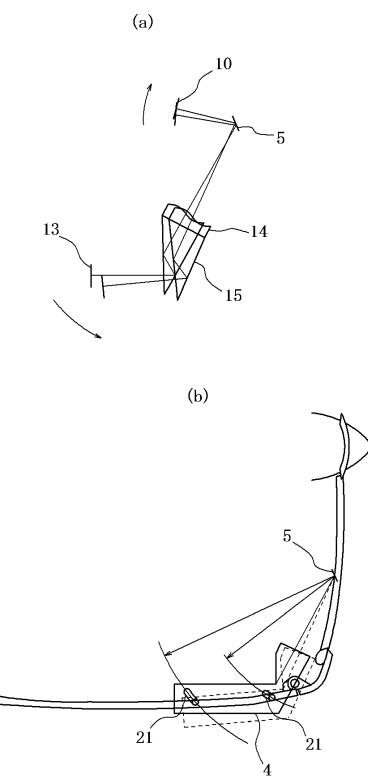
【図7】



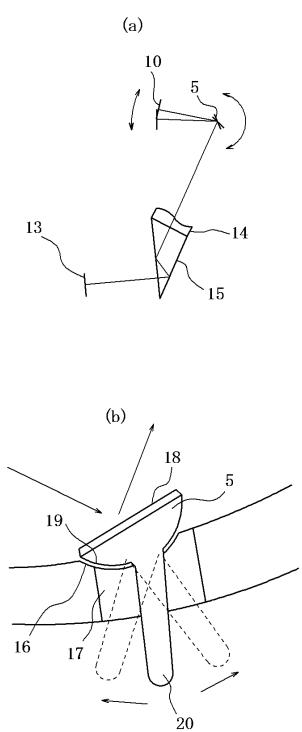
【図8】



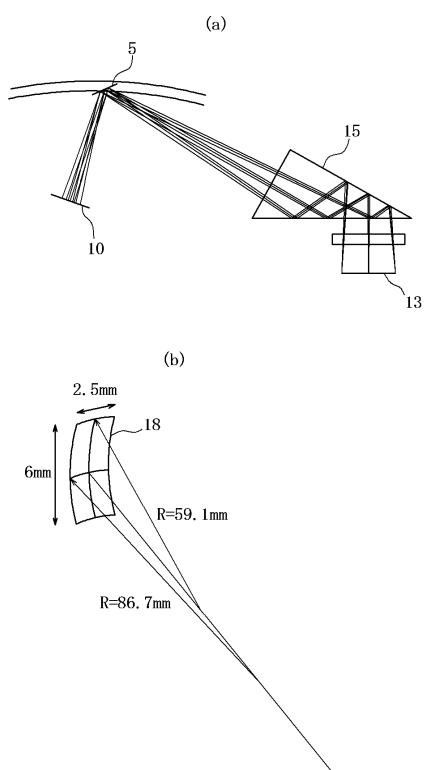
【図9】



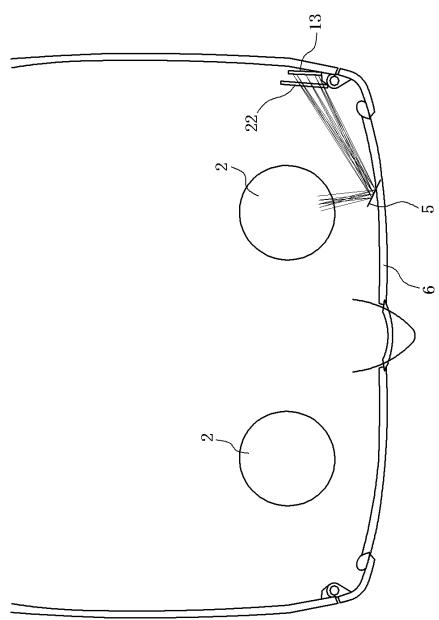
【図10】



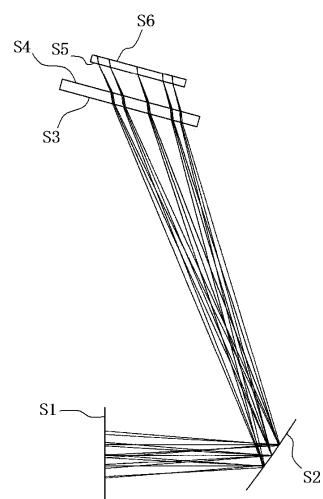
【図11】



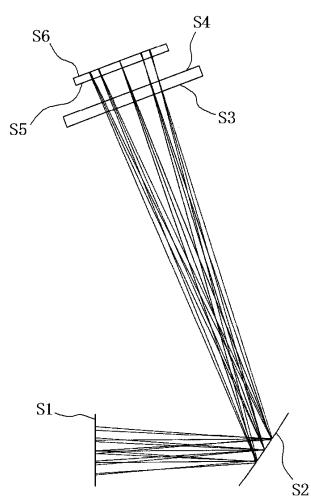
【図12】



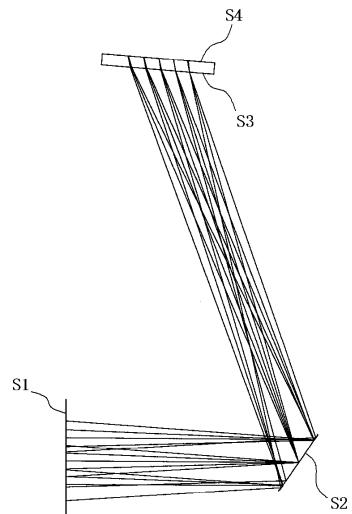
【図13】



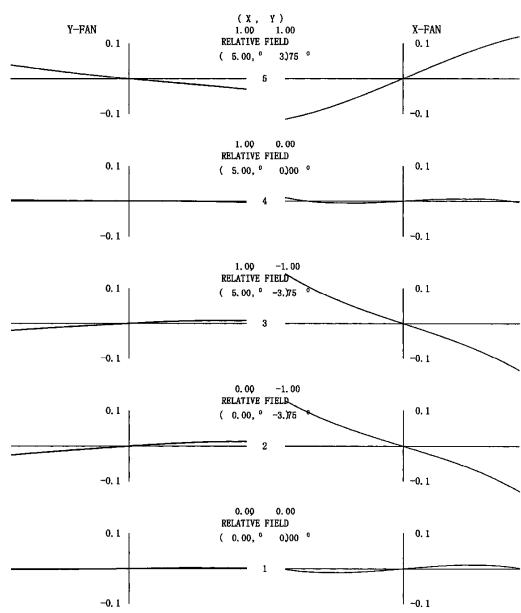
【図14】



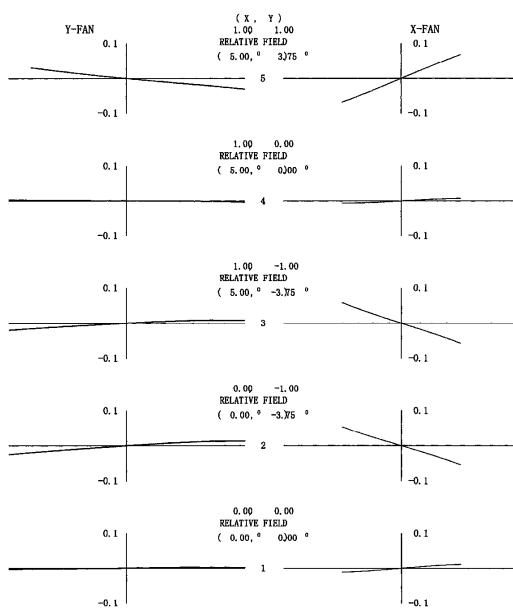
【図15】



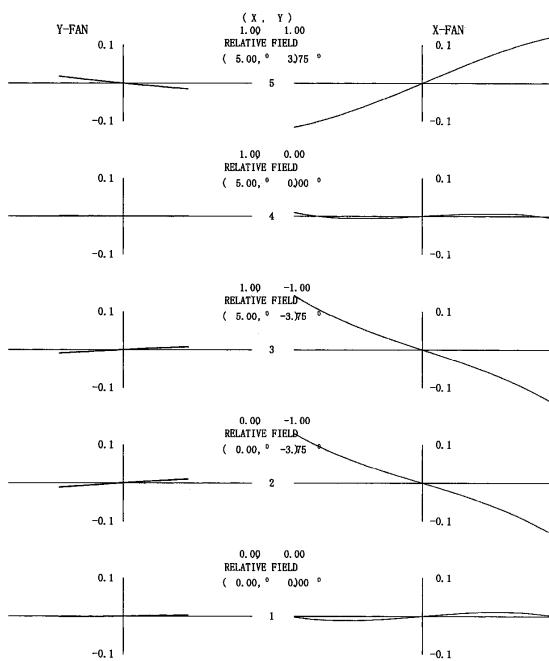
【図16】



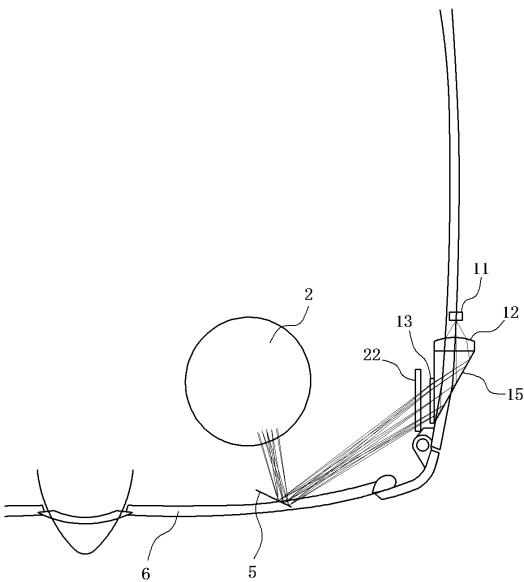
【図17】



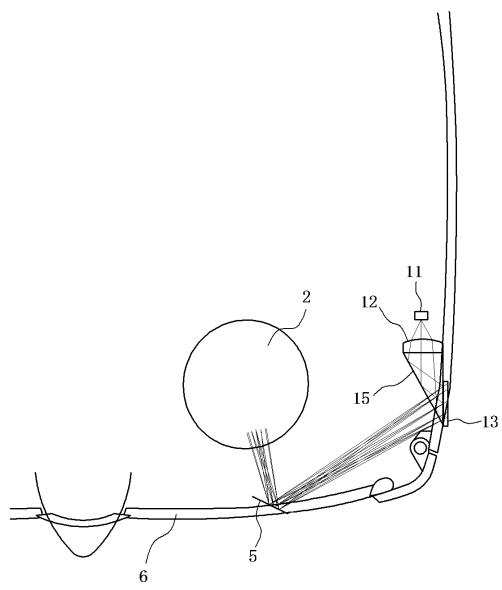
【図18】



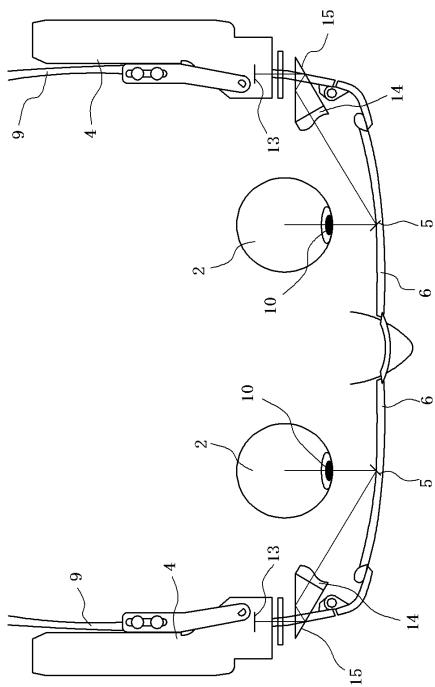
【図19】



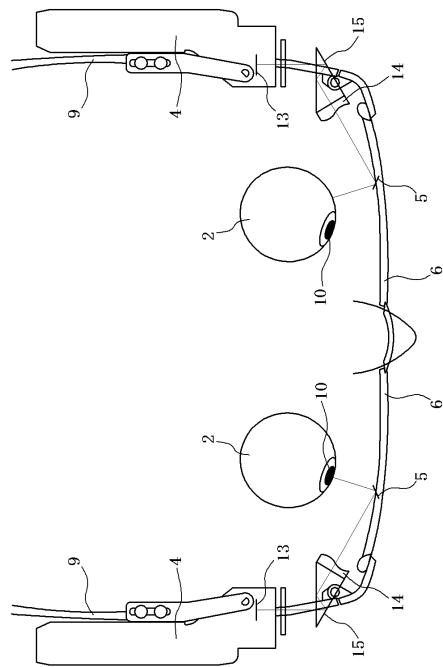
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 龍田 成示

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

(72)発明者 高橋 浩一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 奥田 雄介

(56)参考文献 特開2010-226660(JP,A)

特開平05-134208(JP,A)

特開平10-206790(JP,A)

特開2008-225079(JP,A)

特開2003-222819(JP,A)

特開2002-122784(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/02