

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7233009号
(P7233009)

(45)発行日 令和5年3月6日(2023.3.6)

(24)登録日 令和5年2月24日(2023.2.24)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 27/01 (2006.01)

G 0 2 B 27/01

B 6 0 K 35/00 (2006.01)

B 6 0 K 35/00 A

H 0 4 N 5/64 (2006.01)

H 0 4 N 5/64 5 2 1 P

請求項の数 11 (全28頁)

(21)出願番号	特願2019-558946(P2019-558946)	(73)特許権者	314012076
(86)(22)出願日	平成30年10月23日(2018.10.23)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2018/039307		大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(87)国際公開番号	WO2019/116731	(74)代理人	100106518
(87)国際公開日	令和1年6月20日(2019.6.20)		弁理士 松谷 道子
審査請求日	令和3年9月14日(2021.9.14)	(74)代理人	100132241
(31)優先権主張番号	特願2017-236946(P2017-236946)		弁理士 岡部 博史
(32)優先日	平成29年12月11日(2017.12.11)	(72)発明者	葛原 聡
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72)発明者	岡山 裕昭
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		審査官	山本 貴一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ヘッドアップディスプレイおよびヘッドアップディスプレイを搭載した移動体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

透過性の反射部材に画像を投影して観察者に虚像を視認させるヘッドアップディスプレイであって、

前記画像を表示する表示デバイスと、
前記表示デバイスに表示された前記画像を、前記観察者に虚像として投影する投影光学系と、を備え、

前記投影光学系は、
前記画像を中間像として結像する作用を有し、
集光作用を有する第1レンズと、
発散作用を有する第1光学素子と、を備え、
前記第1レンズおよび前記第1光学素子は、前記表示デバイスからの光路の順に配置され、

前記第1光学素子は、ミラーであり、
前記観察者の視点領域の中心に到達し、前記虚像の中心に相当する光線を基準光線としたとき、前記第1レンズは、前記基準光線に対して傾けて配置されている、
ヘッドアップディスプレイ。

【請求項2】

前記第1レンズの少なくとも一面は、自由曲面形状を有する、
請求項1に記載のヘッドアップディスプレイ。

【請求項 3】

前記第 1 レンズは、楔形状を有する、
請求項 1 または請求項 2 に記載のヘッドアップディスプレイ。

【請求項 4】

前記投影光学系は、集光作用を有する第 2 光学素子と、集光作用を有する第 2 レンズと、を備え、

前記第 2 レンズ、前記第 2 光学素子、および、前記第 1 レンズは、前記表示デバイスからの光路の順に配置され、

前記第 2 レンズは、楔形状を有し、

前記第 2 レンズの少なくとも一面は、自由曲面形状を有し、

前記第 1 レンズと前記第 2 レンズは、前記第 2 レンズのレンズ厚が薄い箇所を通った光線が、前記第 1 レンズのレンズ厚が厚い箇所を通り、前記第 2 レンズのレンズ厚が厚い箇所を通った光線が、前記第 1 レンズのレンズ厚が薄い箇所を通るように配置されている、
請求項 3 に記載のヘッドアップディスプレイ。

【請求項 5】

前記第 1 レンズと前記第 2 レンズは一体に形成されている、
請求項 4 に記載のヘッドアップディスプレイ。

【請求項 6】

前記投影光学系は、前記第 2 光学素子から前記第 1 光学素子までの光路において、前記第 1 レンズの前に前記基準光線に対して傾けて配置され、負の屈折力を有するレンズを備える、

請求項 4 に記載のヘッドアップディスプレイ。

【請求項 7】

前記投影光学系は、前記第 1 光学素子から前記虚像までの光路において、前記中間像の後に前記基準光線に対して傾けて配置され、負の屈折力を有するレンズを備える、
請求項 4 に記載のヘッドアップディスプレイ。

【請求項 8】

前記中間像は、前記光路上の空中に形成される空中像である、
請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のヘッドアップディスプレイ。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載のヘッドアップディスプレイと、
前記透過性の反射部材としてウインドシールドと、を備える、
移動体。

【請求項 10】

透過性の反射部材に画像を投影して観察者に虚像を視認させるヘッドアップディスプレイであって、

前記画像を表示する表示デバイスと、

前記表示デバイスに表示された前記画像を、前記観察者に虚像として投影する投影光学系と、を備え、

前記投影光学系は、

前記画像を中間像として結像する作用を有し、

集光作用を有する楔形状の第 1 レンズと、

発散作用を有する第 1 光学素子と、

集光作用を有する楔形状の第 2 レンズと、

集光作用を有する第 2 光学素子と、を備え、

前記第 2 レンズ、前記第 2 光学素子、前記第 1 レンズ、および、前記第 1 光学素子は、前記表示デバイスからの光路の順に配置され、

前記第 2 レンズの少なくとも一面は、自由曲面形状を有し、

前記第 1 レンズと前記第 2 レンズは、前記第 2 レンズのレンズ厚が薄い箇所を通った光線が、前記第 1 レンズのレンズ厚が厚い箇所を通り、前記第 2 レンズのレンズ厚が厚い箇所

10

20

30

40

50

を通った光線が、前記第 1 レンズのレンズ厚が薄い箇所を通るように配置され、
前記観察者の視点領域の中心に到達し、前記虚像の中心に相当する光線を基準光線とした
とき、前記第 1 レンズは、前記基準光線に対して傾けて配置されている、
ヘッドアップディスプレイ。

【請求項 11】

透過性の反射部材に画像を投影して観察者に虚像を視認させるヘッドアップディスプレイ
であって、

前記画像を表示する表示デバイスと、

前記表示デバイスに表示された前記画像を、前記観察者に虚像として投影する投影光学系
と、を備え、

10

前記投影光学系は、

前記画像を中間像として結像する作用を有し、

集光作用を有する第 1 レンズと、

発散作用を有する第 1 光学素子と、

集光作用を有する第 2 光学素子と、を備え、

前記第 2 光学素子、前記第 1 レンズ、および、前記第 1 光学素子は、前記表示デバイスか
らの光路の順に配置され、

前記第 1 光学素子、及び、前記第 2 光学素子の少なくともいずれかは、ミラーであり、

前記観察者の視点領域の中心に到達し、前記虚像の中心に相当する光線を基準光線とした
とき、前記第 1 レンズは、前記基準光線に対して傾けて配置されている、

20

ヘッドアップディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ヘッドアップディスプレイおよびヘッドアップディスプレイを搭載した移動
体に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、ウインドシールドに表示像を投影するヘッドアップディスプレイを開示
する。このヘッドアップディスプレイは、表示面を有し、表示面に画像を表示させる表示
デバイスと、凹面鏡と、凹面鏡と表示面との間に配置された集光作用を有するレンズとを
備える。また、このヘッドアップディスプレイは、表示面から出射した光線を、レンズと
凹面鏡とを介して結像させて、画像を拡大した中間像を形成する第 1 の光学系を備える。
さらに、このヘッドアップディスプレイは、中間像をウインドシールドに投射する第 2 の
光学系を備える。第 1 の光学系によって結像する中間像は、表示デバイスが表示面上で表
示する表示画像よりも大きい。これにより、第 1 の光学系および第 2 の光学系の小型化を
図っている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

40

【文献】特開 2017-120388 号公報

【発明の概要】

【0004】

本開示は、小型化が可能で、かつ、外光による迷光を抑制するのに有効なヘッドアップ
ディスプレイを提供する。

【0005】

本開示のヘッドアップディスプレイは、透過性の反射部材に画像を投影して観察者に虚
像を視認させるヘッドアップディスプレイであって、前記画像を表示する表示デバイスと
、前記表示デバイスに表示された前記画像を、前記観察者に虚像として投影する投影光学
系と、を備える。前記投影光学系は、前記画像を中間像として結像する作用を有し、集光

50

作用を有する第 1 レンズと、発散作用を有する第 1 光学素子と、を備える。前記第 1 レンズおよび前記第 1 光学素子は、前記表示デバイスからの光路の順に配置されている。前記観察者の視点領域の中心に到達し、前記虚像の中心に相当する光線を基準光線としたとき、前記第 1 レンズは、前記基準光線に対して傾けて配置されている。

【0006】

本開示におけるヘッドアップディスプレイは、歪みの少ない虚像を提示し、小型化が可能であり、かつ、外光による迷光を抑制するのに有効である。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】図 1 は、実施の形態 1 におけるヘッドアップディスプレイを搭載した車両を説明するための模式図である。

10

【図 2】図 2 は、実施の形態 1 におけるヘッドアップディスプレイの構成を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、実施の形態 1 におけるテレフト配置を説明するための模式図である。

【図 4】図 4 は、実施の形態 1 におけるリレー光学系の構成を示す模式図である。

【図 5】図 5 は、実施の形態 2 のヘッドアップディスプレイの構成を示す模式図である。

【図 6】図 6 は、実施の形態 3 のヘッドアップディスプレイの構成を示す模式図である。

【図 7】図 7 は、実施の形態 4 のヘッドアップディスプレイの動作を示す図である。

【図 8】図 8 は、実施の形態 5 のヘッドアップディスプレイの構成を示す模式図である。

【図 9】図 9 は、実施の形態 6 のヘッドアップディスプレイの動作を示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、適宜図面を参照しながら、実施の形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

【0009】

なお、発明者(ら)は、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面および以下の説明を提供するのであって、これらによって請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものではない。

30

【0010】

(実施の形態 1)

以下、図 1 ~ 4 を用いて、実施の形態 1 を説明する。

【0011】

[1 - 1 . 構成]

[1 - 1 - 1 . ヘッドアップディスプレイの全体構成]

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 の具体的な実施の形態及び実施例を、図面を参照して、以下、説明する。

【0012】

図 1 は、本開示に係るヘッドアップディスプレイ 100 を搭載した車両 200 の断面を示す図である。図 1 に示すように、ヘッドアップディスプレイ 100 は、車両 200 のウインドシールド 220 下部のダッシュボード 210 内部に配置される。観察者 D は、ヘッドアップディスプレイ 100 から投射される画像を虚像 I として認識する。

40

【0013】

図 2 は、本実施の形態に係るヘッドアップディスプレイ 100 の構成を示す模式図である。図 3 は、本実施の形態に係るヘッドアップディスプレイ 100 の構成を説明するための模式図である。

【0014】

図 2 に示すように、ヘッドアップディスプレイ 100 は、表示デバイス 110 と、投影光学系 140 と、を備える。ヘッドアップディスプレイ 100 は、表示デバイス 110 が

50

表示する画像をウインドシールド 220 に投射する。投射された光は、ウインドシールド 220 において反射され、観察者 D の視点領域 300 に導かれる。これにより、ヘッドアップディスプレイ 100 は、観察者 D に虚像 I を視認させる。ここで、視点とは、観察者 D の目をレンズと考えた場合の主点である。また、視点領域 300 とは、虚像 I を欠けることなく視認できる、観察者 D の視点の位置する領域である。

【0015】

ここで、本開示において、前方とは、観察者 D から見て車両 200 のウインドシールド 220 のある方向である。後方とは、前方の反対の方向である。また、下方とは車両 200 が走行する地面の方向である。上方とは、下方の反対の方向である。内側とは、運転席の観察者 D から見て助手席側である。外側とは、内側の反対方向である。また、視点領域 300 は、観察者 D が虚像 I を欠けることなく視認できる領域である。

10

【0016】

ここで、図 2 に示すように、表示デバイス 110 から出射する光線のうち、視点領域 300 に到達する光線を光線 L とする。また、表示デバイス 110 から出射する光線のうち、虚像 I の中心部を通り、視点領域 300 の中心に到達する光線を基準光線 Lc とする。すなわち、観察者 D から見た場合、基準光線 Lc は、虚像 I の中心から観察者 D の視点までの光路に相当する。観察者 D が視認する基準光線 Lc は、実際には表示デバイス 110 から光学系を経て観察者 D に到達したものである。そのため、虚像 I の中心から出射する基準光線 Lc に対応する、表示デバイス 110 から観察者 D に到達するまでの光線も基準光線 Lc と表現される。また、これらの光線に対応する光路も同様に基準光線 Lc と表現される。ただし、観察者 D の視点が視点領域 300 の中心にあるものとする。

20

【0017】

表示デバイス 110 は、図示しない CPU 等の制御部による制御に基づき、表示画像を拡散面等に表示する。表示デバイス 110 には、例えば、バックライト付きの液晶表示装置 (Liquid Crystal Display) や有機発光ダイオード (Organic Light-Emitting Diode)、プラズマディスプレイなどを用いることができる。また、表示デバイス 110 として、光を拡散または反射するスクリーンと、プロジェクタや走査型レーザを用いて画像を生成してもよい。表示デバイス 110 は、道路進行案内表示や、前方車両までの距離、車のバッテリー残量、現在の車速など、各種の情報を表示することができる。また、表示デバイス 110 は、投射光学系 130 やウインドシールド 220 で発生する歪みや、図示を省略するカメラで取得する観察者 D の位置に応じて、あらかじめ画像を電子的に歪ませておいてもよい。これにより、観察者 D に良好な虚像 I を視認させることができる。また、表示デバイス 110 は、投射光学系 130 で発生する色収差に応じて、あらかじめ複数波長の表示画素を表示位置毎にずらして表示してもよい。これにより、観察者 D に良好な虚像 I を視認させることができる。

30

【0018】

投影光学系 140 は、リレー光学系 120 と、投射光学系 130 とを備える。リレー光学系 120 は、第 2 レンズ 121 と、第 2 光学素子としての第 1 ミラー 122 と、第 1 レンズ 123 と、第 1 光学素子としての第 2 ミラー 124 とを備える。リレー光学系 120 は、表示デバイス 110 から出射した光線を結像させて、表示画像を拡大した中間像 M を形成する。中間像 M は表示デバイス 110 のスクリーンに表示した表示画像よりも拡大して形成される。すなわち、表示デバイス 110 のスクリーンに表示された表示画像が小さくても、大きな中間像 M を得ることができる。これにより、表示デバイス 110 のスクリーンのサイズを小型にできる。また、中間像 M が大きいことにより、投射光学系 130 における倍率を低くすることができる。これにより、投射光学系 130 の第 3 ミラー 125 の正のパワーを弱くすることができ、画面歪みを抑制できる。

40

【0019】

中間像 M は中間像位置に良好な点として結像する必要はない。球面収差、コマ収差、像面湾曲、非点収差が発生していても良い。

【0020】

50

投射光学系 130 は、第 3 ミラー 125 を備える。投射光学系 130 は、リレー光学系 120 が形成した中間像 M を、第 3 ミラー 125 を介して反射する。これにより、投射光学系 130 は、中間像 M をウインドシールド 220 に投射する。なお、中間像 M は、空中で結像する空中像であり、拡散反射する投写面で結像するものではない。第 3 ミラー 125 は、中間像 M からウインドシールド 220 までの光路上に配置されている。

【0021】

[1-1-2. 投射光学系とリレー光学系と表示装置の配置構成]

第 2 レンズ 121 は、図 2 に示すように表示デバイス 110 よりも車両 200 の前方方向に位置する。第 2 レンズ 121 は、図 2 に示すように、図 2 の XZ 平面視において、基準光線 Lc に対して反時計回り方向に傾けて配置されている。これにより、外光が筐体内に進入して、表示デバイス 110 の表示面または第 1 ミラー 122 に反射することによる迷光を防ぐことができる。

10

【0022】

また、第 2 レンズ 121 は、X 軸方向と Y 軸方向で曲率の異なる自由曲面レンズである。第 2 レンズ 121 の表示デバイス 110 側の面（入射面）は、X 軸方向および Y 軸方向が表示デバイス 110 側に平面を向けた形状である。また、第 2 レンズ 121 の第 1 ミラー 122 側の面（出射面）は、X 軸方向および Y 軸方向が第 1 ミラー 122 側に凸な凸面形状である。

【0023】

第 1 ミラー 122 は、第 2 レンズ 121 よりも車両 200 の前方方向に位置する。第 1 ミラー 122 は、第 2 レンズ 121 から出射された光線を集光し、第 1 レンズ 123 に向けて反射する。第 1 ミラー 122 の反射面は、表示デバイス 110 で表示される表示画像を第 2 ミラー 124 に映る方向に反射するように偏心して配置されている。ここで、第 1 ミラー 122 の反射面は凹面形状である。すなわち、第 1 ミラー 122 は、第 2 レンズ 121 から入射した光を拡大して第 1 レンズ 123 に投射する。また、第 1 ミラー 122 は自由曲面形状である。これは反射で生じる虚像のひずみを補正するためである。

20

【0024】

第 1 レンズ 123 は、図 2 に示すように第 1 ミラー 122 よりも車両 200 の後方方向に位置する。第 1 レンズ 123 は、図 2 に示すように、図 2 の XZ 平面視において、基準光線 Lc に対して時計回り方向に傾けて配置されている。基準光線 Lc に対する第 1 レンズ 123 の傾きは、例えば、15 度から 30 度までの間の角度である。これにより、外光が筐体内に進入して、第 1 ミラー 122 または第 2 ミラー 124 に反射することによる迷光を防ぐことができる。

30

【0025】

また、第 1 レンズ 123 は、X 軸方向と Y 軸方向で曲率の異なる自由曲面レンズである。第 1 レンズ 123 の第 1 ミラー 122 側の面（入射面）は、X 軸方向および Y 軸方向が第 1 ミラー 122 側に凸な凸面形状である。また、第 1 レンズ 123 の第 2 ミラー 124 側の面（出射面）は、X 軸方向および Y 軸方向は表示デバイス 110 側に平面を向けた形状である。

【0026】

40

第 2 ミラー 124 は、第 1 レンズ 123 よりも車両 200 の後方方向に位置する。第 2 ミラー 124 は、第 1 レンズ 123 から出射された光線を発散し、第 2 ミラー 124 と第 3 ミラー 125 との間の光路に表示画像を拡大した中間像 M を形成する。第 2 ミラー 124 の反射面は、第 1 レンズ 123 により投射される表示画像を拡大し、第 2 ミラー 124 と第 3 ミラー 125 との間の光路に中間像 M を形成するように偏心して配置されている。ここで、第 2 ミラー 124 の反射面は凸面形状である。第 2 ミラー 124 は自由曲面形状である。これは反射で生じる虚像のひずみを補正するためである。

【0027】

投射光学系 130 は、第 3 光学素子としての第 3 ミラー 125 を備える。第 3 ミラー 125 は、第 2 ミラー 124 よりも車両 200 の前方方向に位置する。第 3 ミラー 125 は

50

、第2ミラー124により発散された光線を集光し、中間像Mをウインドシールド220に投射する。第3ミラー125の反射面は、中間像Mをウインドシールド220に投射するように偏心して配置されている。ここで、第3ミラー125の反射面は凹面形状である。第3ミラー125は自由曲面形状である。これは反射で生じる虚像のひずみを補正するためである。

【0028】

本実施の形態における投影光学系140では、表示デバイス110からの光路の順に、第1ミラー122と、集光作用を有する第1レンズ123と、発散作用を有し中間像Mを結像する第1光学素子としての第2ミラー124とが配置されている。このように、前記光路の順に、第1レンズ123と、中間像Mを結像する第2ミラー124とを配置したことにより、中間像Mを第1レンズ123の出射側に近い位置に形成することができる。その結果、第1レンズ123自体を小型化することができ、ヘッドアップディスプレイ100を小型化することができる。

10

【0029】

また、本実施の形態におけるリレー光学系120では、表示デバイス110から中間像Mに向かって、正のパワーを有する第1レンズ123と、負のパワーを有する第2ミラー124とが配置されている。すなわち、リレー光学系120では、所謂、テレフト配置となっている。このようにテレフト配置とすることにより、第1レンズ123は第2ミラー124の負パワーを高め、第2ミラー124は第1レンズ123の正のパワーを高める。すなわち、第1レンズ123と第2ミラー124は、お互いにパワーを高め合う。その結果、リレー光学系120の全長を短縮することができ、ヘッドアップディスプレイ100を小型化することができる。

20

【0030】

図3は、テレフト配置の効果を説明するための図である。図3においては、理解を容易にするために、直線上にリレー光学系120と投射光学系130とを配置している。図3から分かるように、図3の(A)に示す第1レンズ123を備えていない比較例に比べて、図3の(B)に示す第1レンズ123と第2ミラー124とをテレフト配置にした本実施の形態では、リレー光学系120の全長が短くなっている。

【0031】

また、中間像Mを結像させる負のパワーを有する第2ミラー124の付近では、中間像Mを結像させる光線が絞れてきている。このような負のパワーを有する第2ミラー124の付近に、正のパワーの第1レンズ123を配置してテレフト配置を実現することにより、第1レンズ123自体を小型化することができる。

30

【0032】

また、本実施の形態においては、図4に示すように、第2レンズ121の入射面および出射面は、図4のXZ平面視において、基準光線Lcに対して反時計回り方向に傾いている。さらに、第1レンズ123の入射面と出射面は、図4のXZ平面視において、基準光線Lcに対して時計回り方向に傾いている。これにより、第1レンズ123における外光による反射光は第1ミラー122より上方へ反射され、第2レンズ121における外光による反射光は第1ミラー122より下方へ反射される。すなわち、外光が視点領域300に入射しないようにできる。ここで、基準光線Lcに対する第2レンズ121と第1レンズ123の傾きは、基準光線Lcに沿って入射した外光が入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第1ミラー122に入射しない角度とすることが望ましい。さらに望ましくは、上記の傾きは、第1ミラー122から第2レンズ121または第1レンズ123へ入射した外光が第2レンズ121または第1レンズ123の入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第1ミラー122に入射しない角度とすることが望ましい。なお、第2レンズ121および第1レンズ123が基準光線Lcに対して傾いているとは、第2レンズ121および第1レンズ123の光学的な屈折面の基準光線Lcと交わる箇所が基準光線Lcに対して垂直な平面に対して水平でないということである。

40

【0033】

50

本実施の形態においては、第2レンズ121は、基準光線Lcに対して下方側ほどレンズ厚が薄くなる楔形状を有している。第1レンズ123は、基準光線Lcに対して上方側ほどレンズ厚が薄くなる楔形状を有している。上述のように第2レンズ121を基準光線Lcに対して傾けた場合、仮に第2レンズ121の出射面が基準光線Lcに対して対称的な凸面形状であると、基準光線Lcよりも第2レンズ121の上方側を透過する光線の光路長と、下方側を透過する光線の光路長とが異なる。同様に、第1レンズ123を基準光線Lcに対して傾けた場合、仮に第1レンズ123の入射面が基準光線Lcに対して対称的な凸面形状であると、基準光線Lcよりも第1レンズ123の上方側を透過する光線の光路長と、下方側を透過する光線の光路長とが異なる。

【0034】

そこで、本実施の形態では、第2レンズ121は、基準光線Lcに対して下方側ほどレンズ厚が薄くなる楔形状としている。また、第1レンズ123は、基準光線Lcに対して上方側ほどレンズ厚が薄くなる楔形状としている。このように構成することにより、表示デバイス110から出射され、第2レンズ121の基準光線Lcに対して上方側（すなわち、第2レンズ121のレンズ厚の厚い箇所）を透過した光線は、第1ミラー122によって反射される。そして、反射された光線は、第1レンズ123の基準光線Lcに対して上方側（すなわち、第1レンズ123のレンズ厚の薄い箇所）を透過する。また、表示デバイス110から出射され、第2レンズ121の基準光線Lcに対して下方側（すなわち、第2レンズ121のレンズ厚の薄い箇所）を透過した光線は、第1ミラー122によって反射される。そして、反射された光線は、第1レンズ123の基準光線Lcに対して下方側（すなわち、第1レンズ123のレンズ厚の厚い箇所）を透過する。このようにして、第2レンズ121および第1レンズ123を透過する光線の光路長を調整して、第2レンズ121および第1レンズ123を透過する箇所によらずに光線の光路長を均一にすることができる。

【0035】

本実施の形態においては、第2レンズ121の出射面は、入射面よりも下方に向けて設けられている。すなわち、第2レンズ121のY軸方向の形状は、楔形状となっている。第2レンズ121のY軸方向に沿った断面形状を楔形状とすることにより、第2レンズ121の上方を通る光の光路長が、第2レンズ121の下方を通る光の光路長よりも長くなる。すなわち、表示デバイス110から出射された映像光が第1ミラー122に到達するまでの光路長を、Y軸方向の位置に応じて変えることができる。これにより、第1ミラー122において生じる偏心像面湾曲を良好に補正することができる。

【0036】

[1-2. 効果等]

実施の形態1に係るヘッドアップディスプレイの一例としてのヘッドアップディスプレイ100は、ウインドシールド220（透過性の反射部材の一例）に画像を投影して観察者Dに虚像Iを視認させるヘッドアップディスプレイである。ヘッドアップディスプレイ100は、表示デバイスの一例としての表示デバイス110と、投影光学系140と、を備える。表示デバイス110は、画像を表示する。投影光学系140は、表示デバイス110により表示された画像を中間像Mとして結像する作用を有する。投影光学系140に含まれる第1レンズ123は、基準光線Lcに対して傾けて配置される。したがって、投影光学系140内に外光が入射した場合であっても、外光が第1レンズ123等に反射することによる迷光を抑制することができる。また、投影光学系140は、表示デバイス110からの光路の順に、集光作用を有する第1レンズ123、発散作用を有する第1光学素子の一例としての第2ミラー124を備える。このように、実施の形態1に係るヘッドアップディスプレイ100では、表示デバイス110からの光路の順において、負のパワーを有し中間像Mを結像する第2ミラー124よりも前に、正のパワーを有する第1レンズ123を配置してテレフォト配置とした。したがって、リレー光学系120の全長を短縮し、第1レンズ123自体を小型化することで、ヘッドアップディスプレイ100を小型化することができる。

【 0 0 3 7 】

実施の形態 1 に係る第 1 光学素子の一例として第 2 ミラー 1 2 4 を用いた。そのため、小型の表示デバイス 1 1 0 に表示させた画像を拡大して中間像 M を作成し、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

実施の形態 1 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 1 レンズ 1 2 3 の少なくとも一面を自由曲面形状とした。そのため、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 のような結像光学系において、外光の反射を抑えつつ、良好な光学的特性を実現できる。

【 0 0 3 9 】

実施の形態 1 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 1 レンズ 1 2 3 が楔形状を有する。そのため、第 1 レンズ 1 2 3 を基準光線 L c に対して傾けた場合でも、第 1 レンズ 1 2 3 を通過する光線の光路長を調整することができる。

10

【 0 0 4 0 】

実施の形態 1 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、第 2 光学素子の一例としての第 1 ミラー 1 2 2 と、第 2 レンズ 1 2 1 とを備える。第 1 ミラー 1 2 2 は、表示デバイス 1 1 0 と第 1 レンズ 1 2 3 との間に配置されている。また、第 2 レンズ 1 2 1 は、表示デバイス 1 1 0 と第 1 ミラー 1 2 2 との間に配置されている。第 2 レンズ 1 2 1 は、楔形状を有し、少なくとも一面が自由曲面形状である。さらに、実施の形態 1 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、第 1 レンズ 1 2 3 と第 2 レンズ 1 2 1 は、一方のレンズ厚が薄い箇所を通った光線が、他方のレンズ厚が厚い箇所を通り、一方のレンズ厚が厚い箇所を通った光線が、他方のレンズ厚が薄い箇所を通るように配置されている。したがって、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を基準光線 L c に対して傾けた場合でも、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を通過する光線の光路長を均一にすることができる。

20

【 0 0 4 1 】

実施の形態 1 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 において、中間像 M が、表示デバイス 1 1 0 から虚像 I までの光路上の空中に形成される空中像である。したがって、中間像 M を結像させる部材を追加することなく、小型の表示デバイス 1 1 0 に表示させた画像を拡大して中間像 M とし、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

【 0 0 4 2 】

30

実施の形態 1 に係る移動体の一例である車両 2 0 0 は、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 と、透過性の反射部材としてウインドシールド 2 2 0 とを備えている。これにより、車両 2 0 0 を運転する観察者 D は、ウインドシールド 2 2 0 に投影された画像を虚像 I として視認することができる。

【 0 0 4 3 】

(実施の形態 2)

次に、図 5 を用いて、実施の形態 2 を説明する。

【 0 0 4 4 】

[2 - 1 . 構成]

図 5 は、実施の形態 2 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を説明するための光路を説明する模式図である。図 5 に示すように、本実施の形態のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、実施の形態 1 における第 1 レンズと第 2 レンズに該当する第 1 レンズ部 1 2 6 a と第 2 レンズ部 1 2 6 b が一体に形成された第 3 レンズ 1 2 6 を備える。

40

【 0 0 4 5 】

第 3 レンズ 1 2 6 は、図 5 に示すように表示デバイス 1 1 0 および第 2 ミラー 1 2 4 よりも車両 2 0 0 の前方方向に位置する。第 3 レンズ 1 2 6 では、図 5 に示すように、第 1 ミラー 1 2 2 と対向する側の面が、X 軸方向および Y 軸方向において第 1 ミラー 1 2 2 側に凸な凸面形状である。また、第 3 レンズ 1 2 6 では、図 5 に示すように、表示デバイス 1 1 0 および第 2 ミラー 1 2 4 と対向する側の面が、表示デバイス 1 1 0 および第 2 ミラー 1 2 4 に平面を向けた平面形状である。第 3 レンズ 1 2 6 は、凸面形状の面の曲率が、

50

X軸方向とY軸方向で異なる自由曲面レンズである。

【0046】

表示デバイス110から第1ミラー122までの光路においては、第2レンズ部126bの平面形状の面が入射面であり、凸面形状の面が出射面である。第2レンズ部126bでは、入射面および出射面が、基準光線Lcに対して、図5に示すXZ平面視上において反時計回りの方向に傾けて配置されている。これにより、外光が筐体内に進入して、表示デバイス110の表示面および第1ミラー122に反射することによる迷光を防ぐことができる。

【0047】

第1ミラー122から第2ミラー124までの光路においては、第1レンズ部126aの平面形状の面が出射面であり、凸面形状の面が入射面である。第1レンズ部126aは、基準光線Lcに対して、図5に示すXZ平面視上において時計回りの方向に傾けて配置されている。これにより、外光が筐体内に進入して、表示デバイス110の表示面および第1ミラー122に反射することによる迷光を防ぐことができる。

【0048】

また、本実施の形態におけるリレー光学系120では、表示デバイス110から中間像Mに向かって、正のパワーを有する第1レンズ部126aと、負のパワーを有する第2ミラー124とが配置されている。すなわち、リレー光学系120では、所謂、テレフォト配置となっている。このようにテレフォト配置とすることにより、第1レンズ部126aは第2ミラー124の負パワーを高め、第2ミラー124は第1レンズ部126aの正のパワーを高める。すなわち、第1レンズ部126aと第2ミラー124は、お互いにパワーを高め合う。その結果、リレー光学系120の全長を短縮することができ、ヘッドアップディスプレイ100を小型化することができる。

【0049】

以上のように本実施の形態では、第2光学素子としての第1ミラー122と、中間像Mを投影する第3ミラー125との間に第1レンズ部126aを配置している。特に、表示デバイス110からの光路の順において、負のパワーを有し中間像Mを結像する第1光学素子としての第2ミラー124よりも前に、正のパワーを有する第3レンズ126を配置している。そのため、リレー光学系120の全長を短縮し、第1レンズ部126a自体を小型化することで、ヘッドアップディスプレイ100を小型化することができる。

【0050】

本実施の形態においては、第3レンズ126は、実施の形態1における第2レンズ121と第1レンズ123に該当する第1レンズ部126aと第2レンズ部126bとを一体に構成したレンズである。そして、第1レンズ部126aと第2レンズ部126bは、第3レンズ126の中央部に対して端部側ほどレンズ厚が薄くなる楔形状を有している。上述のように第3レンズ126を基準光線Lcに対して傾けた場合、表示デバイス110から第1ミラー122までの光路においては、基準光線Lcよりも第2レンズ部126bの上方側を通過する光線の光路長と、下方側を通過する光線の光路長とが異なる。同様に、第1ミラー122から第2ミラー124までの光路においては、基準光線Lcよりも第2レンズ部126bの上方側を通過する光線の光路長と、下方側を通過する光線の光路長とが異なる。

【0051】

そこで、本実施の形態では、第2レンズ部126bは、基準光線Lcに対して下方側ほどレンズ厚が薄くなる楔形状とし、第1レンズ部126aは、基準光線Lcに対して上方側ほどレンズ厚が薄くなる楔形状としている。このように構成することにより、表示デバイス110から出射され、第2レンズ部126bの基準光線Lcに対して上方側（すなわち、第2レンズ部126bのレンズ厚の厚い箇所）を透過した光線は、第1ミラー122によって反射される。そして、反射された光線は、第1レンズ部126aの基準光線Lcに対して上方側（すなわち、第1レンズ部126aのレンズ厚の薄い箇所）を透過する。

【0052】

10

20

30

40

50

また、表示デバイス 110 から出射され、第 2 レンズ部 126 b の基準光線 L c に対して下方側（すなわち、第 2 レンズ部 126 b のレンズ厚の薄い箇所）を透過した光線は、第 1 ミラー 122 によって反射される。そして、反射された光線は、第 1 レンズ部 126 a の基準光線 L c に対して下方側（すなわち、第 1 レンズ部 126 a のレンズ厚の厚い箇所）を透過する。

【0053】

本実施の形態においては、このようにして、第 3 レンズ 126 の第 2 レンズ部 126 b および第 1 レンズ部 126 a を通過する光線の光路長を調整して、第 3 レンズ 126 を通過する箇所によらずに光線の光路長を均一にすることができる。

【0054】

ここで、基準光線 L c に対する第 3 レンズ 126 の傾きは、基準光線 L c に沿って入射した外光が第 3 レンズ 126 の入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 122 に入射しない角度とすることが望ましい。なお、第 3 レンズ 126 が基準光線 L c に対して傾いているとは、第 3 レンズ 126 の光学的な屈折面の基準光線 L c と交わる箇所が基準光線 L c に対して垂直な平面に対して水平でないということである。

【0055】

さらに、表示デバイス 110 から第 1 ミラー 122 までの光路において、第 2 レンズ部 126 b の出射面は、入射面よりも下方に向けて設けられている。第 2 レンズ部 126 b の Y 軸方向の形状は、楔形状となっている。第 2 レンズ部 126 b の Y 軸方向に沿った断面形状を楔形状とすることにより、表示デバイス 110 から第 1 ミラー 122 までの光路において、第 2 レンズ部 126 b の上方を通る光の光路長が、第 2 レンズ部 126 b の下方を通る光の光路長よりも長くなる。すなわち、表示デバイス 110 から出射された映像光が第 1 ミラー 122 に到達するまでの光路長を、Y 軸方向の位置に応じて変えることができる。これにより、第 1 ミラー 122 において生じる偏心像面湾曲を良好に補正することができる。

【0056】

本実施の形態においては、以上のように、実施の形態 1 における第 2 レンズ 121 と第 1 レンズ 123 に該当する第 1 レンズ部 126 a と第 2 レンズ部 126 b とを一体とした第 3 レンズ 126 を備える。これにより、部品点数を減らし、ヘッドアップディスプレイ 100 の製造コストの低減を図ることができる。

【0057】

[2-2. 効果等]

実施の形態 2 に係るヘッドアップディスプレイの一例としてのヘッドアップディスプレイ 100 は、観察者 D に虚像 I を視認させるヘッドアップディスプレイである。ヘッドアップディスプレイ 100 は、表示デバイスの一例としての表示デバイス 110 と、投影光学系 140 と、を備える。表示デバイス 110 は、画像を表示する。投影光学系 140 は、表示デバイス 110 により表示された画像を中間像 M として結像する作用を有する。投影光学系 140 に含まれる第 3 レンズ 126 は、基準光線 L c に対して傾けて配置される。したがって、投影光学系 140 内に外光が入射した場合であっても、外光が第 3 レンズ 126 等に反射することによる迷光を抑制することができる。また、投影光学系 140 は、表示デバイス 110 からの光路の順に、集光作用を有する第 3 レンズ 126、発散作用を有する第 1 光学素子の一例としての第 2 ミラー 124 を備える。第 3 レンズ 126 は、実施の形態 1 における第 1 レンズ 123 と第 2 レンズ 121 に該当する第 1 レンズ部 126 a と第 2 レンズ部 126 b とを一体に形成したレンズである。このように、実施の形態 2 に係るヘッドアップディスプレイ 100 では、表示デバイス 110 からの光路の順に、第 3 レンズ 126 と、第 2 ミラー 124 とを配置した。したがって、中間像 M を第 1 レンズ部 126 a の出射側に近い位置に形成することができ、第 1 レンズ部 126 a 自体を小型化することができる。その結果、ヘッドアップディスプレイ 100 を小型化することができる。また、第 3 レンズ 126 では、実施の形態 1 における第 2 レンズ 121 と第 1 レンズ 123 とを一体に形成している。そのため、部品点数を減らし、ヘッドアップディス

10

20

30

40

50

プレイ 100 の製造コストを低減することができる。

【0058】

実施の形態 2 に係る投影光学系 140 では、表示デバイス 110 からの光路の順に、第 3 レンズ 126 と、発散作用を有する第 2 ミラー 124 とを配置した。したがって、表示デバイス 110 からの光路の順において、負のパワーを有し中間像 M を結像する第 2 ミラー 124 よりも前に、正のパワーを有する第 1 レンズ部 126 a を配置してテレフト配置を実現している。そのため、リレー光学系 120 の全長を短縮し、第 1 レンズ部 126 a を小型化することで、ヘッドアップディスプレイ 100 を小型化することができる。

【0059】

本実施の形態では、表示デバイス 110 から出射された光線は、表示デバイス 110 から第 1 ミラー 122 までの光路と、第 1 ミラー 122 から第 2 ミラー 124 までの光路とにおいて、第 3 レンズ 126 を 2 回通過することになる。この場合も、投影光学系 140 が、表示デバイス 110 からの光路の順に、集光作用を有する第 1 ミラー 122、集光作用を有する第 3 レンズ 126、発散作用を有する第 2 ミラー 124、中間像 M を投影する第 3 ミラー 125 を備えることには変わりはない。また、表示デバイス 110 から出射された光線が、第 1 ミラー 122、第 3 レンズ 126、第 2 ミラー 124、および第 3 ミラー 125 の順で進み、観察者 D に虚像 I を視認させることに変わりはない。

【0060】

実施の形態 2 に係るヘッドアップディスプレイ 100 では、第 3 レンズ 126 の少なくとも一面を自由曲面形状としている。そのため、ヘッドアップディスプレイ 100 のような結像光学系において、外光の反射を抑えつつ、良好な光学的特性を実現できる。

【0061】

実施の形態 2 に係るヘッドアップディスプレイ 100 では、第 3 レンズ 126 の第 1 レンズ部 126 a 及び第 2 レンズ部 126 b が楔形状を有する。そのため、第 3 レンズ 126 を基準光線 Lc に対して傾けた場合でも、第 3 レンズ 126 を透過する光線の光路長を調整することができる。

【0062】

実施の形態 2 に係るヘッドアップディスプレイ 100 では、実施の形態 1 における第 1 レンズ 123 と第 2 レンズ 121 に該当する第 1 レンズ部 126 a と第 2 レンズ部 126 b とを一体に形成した第 3 レンズ 126 は、楔形状を有している。したがって、表示デバイス 110 から第 1 ミラー 122 までの光路において、第 2 レンズ部 126 b のレンズ厚が薄い箇所を通った光線が、第 1 ミラー 122 から第 2 ミラー 124 までの光路では、第 1 レンズ部 126 a のレンズ厚が厚い箇所を通る。同様に、表示デバイス 110 から第 1 ミラー 122 までの光路において、第 2 レンズ部 126 b のレンズ厚が厚い箇所を通った光線が、第 1 ミラー 122 から第 2 ミラー 124 までの光路では、第 1 レンズ部 126 a のレンズ厚が薄い箇所を通る。したがって、第 3 レンズ 126 を基準光線 Lc に対して傾けた場合でも、第 3 レンズ 126 を通過する光線の光路長を均一にすることができる。

【0063】

実施の形態 2 に係るヘッドアップディスプレイ 100 において、中間像 M が、表示デバイス 110 から虚像 I までの光路上の空中に形成される空中像である。したがって、中間像 M を結像させる部材を追加することなく、小型の表示デバイス 110 に表示させた画像を拡大して中間像 M とし、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

【0064】

(実施の形態 3)

次に、図 6 を用いて、実施の形態 3 を説明する。

【0065】

[3 - 1 . 構成]

図 6 は、実施の形態 3 に係るヘッドアップディスプレイ 100 を説明するための光路を説明する模式図である。図 6 に示すように、本実施の形態のヘッドアップディスプレイ 1

10

20

30

40

50

00は、第2光学素子の他の例として、第4レンズ127を備える。

【0066】

本実施の形態の表示デバイス110および第2レンズ121は、上述した各実施の形態における表示デバイス110および第2レンズ121と同様の構成である。しかし、配置位置が上述した各実施の形態と異なっている。本実施の形態においては、表示デバイス110および第2レンズ121は、図6に示すように、第2光学素子としての第4レンズ127よりも、車両200の前方方向に位置する。

【0067】

第4レンズ127は、図6に示すように、第2レンズ121に対向する側の入射面と、第1レンズ123に対向する側の出射面との両方の面が、X軸方向およびY軸方向において第2レンズ121および第1レンズ123のそれぞれの側に凸な凸面形状である。第4レンズ127は、凸面形状の面の曲率が、X軸方向とY軸方向で異なる自由曲面レンズである。

【0068】

本実施の形態においては、第2レンズ121、第4レンズ127、および第1レンズ123は、基準光線Lcに対して、図6に示すXZ平面視上において時計回りの方向に傾けて配置されている。これにより、外光が筐体内に進入して、第2レンズ121、第4レンズ127、または第1レンズ123で反射することによる迷光を防ぐことができる。

【0069】

以上のように本実施の形態では、第2光学素子としての第4レンズ127を用いている。第4レンズ127と、中間像Mを投影する第3ミラー125との間に第1レンズ123を配置している。特に、表示デバイス110からの光路の順において、負のパワーを有し中間像Mを結像する第1光学素子としての第2ミラー124よりも前に、正のパワーを有する第1レンズ123を配置している。そのため、リレー光学系120の全長を短縮し、第1レンズ123自体を小型化することで、ヘッドアップディスプレイ100を小型化することができる。

【0070】

本実施の形態においては、第1レンズ123と第2レンズ121との位置関係が実施の形態1と異なるが、レンズ厚の厚い箇所と薄い箇所の基準光線Lcに対する位置が、互いに反対になるように配置されている。したがって、実施の形態1と同様に、第2レンズ121および第1レンズ123を通過する光線の光路長を調整して、第2レンズ121および第1レンズ123を通過する箇所によらずに光線の光路長を均一にすることができる。

【0071】

[3-2. 効果等]

実施の形態3に係るヘッドアップディスプレイの一例としてのヘッドアップディスプレイ100は、観察者Dに虚像Iを視認させるヘッドアップディスプレイである。ヘッドアップディスプレイ100は、表示デバイスの一例としての表示デバイス110と、投影光学系140と、を備える。表示デバイス110は、画像を表示する。投影光学系140は、表示デバイス110により表示された画像を中間像Mとして結像する作用を有する。投影光学系140に含まれる第1レンズ123は、基準光線Lcに対して傾けて配置される。したがって、投影光学系140内に外光が入射した場合であっても、外光が第1レンズ123、第2レンズ121、あるいは第4レンズ127に反射することによる迷光を抑制することができる。また、投影光学系140は、表示デバイス110からの光路の順に、第2光学素子の一例としての第4レンズ127、集光作用を有する第1レンズ123、発散作用を有する第1光学素子の一例としての第2ミラー124を備える。このように、実施の形態3に係るヘッドアップディスプレイ100では、表示デバイス110からの光路の順において、負のパワーを有し中間像Mを結像する第2ミラー124よりも前に、正のパワーを有する第1レンズ123を配置してテレフト配置を実現した。したがって、リレー光学系120の全長を短縮し、第1レンズ123自体を小型化することで、ヘッドアップディスプレイ100を小型化することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

実施の形態 3 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、第 1 レンズ 1 2 3、第 2 レンズ 1 2 1、および第 4 レンズ 1 2 7 の少なくとも一面を自由曲面形状としている。そのため、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 のような結像光学系において、外光の反射を抑えつつ、良好な光学的特性を実現できる。

【 0 0 7 3 】

実施の形態 3 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 が楔形状を有する。そのため、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を基準光線 L c に対して傾けた場合でも、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を通過する光線の光路長を調整することができる。

10

【 0 0 7 4 】

実施の形態 3 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 1 レンズ 1 2 3 と第 2 レンズ 1 2 1 におけるレンズ厚の厚い箇所と薄い箇所の基準光線 L c に対する位置が、互いに反対になるように配置されている。したがって、実施の形態 1 と同様に、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 を通過する光線の光路長を調整して、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 を通過する箇所によらずに光線の光路長を均一にすることができる。

【 0 0 7 5 】

実施の形態 3 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 において、中間像 M が、表示デバイス 1 1 0 から虚像 I までの光路上の空中に形成される空中像である。したがって、中間像 M を結像させる部材を追加することなく、小型の表示デバイス 1 1 0 に表示させた画像を拡大して中間像 M とし、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

20

【 0 0 7 6 】

(実施の形態 4)

次に、図 7 を用いて、実施の形態 4 を説明する。

【 0 0 7 7 】

[4 - 1 . 構成]

図 7 は、実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を説明するための光路を説明する模式図である。図 7 に示すように、本実施の形態のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、第 1 ミラー 1 2 2 から第 2 ミラー 1 2 4 までの光路において、第 1 レンズ 1 2 3 の前に第 5 レンズ 1 2 8 を備える。

30

【 0 0 7 8 】

第 5 レンズ 1 2 8 は、X 軸方向と Y 軸方向で曲率の異なる自由曲面レンズである。第 5 レンズ 1 2 8 では、第 1 ミラー 1 2 2 側の面が平面形状の入射面であり、第 1 レンズ 1 2 3 側の面が、X 軸方向において第 1 レンズ 1 2 3 側に凹な凹面形状の出射面である。第 5 レンズ 1 2 8 の出射面の Y 軸方向の曲率は、X 軸方向の曲率よりも小さい。すなわち、第 5 レンズ 1 2 8 の Y 軸方向の形状は、X 軸方向の曲率より小さな凹面形状、凸面形状、または、平面形状である。

【 0 0 7 9 】

本実施の形態においては、図 7 で示すように、第 5 レンズ 1 2 8 の入射面および出射面は、図 7 における X Z 平面視において基準光線 L c に対して時計回り方向に傾いている。これにより、反射光は第 5 レンズ 1 2 8 より上方へ反射される。そのため、反射光を視点領域 3 0 0 に入射しないようにできる。ここで、基準光線 L c に対する第 5 レンズ 1 2 8 の傾きは、基準光線 L c に沿って入射した外光が入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 および第 2 ミラー 1 2 4 に入射しない角度とすることが望ましい。さらに望ましくは、上記の傾きは、第 1 ミラー 1 2 2 から第 5 レンズ 1 2 8 へ入射した外光が第 5 レンズ 1 2 8 の入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 に入射しない角度とすることが望ましい。なお、第 5 レンズ 1 2 8 が基準光線 L c に対して傾いているとは、第 5 レンズ 1 2 8 の光学的な屈折面の基準光線 L c と交わる箇所が基準光線 L c に対して垂直な平面に対して水平でないということで

40

50

ある。

【 0 0 8 0 】

第 5 レンズ 1 2 8 は、負の屈折力を有するレンズ素子である。第 1 ミラー 1 2 2 から第 2 ミラー 1 2 4 までの光路において、このような第 5 レンズ 1 2 8 を第 1 レンズ 1 2 3 の前に配置することにより、第 1 レンズ 1 2 3 で発生する色収差を抑制することができる。

【 0 0 8 1 】

本実施の形態における投影光学系 1 4 0 では、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順に、第 5 レンズ 1 2 8 と、集光作用を有する第 2 光学素子としての第 1 ミラー 1 2 2 と、中間像 M を結像する第 1 光学素子としての第 2 ミラー 1 2 4 とが配置されている。このように、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順に、中間像 M を結像する第 2 ミラー 1 2 4 の前に第 1 レンズ 1 2 3 を配置したことにより、中間像 M を第 1 レンズ 1 2 3 の出射側に近い位置に形成することができる。そのため、第 1 レンズ 1 2 3 自体を小型化することができる。その結果、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を小型化することができる。また、第 5 レンズ 1 2 8 の負の屈折力により、第 1 レンズ 1 2 3 で発生する色収差を抑制することができる。

【 0 0 8 2 】

また、本実施の形態におけるリレー光学系 1 2 0 では、表示デバイス 1 1 0 から中間像 M に向かって、正のパワーを有する第 1 レンズ 1 2 3 と、負のパワーを有する第 2 ミラー 1 2 4 とが配置されている。すなわち、リレー光学系 1 2 0 は、所謂、テレフト配置となっている。このようにテレフト配置とすることにより、第 1 レンズ 1 2 3 は第 2 ミラー 1 2 4 の負パワーを高め、第 2 ミラー 1 2 4 は第 1 レンズ 1 2 3 の正のパワーを高める。すなわち、第 1 レンズ 1 2 3 と第 2 ミラー 1 2 4 は、お互いにパワーを高め合う。その結果、リレー光学系 1 2 0 の全長を短縮することができ、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を小型化することができる。

【 0 0 8 3 】

また、本実施の形態においては、図 7 に示すように、第 2 レンズ 1 2 1 の入射面および出射面は、図 7 の X Z 平面視において、基準光線 L c に対して反時計回り方向に傾いている。また、第 1 レンズ 1 2 3 の入射面および出射面は、図 7 の X Z 平面視において、基準光線 L c に対して時計回り方向に傾いている。これにより、第 1 レンズ 1 2 3 における外光による反射光は第 2 ミラー 1 2 4 より下方へ反射され、第 2 レンズ 1 2 1 における外光による反射光は第 1 ミラー 1 2 2 より下方へ反射される。そのため、反射光を視点領域 3 0 0 に入射しないようにできる。ここで、基準光線 L c に対する第 2 レンズ 1 2 1 と第 1 レンズ 1 2 3 の傾きは、基準光線 L c に沿って入射した外光が入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 または第 2 ミラー 1 2 4 に入射しない角度とすることが望ましい。さらに望ましくは、上記の傾きは、第 1 ミラー 1 2 2 から第 2 レンズ 1 2 1 または第 1 レンズ 1 2 3 へ入射した外光が第 2 レンズ 1 2 1 または第 1 レンズ 1 2 3 の入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 に入射しない角度とすることが望ましい。なお、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 が基準光線 L c に対して傾いているとは、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 の光学的な屈折面の基準光線 L c と交わる箇所が基準光線 L c に対して垂直な平面に対して水平でないということである。

【 0 0 8 4 】

本実施の形態においては、実施の形態 1 と同様に、第 1 レンズ 1 2 3 と第 2 レンズ 1 2 1 とにおけるレンズ厚の厚い箇所と薄い箇所の基準光線 L c に対する位置が、互いに反対になるように配置されている。したがって、実施の形態 1 と同様に、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 を通過する光線の光路長を調整して、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 を通過する箇所によらずに光線の光路長を均一にすることができる。

【 0 0 8 5 】

[4 - 2 . 効果等]

実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイの一例としてのヘッドアップディスプレ

10

20

30

40

50

イ 1 0 0 は、観察者 D に虚像 I を視認させるヘッドアップディスプレイである。ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、表示デバイスの一例としての表示デバイス 1 1 0 と、投影光学系 1 4 0 と、を備える。表示デバイス 1 1 0 は、画像を表示する。投影光学系 1 4 0 は、表示デバイス 1 1 0 により表示された画像を中間像 M として結像する作用を有する。投影光学系 1 4 0 に含まれる第 1 レンズ 1 2 3 は、基準光線 L c に対して傾けて配置される。したがって、投影光学系 1 4 0 内に外光が入射した場合であっても、外光が第 5 レンズ 1 2 8 等に反射することによる迷光を抑制することができる。また、投影光学系 1 4 0 は、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順に、集光作用を有する第 1 レンズ 1 2 3、発散作用を有する第 1 光学素子の一例としての第 2 ミラー 1 2 4 を備える。このように、実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順において、負のパワーを有し中間像 M を結像する第 2 ミラー 1 2 4 よりも前に、正のパワーを有する第 1 レンズ 1 2 3 を配置してテレフォト配置とした。したがって、リレー光学系 1 2 0 の全長を短縮し、第 1 レンズ 1 2 3 自体を小型化することで、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を小型化することができる。さらに、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順において、第 1 レンズ 1 2 3 よりも前に第 5 レンズ 1 2 8 を配置している。そのため、第 5 レンズ 1 2 8 の負の屈折力により、第 1 レンズ 1 2 3 で発生する色収差を抑制することができる。

10

【 0 0 8 6 】

実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 2 光学素子の一例としての第 1 ミラー 1 2 2 を用い、第 1 光学素子の一例としての第 2 ミラー 1 2 4 を用いている。そのため、小型の表示デバイス 1 1 0 に表示させた画像を十分に拡大して中間像 M を作成し、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

20

【 0 0 8 7 】

実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 2 レンズ 1 2 1、第 1 レンズ 1 2 3、および第 5 レンズ 1 2 8 の少なくとも一面を自由曲面形状としている。そのため、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 のような結像光学系において、外光の反射を抑えつつ、良好な光学的特性を実現できる。

【 0 0 8 8 】

実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 が楔形状を有する。そのため、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を基準光線 L c に対して傾けた場合でも、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を通過する光線の光路長を調整することができる。

30

【 0 0 8 9 】

実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、表示デバイス 1 1 0 と第 1 ミラー 1 2 2 との間に第 2 レンズ 1 2 1 を備える。第 2 レンズ 1 2 1 は、楔形状を有し、少なくとも一面が自由曲面形状である。また、実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 1 レンズ 1 2 3 と第 2 レンズ 1 2 1 は、一方のレンズ厚が薄い箇所を通った光線が、他方のレンズ厚が厚い箇所を通り、一方のレンズ厚が厚い箇所を通った光線が、他方のレンズ厚が薄い箇所を通るように配置されている。したがって、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を基準光線 L c に対して傾けた場合でも、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を透過する光線の光路長を均一にすることができる。

40

【 0 0 9 0 】

実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 において、中間像 M が、表示デバイス 1 1 0 から虚像 I までの光路上の空中に形成される空中像である。したがって、中間像 M を結像させる部材を追加することなく、小型の表示デバイス 1 1 0 に表示させた画像を拡大して中間像 M とし、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

【 0 0 9 1 】

(実施の形態 5)

次に、図 8 を用いて、実施の形態 5 を説明する。

50

【 0 0 9 2 】

[5 - 1 . 構成]

図 8 は、実施の形態 5 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を説明するための光路を説明する模式図である。図 8 に示すように、本実施の形態のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、第 2 ミラー 1 2 4 から第 3 ミラー 1 2 5 までの光路の順に、中間像 M よりも後に第 6 レンズ 1 2 9 を備える。

【 0 0 9 3 】

第 6 レンズ 1 2 9 は、X 軸方向と Y 軸方向で曲率の異なる自由曲面レンズである。第 6 レンズ 1 2 9 では、第 3 ミラー 1 2 5 側の面が平面形状の出射面であり、中間像 M 側の面が、X 軸方向において第 1 レンズ 1 2 3 側に凹な凹面形状の入射面である。第 2 ミラー 1 2 4 の入射面の Y 軸方向の曲率は、X 軸方向の曲率よりも小さい。すなわち、第 6 レンズ 1 2 9 の Y 軸方向の形状は、X 軸方向の曲率より小さな凹面形状、凸面形状、または、平面形状である。

【 0 0 9 4 】

本実施の形態においては、図 8 で示すように、第 6 レンズ 1 2 9 の入射面および出射面は、図 8 における X Z 平面視において基準光線 L c に対して反時計回り方向に傾いている。これにより、反射光は第 6 レンズ 1 2 9 より下方へ反射される。そのため、反射光を視点領域 3 0 0 に入射しないようにできる。ここで、基準光線 L c に対する第 6 レンズ 1 2 9 の傾きは、基準光線 L c に沿って入射した外光が入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 3 ミラー 1 2 5 および第 2 ミラー 1 2 4 に入射しない角度とすることが望ましい。さらに望ましくは、上記の傾きは、第 2 ミラー 1 2 4 から第 6 レンズ 1 2 9 へ入射した外光が第 6 レンズ 1 2 9 の入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 2 ミラー 1 2 4 および第 3 ミラー 1 2 5 に入射しない角度とすることが望ましい。なお、第 6 レンズ 1 2 9 が基準光線 L c に対して傾いているとは、第 6 レンズ 1 2 9 の光学的な屈折面の基準光線 L c と交わる箇所が基準光線 L c に対して垂直な平面に対して水平でないということである。

【 0 0 9 5 】

第 6 レンズ 1 2 9 は、負の屈折力を有するレンズ素子である。表示デバイス 1 1 0 から第 3 ミラー 1 2 5 までの光路において、このような第 6 レンズ 1 2 9 を、リレー光学系 1 2 0 の光学素子よりも後ろに配置している。これにより、光学素子の収差補正負担を軽減し、高画質化を図ることができる。

【 0 0 9 6 】

本実施の形態における投影光学系 1 4 0 では、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順に、集光作用を有する第 2 光学素子としての第 1 ミラー 1 2 2 と、中間像 M を結像する第 1 光学素子としての第 2 ミラー 1 2 4 とが配置されている。このように、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順に、中間像 M を結像する第 2 ミラー 1 2 4 の前に第 1 レンズ 1 2 3 を配置したことにより、中間像 M を第 1 レンズ 1 2 3 の出射側に近い位置に形成することができる。そのため、第 1 レンズ 1 2 3 自体を小型化することができる。その結果、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を小型化することができる。また、中間像 M の後ろには、第 6 レンズ 1 2 9 が配置されている。そのため、リレー光学系 1 2 0 における光学素子の収差補正負担を軽減し、高画質化を図ることができる。

【 0 0 9 7 】

また、本実施の形態におけるリレー光学系 1 2 0 では、表示デバイス 1 1 0 から中間像 M に向かって、正のパワーを有する第 1 レンズ 1 2 3 と、負のパワーを有する第 2 ミラー 1 2 4 とが配置されている。すなわち、リレー光学系 1 2 0 は、所謂、テレフト配置となっている。このようにテレフト配置とすることにより、第 1 レンズ 1 2 3 は第 2 ミラー 1 2 4 の負パワーを高め、第 2 ミラー 1 2 4 は第 1 レンズ 1 2 3 の正のパワーを高める。すなわち、第 1 レンズ 1 2 3 と第 2 ミラー 1 2 4 は、お互いにパワーを高め合う。その結果、リレー光学系 1 2 0 の全長を短縮することができ、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を小型化することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 8 】

また、本実施の形態においては、図 8 に示すように、第 2 レンズ 1 2 1 の入射面および出射面は、図 8 の X Z 平面視において、基準光線 L c に対して反時計回り方向に傾いている。また、第 1 レンズ 1 2 3 の入射面および出射面は、図 8 の X Z 平面視において、基準光線 L c に対して時計回り方向に傾いている。これにより、第 1 レンズ 1 2 3 における外光による反射光は第 2 ミラー 1 2 4 より下方へ反射され、第 2 レンズ 1 2 1 における外光による反射光は第 1 ミラー 1 2 2 より下方へ反射される。そのため、反射光を視点領域 3 0 0 に入射しないようにできる。ここで、基準光線 L c に対する第 2 レンズ 1 2 1 と第 1 レンズ 1 2 3 の傾きは、基準光線 L c に沿って入射した外光が入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 または第 2 ミラー 1 2 4 に入射しない角度とすることが望ましい。さらに望ましくは、上記の傾きは、第 1 ミラー 1 2 2 から第 2 レンズ 1 2 1 または第 1 レンズ 1 2 3 へ入射した外光が第 2 レンズ 1 2 1 または第 1 レンズ 1 2 3 の入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 に入射しない角度とすることが望ましい。なお、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 が基準光線 L c に対して傾いているとは、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 の光学的な屈折面の基準光線 L c と交わる箇所が基準光線 L c に対して垂直な平面に対して水平でないということである。

10

【 0 0 9 9 】

本実施の形態においては、実施の形態 1 と同様に、第 1 レンズ 1 2 3 と第 2 レンズ 1 2 1 とにおけるレンズ厚の厚い箇所と薄い箇所の基準光線 L c に対する位置が、互いに反対になるように配置されている。したがって、実施の形態 1 と同様に、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 を通過する光線の光路長を調整して、第 2 レンズ 1 2 1 および第 1 レンズ 1 2 3 を通過する箇所によらずに光線の光路長を均一にすることができる。

20

【 0 1 0 0 】

[5 - 2 . 効果等]

実施の形態 5 に係るヘッドアップディスプレイの一例としてのヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、観察者 D に虚像 I を視認させるヘッドアップディスプレイである。ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、表示デバイスの一例としての表示デバイス 1 1 0 と、投影光学系 1 4 0 と、を備える。表示デバイス 1 1 0 は、画像を表示する。投影光学系 1 4 0 は、表示デバイス 1 1 0 により表示された画像を中間像 M として結像する作用を有する。投影光学系 1 4 0 に含まれる第 1 レンズ 1 2 3 は、基準光線 L c に対して傾けて配置される。したがって、投影光学系 1 4 0 内に外光が入射した場合であっても、外光が第 6 レンズ 1 2 9 等に反射することによる迷光を抑制することができる。また、投影光学系 1 4 0 は、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順に、集光作用を有する第 1 レンズ 1 2 3、発散作用を有する第 1 光学素子の一例としての第 2 ミラー 1 2 4 を備える。このように、実施の形態 5 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順において、負のパワーを有し中間像 M を結像する第 2 ミラー 1 2 4 よりも前に、正のパワーを有する第 1 レンズ 1 2 3 を配置してテレフト配置とした。したがって、リレー光学系 1 2 0 の全長を短縮し、第 1 レンズ 1 2 3 自体を小型化することで、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を小型化することができる。さらに、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順において、リレー光学系 1 2 0 よりも後ろに第 6 レンズ 1 2 9 を配置している。そのため、リレー光学系 1 2 0 の光学素子の収差補正負担を軽減し、高画質化を図ることができる。

30

40

【 0 1 0 1 】

実施の形態 5 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 2 光学素子の一例としての第 1 ミラー 1 2 2 を用い、第 1 光学素子の一例としての第 2 ミラー 1 2 4 を用いている。そのため、小型の表示デバイス 1 1 0 に表示させた画像を十分に拡大して中間像 M を作成し、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

【 0 1 0 2 】

実施の形態 5 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 2 レンズ 1 2 1、第 1 レンズ 1 2 3、および第 6 レンズ 1 2 9 の少なくとも一面を自由曲面形状としている。その

50

ため、ヘッドアップディスプレイ 100 のような結像光学系において、外光の反射を抑えつつ、良好な光学的特性を実現できる。

【0103】

実施の形態 5 に係るヘッドアップディスプレイ 100 では、第 1 レンズ 123 および第 2 レンズ 121 が楔形状を有する。そのため、第 1 レンズ 123 および第 2 レンズ 121 を基準光線 Lc に対して傾けた場合でも、第 1 レンズ 123 および第 2 レンズ 121 を通過する光線の光路長を調整することができる。

【0104】

実施の形態 5 に係るヘッドアップディスプレイ 100 は、表示デバイス 110 と第 1 ミラー 122 との間に第 2 レンズ 121 を備える。第 2 レンズ 121 は、楔形状を有し、少なくとも一面が自由曲面形状である。また、実施の形態 4 に係るヘッドアップディスプレイ 100 では、第 1 レンズ 123 と第 2 レンズ 121 は、一方のレンズ厚が薄い箇所を通った光線が、他方のレンズ厚が厚い箇所を通り、一方のレンズ厚が厚い箇所を通った光線が、他方のレンズ厚が薄い箇所を通るように配置されている。したがって、第 1 レンズ 123 および第 2 レンズ 121 を基準光線 Lc に対して傾けた場合でも、第 1 レンズ 123 および第 2 レンズ 121 を透過する光線の光路長を均一にすることができる。

【0105】

実施の形態 5 に係るヘッドアップディスプレイ 100 において、中間像 M が、表示デバイス 110 から虚像 I までの光路上の空中に形成される空中像である。したがって、中間像 M を結像させる部材を追加することなく、小型の表示デバイス 110 に表示させた画像を拡大して中間像 M とし、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

【0106】

(実施の形態 6)

次に、図 9 を用いて、実施の形態 6 を説明する。

【0107】

[6-1. 構成]

図 9 は、実施の形態 6 に係るヘッドアップディスプレイ 100 を説明するための光路を説明する模式図である。図 9 に示すように、本実施の形態のヘッドアップディスプレイ 100 は、第 1 光学素子の他の例として、第 7 レンズ 150 を備える。

【0108】

本実施の形態の第 1 ミラー 122 は、実施の形態 1 および実施の形態 2 における第 1 ミラー 122 と同様の構成である。しかし、配置位置が上述した各実施の形態と異なっている。本実施の形態における第 1 ミラー 122 は、図 9 に示すように、ヘッドアップディスプレイ 100 内において、車両 200 の最も後方側の位置に配置されている。また、本実施の形態における表示デバイス 110 および第 2 レンズ 121 は、上述した各実施の形態における表示デバイス 110 および第 2 レンズ 121 と同様の構成である。しかし、配置位置が上述した各実施の形態と異なっている。本実施の形態においては、表示デバイス 110 および第 2 レンズ 121 は、図 9 に示すように、第 1 ミラー 122 よりも、車両 200 の前方方向に位置する。

【0109】

本実施の形態の第 1 レンズ 123 は、実施の形態 1 および実施の形態 3 における第 1 レンズ 123 と同様の構成である。しかし、配置位置が異なっている。本実施の形態における第 1 レンズ 123 は、第 1 光学素子としての第 7 レンズ 150 よりも、車両 200 の後方方向に位置する。

【0110】

第 7 レンズ 150 は、X 軸方向と Y 軸方向で曲率の異なる自由曲面レンズである。第 7 レンズ 150 では、第 1 レンズ 123 側の面が平面形状の入射面であり、第 3 ミラー 125 側の面が、X 軸方向において第 3 ミラー 125 側に凹な凹面形状の出射面である。第 7 レンズ 150 の出射面の Y 軸方向の曲率は、X 軸方向の曲率よりも小さい。すなわち、第

10

20

30

40

50

7 レンズ 1 5 0 の Y 軸方向の形状は、X 軸方向の曲率より小さな凹面形状、凸面形状、または、平面形状である。

【 0 1 1 1 】

本実施の形態においては、図 9 で示すように、第 7 レンズ 1 5 0 の入射面および出射面は、図 9 における X Z 平面視において基準光線 L c に対して反時計回り方向に傾いている。これにより、反射光は第 7 レンズ 1 5 0 より下方へ反射される。そのため、反射光を視点領域 3 0 0 に入射しないようにできる。ここで、基準光線 L c に対する第 7 レンズ 1 5 0 の傾きは、基準光線 L c に沿って入射した外光が入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 および第 3 ミラー 1 2 5 に入射しない角度とすることが望ましい。さらに望ましくは、上記の傾きは、第 1 ミラー 1 2 2 から第 7 レンズ 1 5 0 へ入射した外光が第 7 レンズ 1 5 0 の入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 に入射しない角度とすることが望ましい。なお、第 7 レンズ 1 5 0 が基準光線 L c に対して傾いているとは、第 7 レンズ 1 5 0 の光学的な屈折面の基準光線 L c と交わる箇所が基準光線 L c に対して垂直な平面に対して水平でないということである。

10

【 0 1 1 2 】

さらに、第 7 レンズ 1 5 0 の出射面は、図 9 の X Z 平面視において、楔形状となっている。第 7 レンズ 1 5 0 の Y 軸方向に沿った断面形状を楔形状とすることにより、第 7 レンズ 1 5 0 の上方を通る光の光路長が、第 7 レンズ 1 5 0 の下方を通る光の光路長よりも長くなる。すなわち、表示デバイス 1 1 0 から出射された映像光が中間像 M として結像するまでの光路長を、Y 軸方向の位置に応じて変えることができる。これにより、第 1 ミラー 1 2 2 において生じる偏心像面湾曲を良好に補正することができる。

20

【 0 1 1 3 】

本実施の形態における投影光学系 1 4 0 では、表示デバイス 1 1 0 からの光路の順に、集光作用を有する第 2 光学素子としての第 1 ミラー 1 2 2 と、中間像 M を結像する第 1 光学素子としての第 7 レンズ 1 5 0 とが配置されている。第 1 ミラー 1 2 2 と第 7 レンズ 1 5 0 との間には、集光作用を有する第 1 レンズ 1 2 3 が配置されている。このように、中間像 M を作る第 1 ミラー 1 2 2 と、中間像 M を結像する第 7 レンズ 1 5 0 との間に、第 1 レンズ 1 2 3 を配置したことにより、中間像 M を第 1 レンズ 1 2 3 の出射側に近い位置に形成することができる。そのため、第 1 レンズ 1 2 3 自体を小型化することができる。その結果、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を小型化することができる。

30

【 0 1 1 4 】

また、本実施の形態におけるリレー光学系 1 2 0 では、表示デバイス 1 1 0 から中間像 M に向かって、正のパワーを有する第 1 レンズ 1 2 3 と、負のパワーを有する第 7 レンズ 1 5 0 とが配置されている。すなわち、リレー光学系 1 2 0 は、所謂、テレフォト配置となっている。このようにテレフォト配置とすることにより、第 1 レンズ 1 2 3 は第 7 レンズ 1 5 0 の負パワーを高め、第 7 レンズ 1 5 0 は第 1 レンズ 1 2 3 の正のパワーを高める。すなわち、第 1 レンズ 1 2 3 と第 7 レンズ 1 5 0 は、お互いにパワーを高め合う。その結果、リレー光学系 1 2 0 の全長を短縮することができ、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 を小型化することができる。

40

【 0 1 1 5 】

また、本実施の形態においては、図 9 に示すように、第 2 レンズ 1 2 1 の入射面および出射面は、図 9 の X Z 平面視において、基準光線 L c に対して時計回り方向に傾いている。また、第 1 レンズ 1 2 3 の入射面および出射面は、図 9 の X Z 平面視において、基準光線 L c に対して反時計回り方向に傾いている。これにより、第 1 レンズ 1 2 3 における外光による反射光は第 1 ミラー 1 2 2 より上方へ反射され、第 2 レンズ 1 2 1 における外光による反射光は第 1 ミラー 1 2 2 より下方へ反射される。そのため、反射光を視点領域 3 0 0 に入射しないようにできる。ここで、基準光線 L c に対する第 2 レンズ 1 2 1 と第 1 レンズ 1 2 3 の傾きは、基準光線 L c に沿って入射した外光が入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第 1 ミラー 1 2 2 に入射しない角度とすることが望ましい

50

。さらに望ましくは、上記の傾きは、第1ミラー122から第2レンズ121または第1レンズ123へ入射した外光が第2レンズ121または第1レンズ123の入射面または出射面において反射したとき、その反射光が第1ミラー122に入射しない角度とすることが望ましい。なお、第2レンズ121および第1レンズ123が基準光線Lcに対して傾いているとは、第2レンズ121および第1レンズ123の光学的な屈折面の基準光線Lcと交わる箇所が基準光線Lcに対して垂直な平面に対して水平でないということである。

【0116】

本実施の形態においては、実施の形態1と同様に、第1レンズ123と第2レンズ121におけるレンズ厚の厚い箇所と薄い箇所の基準光線Lcに対する位置が、互いに反対になるように配置されている。したがって、実施の形態1と同様に、第2レンズ121および第1レンズ123を通過する光線の光路長を調整して、第2レンズ121および第1レンズ123を通過する箇所によらずに光線の光路長を均一にすることができる。

【0117】

[6-2. 効果等]

実施の形態6に係るヘッドアップディスプレイの一例としてのヘッドアップディスプレイ100は、観察者Dに虚像Iを視認させるヘッドアップディスプレイである。ヘッドアップディスプレイ100は、表示デバイスの一例としての表示デバイス110と、投影光学系140と、を備える。表示デバイス110は、画像を表示する。投影光学系140は、表示デバイス110により表示された画像を中間像Mとして結像する作用を有する。投影光学系140に含まれる第1レンズ123は、基準光線Lcに対して傾けて配置される。したがって、投影光学系140内に外光が入射した場合であっても、外光が第7レンズ150等に反射することによる迷光を抑制することができる。また、投影光学系140は、表示デバイス110からの光路の順に、集光作用を有する第1レンズ123、第1光学素子の一例としての第7レンズ150を備える。このように、実施の形態6に係るヘッドアップディスプレイ100では、表示デバイス110からの光路の順において、負のパワーを有し中間像Mを結像する第7レンズ150よりも前に、正のパワーを有する第1レンズ123を配置してテレフト配置とした。したがって、リレー光学系120の全長を短縮し、第1レンズ123自体を小型化することで、ヘッドアップディスプレイ100を小型化することができる。

【0118】

実施の形態6に係る第2光学素子の一例として第1ミラー122を用い、投射光学系130に第3ミラー125を用いている。そのため、小型の表示デバイス110に表示させた画像を十分に拡大して中間像Mを作成し、中間像Mをさらに拡大して観察者Dに投射することが可能となる。

【0119】

実施の形態6に係るヘッドアップディスプレイ100は、第1光学素子の一例として負のパワーを有する第7レンズ150を中間像Mの付近に用いている。これにより、第7レンズ150は、所謂、フィールドレンズとして働く。そのため、第1レンズ123、第1ミラー122、第2レンズ121を小型化することができる。

【0120】

実施の形態6に係るヘッドアップディスプレイ100では、第1レンズ123、第2レンズ121、および第7レンズ150の少なくとも一面を自由曲面形状としている。そのため、ヘッドアップディスプレイ100のような結像光学系において、外光の反射を抑えつつ、良好な光学的特性を実現できる。

【0121】

実施の形態6に係るヘッドアップディスプレイ100では、第1レンズ123、第2レンズ121、および第7レンズ150が楔形状を有する。そのため、第1レンズ123、第2レンズ121、および第7レンズ150を基準光線Lcに対して傾けた場合でも、第1レンズ123、第2レンズ121、および第7レンズ150を透過する光線の光路長を

調整することができる。

【 0 1 2 2 】

実施の形態 6 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 は、表示デバイス 1 1 0 と第 2 光学素子の一例としての第 1 ミラー 1 2 2 との間に第 2 レンズ 1 2 1 を備える。第 2 レンズ 1 2 1 は、楔形状を有し、少なくとも一面が自由曲面形状である。また、実施の形態 6 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 では、第 1 レンズ 1 2 3 と第 2 レンズ 1 2 1 は、一方のレンズ厚が薄い箇所を通った光線が、他方のレンズ厚が厚い箇所を通り、一方のレンズ厚が厚い箇所を通った光線が、他方のレンズ厚が薄い箇所を通るように配置されている。したがって、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を基準光線 L_c に対して傾けた場合でも、第 1 レンズ 1 2 3 および第 2 レンズ 1 2 1 を透過する光線の光路長を均一にすることができる。

10

【 0 1 2 3 】

実施の形態 6 に係るヘッドアップディスプレイ 1 0 0 において、中間像 M が、表示デバイス 1 1 0 から虚像 I までの光路上の空中に形成される空中像である。したがって、中間像 M を結像させる部材を追加することなく、小型の表示デバイス 1 1 0 に表示させた画像を拡大して中間像 M とし、中間像 M をさらに拡大して観察者 D に投射することが可能となる。

【 0 1 2 4 】

(他の実施の形態)

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、実施の形態 1 ~ 6 を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用できる。また、上記実施の形態 1 ~ 6 で説明した各構成要素を組み合わせ、新たな実施の形態とすることも可能である。

20

【 0 1 2 5 】

実施の形態 1 ~ 6 では、表示デバイス 1 1 0 と第 1 ミラー 1 2 2 の間に設けられる屈折光学系の一例として第 2 レンズ 1 2 1 を示した。しかし、屈折光学系は、1 枚のレンズ素子である第 2 レンズ 1 2 1 に限られない。例えば、屈折光学系は、複数のレンズ素子を、表示デバイス 1 1 0 と第 1 ミラー 1 2 2 との間に配置したものであっても良い。複数のレンズ素子が有る場合、表示デバイスが出射する光が最初に入射するレンズ素子は正のパワーを有することが望ましい。

30

【 0 1 2 6 】

実施の形態 1 ~ 6 では、投影光学系 1 4 0 として 1 つの第 3 ミラー 1 2 5 を配置している。しかし、2 枚以上のミラーを配置しても良い。また、追加するミラーは、第 3 ミラー 1 2 5 よりも車両前方に配置しても良いし、車両の内側方向または外側方向、つまり、図 1、図 2、および図 4 ~ 図 9 において紙面垂直方向に配置しても良い。

【 0 1 2 7 】

実施の形態 1 ~ 6 では、リレー光学系 1 2 0 においてレンズ素子を用いた。しかし、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 の構成はこれに限定されない。例えば、第 3 ミラー 1 2 5 とウインドシールド 2 2 0 の間にレンズ素子を追加して配置しても良い。

【 0 1 2 8 】

40

実施の形態 1 ~ 6 のヘッドアップディスプレイ 1 0 0 における第 1 ミラー 1 2 2、第 2 ミラー 1 2 4、および第 3 ミラー 1 2 5 として、回転非対称な形状のミラーを用いて説明した。しかし、これらのミラーはこれに限られない。例えば、これらのミラーは、X 軸方向と Y 軸方向とで曲率の符号が異なる、いわゆる鞍型の面形状を有しても良い。

【 0 1 2 9 】

実施の形態 1 ~ 6 において用いたレンズ素子の面形状は、自由曲面形状に限定されるものではない。例えば、レンズ素子の面形状は、トロイダル形状、アナモルフィック形状、シリンダカル形状であっても良い。また、これらの形状のレンズを基準光線 L_c に対して偏心させて配置しても良い。

【 0 1 3 0 】

50

実施の形態 4 の第 5 レンズ 1 2 8 の出射面、実施の形態 5 の第 6 レンズ 1 2 9 の入射面、実施の形態 6 の出射面のそれぞれの X 軸方向は、その全面が凹面である必要はなく、局部的に凸面形状を有しても良い。

【 0 1 3 1 】

実施の形態 1 ～ 6 において用いたレンズ素子の平面形状の面は、凸面または凹面であっても良いし、局部的に曲面形状を有しても良い。

【 0 1 3 2 】

実施の形態 1 ～ 5 における第 1 ミラー 1 2 2、第 2 ミラー 1 2 4、および第 3 ミラー 1 2 5 の反射面の形状は自由曲面形状に限定されるものではない。これらのミラーの反射面は、球面形状、非球面形状、トロイダル形状、アナモルフィック形状であっても良い。また、これらの形状のミラーを基準光線 Lc に対して偏心させて配置しても良い。

10

【 0 1 3 3 】

実施の形態 1 ～ 6 では、ヘッドアップディスプレイ 1 0 0 はダッシュボード 2 1 0 の下方に配置しているが、ダッシュボード 2 1 0 の上方に配置しても良い。

【 0 1 3 4 】

以上のように、本開示における技術の例示として、実施の形態を説明した。そのために、添付図面および詳細な説明を提供した。したがって、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、上記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

20

【 0 1 3 5 】

また、上述の実施の形態は、本開示における技術を例示するためのものであるから、特許請求の範囲またはその均等の範囲において種々の変更、置き換え、付加、省略などを行うことができる。

【 0 1 3 6 】

(実施形態の概要)

(1) 本開示のヘッドアップディスプレイは、透過性の反射部材に画像を投影して観察者に虚像を視認させるヘッドアップディスプレイであって、前記画像を表示する表示デバイスと、前記表示デバイスに表示された前記画像を、前記観察者に虚像として投影する投影光学系と、を備える。前記投影光学系は、前記画像を中間像として結像する作用を有し、集光作用を有する第 1 レンズと、発散作用を有する第 1 光学素子と、を備える。前記第 1 レンズおよび前記第 1 光学素子は、前記表示デバイスからの光路の順に配置されている。前記観察者の視点領域の中心に到達し、前記虚像の中心に相当する光線を基準光線としたとき、前記第 1 レンズは、前記基準光線に対して傾けて配置されている。

30

【 0 1 3 7 】

このように、表示デバイスからの光路の順に、集光作用を有する第 1 レンズと、発散作用を有する第 1 光学素子とを配置して投影光学系を構成し、第 1 レンズを前記基準光線に対して傾けて配置している。そのため、投影光学系内に外光が入射した場合であっても、外光が第 1 レンズ等に反射することによる迷光を抑制することができる。また、投影光学系は、表示デバイスからの光路の順において、負のパワーを有し中間像を結像する第 1 光学素子よりも前に、正のパワーを有する第 1 レンズを配置してテレフォト配置とした。したがって、リレー光学系の全長を短縮し、第 1 レンズ自体を小型化することで、ヘッドアップディスプレイを小型化することができる。

40

【 0 1 3 8 】

(2) (1) のヘッドアップディスプレイにおいて、前記第 1 光学素子は、ミラーである。したがって、小型の表示デバイスに表示させた画像を十分に拡大して中間像を作成し、中間像をさらに拡大して観察者に投射することが可能となる。

【 0 1 3 9 】

(3) (1) または (2) のヘッドアップディスプレイにおいて、前記第 1 レンズの少

50

なくとも一面は、自由曲面形状を有する。したがって、ヘッドアップディスプレイのような結像光学系において、外光の反射を抑えつつ、良好な光学的特性を実現できる。

【0140】

(4)(1)から(3)のいずれか一のヘッドアップディスプレイにおいて、前記第1レンズは、楔形状を有する。したがって、第1レンズを基準光線に対して傾けた場合でも、第1レンズを通過する光線の光路長を調整することができる。

【0141】

(5)(4)のヘッドアップディスプレイにおいて、前記投影光学系は、集光作用を有する第2光学素子と、集光作用を有する第2レンズと、を備える。前記第2レンズ、前記第2光学素子、および、前記第1レンズは、前記表示デバイスからの光路の順に配置されている。前記第2レンズは、楔形状を有する。前記第2レンズの少なくとも一面は、自由曲面形状を有する。前記第1レンズと前記第2レンズは、前記第1レンズのレンズ厚が薄い箇所を通った光線が、前記第2レンズのレンズ厚が厚い箇所を通り、前記第1レンズのレンズ厚が厚い箇所を通った光線が、前記第2レンズのレンズ厚が薄い箇所を通るように配置されている。したがって、第1レンズおよび第2レンズを基準光線に対して傾けた場合でも、第1レンズおよび第2レンズを通過する光線の光路長を均一にすることができる。

10

【0142】

(6)(5)のヘッドアップディスプレイにおいて、前記第1レンズと前記第2レンズは一体に形成されている。したがって、部品点数を減らし、ヘッドアップディスプレイの製造コストを低減することができる。

20

【0143】

(7)(5)のヘッドアップディスプレイにおいて、前記投影光学系は、前記第2光学素子から前記第1光学素子までの光路において、前記第1レンズの前に前記基準光線に対して傾けて配置され、負の屈折力を有するレンズを備える。したがって、光学素子の収差補正負担を軽減し、高画質化を図ることができる。

【0144】

(8)(5)のヘッドアップディスプレイにおいて、前記投影光学系は、前記第1光学素子から前記虚像までの光路において、前記中間像の後に前記基準光線に対して傾けて配置され、負の屈折力を有するレンズを備える。したがって、光学素子の収差補正負担を軽減し、高画質化を図ることができる。

30

【0145】

(9)(1)から(8)のいずれか一のヘッドアップディスプレイにおいて、前記中間像は、前記光路上の空中に形成される空中像である。したがって、中間像を結像させる部材を追加することなく、小型の表示デバイスに表示させた画像を拡大して中間像とし、中間像をさらに拡大して観察者に投射することが可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0146】

本開示は、レンズなどの屈折光学系を用いたヘッドアップディスプレイに適用可能である。具体的には、車両用などのヘッドアップディスプレイに、本開示は適用可能である。

【符号の説明】

40

【0147】

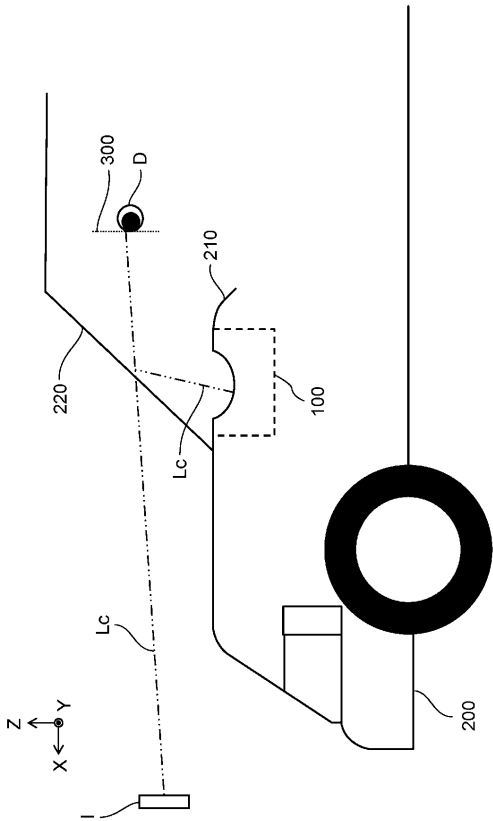
- 100 ヘッドアップディスプレイ
- 110 表示デバイス
- 120 リレー光学系
- 121 第2レンズ
- 122 第1ミラー
- 123 第1レンズ
- 124 第2ミラー
- 125 第3ミラー
- 126 第3レンズ

50

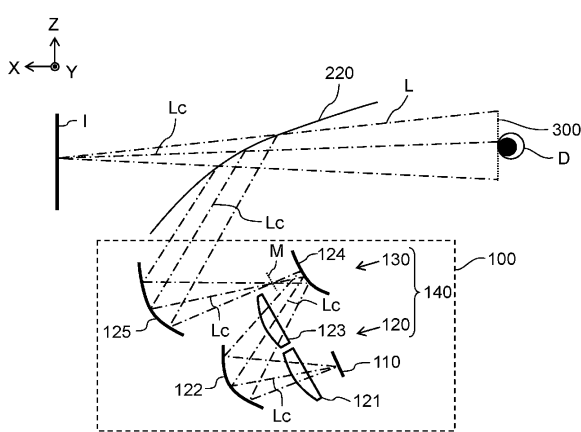
- 1 2 7 第 4 レンズ
- 1 2 8 第 5 レンズ
- 1 2 9 第 6 レンズ
- 1 3 0 投射光学系
- 1 4 0 投影光学系
- 1 5 0 第 7 レンズ
- 2 0 0 車両
- 2 1 0 ダッシュボード
- 2 2 0 ウインドシールド
- 3 0 0 視点領域
- D 観察者
- I 虚像
- M 中間像
- L 光線
- L c 基準光線

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

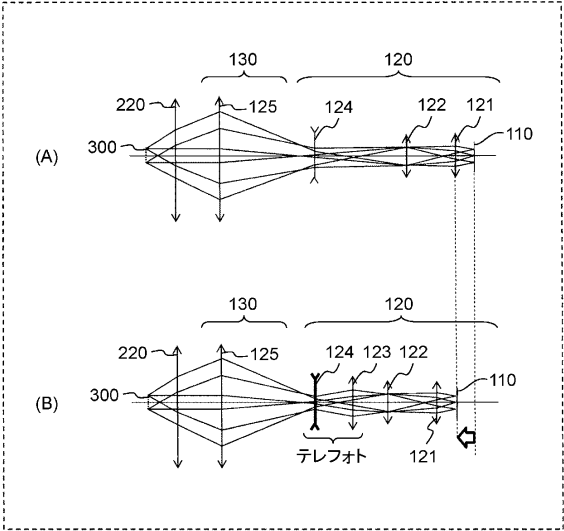
20

30

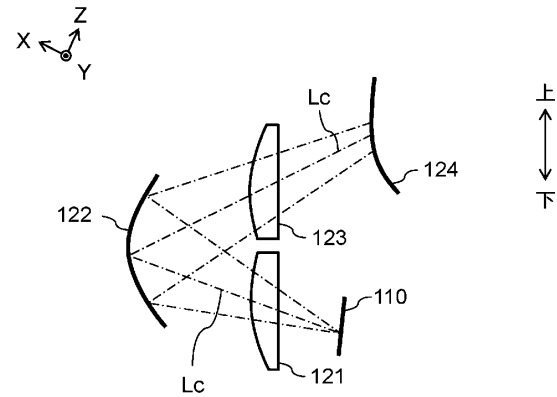
40

50

【図 3】

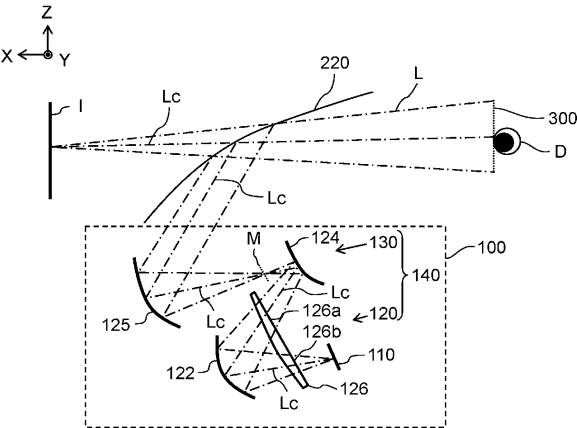


【図 4】

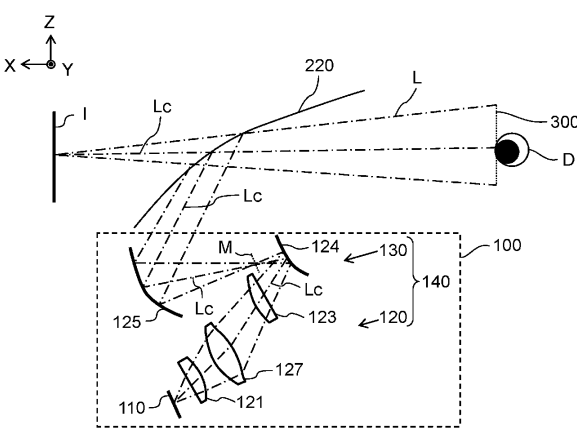


10

【図 5】



【図 6】



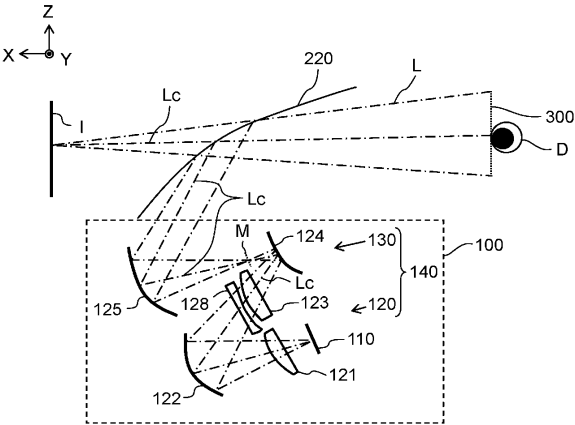
20

30

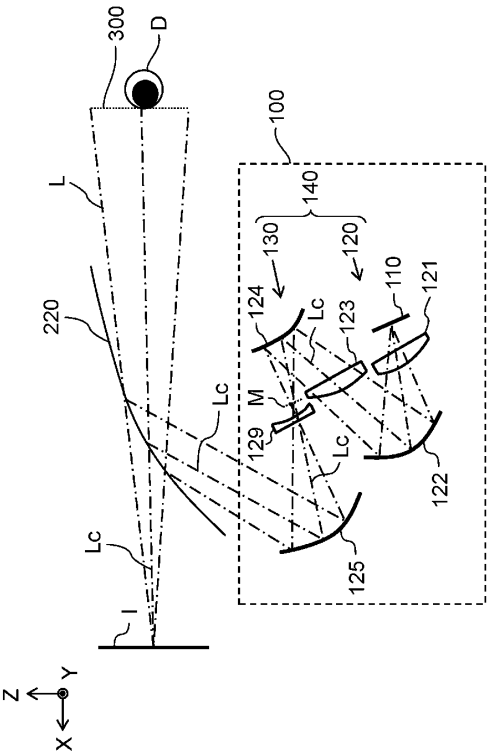
40

50

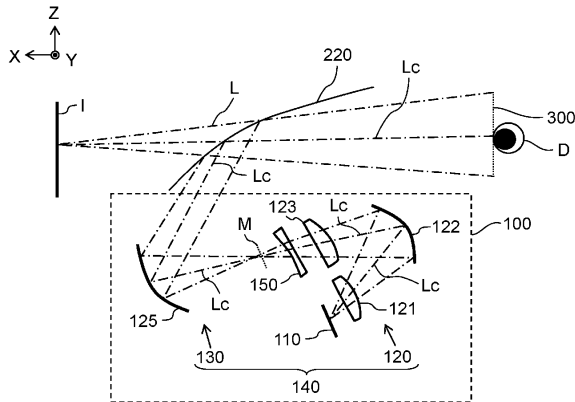
【図 7】



【図 8】



【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭 6 0 - 1 9 8 5 1 5 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 4 / 0 2 4 4 0 3 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 6 / 2 0 8 1 9 6 (W O , A 1)
特開 2 0 1 3 - 1 2 7 4 8 9 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 2 0 5 9 7 4 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 2 1 5 4 1 3 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 4 2 5 0 9 (J P , A)
米国特許第 0 5 6 4 0 2 7 5 (U S , A)
米国特許第 0 4 9 3 2 7 6 5 (U S , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 2 7 / 0 1 , 3 / 0 0
B 6 0 K 3 5 / 0 0