

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6709906号  
(P6709906)

(45) 発行日 令和2年6月17日(2020.6.17)

(24) 登録日 令和2年5月28日(2020.5.28)

(51) Int.Cl.

G02B 27/01 (2006.01)  
B60K 35/00 (2006.01)

F 1

G02B 27/01  
B60K 35/00

A

請求項の数 5 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2017-43903 (P2017-43903)
(22) 出願日	平成29年3月8日 (2017.3.8)
(65) 公開番号	特開2018-146882 (P2018-146882A)
(43) 公開日	平成30年9月20日 (2018.9.20)
審査請求日	令和1年10月29日 (2019.10.29)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(74) 代理人	100106116 弁理士 鎌田 健司
(74) 代理人	100115554 弁理士 野村 幸一
(72) 発明者	葛原 聰 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】画像投写装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

透過性を有する反射部材に画像を投写して観察者に虚像を視認させる画像投写装置であつて、

画像を表示する表示デバイスと、少なくとも1枚のレンズ素子を含むレンズ群を有し、前記表示デバイスに表示された前記画像を前記反射部材に投写する投写光学系と、を備え、

前記レンズ群は、前記表示デバイスとの距離を変化させるように光路の方向に移動する駆動レンズを有し、

前記駆動レンズは、前記表示デバイスとの距離を縮める方向に移動することにより、視距離を増大させ、

以下の条件(1)を満足する：

$$1 < D / L \leq 5.84 \quad \dots (1)$$

ここで、

$$D : 1 / Z_1 - 1 / Z_2$$

Z<sub>1</sub>：駆動レンズの移動前の虚像の視距離

Z<sub>2</sub>：駆動レンズの移動後の虚像の視距離

$$L : \text{駆動レンズの移動量}$$

である。

## 【請求項 2】

10

20

前記レンズ群は、前記駆動レンズと前記表示デバイスとの間に移動しない固定レンズ群を備え、以下の条件(2)を満足する、請求項1に記載の画像投写装置：

$$\underline{0.39} \quad (1 - (1/F)^2) \times (1/R)^2 \quad \underline{0.9} \quad \dots \quad (2)$$

ここで、

F：駆動レンズの横倍率

R：駆動レンズから表示デバイスまでの間に配置される固定レンズ群の横倍率である。

### 【請求項3】

前記投写光学系は、前記レンズ群の出射光を前記反射部材に反射するミラーを有する、請求項1または2に記載の画像投写装置。

10

### 【請求項4】

前記駆動レンズを、前記駆動レンズと前記表示デバイスとの間隔を縮める方向に移動させる場合、以下の条件(3)を満足する請求項1から3のいずれか1項に記載の画像投写装置：

$$\underline{7.79} \quad L / M \quad \underline{8.27} \quad \dots \quad (3)$$

ここで、

M：駆動レンズの移動前後における表示デバイスの表示領域における表示画像の移動量

である。

### 【請求項5】

前記駆動レンズを、前記駆動レンズと前記表示デバイスとの間隔を縮める方向に移動させる場合、以下の条件(4)を満足する請求項1から4のいずれか1項に記載の画像投写装置：

$$\underline{1.47} \quad N \quad \underline{1.59} \quad \dots \quad (4)$$

ここで、

N：X1/X2

X1：駆動レンズの移動前における表示デバイスの表示領域に表示する画像の横サイズ

X2：駆動レンズの移動後における表示デバイスの表示領域に表示する画像の横サイズ

である。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本開示は、透過性を有する反射部材に光を投射して虚像を提示する画像投写装置に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

特許文献1は、コンバイナーが組み込まれた防風ガラスに表示像を投影する車両用表示装置を開示する。この車両用表示装置は、防風ガラスの下方に設置され、光源部とコリメーターであるレンズと透過型の表示体とを有する発光表示手段を備える。コンバイナーに向けて照射する光の方向に、車速に応じて発光表示手段を前後に動かして、表示する虚像の結像位置を変化させる。

#### 【0003】

特許文献2は、部分透過ミラーに表示像を投影する表示装置を開示する。この表示装置は、像を形成する表示パネルと、中間像を形成するリレー光学系と、中間像を再度結像させる結像光学系と、を備える。リレー光学系により、中間像の位置を変化させて結像光学系により結像する像の表示位置を変化させる。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

20

30

40

50

**【0004】**

【特許文献1】実開平6-87043号公報

【特許文献2】特開2008-180759号公報

**【発明の概要】**

【発明が解決しようとする課題】

**【0005】**

本開示における画像投写装置は、透過性を有する反射部材に画像を投写して観察者に虚像を視認させる画像投写装置である。画像投写装置は、表示デバイスと、投写光学系と、を備える。表示デバイスは、画像を表示する。投写光学系は、少なくとも1枚のレンズ素子を含むレンズ群を有し、表示デバイスに表示された画像を反射部材に投写する。レンズ群は、表示デバイスとの距離を変化させるように光路の方向に移動する駆動レンズを有する。駆動レンズは、表示デバイスとの距離を縮める方向に移動することにより、視距離を増大させる。ここで、画像投写装置は、駆動レンズの移動前の虚像の視距離をZ1、駆動レンズの移動後の虚像の視距離をZ2、駆動レンズの移動量をL、 $1/Z_1 - 1/Z_2$ をDとしたとき、 $1 < D / L$ の関係を満足する。

10

【課題を解決するための手段】

**【0006】**

本開示における画像投写装置は、透過性を有する反射部材に画像を投写して観察者に虚像を視認させる画像投写装置である。画像投写装置は、表示デバイスと、投写光学系と、を備える。表示デバイスは、画像を表示する。投写光学系は、少なくとも1枚のレンズ素子を含むレンズ群を有し、表示デバイスに表示された画像を反射部材に投写する。レンズ群は、表示デバイスとの距離を変化させるように光路の方向に移動する駆動レンズを有する。ここで、画像投写装置は、駆動レンズの移動前の虚像の視距離をZ1、駆動レンズの移動後の虚像の視距離をZ2、駆動レンズの移動量をL、 $1/Z_1 - 1/Z_2$ をDとしたとき、 $1 < D / L$ の関係を満足する。

20

【発明の効果】

**【0007】**

本開示における画像投写装置は、虚像の位置を調整することが可能である。

【図面の簡単な説明】

**【0008】**

30

【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。

【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におけるヘッドアップディスプレイの構成を示すブロック図である。

【図4】図4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5】図5は、実施の形態1における投射光学系の構成を示す模式図である。

【図6】図6は、実施の形態1における投射光学系の構成を示す図である。

40

【図7】図7は、実施の形態1のヘッドアップディスプレイに入射する外光の光路を示す模式図である。

【図8A】図8Aは、本開示のヘッドアップディスプレイにおける駆動レンズの移動前の表示画像の光路を示す図である。

【図8B】図8Bは、本開示のヘッドアップディスプレイにおける駆動レンズの移動後の表示画像の光路の様子を示す図である。

【図9A】図9Aは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて表示画像の電子的補正をしない場合における、駆動レンズの移動前後の虚像の様子を示す図である。

【図9B】図9Bは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて、駆動レンズの移動前後に対応する表示画像の電子的補正の様子を示す図である。

50

【図10A】図10Aは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて、駆動レンズの移動前の表示画像の光路を示す図である。

【図10B】図10Bは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて、駆動レンズの移動後の表示画像の光路を示す図である。

【図11A】図11Aは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて表示画像の電子的補正をしない場合における、駆動レンズの移動前後の虚像の様子を示す図である。

【図11B】図11Bは、本開示のヘッドアップディスプレイにおいて、駆動レンズの移動前後に対応する表示画像の電子的補正の様子を示す図である。

【図12】図12は、実施の形態2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13】実施例1（実施の形態1に対応）の光学系の虚像Iが最短の視距離における各面の偏心データを示す図

【図14】実施例1（実施の形態1に対応）の光学系の虚像Iが最長の視距離における各面の偏心データを示す図

【図15】実施例1（実施の形態1に対応）の光学系における各面の曲率半径を示す図

【図16】実施例1（実施の形態1に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【図17】実施例1（実施の形態1に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【図18】実施例1（実施の形態1に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【図19】実施例2（実施の形態2に対応）の光学系の虚像Iが最短の視距離における各面の偏心データを示す図

【図20】実施例2（実施の形態2に対応）の光学系の虚像Iが最長の視距離における各面の偏心データを示す図

【図21】実施例2（実施の形態2に対応）の光学系における各面の曲率半径を示す図

【図22】実施例2（実施の形態2に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【図23】実施例2（実施の形態2に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

【図24】実施例2（実施の形態2に対応）の光学系における自由曲面の形状のデータを示す図

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0009】

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。

##### 【0010】

なお、添付図面および以下の説明は、当業者が本開示を十分に理解するために、提供されるのであって、これらにより請求の範囲に記載の主題を限定することは意図されていない。

##### 【0011】

###### （実施の形態1）

以下、図1～7を用いて、実施の形態1を説明する。

##### 【0012】

###### [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（画像投写装置の一例）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。

**【0013】**

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の断面を概略的に示す図である。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、ウインドシールド220で反射される画像を虚像Iとして認識する。また、車両200は観察者Dの視点を検出するためのカメラ170を備えている。

**【0014】**

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。

10

**【0015】**

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、投射光学系120と、レンズ駆動部130と、ミラー駆動部140と、制御部150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が表示する画像をダッシュボード210の開口部211を通過してウインドシールド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。

**【0016】**

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。外側とは、車両200が左ハンドルである場合、観察者Dから見て左側である。このとき、内側とは観察者から見て右側である。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。

20

**【0017】**

また、図2に示すように、表示デバイス110における画像の中心から観察者Dの視点までの光路を基準光線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。また、虚像Iの車両外側端に相当する、表示デバイス110上の表示位置を基準外側画像端とする。虚像Iの車両内側端に相当する、表示デバイス110上の表示位置を基準内側画像端とする。そして、表示デバイス110の基準外側画像端から観察者Dの視点までの光路を基準外側光線Loとする。すなわち、虚像Iの車両外側端に相当する光の光路が基準外側光線Loである。同様に、表示デバイス110の基準内側画像端から観察者Dの視点までの光路を基準内側光線Liとする。ただし、観察者Dの視点は、視点領域300の中心にあるものとする。

30

**【0018】**

表示デバイス110は、後述するCPU等の制御部150による制御に基づき、画像を表示する。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(エレクトロルミネンス)、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、DMD(Digital Micromirror Device)や、光を拡散または反射するスクリーンと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、制御部150の制御に基づき、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120やウインドシールド220で発生する歪みや、カメラ170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たり、表示デバイス110の表示可能領域における画像の表示位置を動かしたりして、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120等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することで、観察者Dに良好な虚像Iを視認させることができる。

40

**【0019】**

50

投射光学系 120 は、1枚以上のレンズ素子で構成されるレンズ群 121 と、凹面形状の反射面を有するミラー 122 とを備える。また、ミラー 122 は、正のパワーを有する。投射光学系 120 は、表示デバイス 110 が表示した画像をウインドシールド 220 に投射する。具体的には、表示デバイス 110 が表示した画像光は、レンズ群 121 を通してミラー 122 に入射する。ミラー 122 は、画像光を反射し、ウインドシールド 220 に投射する。

#### 【0020】

レンズ駆動部 130 は、モータなどのアクチュエータとレンズ素子を保持する支持枠を含み構成される。レンズ駆動部 130 は、レンズ群 121 を構成するレンズ素子の一部、または全部を表示デバイス 110 との間隔が変化するように光路の方向に駆動し、観察者 D が視認する虚像 I の距離を移動することができる。10

#### 【0021】

ミラー駆動部 140 は、モータなどのアクチュエータとミラー支持部材とを含み構成される。ミラー駆動部 140 は、観察者 D の目の位置に応じて、ミラー 122 を 2 軸の方向に回転し、視点領域 300 を移動する。

#### 【0022】

制御部 150 は、ヘッドアップディスプレイ 100 を制御する電子制御ユニットである。。

#### 【0023】

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 の電気的な接続関係を示すブロック図である。図 3 に示すように、制御部 150 は、表示デバイス 110、レンズ駆動部 130、ミラー駆動部 140、カメラ 170、CAN (Controler Area Network) バス 180 に接続されている。20

#### 【0024】

制御部 150 は、カメラ 170 が検出した観察者 D の目の位置から、視点領域 300 を決定することができる。

#### 【0025】

CAN バス 180 は、車両 200 の速度や加速度、ステアリングの操舵角度、車両 200 の故障状況などの情報の転送に用いられる、データ転送用のバスである。制御部 150 は、CAN バス 180 を通じて、車両 200 の各種情報を取得する。30

#### 【0026】

また、詳細は後述するが、制御部 150 は、レンズ駆動部 130 の駆動に応じて、表示デバイス 110 の表示する画像のサイズや、表示デバイス 110 の表示領域内における画像の表示位置を変えたり、ミラー駆動部 140 を駆動してミラー 122 の角度を変えたりしても良い。

#### 【0027】

##### [ 1 - 1 - 2 . 投射光学系の構成 ]

以下、図 4 ~ 7 を用いて、投射光学系 120 の構成について説明する。

#### 【0028】

図 4 は、本実施の形態に係るヘッドアップディスプレイ 100 の投射光学系 120 の構成を説明するための模式図である。40

#### 【0029】

レンズ群 121 は、図 4 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。レンズ群 121 は、表示デバイス 110 からミラー 122 までの光路の順に、集光作用を有する固定レンズ 121B と、発散作用を有する駆動レンズ 121A と、を有する。駆動レンズ 121A は、その屈折面の X 軸方向と Y 軸方向とで曲率の異なる自由曲面レンズである。また、固定レンズ 121B は、その屈折面の X 軸方向と Y 軸方向とで曲率の異なる自由曲面レンズである。

#### 【0030】

図 5 は、本実施の形態に係る投射光学系 120 の Y 軸方向の構成を説明するための模式50

図である。図6は、本実施の形態に係る投射光学系120のX軸方向の構成を説明するための模式図である。

#### 【0031】

ここで、図5に示すように、基準光線 $L_c$ と駆動レンズ121Aの入射面との交点を原点Oとする。原点Oにおける駆動レンズ121Aの入射面の接平面を接平面Pとする。基準外側光線 $L_o$ と接平面Pとの交点と、原点Oとを含む直線をX軸とする。接平面P上において、X軸と垂直な直線をY軸とする。また、図5に示すように、基準光線 $L_c$ と固定レンズ121Bの入射面との交点を原点Qとする。原点Qにおける固定レンズ121Bの入射面の接平面を接平面Rとする。基準外側光線 $L_o$ と接平面Rとの交点と、原点Qとを含む直線をX軸とする。接平面R上において、X軸と垂直な直線をY軸とする。なお、図5では車両内外方向とX軸方向が一致しているが、それに限定されるものではない。駆動レンズ121Aおよび固定レンズ121Bは、図5に示すように基準光線 $L_c$ に対して下方に傾けて配置されている。10

#### 【0032】

まず、実施の形態1の駆動レンズ121Aについて説明する。図5に示すように、駆動レンズ121Aの表示デバイス110側の面(入射面)は、そのY軸方向が屈折力を有さない形状で構成される。ただし、駆動レンズ121Aの入射面は、X軸方向の曲率よりも小さい形状であれば、凹面形状、凸面形状、または、平面形状のいずれでもよい。駆動レンズ121Aのミラー122側の面(出射面)は、そのY軸方向が凹面形状で構成される。すなわち、駆動レンズ121Aは、そのY軸方向に発散作用を有していればよい。20

#### 【0033】

また、図6に示すように、駆動レンズ121Aの表示デバイス110側の面(入射面)は、そのX軸方向が表示デバイス110側に凹な凹面形状で構成される。他方、駆動レンズ121Aの出射面は、そのX軸方向がミラー122側に凸な凸面形状で構成される。ただし、駆動レンズ121Aは、そのX軸方向に発散作用を有していればよく、出射面のX軸方向がミラー122側に凹な凹面形状を有しても良い。

#### 【0034】

なお、レンズ群121において、X軸方向の曲率とは、X軸を含みY軸方向に垂直な平面における断面形状の曲率のことである。Y軸方向の曲率とは、Y軸を含みX軸方向に垂直な平面における断面形状の曲率のことである。30

#### 【0035】

次に、固定レンズ121Bについて説明する。図5に示すように、固定レンズ121Bの表示デバイス110側の面(入射面)は、そのY軸方向が表示デバイス110側に凸な凸面形状で構成される。他方、固定レンズ121Bのミラー122側の面(出射面)は、Y軸方向の曲率がX軸方向よりも小さい曲率で構成される。

#### 【0036】

また、図6に示すように、固定レンズ121Bの入射面は、X軸方向が表示デバイス110側に凹な凹面形状で構成される。他方、固定レンズ121Bの出射面は、X軸方向がミラー122側に凸な凸面形状で構成される。

#### 【0037】

図7は太陽光などの外光が投射光学系120に入射したときの模式図を示している。太陽光などの外光が、ミラー122からレンズ群121へ入射したとき、外光はレンズ群121の駆動レンズ121A、固定レンズ121Bの出射面や入射面によって反射される。駆動レンズ121A、固定レンズ121Bにおいて反射された反射光がミラー122へ入射すると、外光がウインドシールド220へ投射され、観察者Dに視認される恐れがある。これは、車両200を運転する観察者Dの視界を妨げるため、望ましくない。40

#### 【0038】

本開示においては、図5で示すように、レンズ群121を構成する各レンズ素子の入射面及び出射面は、基準光線 $L_c$ に対して下方に傾いている。すなわち、レンズ群121を構成する各レンズ素子は、基準光線 $L_c$ に対して傾いている。これにより、太陽光などの50

外光はミラー 122 より下方へ反射され、視点領域 300 に入射しないようにできる。ここで、レンズ群 121 を構成する各レンズ素子の基準光線 Lc に対する傾きは、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、ミラー 122 からレンズ群 121 へ入射した外光がレンズ群 121 を構成する各レンズ素子の入射面または出射面において反射したとき、その反射光がミラー 122 に入射しない角度とすることが望ましい。なお、レンズ群 121 を構成する各レンズ素子が基準光線 Lc に対して傾いているとは、レンズ群 121 を構成する各レンズ素子の光学的な屈折面が基準光線 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。

## 【0039】

10

さらに、駆動レンズ 121A 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、駆動レンズ 121A のY軸方向の形状は、くさび形状となっている。駆動レンズ 121A のY軸方向に沿った断面形状をくさび形状とすることにより、駆動レンズ 121A の上方を通る光の光路長が、駆動レンズ 121A 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、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。

## 【0040】

ここで、駆動レンズ 121A の入射面と出射面および固定レンズ 121B の入射面と出射面はそれぞれ、薄膜の多層構造による反射防止コートを施している。これにより、駆動レンズ 121A および固定レンズ 121B の各面における反射率を低減することができる。なお、反射防止コートは、例えば SWS (SubWaveLength Structure、サブ波長構造体) のような微細周期構造を用いてもよい。レンズ群 121 の各レンズ素子の入射面及び出射面に反射防止コートを施していることにより、表示デバイス 110 で表示した画像の透過率を下げることなく、良好な虚像 I を観察者 D に視認させることができる。また、太陽光などの外光がレンズ群 121 の入射面と出射面との間で多重反射して視点領域 300 に到達した場合でも、輝度を十分に下げることができる。

20

## 【0041】

ここで、駆動レンズ 121A は、ミラー 122 の反射面の下端よりも上方に配置される。こうすることで、ヘッドアップディスプレイ 100 を車両 200 の上下方向に薄く構成することができる。また、固定レンズ 121B は、ミラー 122 の反射面の下端よりも上方に配置される。こうすることで、ヘッドアップディスプレイ 100 を車両 200 の上下方向に薄く構成することができる。

30

## 【0042】

次に、ミラー 122 について説明する。ミラー 122 は、レンズ群 121 よりも車両 200 の前方方向に位置する。ミラー 122 は、レンズ群 121 から出射された光線をウインドシールド 220 に向けて反射する。ミラー 122 の反射面は、偏心して配置されている。ここで、ミラー 122 の反射面は凹面形状である。すなわち、ミラー 122 は、レンズ群 121 から入射した光を拡大してウインドシールド 220 に投射する。これにより、表示デバイス 110 で表示する画像 111 を拡大して、観察者 D に虚像 I として視認させることができる。また、ミラー 122 は自由曲面形状である。これは反射で生じた虚像のひずみを補正するためである。これにより、観察者 D が視点領域 300 の全域で良好な虚像 I が見えるようになる。

40

## 【0043】

## [1-2. 動作]

次に、図 4 および図 8A ~ 図 11B を用いて、本開示に係るヘッドアップディスプレイ 100 の動作について説明する。レンズ群 121 の内、駆動レンズ 121A は、表示デバイス 110 との間隔を変化させるように移動する。より詳しくは、観察者 D の視点領域 300 の中心に到達し、虚像 I の中心に相当する光線を基準光線 Lc としたとき、駆動レンズ 121A を基準光線 Lc の方向に移動させる。これにより、観察者 D から虚像 I までの

50

距離（視距離）を変化させることができる。図4に示すように、駆動レンズ121Aと表示デバイス110との間隔を縮める方向に移動させる場合、視距離は大きくなる。これは、駆動レンズ121Aと表示デバイス110との間隔を縮める方向に移動させると、投射光学系120の倍率が大きくなるためである。このとき、図8B、図9Aに示すように、観察者Dから虚像Iを見た時の視野角も大きくなる。すなわち、駆動レンズ121Aの移動の前と後とで表示デバイス110に表示する画像111のサイズを一定にした場合、観察者Dから視認される虚像Iの大きさが変化してしまう（図9A参照）。

#### 【0044】

そこで、視距離を増大させるための駆動レンズ121Aの移動の前と後とで視野角を一定にするために、本開示にかかるヘッドアップディスプレイ100は、駆動レンズ121Aの移動に合わせて表示デバイス110で表示する画像111のサイズを小さくしている（図9B参照）。この場合、制御部150は、レンズ駆動部130の駆動量を取得して表示デバイス110に表示する画像111のサイズを決定する。このとき、レンズ駆動部130の駆動量と表示する画像111のサイズの変化量は比例する。

#### 【0045】

なお、表示デバイス110に表示する画像のサイズとは、表示デバイス110の表示面を構成する画素の内、コンテンツを表示するために使用する画素を用いて表示された画像のサイズである。

#### 【0046】

また、図10A、10Bに示すように、基準光線Lcに対して傾けて配置された駆動レンズ121Aが移動することで、ミラー122に入射する基準光線Lcの光路が変化する。これにより、観察者Dが虚像Iを視認するときの俯角（観察者Dの水平視線から虚像Iの表示位置までの角度）が変化する（図11A参照）。

#### 【0047】

この俯角の変化を防ぐために、図11Bに示すように、表示デバイス110の表示エリアにおける表示する画像111の位置をY軸方向に移動させる。この場合、表示デバイス110を制御する制御部150は、レンズ駆動部130の駆動量を取得して表示デバイスに表示する表示画像111の表示位置を決定する。このとき、レンズ駆動部130の駆動量と表示画像111の移動量は比例する。また、俯角の変化を防ぐために、ミラー駆動部140を移動させてミラー122の角度を変化させて、ミラー122に入射する基準光線Lcの入射角を変化させてもよい。また、俯角の変化の防止に対しては、ミラー122の角度の変化に代えて、固定レンズ121Bを基準光線Lcに対してY軸方向にシフトしてもよい。これにより、駆動レンズ121Aに入射する位置を変化させ、ミラー122に入射する基準光線Lcの位置を一定にできる。俯角の変化を防ぐために、上記した画像111の表示位置の変化とミラー122の角度の変化、および固定レンズ121Bの移動のそれぞれまたは全部を組み合わせて実現してもよい。

#### 【0048】

これにより、観察者Dから虚像Iまでの距離（視距離）を変化させる場合であっても、視野角と俯角を一定に保つことができる。

#### 【0049】

##### [1-3. 効果等]

本開示に係るヘッドアップディスプレイ100は、表示デバイス110（表示デバイスの一例）と、投射光学系120と、を備える。表示デバイス110は、画像を表示する。投射光学系120は、表示デバイス110から光路の順に、レンズ群121と、ミラー122を有し、表示デバイス110に表示された画像を観察者Dに投射する。レンズ群121は、駆動レンズ121Aと、固定レンズ121Bと、を有する。駆動レンズ121Aは基準光線Lcに対して傾けて配置される。駆動レンズ121Aの表示デバイス110側にある入射面は、X軸方向において表示デバイス110側に対し凹面を形成している。また、駆動レンズ121Aの入射面のY軸方向における曲率は、入射面のX軸方向における曲率よりも小さい。

10

20

30

40

50

ヘッドアップディスプレイ 100 の結像光学系は、表示デバイス 110 が表示する画像である実像（第1の像面）を、ミラー 122 とレンズ群 121、ウインドシールド 220 を介して観察者 D から視認される虚像 I（第2の像面）として結像させる。すなわち、ヘッドアップディスプレイ 100 の結像光学系は、レンズ群 121 とミラー 122 を用いて、ウインドシールド 220 を介することで、第1の像面と第2の像面を共役関係にしている。ヘッドアップディスプレイ 100 の基準光線 Lc、すなわち、第2の像面の中心に対応する光線は、駆動レンズ 121A と固定レンズ 121B の入射面と出射面とを通る。

#### 【0050】

実施の形態 1 に係るヘッドアップディスプレイ 100 は、表示デバイス 110 に表示された画像を、ウインドシールド 220 に投影し、虚像 I を観察者 D に視認させている。これにより、観察者 D の前方視界を遮ることなく、表示デバイス 110 に表示された画像を観察者 D に視認させることができる。10

#### 【0051】

また、本開示のヘッドアップディスプレイ 100 によれば、小型でありながら、視点領域 300 の全域で画面歪みが良好に補正できるヘッドアップディスプレイが実現できる。

#### 【0052】

また、本開示のヘッドアップディスプレイ 100 によれば、駆動レンズ 121A を備えているため、虚像 I の視距離を変化させることができるものである。

#### 【0053】

また、駆動レンズ 121A の X 軸方向は負の屈折力を有する。これにより、表示デバイス 110 から出射してレンズ群 121 に入射する光線の X 軸方向の広がりを抑制することができる。これにより、ヘッドアップディスプレイ 100 は、コントラスト特性の良好な虚像 I を提示することができる。20

#### 【0054】

また、固定レンズ 121B の X 軸方向は表示デバイス 110 に凹面を向けた負のメニスカス形状である。これにより、表示デバイス 110 から出射する光線が、レンズ群 121 のレンズ面に入射する角度を、入射面に対して垂直に近づけることができる。これにより、偏心歪みの影響を低減することができる。

#### 【0055】

また、レンズ群 121 の各レンズ素子の出射面は、自由曲面形状である。具体的には、レンズ群 121 の各レンズ素子は、X 軸方向において対称でない。これにより、レンズ群 121 は、ウインドシールド 220 で発生する非対称な歪みを良好に補正することができる。30

#### 【0056】

実施の形態 1 に係る駆動レンズ 121A は、全体として凹面レンズである。すなわち、駆動レンズ 121A は、X 軸方向と Y 軸方向の両方において、負のパワーのレンズとして機能する光学素子である。

#### 【0057】

実施の形態 1 に係る固定レンズ 121B は、全体として凸面レンズである。すなわち、固定レンズ 121B は、X 軸方向と Y 軸方向の両方において、正のパワーのレンズとして機能する光学素子である。40

#### 【0058】

実施の形態 1 に係る駆動レンズ 121A の入射面は、X 軸方向において凹面である。さらに、駆動レンズ 121A の入射面の Y 軸方向の曲率は、その X 軸方向の曲率よりも小さい。このように X 軸方向の曲率を大きくすることにより、駆動レンズ 121A の X 軸方向において、入射面の中心から遠い部分においても、画像 111 の光の入射角が大きくなる。これにより、駆動レンズ 121A の X 軸方向において、中心から遠い部分における光学的特性の劣化を抑えられる。特に、駆動レンズ 121A の X 軸方向の長さが Y 軸方向の長さより長いとき、駆動レンズ 121A の中心から遠い部分における光学的特性の劣化は、一般的に X 軸方向のほうが Y 軸方向よりも大きい。駆動レンズ 121A の X 軸方向の長さ50

がY軸方向の長さより長いとき、入射面のY軸方向の曲率は、そのX軸方向の曲率よりも小さいことにより、光学的特性の劣化をより効果的に抑制できる。なお、虚像IのX軸方向に対応するレンズ素子の長さがY軸方向に対応する長さより長いときにおいても同様で、レンズ素子の外形における長さに限られない。

#### 【0059】

実施の形態1に係る駆動レンズ121Aの出射面は、X軸方向において凸面である。これにより、入射面のX軸方向の形状を曲率の大きい凹面とすることができます。さらに、出射面のX軸方向の曲率は、入射面のX軸方向の曲率よりも小さい。さらに、出射面のY軸方向の曲率は、そのX軸方向の曲率よりも小さい。これにより、駆動レンズ121Aの光学的特性は、X軸方向およびY軸方向の全体として凹面レンズとすることができる。

10

#### 【0060】

##### (実施の形態2)

実施の形態2のヘッドアップディスプレイ100は、レンズ群121が集光作用を有する駆動レンズ121Aと、発散作用を有する固定レンズ121Bで構成される点において実施の形態1と異なる。以下、図9を用いて実施の形態1と異なる点を中心に説明し、同様の構成についてはその説明を省略する。

#### 【0061】

##### [2-1.構成]

図12は、実施の形態2に係るヘッドアップディスプレイ100の投射光学系120の構成を説明するための模式図である。

20

#### 【0062】

図12に示すように、投射光学系120は、レンズ群121と、ミラー122と、を有する。

#### 【0063】

実施の形態2では、駆動レンズ121A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。駆動レンズ121Aの表示デバイス110側の面(入射面)は、X軸方向は表示デバイス110側に凸な凸面形状である。ただし、駆動レンズ121Aの入射面は凸面に限定されず、液晶側に凹な凹面形状を有しても良い。駆動レンズ121Aのミラー122側の面(出射面)は、X軸方向はミラー122側に凸な凸面形状である。駆動レンズ121Aの入射面のY軸方向の曲率は、出射面のX軸方向の曲率よりも小さい。また、実施の形態2では、駆動レンズ121Aの入射面は、Y軸方向は屈折力を持たない形状としている。また、実施の形態2では、駆動レンズ121Aの出射面は、Y軸方向はミラー122側に凸な凸面形状である。さらに、駆動レンズ121A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、駆動レンズ121AのY軸方向の形状は、くさび形状となっている。

30

#### 【0064】

固定レンズ121B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。固定レンズ121Bの表示デバイス110側の面(入射面)は、X軸方向は表示デバイス110側に凹な凹面形状である。固定レンズ121Bの入射面のY軸方向は表示デバイス110側に凹な凹面形状である。また、固定レンズ121Bのミラー122側の面(出射面)は、X軸方向はミラー122側に凹な凹面形状である。固定レンズ121Bの出射面は、Y軸方向はX軸方向よりも小さい曲率である。実施の形態2では、一例として、固定レンズ121Bの出射面のY軸方向は屈折力を持たない形状としている。なお、固定レンズ121Bの出射面のY軸方向は、ミラー122側にX軸方向よりも小さい曲率の凸面、または凹面を向けても良い。また、固定レンズ121Bの入射面は、表示デバイス110側に凸面を向けても良い。あるいは、固定レンズ121Bの入射面は、表示デバイス110側に局所的に凹面、凸面、または、平面を向けた形状であっても良い。

40

#### 【0065】

ミラー122は、レンズ群121から入射した光を拡大してウインドシールド220に投射する。ミラー122の反射面は凹面形状である。これにより、表示デバイス110で

50

表示する画像 111 を拡大して、観察者 D に虚像 I として視認させることができる。また、ミラー 122 の反射面は自由曲面形状である。これは反射で生じた虚像のひずみを補正するためである。これにより、観察者 D が視点領域 300 の全域で良好な虚像 I が見えるようになる。

#### [ 2 - 2 . 動作 ]

実施の形態 3 に係る駆動レンズ 121A は、表示画像 111 との距離を変化させるように移動する。これにより、観察者 D から虚像 I までの距離（視距離）を変化させることができる。図 12 に示すように、駆動レンズ 121A と表示デバイス 110 との距離を拡げる方向に移動させる場合、視距離は大きくなる。これは、駆動レンズ 121A と表示デバイス 110 との距離を拡げる方向に移動させると、投射光学系 120 の倍率が大きくなるためである。10

#### [ 2 - 3 . 効果等 ]

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 によれば、駆動レンズ 121A を備えているため、虚像 I の視距離を変化させることが可能である。

#### 【 0066 】

実施の形態 2 に係る駆動レンズ 121A は、全体として凸面レンズである。すなわち、駆動レンズ 121A は、X 軸方向と Y 軸方向の両方において、正のパワーのレンズとして機能する光学素子である。また、固定レンズ 121B は、全体として凹面レンズである。すなわち、固定レンズ 121B は、X 軸方向と Y 軸方向の両方において、負のパワーのレンズとして機能する光学素子である。これにより、ミラー 122 で必要な正のパワーを駆動レンズ 121A に分担することが可能である。20

#### 【 0067 】

##### （望ましい条件）

以下、本開示のヘッドアップディスプレイ 100 が満足することが望ましい条件を説明する。なお、各実施の形態に係るヘッドアップディスプレイ 100 に対して、複数の好ましい条件が規定されるが、これら複数の条件すべてを満足する構成が最も望ましい。しかしながら、個別の条件を満足することにより、それぞれ対応する効果を奏する光学系を得ることも可能である。

#### 【 0068 】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 は、画像を表示する表示デバイス 110 と、表示デバイス 110 に表示された画像を投射する投射光学系 120 とを備え、当該投射光学系 120 は、表示デバイス 110 からの光路の順に、レンズ群 121 と、ミラー 122 と、を有する。30

#### 【 0069 】

レンズ群 121 は駆動レンズ 121A を有し、駆動レンズ 121A は表示デバイス 110 との間隔を変えるように移動する。こうすることで、観察者 D が視認する虚像 I の視距離を移動することが出来る。

#### 【 0070 】

レンズ群 121 は固定レンズ 121B を有することが望ましい。こうすることで、ミラー 122、駆動レンズ 121A で発生する偏心像面湾曲を良好に補正することができる。40

#### 【 0071 】

レンズ群 121 において、表示デバイス 110 との間隔が変化するレンズ素子は、表示デバイス 110 からミラー 122 までの光路の順に、ミラー 122 側に配置されることが好ましい。こうすることで、固定レンズ 121B を小型に配置することが可能となる。

#### 【 0072 】

駆動レンズ 121A と固定レンズ 121B はそれぞれ異なるパワーを有することが望ましい。こうすることで、駆動レンズ 121A のパワーを増加させ、虚像 I の視距離を移動させるために必要な、駆動レンズ 121A の移動量を減らすことが出来る。

#### 【 0073 】

駆動レンズ 121A は基準光線 Lc に対して傾けて配置されることが望ましい。こうす50

ることで、太陽光などの外光がヘッドアップディスプレイ 100 に入射した場合でも、駆動レンズ 121A で反射して観察者 D に視認される迷光を抑制することが出来る。

#### 【0074】

固定レンズ 121B は基準光線 Lc に対して傾けて配置されることが望ましい。こうすることで、太陽光などの外光がヘッドアップディスプレイ 100 に入射した場合でも、固定レンズ 121B で反射して観察者 D に視認される迷光を抑制することが出来る。

#### 【0075】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 に係るレンズ群 121 の各レンズ素子の入射面及び出射面は、基準光線 Lc に垂直な平面に対して傾いていることが好ましい。これにより、基準光線 Lc に沿って入射した光に対する反射光は、基準光線 Lc と異なる方向に向けて出射される。さらに、駆動レンズ 121A の X 軸方向に垂直な平面における断面形状はくさび形である。すなわち、駆動レンズ 121A の Y 軸方向における曲線形状の中心（光学中心）は、駆動レンズ 121A の中心から離れた位置、例えば、駆動レンズ 121A の外にある。一般的に凹レンズは、光学中心から離れた部分は、光学中心に近い部分と比較して、光路長が長くなり、レンズ素子の面内で光学的特性が不均一となる。他方、実施の形態 1 に係る駆動レンズ 121A は、Y 軸方向において、光路長を変化させる。これにより他の光学素子の特性を相殺し、レンズ群 121 を用いた結像光学系の全体としての光学的特性を補正することができる。10

#### 【0076】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 は、駆動レンズ 121A の位置に応じて表示デバイス 110 の表示エリアにおける画像 111 の位置を Y 軸方向に移動させることが望ましい。こうすることで、駆動レンズ 121A が移動した場合でも、観察者 D が視認する虚像 I の俯角を一定にすることが出来る。20

#### 【0077】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 は、駆動レンズ 121A の位置に応じて表示デバイス 110 の表示する画像 111 のサイズを変化させることが望ましい。こうすることで、駆動レンズ 121A が移動した場合でも、観察者 D が視認する虚像 I のサイズを一定にすることが出来る。

#### 【0078】

本開示のヘッドアップディスプレイ 100 は、以下の条件（1）を満足するところが望ましい。30

#### 【0079】

$$1 < D / L \dots (1)$$

ここで、

$$D : 1 / Z_1 - 1 / Z_2 \text{ (dioptr)}$$

Z<sub>1</sub>：駆動レンズの移動前の虚像 I の視距離（m）

Z<sub>2</sub>：駆動レンズの移動後の虚像 I の視距離（m）

L：駆動レンズの移動量（m）

である。

#### 【0080】

条件（1）は虚像 I の視距離を変化するために駆動させるレンズの移動量と虚像 I の移動量の関係を規定する条件である。この条件を満足することで、虚像 I の距離を変化するために必要な駆動レンズ 121A の移動量を適切に設定することができ、投射光学系 120 を小型化することができる。条件（1）の下限を下回ると、虚像 I の表示位置を変化するために必要な駆動レンズ 121A の移動量が大きくなり、投射光学系 120 が大型化する。40

#### 【0081】

また、以下の条件（1）' を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

#### 【0082】

$$1 < D / L < 50 \dots (1)'$$

条件(1)'の上限を上回ると、駆動レンズ121Aのパワーが強くなり、駆動レンズ121Aが移動したときの偏心像面湾曲の変動を抑制することが困難となる。

#### 【0083】

また、以下の条件(1)''を満足することにより前記効果をさらに奏功させることができること。

#### 【0084】

$$2 < D / L < 30 \dots (1)''$$

また、以下の条件(1)'''を満足することにより前記効果をさらに奏功させることができること。

10

#### 【0085】

$$3 < D / L < 20 \dots (1)'''$$

また、以下の条件(1)''''を満足することにより前記効果をさらに奏功させることができること。

#### 【0086】

$$4 < D / L < 10 \dots (1)''''$$

本開示のヘッドアップディスプレイ100は、以下の条件(2)を満足するところが望ましい。

#### 【0087】

$$0.1 < |(1 - (1/F)^2) \times (1/R)^2| < 3 \dots (2)$$

ここで、

20

F : 最短の視距離における駆動レンズの横倍率

R : 最短の視距離における駆動レンズと表示デバイスとの間に配置されるレンズ群の横倍率

である。

#### 【0088】

条件(2)は虚像の視距離を変化するために駆動するレンズの横倍率と該駆動するレンズと表示デバイスとの間に配置される駆動しないレンズの横倍率の関係を規定した条件である。この条件(2)を満足することで、虚像Iの移動量に対する駆動レンズ121Aの移動量を適切に設定することができる。条件(2)の下限を下回ると、駆動レンズ121Aの移動量に対して、虚像Iの移動量が小さくなるため、駆動レンズ121Aの移動スペースが大きく必要となり、投射光学系120が大型化する。反対に、条件(2)の上限を上回ると、駆動レンズ121Aの移動量に対して、虚像Iの移動量が大きくなり過ぎ、位置誤差が発生したときの影響が大きくなる。

30

#### 【0089】

また、以下の条件(2)'を満足することにより前記効果をさらに奏功させることができること。

#### 【0090】

$$0.2 < |(1 - (1/F)^2) \times (1/R)^2| < 2 \dots (2)'$$

また、以下の条件(2)''を満足することにより前記効果をさらに奏功させることができること。

40

#### 【0091】

$$0.3 < |(1 - (1/F)^2) \times (1/R)^2| < 1.5 \dots (2)',$$

本開示のヘッドアップディスプレイ100は、以下の条件(3)を満足するところが望ましい。

#### 【0092】

$$L/M < 30 \dots (3)$$

ここで、

M : 表示デバイスの表示領域における表示画像の移動量 [m]

50

である。

**【0093】**

条件(3)は虚像Iの視距離を変化させるために駆動するレンズの移動量と、虚像Iの俯角を一定にするために必要な表示デバイスの表示領域における表示画像の移動量の関係を規定する条件である。条件(3)の上限を上回ると、駆動レンズ121Aの移動量が大きくなり、小型なヘッドアップディスプレイ100を提供することが困難となる。

**【0094】**

また、以下の条件(3)'を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

**【0095】**

$$3 < L / M < 30 \dots (3)'$$

条件(3)'の下限を下回ると、駆動レンズ121Aの移動量を小さくするために駆動レンズ121Aのパワーを大きくする必要があり、駆動レンズ121Aが駆動したときの偏心像面湾曲の変動を抑制することが困難となる。

**【0096】**

また、以下の条件(3)''を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

**【0097】**

$$4 < L / M < 20 \dots (3)''$$

また、以下の条件(3)'''を満足することにより前記効果をさらに奏功させることが出来る。

**【0098】**

$$5 < L / M < 15 \dots (3)'''$$

本開示のヘッドアップディスプレイ100は、以下の条件(4)を満足するところが望ましい。

**【0099】**

$$N < 2 \dots (4)$$

ここで、

$$N : X_1 / X_2$$

X1：駆動レンズの移動前における表示デバイスの表示領域に表示する画像の横サイズ

X2：駆動レンズの移動後における表示デバイスの表示領域に表示する画像の横サイズ

条件(4)は虚像を移動したときに、移動後の虚像の視野角を一定とするために必要な表示デバイスに表示する画像のサイズ調整を規定する条件である。条件(4)の上限を上回ると、表示デバイス110に表示する画像111の解像度が低くなり、観察者Dに良好な虚像Iを視認させることが困難となる。

**【0100】**

また、以下の条件(4)'を満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

**【0101】**

$$N < 1.8 \dots (4)'$$

また、以下の条件(4)''を満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

**【0102】**

$$N < 1.7 \dots (4)''$$

本開示のヘッドアップディスプレイ100は、駆動レンズ121Aを移動させて虚像Iの視距離を変化させるとき、駆動レンズ121Aの移動に応じて表示デバイス110に表示する画像111の形状を歪ませることが望ましい。こうすることで、駆動レンズ121Aが移動したときに発生する偏心歪曲を電子的に補正することが出来る。

10

20

30

40

50

**【0103】**

(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1～2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1～2で説明した各構成要素を組み合わせて、新たな実施の形態とすることも可能である。

**【0104】**

実施の形態1～2では、表示デバイス110とミラー122の間に設けられるレンズ群121の一例として1枚の駆動レンズ121Aと1枚の固定レンズ121Bを示した。しかし、レンズ群121は、これらの組み合わせに限られない。例えば、レンズ群121は、複数のレンズ素子で構成される駆動レンズ121Aや、複数のレンズ素子で構成される固定レンズ121Bを、表示デバイス110とミラー122との間に配置したものであっても良いし、固定レンズ121Bを駆動レンズ121Aとミラー122の間に配置したものであっても良い。

10

**【0105】**

実施の形態1～2では、1つの駆動レンズを移動して虚像Iの視距離を移動させていたが、2つ以上の駆動レンズを別々に移動させても良い。

**【0106】**

実施の形態1～2では、レンズ群121を駆動レンズ121Aと固定レンズ121Bの2つのレンズ素子で構成した例を用いて説明した。しかしながら、レンズ群121を駆動レンズ121Aのみで構成してもよい。この場合、駆動レンズ121Aは、実施の形態1と同じ形状であればよい。すなわち、駆動レンズ121Aは、全体として負のパワーのレンズ素子である。

20

**【0107】**

実施の形態1～2では、駆動レンズ121Aを平行移動して虚像Iの視距離を移動させていたが、駆動レンズを傾けて移動させても良い。

**【0108】**

実施の形態1～2では、駆動レンズ121Aを移動させたとき、表示デバイス110に表示する画像111を移動させて、虚像Iの俯角を一定としたが、固定レンズを同時に動かしたり、ミラー122を回転させても良い。

30

**【0109】**

実施の形態1～2では、一例として、駆動レンズ121Aの入射面のY軸方向は屈折力を持たない形状としている。なお、駆動レンズ121Aの入射面は、表示デバイス110側にX軸方向よりも小さい曲率の凹面を向けても良い。また、駆動レンズ121Aの入射面は、表示デバイス110側に凸面を向けても良い。あるいは、駆動レンズ121Aの入射面は、表示デバイス110側に局所的に凹面、凸面、または、平面を向けた形状であっても良い。また、実施の形態1では駆動レンズ121Aの出射面のY軸方向はミラー122側に凹面を向いているが、凸面を向けても良い。

**【0110】**

実施の形態1～2では、一例として、固定レンズ121Bの出射面のY軸方向は屈折力を持たない形状としている。なお、固定レンズ121Bの出射面のY軸方向は、ミラー122側にX軸方向よりも小さい曲率の凸面、または凹面を向けても良い。また、固定レンズ121Bの入射面は、表示デバイス110側に凸面を向けても良い。あるいは、固定レンズ121Bの入射面は、表示デバイス110側に局所的に凹面、凸面、または、平面を向けた形状であっても良い。

40

**【0111】**

実施の形態1～2では、投射光学系120として1つのミラーを配置しているが、2枚以上のミラーを配置しても良い。また、追加するミラーの配置は、ミラー122よりも車両前方に配置しても良いし、車両内外方向(図3において紙面垂直方向)に配置しても良い。

50

**【0112】**

実施の形態1～2では、投射光学系120のレンズ素子は、表示デバイス110とミラー122との間に配置されていたレンズ群121だけであったが、ヘッドアップディスプレイ100の構成はこれに限定されない。例えば、ミラー122とウインドシールド220の間にレンズを追加して配置しても良い。

**【0113】**

実施の形態1～2のヘッドアップディスプレイ100におけるミラー122は回転非対称な形状のミラーを用いて説明したが、これに限られない。例えば、ミラー122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。

**【0114】**

実施の形態1～2のレンズ群121の各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、トロイダル形状、アナモルフィック形状、シリンドリカル形状であっても良いし、これらの形状のレンズを基準光線Lcに対して偏心させて配置しても良い。

**【0115】**

実施の形態1～2におけるミラー122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。ミラー122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し、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。

**【0116】**

実施の形態1～2におけるレンズ群121は、それぞれ異なるパワーを有する駆動レンズ121Aと固定レンズ121Bの組み合わせだったが、同じパワーを有する駆動レンズ121Aと固定レンズ121Bの組み合わせでも良い。

**【0117】**

なお、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、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。

**【0118】**

(数値実施例)

以下、実施の形態1、2に係るヘッドアップディスプレイを具体的に実施した数値実施例1、2を説明する。なお各数値実施例において、各データの長さの単位はすべて「mm」であり、角度の単位はすべて「°」である。また、各数値実施例において、自由曲面は次式で定義している。

**【0119】****【数1】**

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{m,n} C_j x^m y^n$$

10

20

30

40

**【0120】****【数2】**

$$j = \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1$$

ここで、zは面を定義する軸から(x, y)の位置におけるサグ量である。rは面を定

50

義する軸の原点における曲率半径である。cは面を定義する軸の原点における曲率である。kはコーニック定数であり、多項式係数のC<sub>1</sub>に相当する。C<sub>j</sub>(j > 1)は単項式×<sup>m</sup>y<sup>n</sup>の係数である。ただし、mおよびnは0以上の整数である。

#### 【0121】

各数値実施例において、基準となる座標原点は、表示デバイス110に表示された画像111の中心であり、表示デバイスの長辺方向をX軸、短辺方向をY軸、表示デバイス110の表示面に垂直な方向をZ軸と定義している。

#### 【0122】

さらに、各数値実施例の偏心データにおいて、ADEとは、ミラーをX軸を中心にZ軸方向からY軸方向に回転した量を意味する。BDEとは、Y軸を中心にX軸方向からZ軸方向に回転した量を意味する。CDEとは、Z軸を中心にX軸方向からY軸方向に回転した量を意味する。  
10

#### 【0123】

##### (数値実施例1)

数値実施例1は、実施の形態1のヘッドアップディスプレイで構成される。虚像Iの移動前における投射光学系120の偏心データを図13に、移動後における偏心データを図14に示す。投射光学系120の各面の曲率半径を図15に示す。投射光学系120の各面の多項式自由曲面の係数を図16～図18に示す。

#### 【0124】

数値実施例1の移動前における、虚像Iのサイズは、X方向が306.1mm、Y方向が92.0mmであり、観察者Dから虚像Iまでの距離(視距離)は、2200.0mmである。移動後における、虚像Iのサイズは、X方向が556.5mm、Y方向が167.3mmであり、観察者Dから虚像Iまでの距離(視距離)は、4000.0mmである。  
20

#### 【0125】

##### (数値実施例2)

数値実施例2は、実施の形態2のヘッドアップディスプレイで構成される。虚像Iの移動前における投射光学系120の偏心データを図19に、移動後における偏心データを図20に示す。投射光学系120の各面の曲率半径を図21に示す。投射光学系120の各面の多項式自由曲面の係数を図22～図24に示す。  
30

#### 【0126】

数値実施例2の移動前における、虚像Iのサイズは、X方向が306.1mm、Y方向が92.0mmであり、観察者Dから虚像Iまでの距離(視距離)は、2200.0mmである。移動後における、虚像Iのサイズは、X方向が556.5mm、Y方向が167.3mmであり、観察者Dから虚像Iまでの距離(視距離)は、4000.0mmである。

#### 【0127】

以下、各数値実施例の値を具体的に条件式(1)～(4)に当てはめた値を表1に示す。  
。

#### 【0128】

##### 【表1】

	実施例1	実施例2
条件式(1)	5.84	5.84
条件式(2)	0.39	0.90
条件式(3)	8.27	7.79
条件式(4)	1.59	1.47

#### 【産業上の利用可能性】

## 【0129】

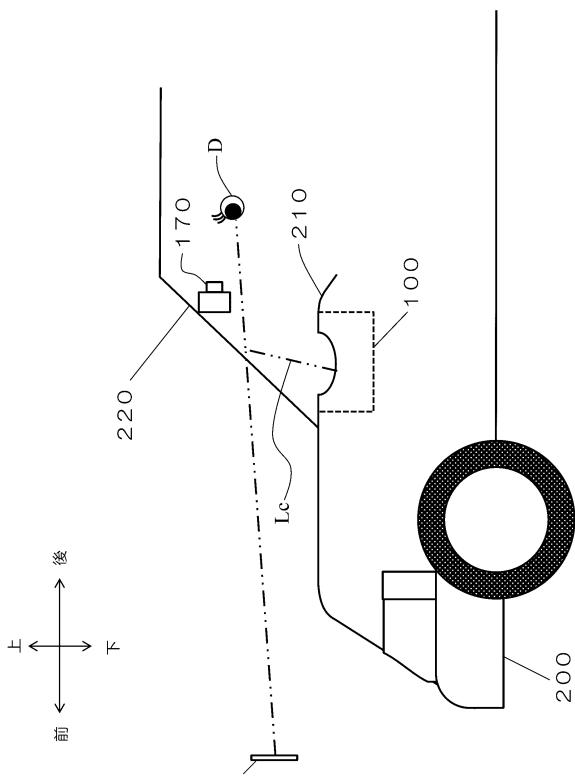
本開示は、レンズなどの屈折光学系を用いたヘッドアップディスプレイに適用可能である。具体的には、車両用などのヘッドアップディスプレイに、本開示は適用可能である。

## 【符号の説明】

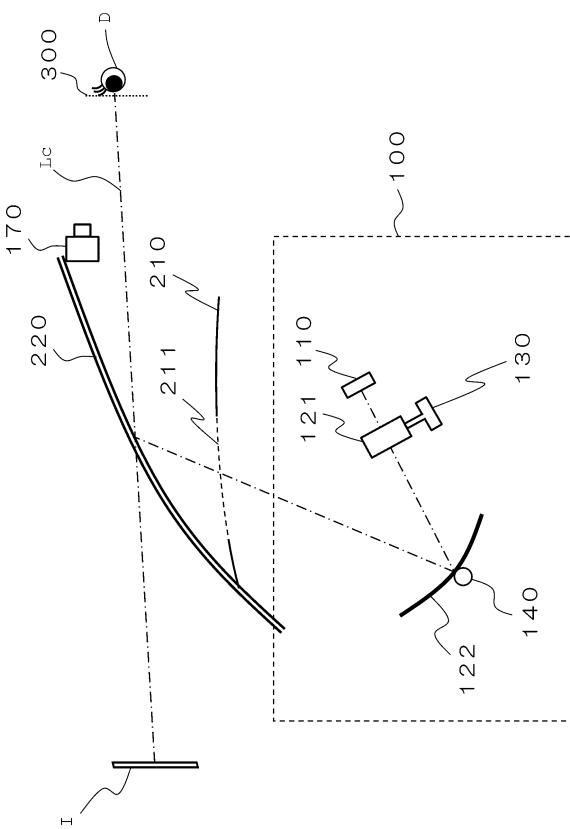
## 【0130】

1 0 0	ヘッドアップディスプレイ	
1 1 0	表示デバイス	
1 1 1	画像	
1 2 0	投射光学系	
1 2 1	レンズ群	10
1 2 1 A	駆動レンズ	
1 2 1 B	固定レンズ	
1 2 2	ミラー	
1 3 0	レンズ駆動部	
1 4 0	ミラー駆動部	
1 7 0	カメラ	
2 0 0	車両	
2 1 0	ダッシュボード	
2 1 1	開口部	
2 2 0	ウインドシールド（反射部材）	20
3 0 0	視点領域	
D	観察者	
I	虚像	
L c	基準光線	
L o	基準外側光線	
L i	基準内側光線	

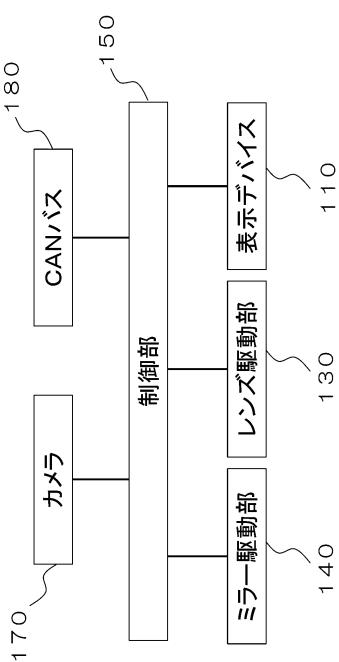
【図1】



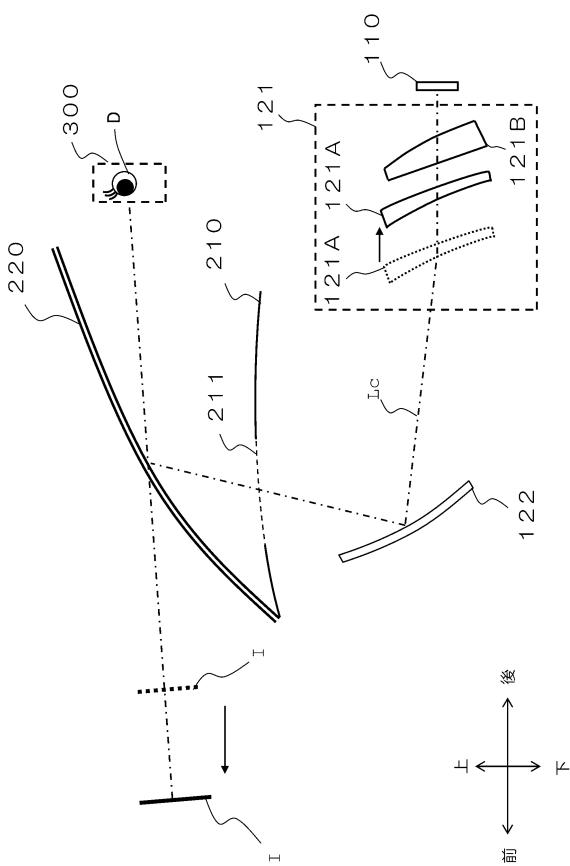
【図2】



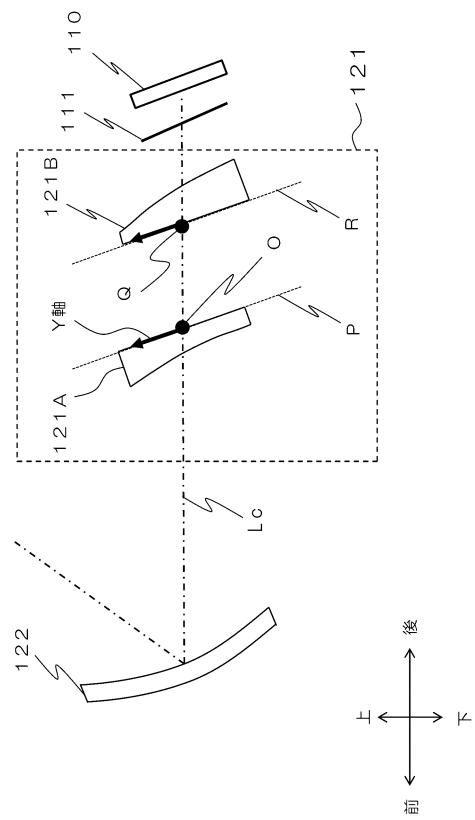
【図3】



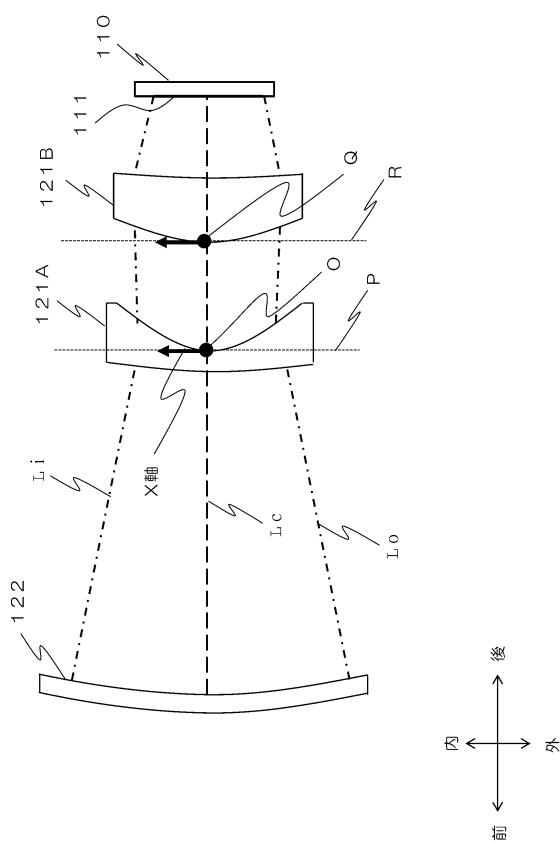
【図4】



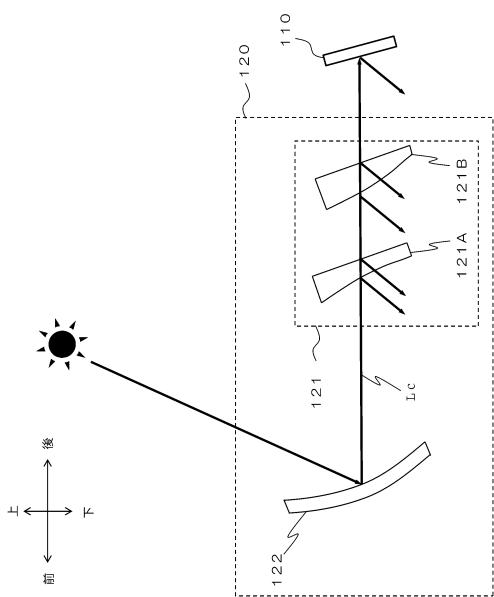
【図5】



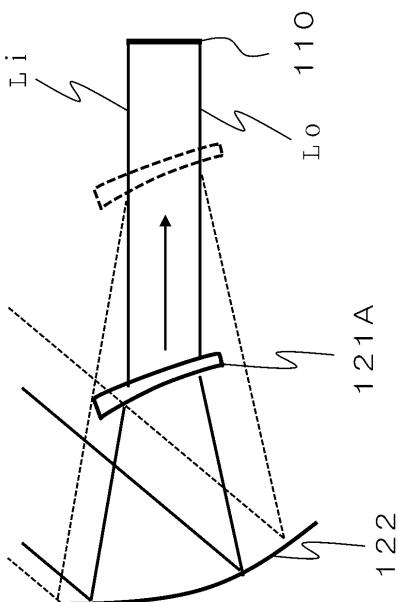
【図6】



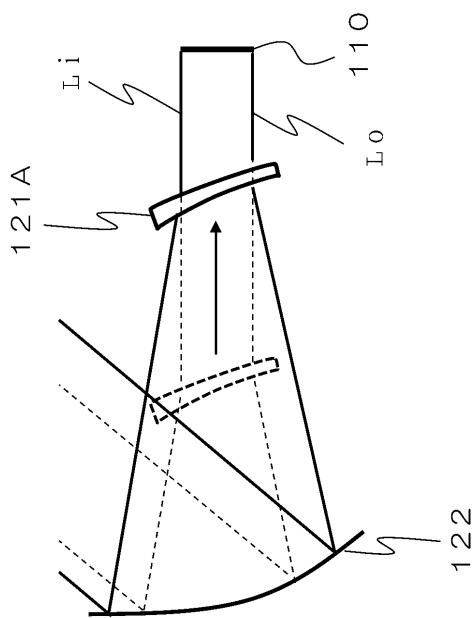
【図7】



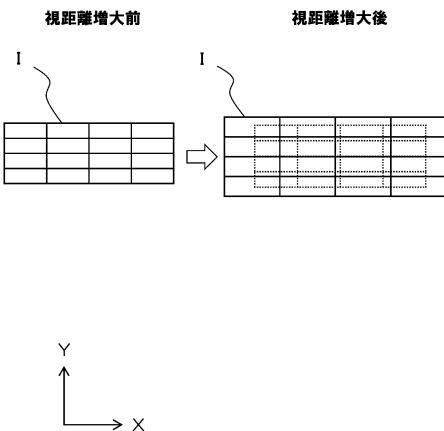
【図8A】



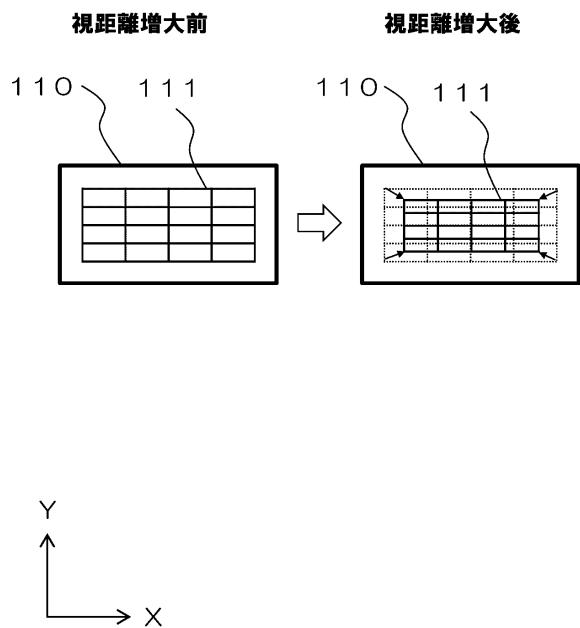
【図 8 B】



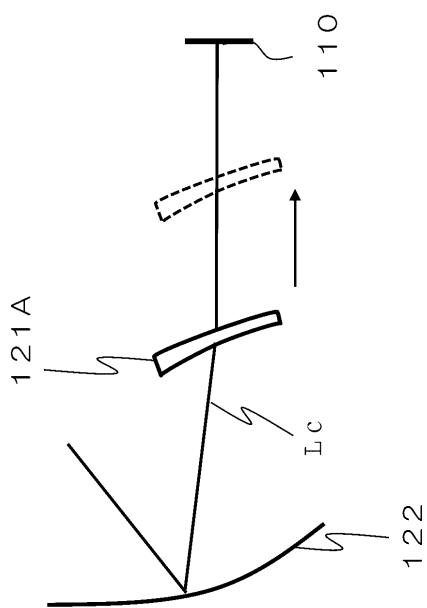
【図 9 A】



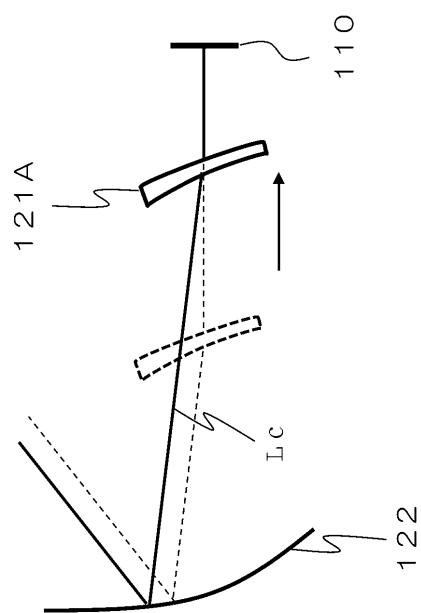
【図 9 B】



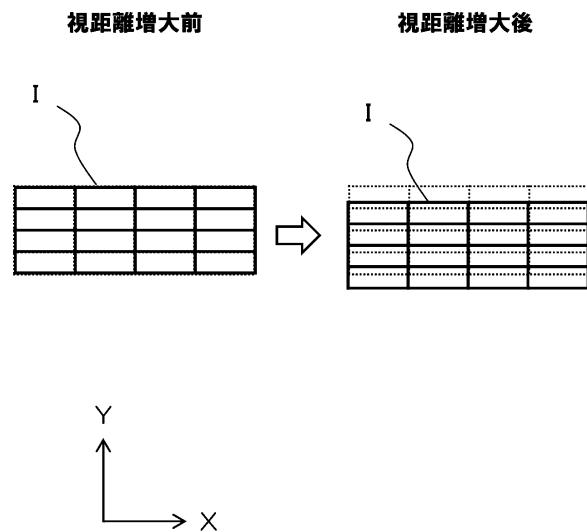
【図 10 A】



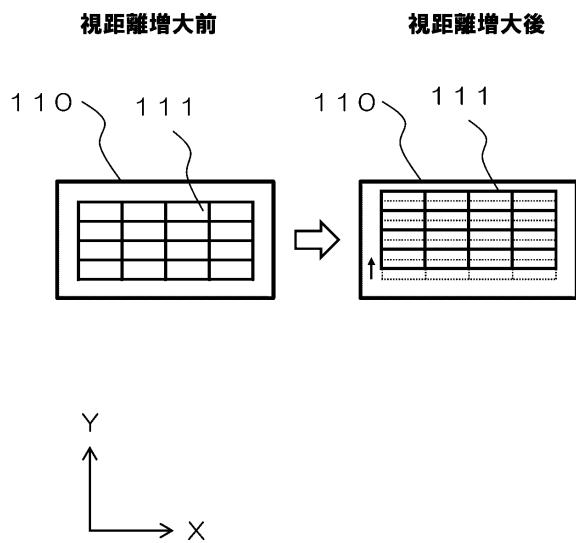
【図10B】



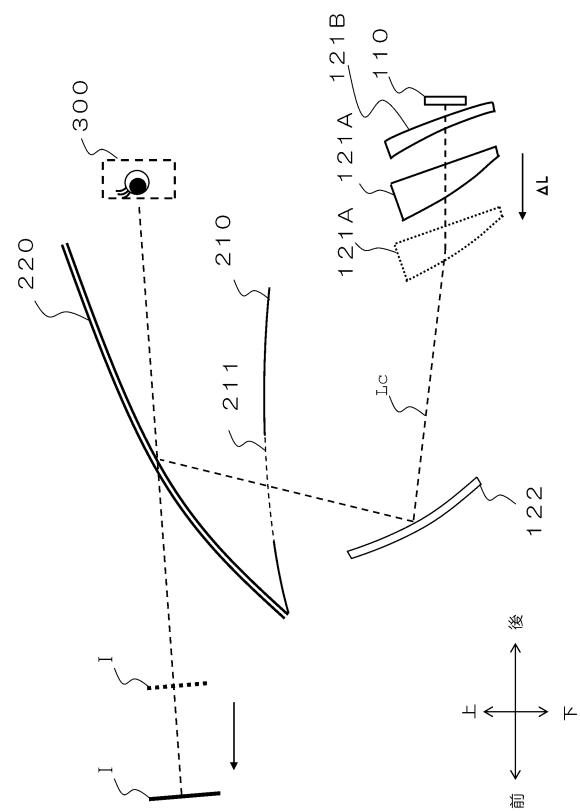
【図11A】



【図11B】



【図12】



【図13】

面番号	形状	屈折率	アスペ数	屈心データ			
				X	Y	Z	ADE
固定レンズ	自由曲面	1.492	57.4	0	0	0	0
	自由曲面	1.492	57.4	1.03743	4.55519	-9.9626	1.8717
	自由曲面	1.492	57.4	1.03034	4.1306	-9.9893	1.8717
	自由曲面	1.492	57.4	16.719	45.549	19.77	3.5354
駆動レンズ	自由曲面	1.492	57.4	4.795	16.481	-69.448	1.976
	自由曲面	1.492	57.4	12.293	52.877	-164.458	1.930
	自由曲面	1.492	57.4	41.371	152.941	-421.199	141.640
	自由曲面	1.492	57.4	-42.733	-282.021	738.275	141.640
ミラー	鏡面	1.492	57.4	152.941	-421.199	141.640	-7.753
	鏡面	1.492	57.4	152.941	-421.199	141.640	-7.753
ウインドール	鏡面	1.492	57.4	152.941	-421.199	141.640	-7.753
	鏡面	1.492	57.4	152.941	-421.199	141.640	-7.753
観察者	鏡面	1.492	57.4	152.941	-421.199	141.640	-7.753
	鏡面	1.492	57.4	152.941	-421.199	141.640	-7.753

【図14】

表示面	面番号	形状	屈折率	アッペ数	屈心データ			
					X	Y	Z	BDE
固定レンズ	1	自由曲面	1.492	57.4	1.03743	4.55519	-9.98626	1.8717
	2	自由曲面	1.492	57.4	1.03034	4.1306	-19.98933	1.8717
駆動レンズ	3	自由曲面	1.492	57.4	1.0388	-32.583	1.978	3.334
	4	自由曲面	1.492	57.4	1.2531	4.723	-36.573	-2.467
ミラー	5	自由曲面	1.492	57.4	12.293	52.877	-154.438	1.930
	6	自由曲面	1.492	57.4	12.379	151.941	424.499	141.640
ワインダード	7	自由曲面	1.492	57.4	-2.702	-90.201	-29.975	11.640
	8	自由曲面	1.492	57.4	-2.702	-90.201	-29.975	11.640
組立寸法	9	平面	1.492	57.4	-2.702	-90.201	-29.975	11.640

【 図 15 】

面番号	曲率半径
2	$\infty$
3	$\infty$
4	$\infty$
5	-75.8
6	191.0
7	-1472.5

【図16】

面番号		多項式係数						
2	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	-2.122E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	0.000E+00	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	0.000E+00	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-2.725E-03	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	0.000E+00	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	0.000E+00	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	0.000E+00	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	0.000E+00	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	0.000E+00	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	0.000E+00	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	0.000E+00	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	0.000E+00	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	0.000E+00	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		
3	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	-2.122E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	0.000E+00	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	0.000E+00	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-2.725E-03	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	0.000E+00	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	0.000E+00	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	0.000E+00	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	0.000E+00	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	0.000E+00	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	0.000E+00	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	0.000E+00	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	0.000E+00	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	0.000E+00	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		

【図17】

面番号	面番号	多項式係数									
		X	Y	Z	ADE	BDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE
表示面	1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00			
固定レンズ	2	自由曲面	1.492	57.4	0	0	0	0	0	0	0
駆動レンズ	3	自由曲面	1.492	57.4	0.3119	12.0299	-30.9043	4.4972	-0.2291	-1.4288	
ミラー	4	自由曲面	1.492	57.4	0.28791	11.55944	-36.8858	4.4972	-0.2291	-1.4288	
ワインディングルーム	5	自由曲面	1.492	57.4	0.3022	12.361	-39.777	4.497	-0.229	-1.429	
鏡筒者	6	自由曲面	1.492	57.4	0.3022	10.793	-59.715	4.497	-0.229	-1.429	
	7	自由曲面	1.492	57.4	0.866	46.862	-189.006	7.870	-0.313	-0.335	
	8	自由曲面	1.492	57.4	17.174	139.923	5326	147.709	-9.939	13.843	
					-101.974	-185.724	740.469	147.709	-9.939	13.843	

【図18】

面番号	面番号	多項式係数									
		X	Y	Z	ADE	BDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE
4	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00			
	C2	0.000E+00	C20	-3.000E-12	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00			
	C3	0.000E+00	C21	-8.723E-11	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00			
	C4	-1.230E-03	C22	-3.956E-13	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00			
	C5	-7.910E-05	C23	1.044E-15	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00			
	C6	-1.387E-03	C24	-1.065E-12	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00			
	C7	-1.677E-07	C25	2.500E-14	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00			
	C8	-1.049E-08	C26	-8.702E-13	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00			
	C9	-1.292E-07	C27	4.837E-14	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00			
	C10	-7.890E-07	C28	-5.637E-13	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00			
	C11	-1.402E-08	C29	-1.270E-16	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00			
	C12	-6.530E-11	C30	-8.049E-16	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00			
	C13	-2.935E-08	C31	-1.188E-16	C49	0.000E+00					
	C14	-4.412E-10	C32	-1.332E-16	C50	0.000E+00					
	C15	-1.445E-08	C33	-7.653E-16	C51	0.000E+00					
	C16	2.914E-13	C34	-3.616E-15	C52	0.000E+00					
	C17	-4.002E-12	C35	6.237E-16	C53	0.000E+00					
	C18	-1.769E-12	C36	1.216E-14	C54	0.000E+00					
5	C1	0.000E+00	C19	-1.430E-13	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00			
	C2	2.424E-01	C20	7.920E-15	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00			
	C3	1.399E-00	C21	1.670E-14	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00			
	C4	-6.100E-05	C22	7.130E-17	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00			
	C5	-1.880E-06	C23	1.320E-16	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00			
	C6	7.680E-05	C24	-1.470E-16	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00			
	C7	2.960E-07	C25	2.340E-16	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00			
	C8	2.300E-08	C26	3.060E-16	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00			
	C9	1.610E-07	C27	6.610E-17	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00			
	C10	1.160E-07	C28	1.000E-17	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00			
	C11	-1.940E-10	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00			
	C12	-1.620E-10	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00			
	C13	-5.070E-11	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00					
	C14	-5.930E-11	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00					
	C15	-3.630E-12	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00					
	C16	4.330E-14	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00					
	C17	2.810E-13	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00					
	C18	-1.320E-13	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00					

【図19】

表示面	面番号	形状	屈折率	アッペ数	偏心データ					
					X	Y	Z	ADE	BDE	CDE
固定レンズ	2	自由曲面	1.492	57.4	0	0	0	0	0	0
駆動レンズ	3	自由曲面	1.492	57.4	0.3119	12.0299	-30.9043	4.4972	-0.2291	-1.4288
ミラー	4	自由曲面	1.492	57.4	0.28791	11.55944	-36.8858	4.4972	-0.2291	-1.4288
ワインディングルーム	5	自由曲面	1.492	57.4	0.3022	12.361	-39.777	4.497	-0.229	-1.429
鏡筒者	6	自由曲面	1.492	57.4	0.222	10.793	-59.715	4.497	-0.229	-1.429
	7	自由曲面	1.492	57.4	0.866	46.862	-189.006	7.870	-0.313	-0.335
	8	自由曲面	1.492	57.4	17.174	139.923	5326	147.709	-9.939	13.843
					-101.974	-185.724	740.469	147.709	-9.939	13.843

【図20】

表示面	面番号	形状	屈折率	アッペ数	偏心データ					
					X	Y	Z	ADE	BDE	CDE
固定レンズ	2	自由曲面	1.492	57.4	0.3119	12.0299	-30.9043	4.4972	-0.2291	-1.4288
駆動レンズ	3	自由曲面	1.492	57.4	0.28791	11.55944	-36.8858	4.4972	-0.2291	-1.4288
ミラー	4	自由曲面	1.492	57.4	0.3022	12.361	-39.754	4.497	-0.229	-1.429
ワインディングルーム	5	自由曲面	1.492	57.4	0.399	20.44	-53.442	4.497	-0.229	-1.429
鏡筒者	6	自由曲面	1.492	57.4	0.866	46.862	-189.806	7.870	-0.313	-0.535
	7	自由曲面	1.492	57.4	17.174	139.923	5326	147.709	-9.939	13.843
	8	自由曲面	1.492	57.4	-101.974	-185.724	740.469	147.709	-9.939	13.843

【図21】

面番号	曲率半径
2	123.9
3	$\infty$
4	$\infty$
5	111.2
6	197.2
7	-1472.5

【図22】

面番号	多項式係数							
	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
2	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	-2.339E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	1.727E-03	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	1.089E-03	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-2.868E-03	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	8.270E-06	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	-3.369E-04	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	-3.186E-05	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	-2.932E-05	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-3.754E-07	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	-4.856E-07	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	1.174E-06	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	5.879E-07	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	-2.729E-07	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		
3	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	-2.339E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	1.727E-03	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	1.089E-03	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-2.868E-03	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	8.270E-06	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	-3.369E-04	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	-3.186E-05	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	-2.932E-05	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-3.754E-07	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	-4.856E-07	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	1.174E-06	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	5.879E-07	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	-2.729E-07	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		

【図23】

面番号	多項式係数							
	C1	0.000E+00	C19	0.000E+00	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
4	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	0.000E+00	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	-6.114E-04	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	0.000E+00	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	0.000E+00	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	0.000E+00	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	0.000E+00	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	0.000E+00	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	0.000E+00	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	6.404E-08	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	0.000E+00	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	0.000E+00	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	0.000E+00	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	0.000E+00	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		

【図24】

面番号	多項式係数							
	C1	0.000E+00	C19	-3.054E-11	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
6	C2	0.000E+00	C20	2.419E-11	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	0.000E+00	C21	-9.256E-11	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	-1.546E-05	C22	-1.025E-12	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	2.644E-06	C23	2.032E-14	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	1.709E-06	C24	-1.501E-12	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	2.300E-07	C25	-1.550E-13	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	-3.399E-07	C26	-9.493E-13	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	2.198E-07	C27	2.074E-13	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	2.239E-08	C28	-1.169E-12	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-1.514E-08	C29	1.636E-16	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	8.971E-12	C30	1.870E-15	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	-2.968E-08	C31	-7.907E-16	C49	0.000E+00		
	C14	-1.832E-08	C32	-6.145E-15	C50	0.000E+00		
	C15	-1.716E-08	C33	-5.355E-15	C51	0.000E+00		
	C16	-3.005E-12	C34	-7.724E-15	C52	0.000E+00		
	C17	-1.723E-12	C35	-4.527E-15	C53	0.000E+00		
	C18	2.229E-12	C36	1.594E-14	C54	0.000E+00		

面番号	多項式係数							
	C1	0.000E+00	C19	-1.430E-13	C37	0.000E+00	C55	0.000E+00
5	C2	0.000E+00	C20	0.000E+00	C38	0.000E+00	C56	0.000E+00
	C3	-2.293E-01	C21	0.000E+00	C39	0.000E+00	C57	0.000E+00
	C4	-9.817E-04	C22	0.000E+00	C40	0.000E+00	C58	0.000E+00
	C5	2.039E-05	C23	0.000E+00	C41	0.000E+00	C59	0.000E+00
	C6	-7.310E-04	C24	0.000E+00	C42	0.000E+00	C60	0.000E+00
	C7	-2.094E-06	C25	0.000E+00	C43	0.000E+00	C61	0.000E+00
	C8	-2.289E-05	C26	0.000E+00	C44	0.000E+00	C62	0.000E+00
	C9	-2.778E-06	C27	0.000E+00	C45	0.000E+00	C63	0.000E+00
	C10	-2.238E-05	C28	0.000E+00	C46	0.000E+00	C64	0.000E+00
	C11	-7.311E-08	C29	0.000E+00	C47	0.000E+00	C65	0.000E+00
	C12	9.916E-09	C30	0.000E+00	C48	0.000E+00	C66	0.000E+00
	C13	-5.539E-09	C31	0.000E+00	C49	0.000E+00		
	C14	6.753E-08	C32	0.000E+00	C50	0.000E+00		
	C15	-2.529E-09	C33	0.000E+00	C51	0.000E+00		
	C16	0.000E+00	C34	0.000E+00	C52	0.000E+00		
	C17	0.000E+00	C35	0.000E+00	C53	0.000E+00		
	C18	0.000E+00	C36	0.000E+00	C54	0.000E+00		

---

フロントページの続き

(72)発明者 森 俊也  
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 後藤 昌夫

(56)参考文献 国際公開第2018/066675(WO,A1)  
実開昭63-139032(JP,U)  
特開昭60-131328(JP,A)  
特開2016-048344(JP,A)  
米国特許第05519536(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 27/01  
B 60 K 35/00