



(10) **DE 11 2017 002 186 B4** 2023.03.02

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 002 186.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2017/007588**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/187758**
(86) PCT-Anmeldetag: **28.02.2017**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.11.2017**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **03.01.2019**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.03.2023**

(51) Int Cl.: **G02B 27/01 (2006.01)**
B60K 35/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2016-088313 26.04.2016 JP

(73) Patentinhaber:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(74) Vertreter:
**Winter, Brandl - Partnerschaft mbB,
Patentanwälte, 85354 Freising, DE**

(72) Erfinder:
Nambara, Takahiro, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

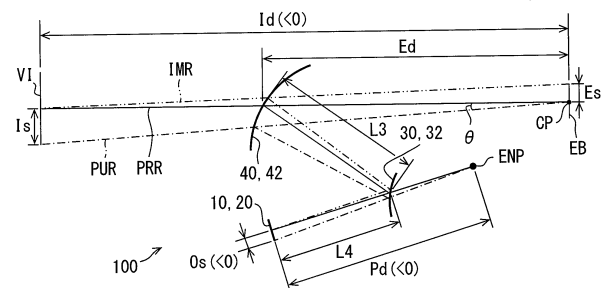
JP	2011- 128 500	A
JP	H10- 115 797	A
JP	2014- 215 459	A

(54) Bezeichnung: **HEAD-UP-DISPLAY-VORRICHTUNG**

(57) Hauptanspruch: Head-up-Display-Vorrichtung, die dazu ausgelegt ist, Displaylicht, das an einer konkaven Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) zu reflektieren ist, auf einen die konkave Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) aufweisenden Kombinator (40) zu projizieren und ein virtuelles Bild (VI) anzuzeigen, das für einen Insassen sichtbar ist, wobei der Kombinator (40) an einer Instrumententafel (2) eines Fahrzeugs (1) befestigt und oberhalb eines oberen Oberflächenabschnitts (2a) der Instrumententafel angeordnet wird, wobei die Head-up-Display-Vorrichtung aufweist:

- einen Projektor (10), der dazu ausgelegt ist, das Displaylicht in Form eines Lichtstrahls zu projizieren; und
- einen Lichtleitspiegel (30) mit einer Lichtleitreflexionsoberfläche (32), die dazu ausgelegt ist, das Displaylicht von dem Projektor (10) in Richtung der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) zu reflektieren, wobei
- die Lichtleitreflexionsoberfläche (32) konvex ist, und
- der Projektor (10) aufweist:
- eine Lichtquelleneinheit (12), die dazu ausgelegt ist, Licht zu emittieren; und
- einen optischen Öffnungsabschnitt (20), der optisch offen und dazu ausgelegt ist, das von der Lichtquelleneinheit (12) emittierte Licht durch die Öffnung laufen zu lassen, um ein Bild zu erzeugen, und das Bild als das Displaylicht zu projizieren, wobei
- eine Brechkraft der Lichtleitreflexionsoberfläche (32) als

$\phi 1$ definiert ist,
- eine Brechkraft der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) als $\phi 2$ definiert ist,
- ein Abstand zwischen der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) und der Lichtleitreflexionsoberfläche (32) als $L3$ definiert ist,
- ein Abstand zwischen einem konjugierten Punkt (CP), der optisch mit der Lichtquelleneinheit (12) konjugiert ist, und dem virtuellen Bild, das von dem konjugierten Punkt visuell erkannt wird, als Id definiert ist, was einem Wert von kleiner als null entspricht,
- ein Lichtstrahlradius des Displaylights an dem konjugierten Punkt als Es definiert ist,
- ein Abstand zwischen dem konjugierten Punkt (CP) und der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) als Ed definiert ...



Beschreibung

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der am 26. April 2016 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2016-88313, auf deren Offenbarung hiermit vollinhaltlich Bezug genommen ist.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Head-up-Display-Vorrichtung, die dazu ausgelegt ist, ein virtuelles Bild anzuzeigen, das für einen Insassen erkennbar ist.

BISHERIGER STAND DER TECHNIK

[0003] Bekannt ist eine Head-up-Display-Vorrichtung (nachstehend als HUD-Vorrichtung abgekürzt), die dazu ausgelegt ist, ein virtuelles Bild anzuzeigen, das für einen Insassen erkennbar ist. Eine HUD-Vorrichtung, die aus dem nachfolgend aufgeführten Patentdokument 1 bekannt ist, weist einen Projektor, einen Lichtleitspiegel und einen Kombinator mit einer Bilderzeugungsreflexionsoberfläche auf. Der Projektor projiziert ein Displaylicht in Form eines Lichtstrahls. Der Lichtleitspiegel weist eine planare Lichtleitreflexionsoberfläche auf, die das Displaylicht von dem Projektor in Richtung der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche reflektiert. Die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche des Kombinator reflektiert das Displaylicht von dem Lichtleitspiegel.

[0004] Wenn die vorstehend beschriebene HUD-Vorrichtung an einer Instrumententafel eines Fahrzeugs befestigt ist, ist die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche des Kombinator vorzugsweise oberhalb eines oberen Oberflächenabschnitts der Instrumententafel angeordnet, in Anbetracht der Sichtbarkeit (wie beispielsweise der Bewegung einer Sichtlinie) des virtuellen Bildes.

[0005] Ferner würde, wenn ein Reflexionswinkel des Displaylichts an der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche des Kombinator zunimmt, das virtuelle Bild beispielsweise asymmetrisch vertikal verzerrt werden. Aus diesem Grund ist es denkbar, eine Zunahme im Reflexionswinkel des Displaylichts an der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche zu mindern.

[0006] Bei der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche des großen Lichtleitspiegels gemäß Patentdokument 1 würde es jedoch, da der Anordnungsfreiheitsgrad gering ist, schwierig werden, das Displaylicht in Richtung der oberhalb des oberen Oberflächenabschnitts angeordneten Bilderzeugungsreflexionsoberfläche zu reflektieren und gleichzeitig eine Zunahme im Reflexionswinkel zu mindern.

LITERATUR AUS DEM STAND DER TECHNIK

PATENTLITERATUR

[0007] Patentdokument 1: JP 2014-215459 A

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine HUD-Vorrichtung mit einer hohen Sichtbarkeit eines virtuellen Bildes bereitzustellen.

[0009] Bei der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche des großen Lichtleitspiegels gemäß Patentdokument 1 würde es, wie vorstehend beschrieben, da der Anordnungsfreiheitsgrad gering ist, schwierig sein, das Displaylicht in Richtung der oberhalb des oberen Oberflächenabschnitts angeordneten Bilderzeugungsreflexionsoberfläche zu reflektieren und gleichzeitig eine Zunahme im Reflexionswinkel zu mindern. Folglich haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung eine Verringerung in der Größe des Lichtleitspiegels untersucht.

[0010] Insbesondere haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung berücksichtigt, dass dann, wenn die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche des Kombinator konkav ist und ein Krümmungsradius der konkaven Oberfläche verringert wird, die Größe des Lichtleitspiegels verringert werden kann, da ein Lichtstrahl des Displaylichts, der auf die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche fällt, verkleinert werden kann. Wenn jedoch der

Lichtleitspiegel mit einer planaren Lichtleitreflexionsoberfläche gemäß Patentdokument 1 eingesetzt wird, muss der Projektor beispielsweise in der Nähe des Lichtleitspiegels angeordnet werden. Wenn der Projektor in der Nähe des Lichtleitspiegels installiert wird, bestehen beispielsweise dahingehend Bedenken, dass der Lichtstrahl, der an der Lichtleitreflexionsoberfläche reflektiert worden ist, den Projektor beeinträchtigt oder dergleichen, wodurch die Sichtbarkeit des virtuellen Bildes beeinträchtigt wird.

[0011] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Head-up-Display-Vorrichtung bereitgestellt, die dazu ausgelegt ist, Displaylicht, das an einer konkaven Bilderzeugungsreflexionsoberfläche zu reflektieren ist, auf einen Kombinator mit der konkaven Bilderzeugungsreflexionsoberfläche zu projizieren und ein virtuelles Bild anzuzeigen, das für einen Insassen sichtbar ist. Der Kombinator wird an einer Instrumententafel eines Fahrzeugs befestigt und oberhalb eines oberen Oberflächenabschnitts der Instrumententafel angeordnet. Die Head-up-Display-Vorrichtung weist einen Projektor auf, der dazu ausgelegt ist, das Displaylicht in Form eines Lichtstrahls zu projizieren. Die Head-up-Display-Vorrichtung weist ferner einen Lichtleitspiegel mit einer Lichtleitreflexionsoberfläche auf, die dazu ausgelegt ist, das Displaylicht von dem Projektor in Richtung der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche zu reflektieren. Die Lichtleitreflexionsoberfläche ist konvex.

Figurenliste

[0012] Die obigen und weitere Aufgaben, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher ersichtlich. In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 eine schematische Abbildung zur Veranschaulichung eines eingebauten Zustands einer HUD-Vorrichtung in einem Fahrzeug gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 2 eine schematische Abbildung zur Veranschaulichung einer Konfiguration eines Projektors gemäß der Ausführungsform;

Fig. 3 eine schematische Abbildung eines optischen Öffnungsabschnitts, in einer Normalen-Richtung des optischen Öffnungsabschnitts betrachtet, gemäß der Ausführungsform;

Fig. 4 eine vergrößerte Ansicht zur Veranschaulichung eines Abschnitts VI in der **Fig. 3**;

Fig. 5 eine schematische Abbildung zur Veranschaulichung eines optischen Systems durch die HUD-Vorrichtung gemäß der Ausführungsform;

Fig. 6 eine schematische Abbildung zur Veranschaulichung eines optischen Systems durch eine HUD-Vorrichtung gemäß einem Vergleichsbeispiel; und

Fig. 7 eine schematische Abbildung zur Veranschaulichung eines optischen Systems durch eine HUD-Vorrichtung gemäß einem Referenzbeispiel.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0013] Nachstehend ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

[0014] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist eine HUD-Vorrichtung 100 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einer Instrumententafel 2 eines Fahrzeugs 1 befestigt, das eine Art eines sich bewegenden Objekts ist. Die HUD-Vorrichtung 100 projiziert ein Displaylicht auf einen Kombinator 40 als ein Projektions-element und bewirkt, dass das Displaylicht einen sichtbaren Bereich EB erreicht, der sich in einem Fahrzeuginnenraum des Fahrzeugs 1 befindet, während sie bewirkt, dass das Displaylicht an einer Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 des Kombinator 40 reflektiert wird. Dies führt dazu, dass die HUD-Vorrichtung 100 ein virtuelles Bild VI zeigt, das für einen Insassen sichtbar ist. Genauer gesagt, das Displaylicht wird von dem Insassen des Fahrzeugs 1, dessen Augen sich innerhalb des sichtbaren Bereichs EB in dem Fahrzeuginnenraum des Fahrzeugs 1 befinden, als das virtuelle Bild VI wahrgenommen. Der Insasse ist in der Lage, verschiedene Teile von Information erkennen, die als das virtuelle Bild VI angezeigt werden. Beispiele für die verschiedenen Teile von Information, die als das virtuelle Bild VI angezeigt werden, umfassen Fahrzeugzustandswerte, wie beispielsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit und die verbleibende Kraftstoffmenge, oder Fahrzeuginformation, wie beispielsweise Straßeninformation und Sichtbarkeitsunterstützungsinformation.

[0015] Der sichtbare Bereich EB ist ein Raumbereich, in dem das virtuelle Bild VI, das von der HUD-Vorrichtung 100 angezeigt wird, sichtbar ist. Genauer gesagt, wenn sich die Augen des Insassen innerhalb des

sichtbaren Bereichs EB befinden, ist das virtuelle Bild VI visuell erkennbar, und wenn die Augen des Insassen den sichtbaren Bereich EB verlassen, wird die Sichtbarkeit des virtuellen Bildes VI, verglichen mit ersterem Fall, beeinträchtigt, d.h. ist es schwieriger, das virtuelle Bild VI zu erkennen.

[0016] In der nachfolgenden Beschreibung der vorliegenden Ausführungsform ist die Signifikanz von aufwärts oder abwärts, die ein Positionsverhältnis beschreiben, festgelegt, indem Höhen von einer horizontalen Ebene HP miteinander verglichen sind, wenn sich das Fahrzeug 1 auf der horizontalen Ebene HP befindet.

[0017] Nachstehend ist eine bestimmte Konfiguration der obigen HUD-Vorrichtung 100 beschrieben. Die HUD-Vorrichtung 100 weist einen Projektor 10, einen Lichtleitspiegel 30 und einen Kombinator 40 auf. Von diesen Komponenten sind der Projektor 10 und der Lichtleitspiegel 30 in einem Gehäuse 50 der HUD-Vorrichtung 100 untergebracht.

[0018] Wie in **Fig. 2** gezeigt, weist der Projektor 10 eine Lichtquelleneinheit 12, eine Kondensoreinheit 14 und einen optischen Öffnungsabschnitt 20 auf, wobei diese Komponenten in einem boxförmigen Gehäuse 10a untergebracht sind (siehe **Fig. 1**).

[0019] Die Lichtquelleneinheit 12 weist mehrere lichtemittierende Vorrichtungen 12a (z.B. drei) auf, wie beispielsweise LED-(Leuchtdiode)-Vorrichtungen. Die mehreren lichtemittierenden Vorrichtungen 12a sind auf einer Lichtquellenleiterplatte 12b angeordnet und über ein Verdrahtungsmuster auf der Lichtquellenleiterplatte 12b mit einer Energieversorgung verbunden. Jede der lichtemittierenden Vorrichtungen 12a emittiert ein Licht mit einer Lichtemissionsmenge entsprechend einem Strombetrag durch Bestromung. Genauer gesagt, in jeder der lichtemittierenden Vorrichtungen 12a ist beispielsweise eine blaue Diode mit Phosphor bedeckt, um so eine pseudoweisse Lichtemission zu realisieren.

[0020] Die Kondensoreinheit 14 ist zwischen der Lichtquelleneinheit 12 und dem optischen Öffnungsabschnitt 20 angeordnet und weist eine Kondensorlinse 15 und eine Feldlinse 16 auf. Die Kondensorlinse 15 ist zwischen der Lichtquelleneinheit 12 und der Feldlinse 16 angeordnet und aus Kunstharz, Glas oder dergleichen aufgebaut, um eine Lichttransmissionseigenschaft aufzuweisen. Insbesondere ist die Kondensorlinse 15 der vorliegenden Ausführungsform ein Linsenarray, in dem mehrere konvexe Linsenelemente 15a in Übereinstimmung mit der Anzahl und Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtungen 12a als Array angeordnet sind. Die Kondensorlinse 15 verdichtet das von der Seite der Lichtquelleneinheit 12 einfallende Licht und emittiert das verdichtete Licht zur Seite der Feldlinse 16.

[0021] Die Feldlinse 16 ist zwischen der Kondensorlinse 15 und dem optischen Öffnungsabschnitt 20 angeordnet und aus Kunstharz, Glas oder dergleichen aufgebaut, um eine Lichttransmissionseigenschaft aufzuweisen. Insbesondere ist die Feldlinse 16 der vorliegenden Ausführungsform eine Fresnel-Linse, die in Form einer Platte ausgebildet ist. Die Feldlinse 16 verdichtet das von der Seite der Kondensorlinse 15 einfallende Licht weiter und emittiert das verdichtete Licht zur Seite des optischen Öffnungsabschnitts 20.

[0022] Es sollte beachtet werden, dass andere Konfigurationen anwendbar sind, solange die Kondensoreinheit bzw. lichtverdichtende Einheit 14 das von der Lichtquelleneinheit 12 emittierte Licht verdichtet. Die Kondensoreinheit 14 kann beispielsweise durch eine Linse oder einen Spiegel aufgebaut sein und kann aufgebaut werden, indem eine Linse, ein Spiegel, eine Streuscheibe oder andere optische Elemente zu der vorstehend beschriebenen Konfiguration hinzugefügt werden.

[0023] Der optische Öffnungsabschnitt 20 ist optisch offen, um zu bewirken, dass ein Teil des von der Lichtquelleneinheit 12 emittierten Lichts den optischen Öffnungsabschnitt 20 durchläuft, um ein Bild zu bilden, und projiziert das Bild als das Displaylicht in Richtung des Lichtleitspiegels 30 auf einer Seite gegenüberliegend zu der Lichtquelleneinheit 12 und der Kondensoreinheit 14.

[0024] Genauer gesagt, der optische Öffnungsabschnitt 20 der vorliegenden Ausführungsform ist aus einer durchlässigen Aktivmatrix-Flüssigkristalltafel 19 unter Verwendung eines Dünnschichttransistors (TFT) aufgebaut. In dem optischen Öffnungsabschnitt 20, der vorstehend beschrieben ist, sind, wie in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt, mehrere Flüssigkristallpixel 22 in einer zweidimensionalen Richtung als Array angeordnet. Da das Array der Flüssigkristallpixel 22 insgesamt als ein Rechteck ausgebildet ist, ist der optische Öffnungsabschnitt 20 mit einer Außenkontur in Form eines Rechtecks optisch offen.

[0025] Ferner weist, wie in der **Fig. 4** näher gezeigt, jedes der Flüssigkristallpixel 22 einen Öffnungsbereich 22a, der mit einer Durchdringungsrichtung in der Normalen-Richtung des optischen Öffnungsabschnitts 20

vorgesehen ist, und einen Verdrahtungsbereich 22b, der den Öffnungsbereich 22a umgebend vorgesehen ist, auf.

[0026] In einem Abschnitt, der den Öffnungsbereich 22a des optischen Öffnungsabschnitts 20 beinhaltet, sind ein Paar von Polarisierungsplatten, eine Flüssigkristallschicht, die zwischen dem Paar von Polarisierungsplatten angeordnet ist, und dergleichen übereinandergeschichtet angeordnet. Jede der Polarisierungsplatten weist eine Eigenschaft zum Durchlassen des Lichts, das in einer vorbestimmten Richtung polarisiert ist, und zum Absorbieren des Lichts, das in einer Richtung im Wesentlichen senkrecht zu der vorbestimmten Richtung polarisiert ist, auf. Das Paar von Polarisierungsplatten ist in den jeweiligen vorbestimmten Richtungen im Wesentlichen orthogonal zueinander angeordnet. Die Flüssigkristallschicht kann eine Polarisationsrichtung des auf die Flüssigkristallschicht fallenden Lichts in Übereinstimmung mit einer angelegten Spannung durch Anlegen der Spannung für jedes Flüssigkristallpixel drehen. Ein Anteil des Lichts, das die hintere Polarisationsplatte aufgrund der Drehung der Polarisationsrichtung durchläuft, d.h. eine Lichtdurchlässigkeit oder Transmittanz, kann geändert werden.

[0027] Das von der Seite der Kondensoreinheit 14 auf das Array der Flüssigkristallpixel 22 in dem optischen Öffnungsabschnitt 20 fallende Licht wird in der Transmittanz des Lichts für jedes der Flüssigkristallpixel 22 gesteuert, wodurch ein Bild erzeugt wird. Farbfilter wechselseitig verschiedener Farben (wie beispielsweise rot, grün und blau) sind in den benachbarten Flüssigkristallpixeln 22 vorgesehen, und es werden verschiedene Farben durch eine Kombination dieser Farbfilter reproduziert.

[0028] Auf diese Weise projiziert der Projektor 10 das Displaylicht in Form eines Lichtstrahls durch den optischen Öffnungsabschnitt 20. Das durch den Projektor 10 projizierte Displaylicht fällt „gezielt“ auf den Lichtleitspiegel 30.

[0029] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist der Lichtleitspiegel 30 ein Spiegel, der das Displaylicht von der Seite des optischen Öffnungsabschnitts 20 zu dem Kombinator 40 führt, und ist in einem Strahlengang zwischen dem optischen Öffnungsabschnitt 20 und dem Kombinator 40 angeordnet. Insbesondere ist der Lichtleitspiegel 30 der vorliegenden Ausführungsform unterhalb des oberen Oberflächenabschnitts 2a der Instrumententafel 2 und an einer Position benachbart zu dem oberen Oberflächenabschnitt 2a angeordnet. Der Lichtleitspiegel 30 wird gebildet, indem Aluminium als eine Lichtleitreflexionsoberfläche 32 auf einer Oberfläche eines Basismaterials aus Kunstharz, Glas oder dergleichen abgeschieden wird. Die Lichtleitreflexionsoberfläche 32 des Lichtleitspiegels 30 ist konvex gekrümmt, um eine glatte, konvexe Form aufzuweisen. Das von der Seite des optischen Öffnungsabschnitts 20 einfallende Displaylicht wird durch die Lichtleitreflexionsoberfläche 32 reflektiert. Das reflektierte Displaylicht durchläuft ein Öffnungsfenster 2d, das offen ist, um eine Verbindung zwischen einem unteren Bereich 2c, der sich unterhalb des oberen Oberflächenabschnitts 2a befindet, und einem oberen Bereich 2b, der sich oberhalb des oberen Oberflächenabschnitts 2a befindet, herzustellen, und fällt „gezielt“ auf die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 des Kombinator 40.

[0030] Der Kombinator 40 ist aus Kunstharz, Glas oder dergleichen aufgebaut und beispielsweise in Form einer lichtdurchlässigen Platte ausgebildet, die sich aus dem Gehäuse 50 heraus aufwärts erstreckt. Der Kombinator 40 weist eine Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 auf, die sich oberhalb des oberen Oberflächenabschnitts 2a und an einer Oberfläche auf einer Seite, die dem Lichtleitspiegel 30 und dem sichtbaren Bereich EB zugewandt ist, befindet. Die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 ist in einer konkaven Form gekrümmt, um eine glatte, konkave Oberflächenform bereitzustellen. Das von der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 einfallende Displaylicht wird durch die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 in Richtung des sichtbaren Bereichs EB reflektiert. Der Insasse kann das virtuelle Bild VI durch das Displaylicht des Bildes, das den sichtbaren Bereich EB auf diese Weise erreicht hat, visuell erkennen.

[0031] In diesem Beispiel ist der Kombinator 40 näher als die Windschutzscheibe 3 zu dem sichtbaren Bereich EB angeordnet. Folglich kann der Insasse eine Szenerie außerhalb des Fahrzeugs, die eine Straße, Verkehrszeichen und dergleichen umfasst, durch den lichtdurchlässigen Kombinator 40 und die Windschutzscheibe 3 visuell erkennen. Genauer gesagt, das virtuelle Bild VI, das visuell zu erkennen ist, wird der Szenerie außerhalb des Fahrzeugs überlagert angezeigt.

[0032] Das optische System, das durch die HUD-Vorrichtung 100 gebildet wird, die die vorstehend beschriebene überlagerte Anzeige ausführen kann, ist nachstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 5** näher beschrieben.

[0033] Nachstehend ist, in dem Strahlengang des optischen Systems gemäß **Fig. 5**, ein Abstand von dem virtuellen Bild VI zu dem sichtbaren Bereich EB als l_d definiert ($l_d < 0$ für das virtuelle Bild), ein Abstand von dem sichtbaren Bereich EB zu der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 als l_e definiert ($l_e > 0$), ein Abstand von der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 zu der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 als l_3 definiert ($l_3 > 0$), und ein Abstand von der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 zu dem optischen Öffnungsabschnitt 20 als l_4 definiert.

[0034] Ferner ist eine Strahlungsleistung der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 als ϕ_1 definiert ($\phi_1 < 0$) und eine Strahlungsleistung der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 als ϕ_2 definiert ($\phi_2 > 0$). Eine Brennweite der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 ist als $f_1 = 1/\phi_1$ definiert, und eine Brennweite der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 ist als $f_2 = 1/\phi_2$ definiert. Es wird angenommen, dass eine kombinierte Brennweite der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 und der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 positiv ist.

[0035] Ferner ist ein Halbwert der Größe des virtuellen Bildes VI als l_s definiert, ein Halbwert der Größe des sichtbaren Bereichs EB als l_e definiert und ein Halbwert der Größe des optischen Öffnungsabschnitts 20 als l_o definiert ($l_o < 0$), vorausgesetzt, dass ein an der optischen Öffnung 20 erzeugtes Bild ein reelles Bild ist.

[0036] In der vorliegenden Ausführungsform sind die Lichtquelleneinheit 12 und der sichtbare Bereich EB im Wesentlichen zueinander optisch konjugiert. Bei jedem Parameter kann der sichtbare Bereich EB durch einen konjugierten Punkt CP ersetzt werden, der optisch mit der Lichtquelleneinheit 12 konjugiert ist. Der Abstand l_d kann beispielsweise als ein Abstand zwischen dem konjugierten Punkt CP und dem virtuellen Bild VI verstanden werden, und der Halbwert l_e der Größe des sichtbaren Bereichs EB kann als ein Lichtstrahlradius des Displaylights an dem konjugierten Punkt CP (insbesondere des gesamten Displaylights, das von dem Projektor 10 projiziert wird) verstanden werden.

[0037] In dem optischen System, das vorstehend beschrieben ist, werden ein Winkel eines paraxialen Bildlichtstrahls IMR und eine Höhe des paraxialen Bildlichtstrahls IMR der Reihe nach durch eine Rückstrahlverfolgung (Back-Ray-Tracing) von dem sichtbaren Bereich EB zu der Seite des optischen Öffnungsabschnitts 20 erhalten. In diesem Beispiel beschreibt der Winkel des paraxialen Bildlichtstrahls IMR einen Winkel, in dem sich ein Lichtstrahl (nachstehend als paraxialer Bildlichtstrahl IMR bezeichnet) in einer Richtung, die ein Ende des sichtbaren Bereichs EB und eine Mitte des virtuellen Bildes VI zwischen dem sichtbaren Bereich EB und der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 verbindet, bezüglich eines Lichtstrahls (nachstehend als Hauptlichtstrahl PRR bezeichnet) erstreckt, der durch eine Mitte (wie beispielsweise den konjugierten Punkt CP) des sichtbaren Bereichs EB und eine Mitte des optischen Öffnungsabschnitts 20 führt. Nachstehend ist der Winkel des paraxialen Bildlichtstrahls IMR in Radiant beschrieben. Die Höhe des paraxialen Bildlichtstrahls IMR ist ein Abstand zwischen dem Hauptlichtstrahl PRR und dem paraxialen Bildlichtstrahl IMR in der Richtung senkrecht zum Hauptlichtstrahl PRR.

[0038] Der Winkel des paraxialen Bildlichtstrahls IMR ist gleich $-l_e/l_d$ zwischen dem sichtbaren Bereich EB und der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42, was als HUD-Konstante A festgelegt wird. Auf der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 ist die Höhe des paraxialen Bildlichtstrahls IMR gleich $l_e + l_d \cdot (-l_e/l_d)$, was als HUD-Konstante B festgelegt wird. Der Winkel des paraxialen Bildlichtstrahls IMR ist gleich $A + B \cdot \phi_2$ zwischen der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 und der Lichtleitreflexionsoberfläche 32. Auf der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 ist die Höhe des paraxialen Bildlichtstrahls IMR gleich $B - l_3 \cdot (A + B \cdot \phi_2)$. Der Winkel des paraxialen Bildlichtstrahls IMR ist gleich $(A + B \cdot \phi_2) + (B - l_3 \cdot (A + B \cdot \phi_2)) \cdot \phi_1$ zwischen der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 und dem optischen Öffnungsabschnitt 20.

[0039] In dem optischen Öffnungsabschnitt 20 kann, da die Höhe des paraxialen Bildlichtstrahls IMR gleich 0 ist, der Abstand l_4 durch eine Gleichung gemäß dem nachfolgenden Ausdruck 1 beschrieben werden.

$$l_4 = \frac{B - l_3 \cdot (A + B \cdot \phi_2)}{(A + B \cdot \phi_2) + \{B - l_3 \cdot (A + B \cdot \phi_2)\} \cdot \phi_1} \quad [\text{Ausdruck 1}]$$

[0040] Da sich der optische Öffnungsabschnitt 20 in dem Strahlengang nicht zwischen der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 und der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 befinden sollte, muss die Bedingung $l_4 > 0$ erfüllt sein. Folglich wird die Bedingung gemäß dem nachfolgenden Ausdruck 2 hergeleitet.

$$\frac{B - l_3 \cdot (A + B \cdot \phi_2)}{(A + B \cdot \phi_2) + \{B - l_3 \cdot (A + B \cdot \phi_2)\} \cdot \phi_1} > 0 \quad [\text{Ausdruck 2}]$$

[0041] Anschließend werden ein Winkel eines paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR und eine Höhe des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR der Reihe nach durch Rückstrahlverfolgung von dem sichtbaren Bereich EB zu der Seite des optischen Öffnungsabschnitts 20 erhalten. In diesem Beispiel ist der Winkel des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR ein Winkel, in dem sich ein Lichtstrahl (nachstehend als paraxialer Pupillenlichtstrahl PUR bezeichnet) in einer Richtung, die eine Mitte des sichtbaren Bereichs EB und einen Endabschnitt des virtuellen Bildes VI zwischen dem Sichtbereich EB und der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 verbindet, bezüglich des Hauptlichtstrahls PRR erstreckt. Die Höhe des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR ist ein Abstand zwischen dem Hauptlichtstrahl PRR und dem paraxialen Pupillenlichtstrahl PUR in einer Richtung senkrecht zu dem Hauptlichtstrahl PRR.

[0042] Der Winkel des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR entspricht einem halben Bildwinkel θ des virtuellen Bildes VI zwischen dem sichtbaren Bereich EB und der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 und ist $\theta = -l_s/l_d$, was als HUD-Konstante C festgelegt wird. Auf der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 ist die Höhe des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR gleich $-E_d \cdot \theta$, was als HUD-Konstante D festgelegt wird. Der Winkel des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR ist gleich $C + D \cdot \phi_2$ zwischen der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 und der Lichtleitreflexionsoberfläche 32. In der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 ist die Höhe des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR gleich $D \cdot (C + D \cdot \phi_2) - L_3$. Die Höhe des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR ist gleich $(C + D \cdot \phi_2) + \{D \cdot (C + D \cdot \phi_2) - L_3\} \cdot \phi_1$ zwischen der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 und dem optischen Öffnungsabschnitt 20. In der optischen Öffnung 20 ist die Höhe des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR gleich $D \cdot (C + D \cdot \phi_2) - L_3 - L_4 - [(C + D \cdot \phi_2) + \{D \cdot (C + D \cdot \phi_2) - L_3\} \cdot \phi_1]$, was mit einem Halbwert O_s der Größe des optischen Öffnungsabschnitts 20 übereinstimmt.

[0043] In dem optischen System kann, da ein Pupillenabstand P_d von dem optischen Öffnungsabschnitt 20 zu einer Position ENP einer Eintrittspupille erhalten werden kann, indem ein Abstand erhalten wird, bei dem die Höhe des paraxialen Pupillenlichtstrahls PUR einen Wert von 0 annimmt, der Pupillenabstand P_d durch den nachfolgenden Ausdruck 3 beschrieben werden.

$$P_d = \frac{D - (C + D \cdot \phi_2) \cdot L_3 - L_4 \cdot [(C + D \cdot \phi_2) + \{D - (C + D \cdot \phi_2) \cdot L_3\} \cdot \phi_1]}{(C + D \cdot \phi_2) + \{D - (C + D \cdot \phi_2) \cdot L_3\} \cdot \phi_1} \quad [\text{Ausdruck 3}]$$

[0044] Um die Größe der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 zu verringern, ist die Position ENP der Eintrittspupille vorzugsweise näher als der optische Öffnungsabschnitt 20 zu der Seite der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 vorhanden. Genauer gesagt, da $P_d < 0$ geschaffen wird, wird die Bedingung gemäß dem nachfolgenden Ausdruck 4 gewonnen.

$$\frac{D - (C + D \cdot \phi_2) \cdot L_3 - L_4 \cdot [(C + D \cdot \phi_2) + \{D - (C + D \cdot \phi_2) \cdot L_3\} \cdot \phi_1]}{(C + D \cdot \phi_2) + \{D - (C + D \cdot \phi_2) \cdot L_3\} \cdot \phi_1} < 0 \quad [\text{Ausdruck 4}]$$

[0045] Die Ergebnisse einer Gestaltung des optischen Systems der HUD-Vorrichtung 100 zur Erfüllung der Bedingung gemäß dem Ausdruck 2 und der Bedingung gemäß dem Ausdruck 4 sind in der nachfolgenden Tabelle 1 näher aufgezeigt. Als eine Vorbedingung ist der Abstand l_d entsprechend dem Anzeigeabstand des virtuellen Bildes VI auf -1800 mm gesetzt. Wenn der Abstand L_4 extrem groß ist, wird die HUD-Vorrichtung 100 groß und nur schwer zu befestigen. Folglich ist der Abstand L_4 beispielsweise auf einen Wert in einem Bereich von 100 bis 110 mm gesetzt.

[Tabelle 1]

Element	Brennweite	Oberflächenabstand	Rückstrahlverfolgungsergebnis des paraxialen Bildlichtstrahls	
			Lichtstrahlwinkel	Lichtstrahlhöhe
Virtuelles Bild VI	Ebene	$l_d = -1800$	0,022222	0
Sichtbarer Bereich EB	Ebene	$E_d = 775$	0,022222	40
Bilderzeugungsreflexionsoberfläche	$f_2 = 166$	$L_3 = 91$	0,159438	22,77777
Lichtleitreflexionsoberfläche	$f_1 = -102$	$L_4 = 105,512$	0,07837	8,26894

Element	Brennweite	Oberflächenabstand	Rückstrahlverfolgungsergebnis des paraxialen Bildlichtstrahls	
			Lichtstrahlwinkel	Lichtstrahlhöhe
Optischer Öffnungsabschnitt	Ebene	-777,658	0,07837	0
Eintrittspupille	Ebene	-		

[0046] Für einen Vergleich mit der Gestaltung bzw. dem Design von Tabelle 1 sind die Ergebnisse einer Gestaltung einer HUD-Vorrichtung 900 gemäß einem Vergleichsbeispiel (siehe **Fig. 6**), die eine Lichtleitreflexionsoberfläche 932 einsetzt, bei der die Lichtleitreflexionsoberfläche 32 durch eine planare Oberfläche ersetzt ist, in der nachfolgenden Tabelle 2 näher gezeigt.

[Tabelle 2]

Element	Brennweite	Oberflächenabstand	Rückstrahlverfolgungsergebnis des paraxialen Bildlichtstrahls	
			Lichtstrahlwinkel	Lichtstrahlhöhe
Virtuelles Bild VI	Ebene	ld=-1800	0,022222	0
Sichtbarer Bereich EB	Ebene	Ed=775	0,022222	40
Bilderzeugungsreflexionsoberfläche	f2=235	L3=91	0,119149	22,77777
Lichtleitreflexionsoberfläche	Ebene	L4=100,1706	0,119149	11,9352
Optischer Öffnungsabschnitt	Ebene	146,0979	0,119149	0
Eintrittspupille	Ebene	-		

[0047] In den Spalten „Brennweite“ in den Tabellen 1 und 2 bedeutet „Ebene“, dass die Brennweite als unendlich betrachtet werden kann, oder dass keine Brechung und keine Reflexion in dem entsprechenden „Element“ stattfinden. Folglich wird, in den HUD-Vorrichtungen 100 und 900, die Existenz einer Feldkrümmung des angezeigten virtuellen Bildes VI nicht bestritten.

[0048] Ferner ist, in der Spalte „Abstand“ in den Tabellen 1 und 2, ein Abstand zwischen einem Element der gleichen Reihe und einem Element von einer Reihe unterhalb des betreffenden Elements gezeigt, und ist, in der Spalte „Lichtstrahlwinkel“ der Tabellen 1 und 2, ein Winkel des paraxialen Bildlichtstrahls IMR zwischen einem Element der gleichen Reihe und einem Element von einer Reihe unterhalb des betreffenden Elements gezeigt. In den Spalten „Lichtstrahlhöhe“ in den Tabellen 1 und 2 ist die Höhe des paraxialen Bildlichtstrahls IMR in dem Element der gleichen Reihe gezeigt.

[0049] Werden die in der Tabelle 1 gezeigten Gestaltungs- bzw. Designergebnisse mit den in der Tabelle 2 gezeigten Gestaltungsergebnissen verglichen, so beträgt die „Lichtstrahlhöhe“ in der Lichtleitreflexionsoberfläche 932 in dem Vergleichsbeispiel 11,9352 mm, wohingegen die „Strahlhöhe“ der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 in der vorliegenden Ausführungsform 8,26894 mm beträgt. Genauer gesagt, in der vorliegenden Ausführungsform wird, verglichen mit dem Vergleichsbeispiel, die Streuung des Displaylichts, das zu dem Lichtstrahl geformt wird, der zu einer Abbildung des virtuellen Bildes VI beiträgt, verringert. Folglich kann die Größe der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 verringert werden.

[0050] Ferner beträgt die „Brennweite“ der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 in der vorliegenden Ausführungsform 166 mm, während die Brennweite in dem Vergleichsbeispiel 235 mm beträgt. Demgegenüber ist, obgleich nicht in den Tabellen 1 und 2 gezeigt, eine Verstärkung des virtuellen Bildes in der vorliegenden Ausführungsform gleich 3,526636, während die Verstärkung des virtuellen Bildes in dem Vergleichsbeispiel gleich 5,361702 ist. Folglich kann in der vorliegenden Ausführungsform, da die Verstärkung des virtuellen Bildes geringer als diejenigen in dem Vergleichsbeispiel ist, trotz der Tatsache, dass die Brennweite der Bilder-

zeugungsreflexionsoberfläche 42 bestimmt ist, um kürzer als diejenige in dem Vergleichsbeispiel zu sein, die Auflösung des virtuellen Bildes VI erfolgreich erhöht werden.

[0051] Die **Fig. 5** und **Fig. 6** zeigen schematisch das optische System, wobei die Formen und räumlichen Relationen der jeweiligen Elemente 20, 32, 932 und 42, die Richtungen der jeweiligen Lichtstrahlen PRR, IMR und PUR, der Reflexionswinkel, die Position der Position ENP der Eintrittspupille und dergleichen nicht unbedingt genau sind. Ferner ist, in der **Fig. 5**, die Position ENP der Eintrittspupille der Einfachheit halber auf der verlängerten Linie des Hauptlichtstrahls PRR von dem optischen Öffnungsabschnitt 20 gezeigt, um den Pupillenabstand Pd zu veranschaulichen.

(Operative Effekte)

[0052] Nachstehend sind die operativen Effekte der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

[0053] Das vom Projektor 10 projizierte Displaylicht wird, gemäß der vorliegenden Ausführungsform, von der konvexen Lichtleitreflexionsoberfläche 32 reflektiert und läuft bzw. wandert in Richtung der konkaven Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42. Folglich kann, auch wenn der Projektor 10 nicht näher an dem Lichtleit-
spiegel 30 angeordnet wird, ein Divergenzwinkel des Lichtstrahls des Displaylichts, der von der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 zu der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 gerichtet wird, auf einen hohen Wert gesetzt werden. Genauer gesagt, der Lichtstrahl des Displaylichts, bis der Lichtstrahl auf die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 fällt, kann verkleinert werden. Folglich kann, auch wenn die Größe der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 verringert wird, der Lichtleit-
spiegel 30 das Displaylicht zuverlässig leiten bzw. führen. Da die Größe des Lichtleit-
spiegels 30 verringert werden kann, wird der Anordnungsfreiheitsgrad des Lichtleit-
spiegels 30 erhöht.

[0054] Folglich kann, in der HUD-Vorrichtung 100, die an der Instrumententafel 2 befestigt wird, auch mit einer Konfiguration, in der das Displaylicht von der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 des Lichtleit-
spiegels 30 zu der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 geführt wird, die sich oberhalb des oberen Oberflächenabschnitts 2a befindet, die Anordnung des Lichtleit-
spiegels 30, der Zunahme im Reflexionswinkel des Displaylichts an der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 mindern kann, realisiert werden, indem die Größe des Lichtleit-
spiegels 30 verringert wird. Mit der Minderung in der Zunahme des Reflexionswinkels kann beispielsweise eine Verzerrung des virtuellen Bildes VI, die asymmetrisch vertikal auftritt, reduziert werden. Es kann, wie vorstehend beschrieben, die HUD-Vorrichtung 100 mit einer hohen Sichtbarkeit des virtuellen Bildes VI bereitgestellt werden.

[0055] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine kombinierte Brennweite der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 und der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 positiv. Folglich sind die konvexe Lichtleitreflexionsoberfläche 32 und die konkave Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 miteinander kombiniert, um so eine Vergrößerung des virtuellen Bildes VI und gleichzeitig eine Verringerung der Feldkrümmung realisieren zu können.

[0056] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Lichtleit-
spiegel 30 mit der konvexen Lichtleitreflexionsoberfläche 32 unterhalb des oberen Oberflächenabschnitts 2a angeordnet, in einem Zustand, in dem die Größe des Lichtleit-
spiegels 30 verringert werden kann. Dies führt dazu, dass, obgleich eine Zunahme im Reflexionswinkel des Displaylichts an der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 gemindert wird, dadurch, dass der Insasse des Fahrzeugs 1 das Vorhandensein des Lichtleit-
spiegels 30 mit geringer Wahrscheinlichkeit virtuell erkennen wird, das Erscheinungsbild des Fahrzeugs 1 verbessert werden kann.

[0057] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann, da die Bedingung gemäß Ausdruck 2 erfüllt ist, der Projektor 10 an einer Position angeordnet werden, die von dem Strahlengang zwischen der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 und der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 abweicht.

[0058] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann, da die Bedingung gemäß Ausdruck 4 erfüllt ist, die Position ENP der Eintrittspupille in dem optischen System der HUD-Vorrichtung 100 näher zur Lichtleitreflexionsoberfläche 32 angeordnet werden als der Projektor 10. Folglich kann, da die Lichtstrahlen, die für ein visuelles Erkennen des virtuellen Bildes VI wirksam sind, in einem schmalen Bereich der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 konvergiert werden können, der Effekt zur Verringerung der Größe des Lichtleit-
spiegels 30 verstärkt werden.

(Referenzbeispiel)

[0059] Für einen Vergleich mit der Gestaltung bzw. dem Design von Tabelle 1 sind die Ergebnisse einer Gestaltung einer HUD-Vorrichtung 800 (siehe **Fig. 7**) eines Referenzbeispiels, das eine Lichtleitreflexionsoberfläche 832 einsetzt, bei der die Lichtleitreflexionsoberfläche 32 durch eine konkave Oberfläche ersetzt ist, während die Bedingung gemäß Ausdruck 2 und die Bedingung gemäß Ausdruck 4 erfüllt sind, in der nachfolgenden Tabelle 3 näher gezeigt.

[Tabelle 3]

Element	Brennweite	Oberflächenabstand	Rückstrahlverfolgungsergebnis des paraxialen Bildlichtstrahls	
			Lichtstrahlwinkel	Lichtstrahlhöhe
Virtuelles Bild VI	Ebene	$l_d = -1800$	0,022222	0
Sichtbarer Bereich EB	Ebene	$E_d = 775$	0,022222	40
Bilderzeugungsreflexionsoberfläche	$f_2 = 81,5$	$L_3 = 91$	0,301704	22,77777
Lichtleitreflexionsoberfläche	$f_1 = 14$	$L_4 = 144.4112$	-0,03239	-4.6773
Optischer Öffnungsabschnitt	Ebene	-144,334	-0,03239	0
Eintrittspupille	Ebene	-		

[0060] Gemäß den in der Tabelle 3 gezeigten Gestaltungsergebnissen ist die Brennweite der Lichtleitreflexionsoberfläche 832 extrem gering, wie beispielsweise $f_1 = 14$ mm. Dies liegt daran, dass sich die Position ENP der Eintrittspupille in dem optischen System der HUD-Vorrichtung 800 in der Nähe der Lichtleitreflexionsoberfläche 832 befindet. Genauer gesagt, in dem optischen System, das in der Tabelle 3 gezeigt ist, wird, nachdem das Displaylicht als ein reelles Bild in der Nähe der Lichtleitreflexionsoberfläche 832 abgebildet worden ist, das reelle Bild als das virtuelle Bild VI an einer vorbestimmten Position (wie beispielsweise einer Position, an der ein Abstand $l_d = -1800$ mm erfüllt ist) angezeigt, wobei die Reflexion an der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 genutzt wird. Um ein virtuelles Bild VI zu erzeugen, das weiter entfernt als die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 angezeigt wird, ist eine Bedingung $L_3 > f_1$ erforderlich und muss die Brennweite der Lichtleitreflexionsoberfläche 832 verringert werden.

[0061] Bei der vorstehend beschriebenen Lichtleitreflexionsoberfläche 832 wird, da eine Schwankung in der Brennweite aufgrund eines Fertigungsfehlers groß ist, die Qualität des virtuellen Bildes VI instabil. Folglich wird, wie in Tabelle 1 gezeigt, vorzugsweise die konvexe Lichtleitreflexionsoberfläche 32 eingesetzt.

[0062] **Fig. 7** zeigt schematisch das optische System, wobei die Formen und räumlichen Relationen der jeweiligen Elemente 20, 832 und 42, die Richtungen des Lichtstrahls, der Reflexionswinkel, die Position ENP der Eintrittspupille und dergleichen nicht unbedingt genau sind.

(Weitere Ausführungsformen)

[0063] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die Ausführungsform beschränkt, sondern kann auf verschiedene Ausführungsformen innerhalb ihres Schutzzumfangs angewandt werden.

[0064] Insbesondere kann sich, gemäß einer Modifikation 1, die Gesamtheit des Lichtleitspiegels 30 nicht unterhalb des oberen Oberflächenabschnitts 2a befinden. Es kann beispielsweise ein Teil des Lichtleitspiegels 30 angeordnet werden, um von dem oberen Oberflächenabschnitt 2a aufwärts zu ragen.

[0065] Gemäß einer Modifikation 2 kann der Kombinator 40 mit der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 eine Semi-Lichtdurchlässigkeit oder kein Lichtdurchlässigkeitsvermögen durch Einfärbung oder dergleichen aufweisen.

[0066] Gemäß einer Modifikation 3 kann der Kombinator 40 mit der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 separat von der HUD-Vorrichtung 100 vorgesehen sein.

[0067] Gemäß einer Modifikation 4 kann der optische Öffnungsabschnitt 20 in einem Zustand angeordnet sein, in dem die Normalen-Richtung bezüglich des Hauptlichtstrahls PRR geneigt ist.

[0068] Die vorstehend beschriebene Head-up-Display-Vorrichtung zeigt das virtuelle Bild VI, das für einen Insassen sichtbar ist, indem sie das von der konkaven Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 reflektierte Displaylicht auf den Kombinator 40 projiziert, der an der Instrumententafel 2 des Fahrzeugs 1 befestigt wird, und die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche 42 oberhalb eines oberen Oberflächenabschnitts 2a der Instrumententafel angeordnet aufweist. Die Head-up-Display-Vorrichtung weist den Projektor 10 zum Projizieren des Displaylichts in Form eines Lichtstrahls und den Lichtleitspiegel 30 mit der Lichtleitreflexionsoberfläche 32 zum Reflektieren des Displaylichts von dem Projektor in Richtung der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche auf. Die Lichtleitreflexionsoberfläche ist konvex.

[0069] Das vom Projektor projizierte Displaylicht wird, wie vorstehend beschrieben, von der konvexen Lichtleitreflexionsoberfläche reflektiert und läuft bzw. wandert in Richtung der konkaven Bilderzeugungsreflexionsoberfläche. Folglich kann, auch wenn der Projektor nicht näher an dem Lichtleitspiegel angeordnet wird, ein Divergenzwinkel des Lichtstrahls des Displaylichts, der von der Lichtleitreflexionsoberfläche zu der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche gerichtet ist, so bestimmt werden, dass er hoch ist. Genauer gesagt, der Lichtstrahl des Displaylichts, bis der Lichtstrahl auf die Bilderzeugungsreflexionsoberfläche fällt, kann verkleinert werden. Folglich kann, auch wenn die Größe der Lichtleitreflexionsoberfläche verringert wird, der Lichtleitspiegel das Displaylicht zuverlässig führen. Da die Größe des Lichtleitspiegels verringert werden kann, wird der Anordnungsfreiheitsgrad des Lichtleitspiegels erhöht.

[0070] Folglich kann, in der HUD-Vorrichtung, die an der Instrumententafel befestigt wird, auch mit einer Konfiguration, in der das Displaylicht von der Lichtleitreflexionsoberfläche des Lichtleitspiegels zu der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche geführt wird, die sich oberhalb des oberen Oberflächenabschnitts befindet, die Anordnung des Lichtleitspiegels, die eine Zunahme im Reflexionswinkel des Displaylichts an der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche mindern kann, realisiert werden, indem die Größe des Lichtleitspiegels verringert wird. Mit der Minderung in der Zunahme des Reflexionswinkels kann beispielsweise eine Verzerrung des virtuellen Bildes, die asymmetrisch vertikal auftritt, verringert werden. Es kann, wie vorstehend beschrieben, eine HUD-Vorrichtung mit einer hohen Sichtbarkeit des virtuellen Bildes bereitgestellt werden.

[0071] Obgleich die vorliegende Erfindung vorstehend in Verbindung mit ihren Ausführungsformen beschrieben ist, sollte wahrgenommen werden, dass sie nicht auf die Ausführungsformen oder Strukturen beschränkt ist. Die vorliegende Erfindung soll derart verstanden werden, dass sie verschiedene Modifikationsbeispiele und Modifikationen innerhalb ihres Schutzbereichs mit umfasst. Ferner sollte wahrgenommen werden, dass verschiedene Kombinationen oder Aspekte oder andere Kombinationen oder Aspekte, in denen nur ein Element, eines oder mehr Elemente oder eines oder weniger Elemente zu den verschiedenen Kombinationen oder Aspekten hinzugefügt sind, ebenso in dem Schutzbereich oder der technischen Idee der vorliegenden Erfindung umfasst sind.

Patentansprüche

1. Head-up-Display-Vorrichtung, die dazu ausgelegt ist, Displaylicht, das an einer konkaven Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) zu reflektieren ist, auf einen die konkave Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) aufweisenden Kombinator (40) zu projizieren und ein virtuelles Bild (VI) anzuzeigen, das für einen Insassen sichtbar ist, wobei der Kombinator (40) an einer Instrumententafel (2) eines Fahrzeugs (1) befestigt und oberhalb eines oberen Oberflächenabschnitts (2a) der Instrumententafel angeordnet wird, wobei die Head-up-Display-Vorrichtung aufweist:

- einen Projektor (10), der dazu ausgelegt ist, das Displaylicht in Form eines Lichtstrahls zu projizieren; und
- einen Lichtleitspiegel (30) mit einer Lichtleitreflexionsoberfläche (32), die dazu ausgelegt ist, das Displaylicht von dem Projektor (10) in Richtung der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) zu reflektieren, wobei
- die Lichtleitreflexionsoberfläche (32) konvex ist, und
- der Projektor (10) aufweist:
 - eine Lichtquelleneinheit (12), die dazu ausgelegt ist, Licht zu emittieren; und
 - einen optischen Öffnungsabschnitt (20), der optisch offen und dazu ausgelegt ist, das von der Lichtquelleneinheit (12) emittierte Licht durch die Öffnung laufen zu lassen, um ein Bild zu erzeugen, und das Bild als das Displaylicht zu projizieren, wobei
 - eine Brechkraft der Lichtleitreflexionsoberfläche (32) als $\phi 1$ definiert ist,
 - eine Brechkraft der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) als $\phi 2$ definiert ist,
 - ein Abstand zwischen der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) und der Lichtleitreflexionsoberfläche

(32) als L3 definiert ist,

- ein Abstand zwischen einem konjugierten Punkt (CP), der optisch mit der Lichtquelleneinheit (12) konjugiert ist, und dem virtuellen Bild, das von dem konjugierten Punkt visuell erkannt wird, als Id definiert ist, was einem Wert von kleiner als null entspricht,
- ein Lichtstrahlradius des Displaylichts an dem konjugierten Punkt als Es definiert ist,
- ein Abstand zwischen dem konjugierten Punkt (CP) und der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) als Ed definiert ist,
- -Es/Id als A definiert ist und Es+Ed-(Es/Id) als B definiert ist,
- sich der folgende Ausdruck ergibt:

$$\frac{B - L3 \cdot (A + B \cdot \phi 2)}{(A + B \cdot \phi 2) + \{B - L3 \cdot (A + B \cdot \phi 2)\} \cdot \phi 1} > 0$$

- ein Abstand zwischen der Lichtleitreflexionsoberfläche (32) und dem optischen Öffnungsabschnitt als L4 definiert ist,
- ein halber Bildwinkel des virtuellen Bildes als θ definiert ist,
- θ als C definiert ist,
- -Ed- θ als D definiert ist, und
- sich der folgende Ausdruck ergibt:

$$\frac{D - (C + D \cdot \phi 2) \cdot L3 - L4 \cdot [(C + D \cdot \phi 2) + \{D - (C + D \cdot \phi 2) \cdot L3\} \cdot \phi 1]}{(C + D \cdot \phi 2) + \{D - (C + D \cdot \phi 2) \cdot L3\} \cdot \phi 1} < 0$$

2. Head-up-Display-Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine kombinierte Brennweite der Bilderzeugungsreflexionsoberfläche (42) und der Lichtleitreflexionsoberfläche (32) positiv ist.

3. Head-up-Display-Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Lichtleitspiegel (30) unterhalb des oberen Oberflächenabschnitts (2a) befindet.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

FIG. 1

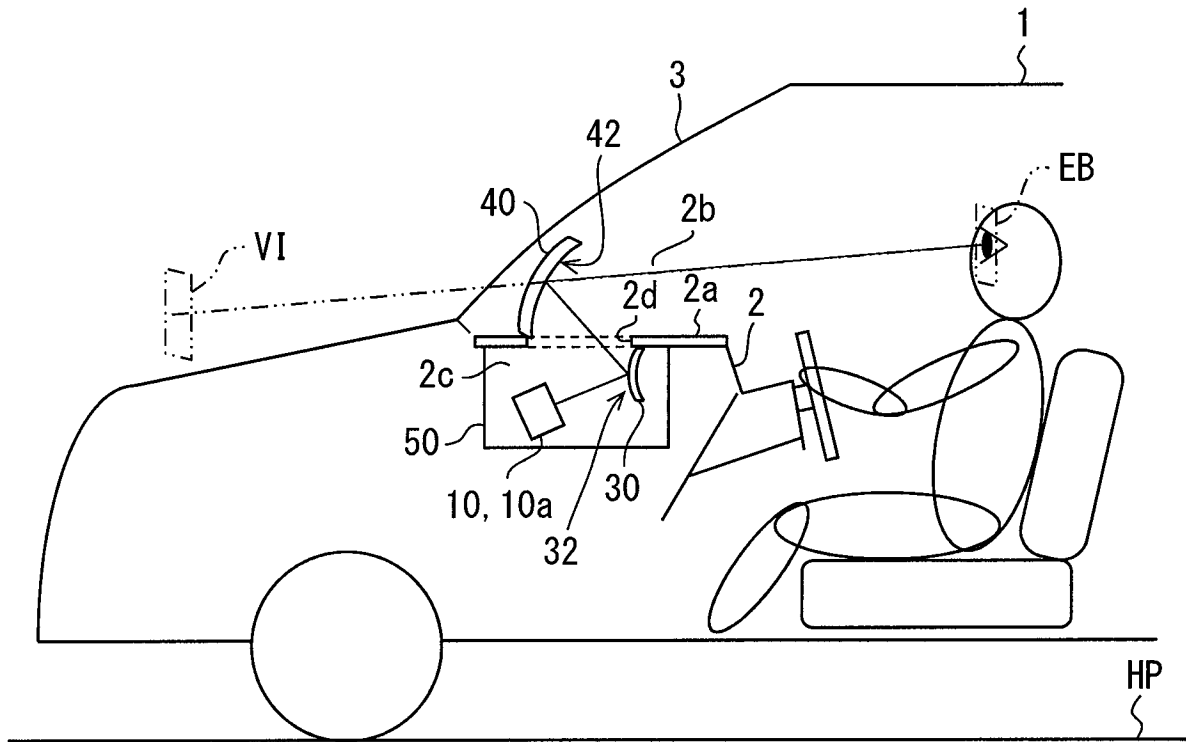


FIG. 2

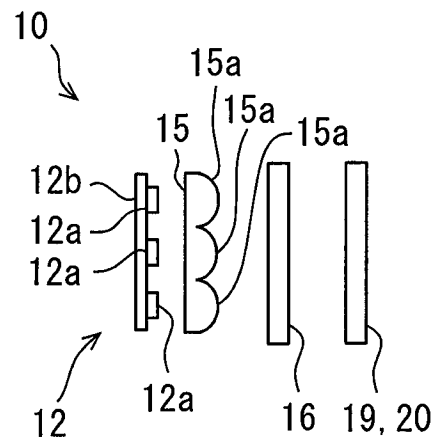


FIG. 3

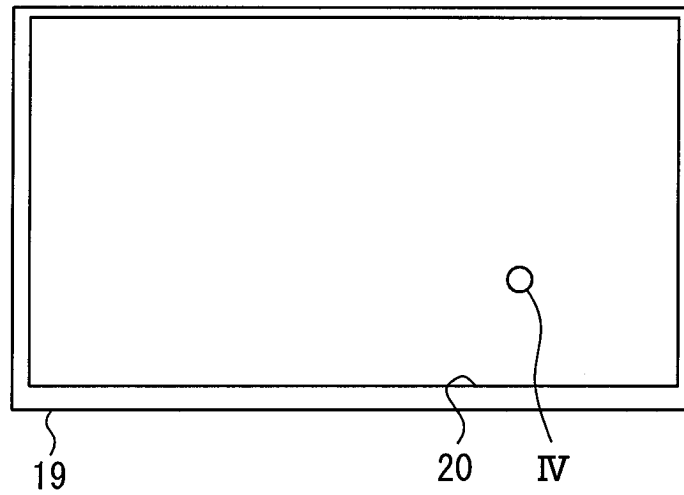


FIG. 4

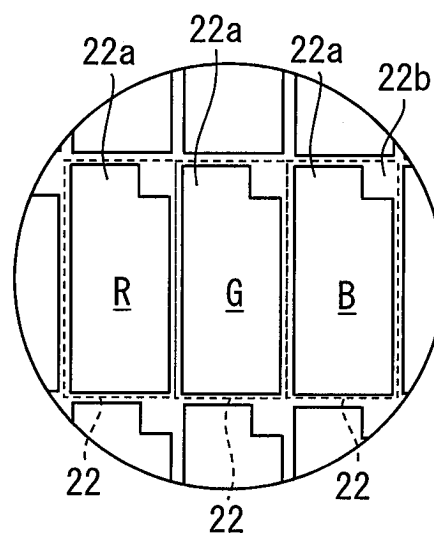


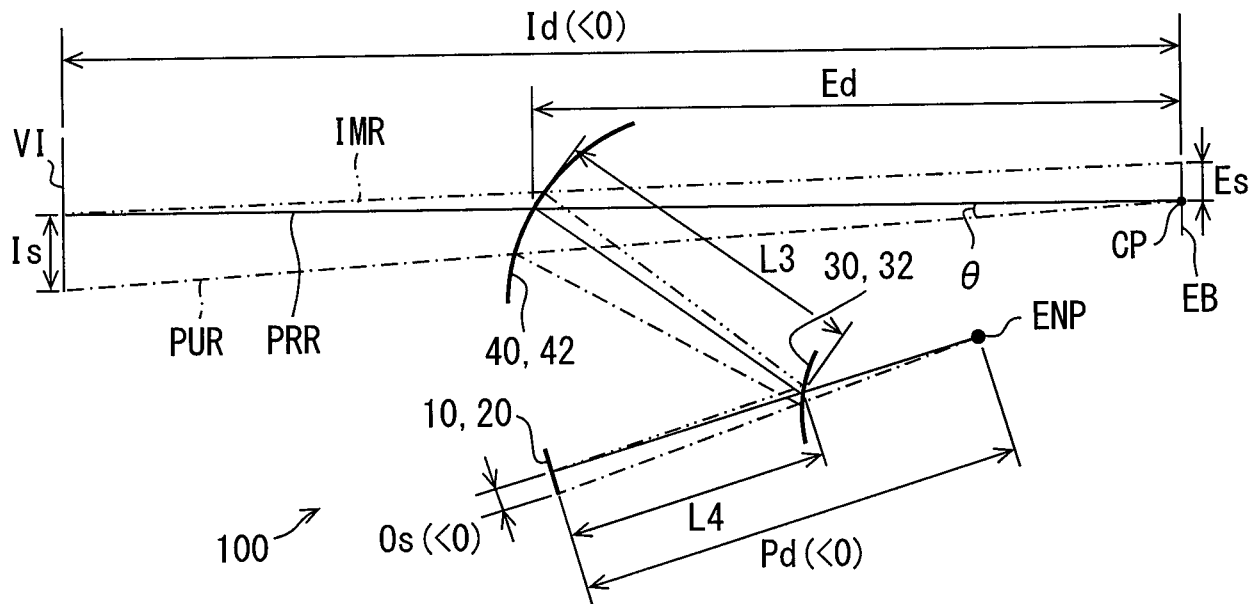
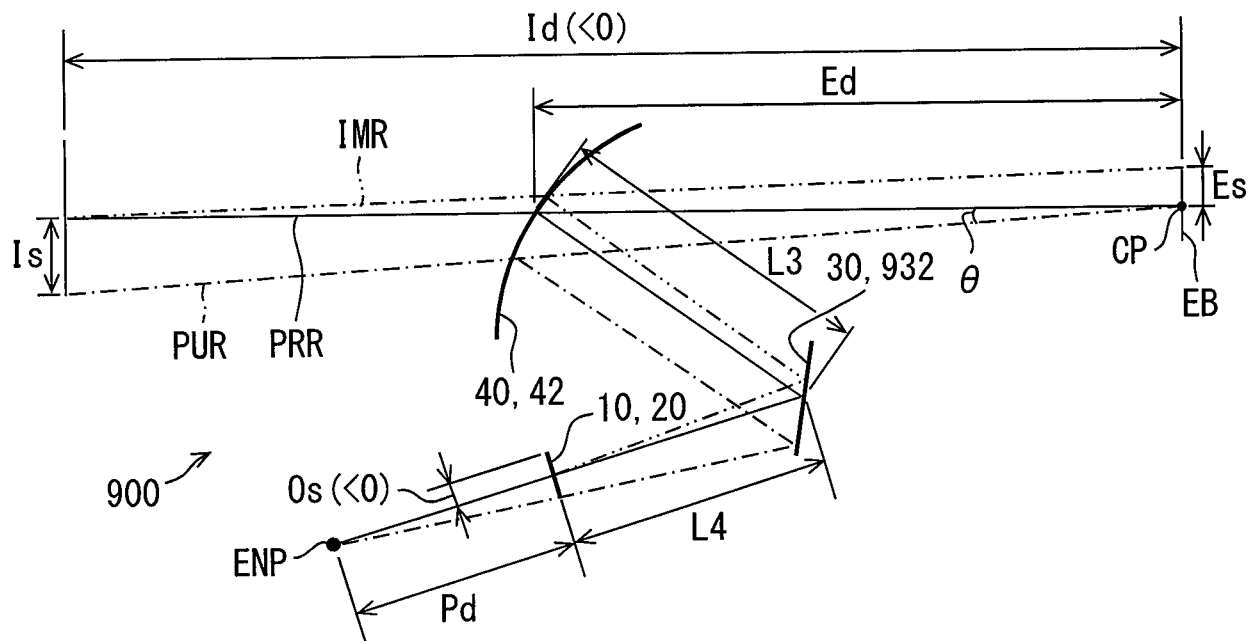
FIG. 5**FIG. 6**

FIG. 7

