



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 33 867 T2** 2006.04.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 825 470 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 33 867.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP97/00747**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 905 473.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/034182**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.03.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **18.09.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.02.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.08.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.04.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 27/02** (2006.01)

H04N 5/64 (2006.01)

G02B 27/01 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

PCT/JP96/53296 11.03.1996 WO

(73) Patentinhaber:

Seiko Epson Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

**Patent- und Rechtsanwaltssozietät Maucher,
Börjes & Kollegen, 79102 Freiburg**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

KARASAWA, Joji, Suwa-shi, Nagano-ken 392, JP

(54) Bezeichnung: **AM KOPF BEFESTIGTE ANZEIGEVORRICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung (im Folgenden als Datenhelm bzw. HMD (Head Mount Display (engl.)) bezeichnet) vom einäugigen Typ, die ein von Bildanzeigemitteln erzeugtes Bild vergrößert, so dass ein vergrößertes virtuelles Bild erhalten wird, und ermöglicht, das vergrößerte virtuelle Bild mit einem der Augen des Benutzers zu sehen.

[0002] Die Notwendigkeit der Beobachtung eines Anzeigebildes, das von Bildanzeigemitteln gezeigt wird, gleichzeitig mit einem Hintergrundbild hat zur Entwicklung von HMDs einäugigen Typs geführt. Außerdem ist stark mit verschiedenen Anwendungen derartiger HMDs einäugigen Typs als Anzeigevorrichtungen von Computern und als Anweisungsanzeigevorrichtungen zur Unterstützung von Handbedienungen gerechnet worden.

[0003] Ein bekanntes Beispiel für derartige HMDs einäugigen Typs ist in der Japanischen Patent-Auslegeschrift Nr. H-2-63 379 offenbart. Ein weiteres Beispiel, das in der Japanischen Patent-Auslegeschrift Nr. H-3-189 677 offenbart ist, ist als ein HMD vom einäugigen Durchsichttyp bekannt.

[0004] Weitere Beispiele für Vorrichtungen zur Anzeige virtueller Bilder in Kombination mit einem Hintergrundbild oder sich selbst für ein Auge oder für beide Augen eines Benutzers sind in WO 95/11 473 A beschrieben. Die Ansprüche sind durch dieses Dokument geprägt.

[0005] Der in der Japanischen Patent-Auslegeschrift Nr. H-3-189 677 offenbarte Datenhelm bzw. HMD vom einäugigen Durchsichttyp kombiniert mittels einer Kombinationsvorrichtung, die vor dem Gesicht angeordnet ist, ein Bildstrahlenbündel, das von einem optischen System abgestrahlt wird, das seitlich des Gesichts des Benutzers angeordnet ist, mit einem Lichtstrahlenbündel von einem Hintergrund, wodurch einem Hintergrundbild ein Anzeigebild überlagert wird. Bei diesem herkömmlichen HMD einäugigen Typs ist das Auge für die Beobachtung des Anzeigebildes entweder als das linke Auge oder das rechte Auge festgelegt.

[0006] Im Allgemeinen bevorzugen Menschen eines ihrer beiden Augen bei einem Beobachten. Die Größe des Beitrags des bevorzugten Auges zur Beobachtung von Bildern hängt von der Person ab. Das bei einer Beobachtung des Anzeigebildes bevorzugte Auge kann je nach Beschaffenheit der Anwendung des HMD und körperlicher Verfassung des Benutzers verschieden sein. Es ist auch möglich, dass der Benutzer des HMD Probleme bzw. Störungen bei der Sicht mit einem Auge hat. Folglich ist es unpraktisch, das Auge für die Beobachtung des Anzeigebildes bei

dem HMD einäugigen Typs als entweder das linke Auge oder das rechte Auge festzulegen.

[0007] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist folglich, das oben angegebene Problem zu lösen und einen HMD vom einäugigen Typ zu schaffen, der dem Benutzer ermöglicht, ein aus einem Hintergrundbild und einem Anzeigebild zusammengesetztes Bild zu beobachten und ohne weiteres das Auge für die Beobachtung des Anzeigebildes auszuwählen.

[0008] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung, wie sie im Anspruch 1 beansprucht ist, geschaffen.

[0009] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung, wie sie im Anspruch 4 beansprucht ist, geschaffen.

[0010] Um die oben genannten Aufgaben zumindest teilweise zu lösen, umfasst eine am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung gemäß der bevorzugten Ausführungsform Bildanzeigemittel, vergrößernde optische Mittel und Umschaltmittel. Die vergrößernde optischen Mittel sind beispielsweise als eine Linse oder als ein Konkavspiegel verwirklicht und brechen ein erstes Lichtstrahlenbündel, welches ein auf den Bildanzeigemitteln erzeugtes Bild darstellt, und vergrößern dadurch das Bild, so dass ein vergrößertes virtuelles Bild erhalten wird, das von dem Benutzer mit einem seiner beiden Augen zu beobachten ist. Die Bildkombinationsmittel sind beispielsweise als ein Halbspiegel oder als ein polarisierender Strahlteiler ausgeführt und lassen das erste Lichtstrahlenbündel, welches das virtuelle Bild darstellt, gleichzeitig mit einem zweiten Lichtstrahlenbündel von einer Hintergrundansicht in das Auge des Benutzers eintreten, wodurch das virtuelle Bild mit der Hintergrundansicht kombiniert wird, um ein zusammengesetztes Bild zu erzeugen. Die Umschaltmittel verlagern die vergrößernde optischen Mittel und die Bildkombinationsmittel, um einen Wechsel zwischen einem ersten Zustand, in dem das aus dem virtuellen Bild und der Hintergrundansicht zusammengesetzte Bild mit einem Auge des Benutzers beobachtet wird, und einem zweiten Zustand, in dem das zusammengesetzte Bild mit dem anderen Auge des Benutzers beobachtet wird, vorzunehmen.

[0011] Die vergrößernde optischen Mittel und die Bildkombinationsmittel sind so angeordnet, dass das erste Lichtstrahlenbündel, das von den Bildanzeigemitteln abgestrahlt wird, durch die vergrößernde optischen Mittel und die Bildkombinationsmittel in dieser Reihenfolge geht, bevor es das Auge des Benutzers erreicht. In diesem Fall sind die vergrößernde optischen Mittel beispielsweise als eine Linse ver-

wirklicht.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Bildkombinationsmittel und die vergrößernden optischen Mittel so angeordnet, dass das erste Lichtstrahlenbündel, welches von den Bildanzeigemitteln abgestrahlt wird, wenigstens einmal durch die Bildkombinationsmittel und die vergrößernden optischen Mittel in dieser Reihenfolge geht, bevor es das Auge des Benutzers erreicht. In diesem Fall sind die vergrößernden optischen Mittel beispielsweise als ein konkaver Halbspiegel oder als ein Konkavspiegel verwirklicht.

[0013] Die am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung ermöglicht dem Benutzer, ein aus einem Hintergrundbild und einem Anzeigebild zusammengesetztes Bild entweder mit dem linken Auge oder mit dem rechten Auge zu beobachten. Das Umschaltmittel ändert ohne weiteres das Auge für die Beobachtung des aus dem Anzeigebild und dem Hintergrund zusammengesetzten Bildes.

[0014] **Fig. 1** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems eines HMD;

[0015] **Fig. 2** zeigt das Aussehen des HMD von **Fig. 1**;

[0016] **Fig. 3** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer zweiten Ausführung;

[0017] **Fig. 4** zeigt das Aussehen des HMD der zweiten Ausführung;

[0018] **Fig. 5** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0019] **Fig. 6** veranschaulicht den Aufbau eines Formwandlermechanismus in der ersten Ausführungsform;

[0020] **Fig. 7** zeigt die Zustände von in der ersten Ausführungsform entstehenden Bildern;

[0021] **Fig. 8** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0022] **Fig. 9** veranschaulicht den Aufbau eines Formwandlermechanismus in der zweiten Ausführungsform;

[0023] **Fig. 10** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer dritten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0024] **Fig. 11** zeigt die Zustände von in der dritten

Ausführungsform entstehenden Bildern;

[0025] **Fig. 12** zeigt das Aussehen einer vierten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0026] **Fig. 13** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer dritten Ausführung;

[0027] **Fig. 14** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer vierten Ausführung;

[0028] **Fig. 15** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer fünften Ausführung;

[0029] **Fig. 16** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer sechsten Ausführung;

[0030] **Fig. 17** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer siebten Ausführung;

[0031] **Fig. 18** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer achten Ausführung;

[0032] **Fig. 19** veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems in einer neunten Ausführung;

[0033] **Fig. 20** zeigt das Aussehen einer fünften Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0034] **Fig. 21** zeigt eine teildurchlässige Platte mit veränderbarem Lichtdurchlassgrad und ein Verdrahtungsschema ihrer Steuerschaltung, die in der neunten Ausführung benutzt werden.

[0035] Es werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausführlich anhand der beigefügten Zeichnung beschrieben.

[0036] **Fig. 1(a)** ist eine Seitenansicht, die ein optisches System einer am Kopf zu befestigenden Anzeigevorrichtung (HMD) in einer ersten Ausführung veranschaulicht, die nicht in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung ist, jedoch zur Erläuterung beschrieben wird.

[0037] **Fig. 1(b)** ist eine Vorderansicht davon. **Fig. 2** zeigt das Aussehen des HMD einschließlich des optischen Systems von **Fig. 1** für die Beschreibung teilweise im Querschnitt.

[0038] Eine Optikeinheit **1**, wie sie in **Fig. 1(a)** gezeigt ist, kann entweder vor das linke Auge oder das rechte Auge des Benutzers gesetzt werden. Die Optikeinheit **1** umfasst einen Flüssigkristallbildschirm **2** vom Transmissionstyp, eine Hintergrundbeleuchtung **3**, einen Reflexspiegel **4**, eine Sammellinse **5** und ein Gehäuse **6**, worin diese Komponenten untergebracht sind. Der Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hinter-

grundbeleuchtung **3** verwirklichen die Funktion der Bildanzeigemittel, um als Reaktion auf eine Bildsignalausgabe von einer externen Ansteuerschaltung, die nicht gezeigt ist, ein Bild anzuzeigen. Die Linse **5** verwirklicht die Funktion der vergrößernden optischen Mittel, um ein Anzeigebild, das auf dem Flüssigkristallbildschirm **2** angezeigt wird, zu vergrößern, so dass ein vergrößertes virtuelles Bild erhalten wird, und einem Lichtstrahlenbündel, welches das vergrößerte virtuelle Bild darstellt, zu ermöglichen, in das Auge des Benutzers einzutreten.

[0039] Der Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hintergrundbeleuchtung **3** sind aufrecht in das Gehäuse **6** eingesetzt, so dass die Normale einer bilderzeugenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** im Wesentlichen in horizontaler Richtung orientiert ist. Der Reflexspiegel **4** ist um den Winkel von ungefähr 45° zur Normalen der bilderzeugenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** geneigt und reflektiert ein Bildstrahlenbündel **L1**, das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** senkrecht nach unten abgestrahlt wird. Die Linse **5** ist so angeordnet, dass ihre optische Achse senkrecht zur Normalen der bilderzeugenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** ist. An der Unterseite des Gehäuses **6** ist eine Öffnung **7** ausgebildet, durch welche das Bildstrahlenbündel **L1** verläuft. In der Öffnung **7** ist ein Halbspiegel **8** so angeordnet, dass er um den Winkel von ungefähr 45° zu der optischen Achse der Linse **5** geneigt ist.

[0040] Das obere Ende des Halbspiegels **8** ist an einem in [Fig. 2](#) gezeigten Hauptgehäuse **14** befestigt. Der Durchlassgrad und der Reflexionsgrad des Halbspiegels **8** können willkürlich festgelegt sein; beispielsweise können beide, der Durchlassgrad und der Reflexionsgrad, auf 50% eingestellt sein. Der Halbspiegel **8** ist so groß, dass er das Sehfeld virtueller Bilder für beide Augen des Benutzers abdeckt. Das Sehfeld virtueller Bilder ist durch den Sehwinkel, unter dem das Auge ein virtuelles Bild sieht, definiert. Der Halbspiegel **8** weist in seiner Mitte eine Aussparung **9** für die Nase des Benutzers auf. Die Optikeinheit **1**, der Halbspiegel **9** und das Hauptgehäuse **14** einschließlich nicht gezeigter Schaltungen und weiterer Elemente werden mittels einer Halterung **16** am Kopf des Benutzers befestigt.

[0041] Wie in [Fig. 1\(a\)](#) gezeigt ist, wird das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** erzeugte Anzeigebild von der Rückseite durch die Hintergrundbeleuchtung **3** beleuchtet, und folglich wird das Bildstrahlenbündel **L1** (das erste Lichtstrahlenbündel) von dem Flüssigkristallbildschirm abgestrahlt. Das Bildstrahlenbündel **L1** wird von dem Reflexspiegel **4** um ungefähr 90° Grad abgelenkt, von der Linse **5** gebrochen und in einem Verhältnis, das den Durchlass-/Reflexions-Eigenschaften des Halbspiegels **8** entspricht, reflektiert und erzeugt ein Bild in einem Auge **10** des Benutzers.

Die bilderzeugende Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** befindet sich näher an der Linse **5** als ein Brennpunkt der Linse **5** auf der Objektseite, wohingegen sich das Auge **10** in der Nähe des anderen Brennpunktes der Linse **5** auf der Bildseite befindet. Die Abbildungsfunktion der Linse **5** vergrößert folglich das Anzeigebild und erzeugt ein vergrößertes virtuelles Bild. Der Benutzer kann folglich das vergrößerte virtuelle Bild des von dem Flüssigkristallbildschirm **2** erzeugten Anzeigebildes in einer Verlängerung der optischen Achse **11**, die durch das Auge **10** und die Optikeinheit **1** verläuft, beobachten.

[0042] Der Halbspiegel **8** reflektiert einen Teil des Bildstrahlenbündels **L1**, während gleichzeitig ein Teil eines Lichtstrahlenbündels **L2** von der Hintergrundansicht durchgelassen wird, so dass die Letztere in beide Augen des Benutzers gelangt. Der Halbspiegel **8** wird nämlich als Bildkombinationsmittel wirksam, die das erste Lichtstrahlenbündel **L1**, welches das auf dem Flüssigkristallbildschirm **2** angezeigte Bild darstellt, mit dem zweiten Lichtstrahlenbündel **L2** von der Hintergrundansicht kombinieren, um ein zusammengesetztes Bild zu erzeugen und zu ermöglichen, dass das zusammengesetzte Bild in ein Auge des Benutzers gelangt. Der Benutzer kann folglich das aus dem Hintergrundbild und dem Anzeigebild zusammengesetzte Bild beobachten. Da ein Ende des Halbspiegels **8** an dem Hauptgehäuse befestigt ist, wie weiter oben erwähnt wurde, gibt es kein anderes Hindernis als das darüber angeordnete Hauptgehäuse **14**, das das Sehfeld des Benutzers für die Hintergrundansicht blockiert. Folglich stellt dieser HMD das größtmögliche Sehfeld für den Hintergrund sicher. Das Lichtstrahlenbündel **L2** von der Hintergrundansicht, das denselben Halbspiegel **8** durchquert, tritt sowohl in das linke als auch das rechte Auge ein, so dass das linke Auge und das rechte Auge Strahlenbündel von im Wesentlichen völlig gleicher Leuchtdichte empfangen. Dieser Aufbau ermöglicht dem Benutzer ein natürliches Beobachten des Hintergrundbildes.

[0043] Wie aus der obigen Darstellung klar ersichtlich ist, bedeutet der Ausdruck „einäugiger Typ“ in dieser Erfindungsbeschreibung, dass das Anzeigebild mit einem Auge beobachtet wird. Auch wenn ein Teil des optischen Systems des HMD (beispielsweise der Halbspiegel **8**) das Sehfeld umfasst, das beiden Augen entspricht, ist der HMD trotzdem vom „einäugigen Typ“.

[0044] In [Fig. 1\(a\)](#) weist die Optikeinheit **1** ein hohles Lager **12** auf, das hinter dem Reflexspiegel **4** angeordnet ist. Die Innenfläche des Lagers **12** ist als ein Innengewinde ausgebildet, das mit einer in [Fig. 2](#) gezeigten Welle **13** in dem Hauptgehäuse **14** zusammenpasst. Die Welle **13** hat eine solche Länge, dass sie das Hauptgehäuse **14** von einer Seite zur anderen durchquert und beide Enden von dem Hauptge-

häuse **14** so gehalten werden, dass ein Laufen der Welle **18** möglich ist. An den beiden Enden der Welle **13** sind von beiden Seiten des Hauptgehäuses **14** vorstehend zwei Knöpfe **15** befestigt. Das Lager **12**, die Welle **13** und die Knöpfe **15** verwirklichen die Funktion der Umschaltmittel, die die Optikeinheit **1** in die Position vor dem linken Auge oder vor dem rechten Auge verlagern. Wenn der Benutzer mit der Hand einen der Knöpfe **15** dreht, bewegt sich die Welle **13** in Bezug auf das Hauptgehäuse **14**, und die Optikeinheit **1** wird dementsprechend nach rechts oder nach links verschoben. Die Optikeinheit **1** ist mit einem nicht gezeigten Drehanschlag versehen, um ein Drehen der Optikeinheit **1** mit der Drehung der Welle **13** zu verhindern. Ein Betätigen des Knopfes **15** bewegt die Optikeinheit **1** im Wesentlichen über den Abstand der Augen des Benutzers, um zwischen einem ersten Zustand, in dem der Benutzer das virtuelle Bild mit dem linken Auge beobachtet, wie in [Fig. 1\(b\)](#) gezeigt ist, und einem zweiten Zustand, in dem der Benutzer das virtuelle Bild mit dem rechten Auge beobachtet, zu wechseln. Die Optikeinheit **1** kann in jede willkürliche Position im Wesentlichen über den Augenabstand bewegt werden. Dies ermöglicht die Positionseinstellung entsprechend dem tatsächlichen Augenabstand des Benutzers.

[0045] Wie weiter oben erörtert wurde, ist bei diesem HDM vom Durchsichtstyp nur der Halbspiegel **8** zwischen den Augen des Benutzers und dem Hintergrundbild angeordnet, so dass der Benutzer das Hintergrundbild im Wesentlichen ohne optische Beeinflussung beobachten kann. Es gibt mit Ausnahme des Hauptgehäuses **14**, das oberhalb angeordnet ist, kein Hindernis, welches das Sehfeld des Benutzers für die Hintergrundansicht versperrt. Dadurch ist das größtmögliche Sehfeld für die Hintergrundansicht sichergestellt. Der Benutzer kann entweder das linke oder das rechte Auge als das Auge, das ein virtuelles Bild beobachtet, auswählen, während der HMD auf dem Kopf getragen wird. Dieser Aufbau ist besonders günstig, wenn mehrere Benutzer von demselben HMD Gebrauch macht. Der Benutzer kann ohne weiteres das Auge zur Beobachtung eines virtuellen Bildes je nach Beschaffenheit der Anwendung des HMD und seiner körperlichen Verfassung wechseln. Die Durchsichtstruktur ermöglicht dem Benutzer, die meisten Bilder der Hintergrundansicht mit beiden Augen zu beobachten. Ferner erfordert der Aufbau zur Beobachtung des Anzeigebildes mit nur einem Auge keine besonderen Anstrengungen des Benutzers, um die Bilder zu kombinieren, sondern ermöglicht dem Benutzer ohne weiteres, nur durch Ändern seiner Blickrichtung, das Anzeigebild zu beobachten.

[0046] Wenn der Gebrauch von Brillen mit dem HMD in Betracht gezogen wird, ist es wünschenswert, dass der Abstand zwischen der Linse **5** und dem Auge **10** in [Fig. 1\(a\)](#) ungefähr 60 mm beträgt. Für eine Vergrößerung des Anzeigebildes zu einem

vergrößerten virtuellen Bild ist es unter solchen Bedingungen wünschenswert, die Strecke zwischen dem Flüssigkristallbildschirm **2** und der Linse **5** so lang wie möglich zu machen. Die Ausführung nutzt ein Knicken des Lichtweges durch den Reflexspiegel **4**, um sowohl diese Anforderung als auch die Forderung nach einer Verminderung der Größe der Vorrichtung zu erfüllen. Die relativen Positionen der jeweiligen Komponenten von dem Flüssigkristallbildschirm **2** bis zu dem Halbspiegel **8** sind nicht auf die erste Ausführungsform beschränkt, sondern könnten auf verschiedene Weise modifiziert werden. Eine beispielhafte Modifikation lässt den Reflexspiegel **4** weg und ordnet den Flüssigkristallbildschirm **2** mit der Vorderseite nach unten oberhalb der Linse **5** an. Falls der Flüssigkristallbildschirm **2** an der Vorderseite des HMD angeordnet ist, wie in [Fig. 1\(a\)](#) gezeigt ist, lässt eine mögliche Modifikation beispielsweise die Hintergrundbeleuchtung **3** entfallen und formt auf der Rückseite des Flüssigkristallbildschirms **2** eine neue Öffnung in das Gehäuse **6**. Das durch diese Öffnung einfallende Fremdlicht kann zur Beleuchtung des Flüssigkristallbildschirms **2** benutzt werden.

[0047] Die Umschaltmittel, die das Lager **12**, die Welle **13** und die Knöpfe **15** aufweisen, sind ebenfalls nicht auf die veranschaulichte Ausführungsform beschränkt, sondern könnten auf verschiedene Weise modifiziert sein. Wie bei den folgenden Ausführungsformen erörtert wird, können die Umschaltmittel für den Wechsel des Auges zur Beobachtung eines virtuellen Bildes jeden Mechanismus nutzen, der die vergrößernden optischen Mittel (beispielsweise die Linse **5**) und die Bildkombinationsmittel (beispielsweise den Halbspiegel **8**) bewegen kann.

[0048] Der oben angegebene Aufbau kann zusätzlich mit einem Stellmechanismus versehen sein, der entweder den Flüssigkristallbildschirm **2** oder die Linse **5** in Richtung ihrer optischen Achse verlagert und dadurch die relative Entfernung zwischen dem Flüssigkristallbildschirm **2** und der Linse **5** so einstellen, dass sie dem Sehvermögen des Benutzers entspricht, wodurch die Beobachtung eines virtuellen Bildes weiter erleichtert wird.

[0049] [Fig. 3\(a\)](#) ist eine Seitenansicht, die ein optisches System eines weiteren HMD veranschaulicht, und [Fig. 3\(b\)](#) ist eine Vorderansicht davon. Bei dieser Ausführung und den nachfolgenden Ausführungsformen sind den Komponenten, die jenen der oben beschriebenen ersten Ausführung völlig gleich oder ähnlich sind, die gleichen Bezugszeichen zugeordnet, und sie sind nicht speziell beschrieben.

[0050] Eine Optikeinheit **17**, wie sie in [Fig. 3\(a\)](#) gezeigt ist, kann entweder vor dem linken Auge oder vor dem rechten Auge des Benutzers angeordnet wer-

den. In dem Beispiel von [Fig. 3\(b\)](#) ist die Optikeinheit **17** vor dem linken Auge angeordnet. Wie [Fig. 3\(a\)](#) zeigt, umfasst die Optikeinheit **17** den Flüssigkristallbildschirm **2**, die Hintergrundbeleuchtung **3**, den Reflexspiegel **4**, die Linse **5**, einen Halbspiegel **18** und ein Gehäuse **19**, worin diese Komponenten untergebracht sind. Die relativen Positionen des Flüssigkristallbildschirms **2**, der Hintergrundbeleuchtung **3**, des Reflexspiegels **4**, der Linse **5** und des Halbspiegels **18** sind jenen der ersten Ausführungsform völlig gleich. Der Halbspiegel **18** weist das gleiche Reflexions-/Durchlass-Verhalten wie der Halbspiegel **8** der ersten Ausführungsform auf. Wie in [Fig. 3\(b\)](#) gezeigt ist, weist jedoch der Halbspiegel **18** eine Größe auf, die das Sehfeld eines virtuellen Bildes für nur ein Auge des Benutzers abdeckt.

[0051] Wie in [Fig. 3\(a\)](#) gezeigt ist, weist das Gehäuse **19** einen im Wesentlichen trapezförmigen Seitenriss auf und ist mit einer Öffnung **20** versehen, die in seiner senkrechten Fläche so ausgebildet ist, so dass sie dem Auge **10** des Benutzers gegenüberliegt. Eine weitere Öffnung **21** ist in der Schrägfläche des Gehäuses **19** ausgebildet, worin der Halbspiegel **18** angeordnet ist. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform dadurch, dass der Halbspiegel **18** zusammen mit weiteren optischen Elementen in der Optikeinheit **17** angeordnet ist. Die Optikeinheit **17** ist mit dem Hauptgehäuse **14** durch Mittel mit dem gleichen Aufbau wie jene der in [Fig. 2](#) gezeigten ersten Ausführungsform im Eingriff.

[0052] [Fig. 4](#) zeigt das Aussehen des HMD.

[0053] Der einzige Unterschied zu der ersten Ausführung, die in [Fig. 2](#) gezeigt ist, besteht darin, dass der Halbspiegel **18** für nur ein Auge in die Optikeinheit (**17**) integriert ist.

[0054] Wie in [Fig. 3\(a\)](#) gezeigt ist, wird das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlte Bildstrahlenbündel L1 mit dem Hintergrundstrahlenbündel L2 kombiniert und tritt in das Auge **10** ein, an dem die Optikeinheit **17** angeordnet ist. Ein Teil des Hintergrundstrahlenbündels L2 wird von dem Halbspiegel **18** reflektiert, und nur der Rest tritt in das Auge **10** ein. Wie in [Fig. 3\(b\)](#) gezeigt ist, gibt es andererseits keinen Halbspiegel **18** vor dem Auge, an dem die Optikeinheit **17** nicht angeordnet ist. Das Hintergrundstrahlenbündel L2 tritt folglich ungeschwächt in das Auge ein, das nicht das virtuelle Bild beobachtet. Bei dem HMD der zweiten Ausführungsform ist die Helligkeit des mit dem linken Auge beobachteten Hintergrundbildes folglich von jener des mit dem rechten Auge beobachteten deutlich verschieden. Es ist im Allgemeinen so, dass der Helligkeitsunterschied zwischen den Sehfeldern des linken Auges und des rechten Auges von nicht weniger als 70% zu einem Konflikt der Sehfelder führt und das Betrachten beider Bilder sehr anstrengend macht. Andererseits ge-

währleistet ein Helligkeitsunterschied von nicht mehr als 30% zwischen den Sehfeldern des linken Auges und des rechten Auges gerade über eine verhältnismäßig lange Zeit eine sichere Beobachtung. In der zweiten Ausführungsform ist das Durchlass-/Reflexions-Verhalten des Halbspiegels **18** adäquat eingestellt, um den Helligkeitsunterschied zwischen den Sehfeldern des linken Auges und des rechten Auges nicht größer als ungefähr 30% werden so lassen, so dass ein Beobachten der Hintergrundansicht erleichtert wird. Tatsächlich werden der Reflexionsgrad und der Durchlassgrad des Halbspiegels **18** auf ungefähr 30% bzw. 70% eingestellt. Eine solche Einstellung ermöglicht, dass der Helligkeitsunterschied zwischen den Hintergrundbildern, die mit dem linken Auge und dem rechten Auge beobachtet werden, ungefähr 30% ist. Der extrem hohe Lichtdurchlassgrad verhindert jedoch eine Reflexion des Bildstrahlenbündels L1. Folglich ist es wünschenswert, den Reflexionsgrad so hoch wie möglich zu machen, um das Anzeigebild heller zu machen.

[0055] Die Umschaltmittel, um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes zu wechseln, weisen einen Aufbau auf, der jenem der ersten Ausführung ähnlich ist, nur dass der Halbspiegel **18** der zweiten Ausführungsform mit der Optikeinheit **17** zusammengefügt ist und sich mit den übrigen optischen Elementen von einer Seite zur anderen bewegt, wohingegen der Halbspiegel **8** der ersten Ausführung feststehend ist. Die Funktion der Umschaltmittel in der zweiten Ausführung ist jener in der ersten Ausführung völlig gleich. Ein Drehen entweder des linken Knopfes oder des rechten Knopfes **15** bewegt die Optikeinheit **17** im Wesentlichen über den Augenabstand des Benutzers, um zwischen einem ersten Zustand, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem linken Auge beobachtet, wie in [Fig. 3\(b\)](#) gezeigt ist, und einem zweiten Zustand, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem rechten Auge beobachtet, zu wechseln. In der zweiten Ausführung hält die gleichzeitige Bewegung des Flüssigkristallbildschirms **2**, der Linse **5** und des Halbspiegels **18** die festen Positionbeziehungen zwischen diesen drei optischen Elementen aufrecht. Dies stellt auf vorteilhafte Weise die stabilere Leistungsfähigkeit des Optiksystems, das diese optischen Elemente enthält, sicher. Folglich vermindert die zweite Ausführung die Einschränkungen hinsichtlich der Positionierung des Optiksystems in Bezug auf das Auge des Benutzers weiter und erhöht den Freiheitsgrad der Positionierung. Ferner kann die Größe der gesamten Vorrichtung verringert werden, da der Halbspiegel **18** die minimal erforderliche Größe aufweist und mit der Optikeinheit **17** integriert ist, wobei die Möglichkeit einer Beschädigung des Halbspiegels **18** gering ist.

C. Erste Ausführungsform

[0056] [Fig. 5\(a\)](#) ist eine Seitenansicht, die ein opti-

sches System noch eines weiteren HMD als eine erste Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; [Fig. 5\(b\)](#) ist eine Vorderansicht, die einen ersten Zustand zeigt, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem linken Auge beobachtet, [Fig. 5\(c\)](#) veranschaulicht einen Wechselsemechanismus, um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes zu wechseln, und [Fig. 5\(d\)](#) ist eine Vorderansicht, die einen zweiten Zustand zeigt, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem rechten Auge beobachtet.

[0057] Wie aus [Fig. 5\(a\)](#) ersichtlich ist, sind bei diesem optischen System eine Reflexionseinheit **50** und eine Optikeinheit **28** unter dem Flüssigkristallbildschirm **2** angeordnet.

[0058] Die Optikeinheit **28** umfasst eine Linse **26**, den Halbspiegel **18** und ein Gehäuse **27**, worin diese Komponenten untergebracht sind. Wie in [Fig. 5\(a\)](#) gezeigt ist, weist das Gehäuse **27** einen im Wesentlichen trapezförmigen Seitenriss auf und ist mit einer Öffnung **29** versehen, die in seiner senkrechten Fläche so ausgebildet ist, dass sie dem Auge **10** des Benutzers gegenüberliegt. Eine weitere Öffnung **30** ist in der schrägstehenden Fläche des Gehäuses **27** ausgebildet, worin der Halbspiegel **18** angeordnet ist.

[0059] Wie aus [Fig. 5\(b\)](#) ersichtlich ist, enthält die Reflexionseinheit **50** zwei Reflexspiegel **23** und **24**, die im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und zwei Verbindungsglieder **25a** und **25b**, um die beiden Reflexspiegel **23** und **24** miteinander zu verbinden. Die Verbindungsglieder **25a** und **25b** verbinden die oberen Enden bzw. die unteren Enden der beiden Reflexspiegel **23** und **24** derart, dass ein Parallelogramm gebildet wird. Selbst wenn das Parallelogramm der Reflexionseinheit **50** verformt wird, ermöglicht dieser Aufbau, die zwei Reflexspiegel **23** und **24** im Wesentlichen parallel zueinander zu halten. In dem ersten Zustand von [Fig. 5\(c\)](#) und in dem zweiten Zustand von [Fig. 5\(d\)](#) sind die zwei Reflexspiegel **23**, **24** jeweils um den Winkel von ungefähr 45° zur Normalen der Anzeigefläche des Flüssigkristallbildschirms **2** geneigt.

[0060] Wenn der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem linken Auge beobachtet, wie in [Fig. 5\(c\)](#) gezeigt ist, wird das Bildstrahlenbündel L1 von dem Flüssigkristallbildschirm **2** zuerst von dem ersten Reflexspiegel **23** und dann von dem zweiten Reflexspiegel **24** reflektiert. Andererseits, wenn der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem rechten Auge beobachtet, wie in [Fig. 5\(d\)](#) gezeigt ist, wird das Bildstrahlenbündel L1 von dem Flüssigkristallbildschirm **2** zuerst von dem zweiten Reflexspiegel **24** und danach von dem ersten Reflexspiegel **23** reflektiert. Das von diesen zwei Reflexspiegeln **23** und **24** abgelenkte Bildstrahlenbündel L1 tritt danach in die tiefer gelegene Optikeinheit **28** ein. Die Reflexionseinheit **50** hat folglich die Funktion von Reflexionsmitteln, die das Bildstrahlenbün-

del L1 reflektieren, oder die Funktion von Ablenkmitteln, die das Bildstrahlenbündel L1 ablenken.

[0061] [Fig. 6](#) veranschaulicht einen Formwandlermechanismus zur Veränderung der Form der Reflexionseinheit **50** bei einer Bewegung der Optikeinheit **28**. In der Rückwand der Optikeinheit **28** sind zwei Stifte **51a** und **51b** ausgebildet. Das zweite Verbindungsglied **25b** weist an seinem unteren Ende zwei passende Elemente **52a** und **52b** auf. Diese passenden Elemente **52a** und **52b** weisen jeweils Schlitze auf, die sich in vertikaler Richtung erstrecken. Die zwei Stifte **51a** und **51b** der Optikeinheit **28** durchqueren die Schlitze der zwei in Eingriff gelangenden Teile **52a** und **52b** des Verbindungsgliedes **25b** und sind verschiebbar in eine Nut **53** eingebracht, die in dem Hauptgehäuse **14** ausgebildet ist (siehe [Fig. 2](#)). Die zwei Reflexspiegel **23** und **24** weisen Stifte **55a** und **55b** auf, die in ihren jeweiligen Mitten angeordnet sind. Diese Stifte **55a** und **55b** sind verschiebbar in eine andere Nut **54** eingebracht, die in dem Hauptgehäuse **14** ausgebildet ist. In der Darstellung von [Fig. 6](#) sind aus praktischen Gründen die Nuten **53** und **54** mit schrägen Linien gefüllt, um sie von den übrigen Komponenten klar zu unterscheiden.

[0062] Der Benutzer verschiebt die Reflexionseinheit **50** und die Optikeinheit **28** in horizontaler Richtung, um zwischen dem ersten Zustand, der in [Fig. 5\(c\)](#) gezeigt ist, und dem zweiten Zustand, der in [Fig. 5\(d\)](#) gezeigt ist, zu wechseln. Ein Vergleich der [Fig. 5\(c\)](#) und [Fig. 5\(d\)](#) zeigt, dass der Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hintergrundbeleuchtung **3** mit der Vorderseite nach unten auf einer Mittellinie **22** der Breite der Vorrichtung angeordnet sind, und durch das Wechseln des Auges für die Beobachtung eines virtuellen Bildes nicht verlagert werden.

[0063] [Fig. 5\(b\)](#) zeigt den Zustand auf halbem Weg eines Wechsels aus dem ersten Zustand, der in [Fig. 5\(c\)](#) gezeigt ist, in den zweiten Zustand, der in [Fig. 5\(d\)](#) gezeigt ist. In dem Zustand von [Fig. 5\(c\)](#) ist der Formwandlermechanismus der Reflexionseinheit **50** auf die Position von [Fig. 6](#) eingestellt. Wenn eine Kraft in Richtung eines Pfeils A auf die Optikeinheit **28** in dem Zustand von [Fig. 6](#) ausgeübt wird, bewegt sich die Optikeinheit **28** die Nut **53** entlang (siehe [Fig. 6](#)) zu dem rechten Auge (in [Fig. 6](#) nach links), und die Reflexionseinheit **50** bewegt sich dementsprechend die Nut **54** entlang. Zu diesem Zeitpunkt behält die Reflexionseinheit **50** im Wesentlichen die Parallelogrammform von [Fig. 5\(b\)](#) bei, obwohl sie sich mit der Optikeinheit **28** bewegt. Wenn der Stift **55a** (siehe [Fig. 6](#)), der im Wesentlichen im Zentrum des Reflexspiegels **23** angeordnet ist, ein Ende der Nut **54** erreicht, wird das Parallelogramm der Reflexionseinheit **50** allmählich über den Zustand von [Fig. 5\(b\)](#) in den Zustand von [Fig. 5\(d\)](#) verformt, während die zwei Stifte **55a** und **55b** an ihren Positionen gehalten werden. Die Optikeinheit **28** bewegt sich

dementsprechend in die Position gegenüber dem rechten Auge, um den zweiten Zustand zu bewirken, der in [Fig. 5\(d\)](#) gezeigt ist. Umgekehrte Handhabungen und Bewegungen werden ausgeführt, um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes vom rechten Auge zum linken Auge zu ändern.

[0064] Im dem ersten Zustand von [Fig. 5\(b\)](#) und in dem zweiten Zustand von [Fig. 5\(d\)](#) sind die Reflexionseinheit **50** und die Optikeinheit **28** mittels eines bekannten mechanischen Positionierungsmechanismus, wie etwa einer Kombination aus Stiften und Einrücklöchern, festgestellt.

[0065] Es ist eine Vielfalt von anderen als den oben erörterten Strukturen für die Reflexionseinheit **50** und ihren Formwandlermechanismus anwendbar. Beispielsweise kann die Form der Reflexionseinheit **50** verändert werden, während das obere Verbindungsglied **25a** weiterhin dem Flüssigkristallbildschirm **2** gegenüberliegt und das untere Verbindungsglied **25b** weiterhin der Linse **26** gegenüberliegt. Solange die zwei in [Fig. 5\(b\)](#) und [Fig. 5\(d\)](#) gezeigten Zustände verwirklicht werden können, ist weder der Übergangszustand noch die Bewegung der Reflexionseinheit **50** wichtig.

[0066] [Fig. 7](#) zeigt, dass der Benutzer ein virtuelles Bild in der gleichen Richtung sowohl in dem ersten Zustand von [Fig. 5\(b\)](#) als auch in dem zweiten Zustand von [Fig. 5\(d\)](#) beobachten kann. [Fig. 7\(a\)](#) zeigt den ersten Zustand, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem linken Auge beobachtet, wohingegen [Fig. 7\(b\)](#) den zweiten Zustand darstellt, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem rechten Auge beobachtet. In diesen Skizzen geben die Pfeile, die in der Nähe der jeweiligen optischen Elemente gezeichnet sind, eine erste Richtung **61** an, die einer ersten Koordinatenachse der bilderzeugenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** entspricht. Die eingekreisten Kreuze geben eine zweite Richtung **62** an, die einer zweiten Koordinatenachse der bilderzeugenden Oberfläche entspricht. Die zweite Richtung **62** verläuft von der Vorderseite zur Rückseite des Zeichnungsblattes. Die Pfeile, die diese Richtungen **61** und **62** repräsentieren, sind auf den Halbspiegel **18** gezeichnet. Wie aus [Fig. 7\(a\)](#) und [Fig. 7\(b\)](#) klar zu erkennen ist, wird ein auf dem Flüssigkristallbildschirm **2** erzeugtes Bild dreimal reflektiert und entweder mit dem linken Auge oder mit dem rechten Auge als ein Bild mit der gleichen Orientierung beobachtet. Es ist folglich bei dem Wechsel des Auges für die Beobachtung eines virtuellen Bildes keine elektrische Umschaltoperation bezüglich der Richtung der Anzeige des Bildes erforderlich.

[0067] Wie weiter oben erörtert worden ist, kann die erste Ausführungsform das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes wechseln, während der Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hintergrundbe-

leuchtung **3** an einer festen Position bleiben. Da der Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hintergrundbeleuchtung **3** mit einer Ansteuerschaltung leitend verbunden sind, ist für die elektrische Betriebssicherheit zu bevorzugen, dass keine Verlagerung des Flüssigkristallbildschirms **2** und der Hintergrundbeleuchtung **3** auftritt. Mit anderen Worten: Die erste Ausführungsform stellt die hohe elektrische Betriebssicherheit bei dem Vorgang des Wechsels des Auges für die Beobachtung eines virtuellen Bildes sicher.

[0068] Da in der ersten Ausführungsform die Position des Flüssigkristallbildschirms **2** fest ist, wird die Positionseinstellung der Optikeinheit **28** in horizontaler Richtung entsprechend dem tatsächlichen Augenabstand des Benutzers die relative Entfernung zwischen dem Flüssigkristallbildschirm **2** und der Linse **26** verändern. Dies hat eine Veränderung des Abstandes vom Auge des Benutzers zu einem virtuellen Bild zur Folge. Um dieses Problem zu vermeiden könnte bei einer Bewegung der Optikeinheit **28** entweder der Flüssigkristallbildschirm **2** oder die Linse **26** längs ihrer optischen Achse bewegt werden, wodurch der Abstand vom Auge des Benutzers zu einem virtuellen Bild fest bleibt. Eine weitere mögliche Struktur ist die Erweiterung der Austrittspupille der Linse **26**, während die Position der Optikeinheit **28** entweder vor dem linken Auge oder vor dem rechten Auge festgehalten wird, so dass ein individueller Unterschied des Augenabstandes aufgefangen wird.

D. Zweite Ausführungsform

[0069] [Fig. 8\(a\)](#) ist eine Seitenansicht, die ein optisches System eines weiteren HMD als eine zweite Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; [Fig. 8\(b\)](#) ist eine Vorderansicht, die einen ersten Zustand zeigt, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem linken Auge beobachtet, in der zweiten Ausführungsform; und [Fig. 8\(c\)](#) ist eine Vorderansicht, die einen zweiten Zustand zeigt, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem rechten Auge beobachtet.

[0070] Das in [Fig. 8a](#) gezeigte optische System umfasst eine andere Reflexionseinheit **70** anstelle der Reflexionseinheit **50** der ersten Ausführungsform, die in [Fig. 5a](#) gezeigt ist. Wie in [Fig. 8\(b\)](#) und [Fig. 8\(c\)](#) gezeigt ist, weist die Reflexionseinheit **70** drei Reflexspiegel **31** bis **33** auf. Der erste Reflexspiegel ist auf der Mittellinie **22** des Augenabstandes angeordnet. Der zweite Reflexspiegel **32** und der dritte Reflexspiegel **33** sind etwas oberhalb des linken Auges bzw. des rechten Auges und vor diesen so angeordnet, dass sie in Bezug auf die Mittellinie **22** symmetrisch sind. Der zweite und der dritte Reflexspiegel, **32** und **33**, sind jeweils um den Winkel von ungefähr **45** Grad zur Vertikalen geneigt.

[0071] Der erste Reflexspiegel **31** ist entweder in

Richtung eines Pfeils C in [Fig. 8\(b\)](#) oder in Richtung eines Pfeils D in [Fig. 8\(c\)](#) um die Drehachse, die auf der Mittellinie **22** angeordnet ist, drehbar. Die Drehbewegung wechselt zwischen den zwei Zuständen von [Fig. 8\(b\)](#) und [Fig. 8\(c\)](#). In dem ersten Zustand von [Fig. 8\(b\)](#) reflektiert der erste Reflexspiegel **31** das Bildstrahlenbündel L1 in die Richtung des zweiten Reflexspiegels **32**, und das von dem zweiten Reflexspiegel **32** reflektierte Lichtstrahlenbündel tritt in die Optikeinheit **28** ein. Zum anderen reflektiert in dem zweiten Zustand von [Fig. 8\(c\)](#) der erste Reflexspiegel **31** das Bildstrahlenbündel L1 in die Richtung des dritten Reflexspiegels **33**, und das von dem dritten Reflexspiegel **33** reflektierte Lichtstrahlenbündel tritt in die Optikeinheit **28** ein. Der Drehwinkel des Reflexspiegels **31** für einen Wechsel zwischen den Zuständen von [Fig. 8\(b\)](#) und [Fig. 8\(c\)](#) kann 90° sein, wenn beide Oberflächen des ersten Reflexspiegels **31** als Spiegelebenen ausgebildet sind oder wenn die Drehrichtung des Reflexspiegels **31** umkehrbar ist.

[0072] [Fig. 9](#) zeigt einen Formwandlermechanismus, um den Reflexspiegel **31** bei einer Bewegung der Optikeinheit **28** zu drehen. In diesem Beispiel weist der Reflexspiegel **31** an seinen beiden Oberflächen Spiegelebenen auf. Das körperliche Zentrum des Reflexspiegels **31** ist mittels eines Stützstiftes **71**, der in dem Hauptgehäuse **14** angeordnet ist (siehe [Fig. 4](#)), drehbar gelagert. Ein weiterer Stift **72** ist am unteren Ende des Reflexspiegels **31** angeordnet. Dieser Stift **72** ist verschiebbar in eine Führungsnut **73** eingebracht, die in der Rückwand der Optikeinheit **28** ausgebildet ist. Die Führungsnut **72** erstreckt sich in horizontaler Richtung, und der Stift **72** wird längs der Führungsnut **13** geführt, so dass er in der horizontalen Richtung beweglich ist. Da ein Drehen des Reflexspiegels **31** die vertikale Position des Stifts **72** verändert, hat die Führungsnut **73** in vertikaler Richtung eine Ausdehnung, die den Bereich der vertikalen Position des Stifts **72** abdeckt. Die Optikeinheit **28** ist mittels eines nicht gezeigten Stifts verschiebbar in eine Nut **74** eingefügt, die in dem Hauptgehäuse **14** ausgebildet ist.

[0073] In dem ersten Zustand in [Fig. 8\(b\)](#) ist der Formwandlermechanismus auf die Position von [Fig. 9](#) gesetzt. Wenn in dem Zustand von [Fig. 9](#) eine Kraft in der Richtung eines Pfeils A auf die Optikeinheit **28** ausgeübt wird, bewegt sich diese die Nut **74** entlang. Im Anfangsstadium der Bewegung ist der Stift **72** in der Führungsnut **73** freigegeben, was zur Folge hat, dass der Reflexspiegel **31** nicht gedreht wird. Ein Weiterbewegen der Optikeinheit **28** bewirkt, dass der Stift **72** gegen den Endabschnitt der Führungsnut **73** gepresst wird, und die Kraft, die von der Optikeinheit **28** ausgeübt wird, dreht den ersten Reflexspiegel **31** in Richtung des Pfeils C. Die Optikeinheit **28** bewegt sich folglich an die Position vor dem rechten Auge, um den zweiten Zustand zu verwirklichen, der in [Fig. 8\(c\)](#) gezeigt ist. Die Reflexionsrich-

tung des ersten Reflexspiegels **31** wird nämlich von „nach links“ in „nach rechts“ verändert. Wie bei der ersten Ausführungsform erörtert worden ist, kann der Benutzer sowohl in dem ersten Zustand als auch in dem zweiten Zustand ein virtuelles Bild in der gleichen Richtung beobachten. Umgekehrte Handhabungen und Bewegungen werden ausgeführt, um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes vom rechten Auge zum linken Auge zu wechseln.

[0074] Wie weiter oben erörtert worden ist, hat die zweite Ausführungsform die gleichen Wirkungen wie die erste Ausführungsform und vereinfacht ferner den Verformungsmechanismus der Reflexionseinheit (d.h. den Formwandlermechanismus), wodurch sich der Aufbau der Umschaltmittel, um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes zu wechseln, vereinfacht. Andererseits benötigt die weiter oben erörterte erste Ausführungsform im Vergleich zu dieser zweiten Ausführungsform in vorteilhafter Weise die kleinere Anzahl von Reflexspiegeln in der Reflexionseinheit.

E. Dritte Ausführungsform

[0075] [Fig. 10\(a\)](#) ist eine Seitenansicht, die ein optisches System noch eines weiteren HMD als eine dritte Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; [Fig. 10\(b\)](#) ist eine Vorderansicht, die einen ersten Zustand zeigt, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem linken Auge beobachtet, in der dritten Ausführungsform; und [Fig. 10\(c\)](#) ist eine Vorderansicht, die einen zweiten Zustand zeigt, in dem der Benutzer ein virtuelles Bild mit dem rechten Auge beobachtet.

[0076] Das in [Fig. 10\(a\)](#) bis [Fig. 10\(c\)](#) gezeigte optische System weist den Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hintergrundbeleuchtung **3** auf, die an Positionen angeordnet sind, die von jenen in dem optischen System der in [Fig. 8\(a\)](#) gezeigten zweiten Ausführungsform verschieden sind, und weist eine andere Reflexionseinheit **80** anstelle der Reflexionseinheit **70** auf. Wie in [Fig. 10\(b\)](#) und [Fig. 10\(c\)](#) gezeigt ist, sind der Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hintergrundbeleuchtung **3** in der Nähe der Mittellinie **22** des Augenabstands angeordnet, um die Normale der bilderzeugenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** im Wesentlichen in horizontaler Richtung verlaufen zu lassen. Die Reflexionseinheit **80** enthält zwei Reflexspiegel **34** und **35**, die in Bezug auf die Mittellinie **22** symmetrisch angeordnet sind. Die zwei Reflexspiegel **34** und **35** sind jeweils um den Winkel von ungefähr 45° Grad zur Normalen der Anzeigefläche des Flüssigkristallbildschirms **2** geneigt und lenken das Bildstrahlenbündel L1, das im Wesentlichen in horizontaler Richtung von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlt wird, senkrecht nach unten ab.

[0077] In der dritten Ausführungsform werden der Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hintergrundbeleuchtung **3** so gehalten, dass sie als Ganzes drehbar sind. Ein Drehen des Flüssigkristallbildschirms **2** und der Hintergrundbeleuchtung **3** wechselt den aktuellen Zustand zwischen dem ersten Zustand, der in [Fig. 10\(b\)](#) gezeigt ist, und dem zweiten Zustand, der in [Fig. 10\(c\)](#) gezeigt ist. Die Drehachse des Flüssigkristallbildschirms **2** fällt mit der optischen Achse zusammen, die durch das Zentrum der bilderzeugenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** verläuft. Dies ermöglicht, dass die Entfernungen von der bilderzeugenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** zu den zwei Reflexspiegeln **34** und **35** sowohl im ersten Zustand als auch im zweiten Zustand völlig gleich sind.

[0078] Wenn eine Kraft in der Richtung eines Pfeils A auf die Optikeinheit **28** in dem ersten Zustand von [Fig. 10\(b\)](#) ausgeübt wird, bewegt sich die Optikeinheit **28** eine nicht gezeigte Schiene entlang, die zwischen der Optikeinheit **28** und der Reflexionseinheit **80** angeordnet ist. Während des Ablaufs der Bewegung dreht die Kraft, die von der Optikeinheit **28** ausgeübt wird, den Flüssigkristallbildschirm **2** und die Hintergrundbeleuchtung **3** insgesamt in Richtung eines Pfeils E, so dass der zweite Zustand, der in [Fig. 10\(c\)](#) gezeigt ist, verwirklicht wird. Die Richtung des Bildstrahlenbündels L1, das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlt wird, ändert sich nämlich von „nach links“ in „nach rechts“, und folglich wird das Bildstrahlenbündel L1 von dem ersten Reflexspiegel **35** nach unten reflektiert und tritt in die Optikeinheit **28** ein. Umgekehrte Handhabungen und Bewegungen werden ausgeführt, um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes vom rechten Auge zum linken Auge zu ändern.

[0079] [Fig. 11](#) zeigt die Tatsache, dass der Benutzer ein virtuelles Bild mit der gleichen Orientierung sowohl in dem ersten Zustand von [Fig. 10\(b\)](#) als auch in dem zweiten Zustand von [Fig. 10\(d\)](#) beobachten kann, und entspricht [Fig. 7](#) der ersten Ausführungsform. Die erste Richtung **61** entspricht der ersten Koordinatenachse der bilderzeugenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2**, während die zweite Richtung **62** der zweiten Koordinatenachse der bilderzeugenden Oberfläche entspricht. Wie aus [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) klar zu erkennen ist, wird jedes Bild, das auf dem Flüssigkristallbildschirm **2** erzeugt wird, zweimal reflektiert und entweder mit dem linken Auge oder mit dem rechten Auge als ein Bild mit der gleichen Orientierung beobachtet. Bei diesem Aufbau ist bei dem Wechsel des Auges für die Beobachtung eines virtuellen Bildes keine elektrische Umschaltoperation bezüglich der Orientierung des Anzegebildes erforderlich.

[0080] Wie weiter oben bei der dritten Ausführungsform erörtert worden ist, werden nur die Linse **26** und

der Halbspiegel **18** im Wesentlichen über den Augenabstand des Benutzers bewegt, um die Richtung der Abstrahlung des Bildstrahlenbündels L1 von dem Flüssigkristallbildschirm **2** zu verändern, wodurch das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes gewechselt wird. Dies vereinfacht den Aufbau der Reflexionseinheit. Die Verwirklichung des in der Reflexionseinheit **80** untergebrachten Flüssigkristallbildschirms **2** verringert wirksam die Größe der Vorrichtung.

F. Vierte Ausführungsform

[0081] [Fig. 12](#) zeigt das Aussehen eines weiteren HMD als eine vierte Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung. Der in [Fig. 12](#) gezeigte HMD weist irgendeines der optischen Systeme auf, die in der ersten bis dritten Ausführungsform erörtert worden sind. Der Unterschied zu dem HMD der in [Fig. 4](#) gezeigten zweiten Ausführung ist, dass der HMD der in [Fig. 12](#) gezeigten vierten Ausführungsform eine teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **37** umfasst, die im Wesentlichen den gleichen Lichtdurchlassgrad wie der Halbspiegel **18** aufweist und vor dem Auge angeordnet ist, welches das virtuelle Bild nicht sieht. Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte ist abnehmbar an dem Hauptgehäuse **14** angebracht und kann vor einem der Augen des Benutzers, vor dem linken Auge oder dem rechten Auge, angeordnet werden. Der Benutzer nimmt die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **37** von dem Hauptgehäuse **14** ab und bewegt die Optikeinheit **17** (oder **28**), um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes zu wechseln. Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **37** wird dann wieder an dem Hauptgehäuse **14** angebracht, derart, dass sie sich vor dem Auge befindet, das kein virtuelles Bild sieht.

[0082] Vorzugsweise ist der Lichtdurchlassgrad der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **37** so eingestellt, dass er dem Lichtdurchlassgrad des Halbspiegels **18** im Wesentlichen gleich ist. Beispielsweise sollte, wie bei der zweiten Ausführung erörtert worden ist, der Helligkeitsunterschied zwischen dem linken und dem rechten Sehfeld vorzugsweise nicht größer als 30% sein. Ein Einstellen des Lichtdurchlassgrades der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **37** in den Bereich von ungefähr 0,7-mal bis 1,3-mal dem Lichtdurchlassgrad des Halbspiegels **18** ermöglicht, dass die Helligkeit des Hintergrundbildes, das durch den Halbspiegel **18** beobachtet wird, im Wesentlichen mit der Helligkeit des Hintergrundbildes, das durch die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **37** beobachtet wird, übereinstimmt. Der Benutzer kann folglich das Hintergrundbild auf natürliche Weise beobachten. Dieser Aufbau stellt weniger strenge Anforderungen an das Durchlass-/Reflexions-Verhalten des Halbspiegels **18** als jener der zweiten Ausführung, und das Einstellen dieses Verhaltens ermöglicht, die Helligkeitsbeziehung zwischen dem An-

zeigebild und dem Hintergrundbild willkürlich festzulegen.

G. Dritte Anordnung

[0083] [Fig. 13\(a\)](#) ist eine Seitenansicht, die ein optisches System eines weiteren HMD als eine dritte Anordnung zeigt. Eine in [Fig. 13\(a\)](#) gezeigte Optikeinheit **38** weist einen polarisierenden Strahlteiler **39** anstelle des Halbspiegels **18** auf, der in der Optikeinheit **17** der in [Fig. 3](#) gezeigten zweiten Ausführung enthalten ist, und enthält ferner eine teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **40** mit Polarisationsselektivität vor dem polarisierenden Strahlteiler **39**. In dieser Beschreibung bedeutet der Ausdruck „Polarisationsselektivität“ die Eigenschaft, eine spezifisch polarisierte Lichtkomponente hindurchzulassen oder zu reflektieren.

[0084] Der Flüssigkristallbildschirm **2** weist (nicht gezeigte) polarisierende Platten auf seiner lichtempfangenden Oberfläche und seiner lichtabstrahlenden Oberfläche auf. In der dritten Anordnung ist das Bildstrahlenbündel L1, das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlt wird, s-polarisiertes Licht, dessen Schwingungsebene senkrecht zu den lichtempfangenden Oberflächen des Reflexspiegels **4** und des polarisierenden Strahlteilers **39** ist (d.h. die Ebene ist parallel zur Blattoberfläche). In den Skizzen von [Fig. 13](#) zeigt jeder freie Kreis mit einem schwarzen Punkt, der in der Nähe eines Lichtstroms gezeichnet ist, an, dass der Lichtstrom s-polarisiertes Licht ist. Andererseits zeigt jedes Liniensegment mit zwei Pfeilen an, dass der Lichtstrom p-polarisiertes Licht ist.

[0085] Der polarisierende Strahlteiler **39** weist die Eigenschaft auf, dass er das s-polarisierte Licht reflektiert, während er das p-polarisierte Licht, dessen Schwingungsebene senkrecht zu jener des s-polarisierten Lichts ist, hindurchlässt. Der polarisierende Strahlteiler **39** ist so groß, dass er das Sehfeld eines virtuellen Bildes für nur ein Auge des Benutzers abdeckt. Wie der in [Fig. 2](#) gezeigte Spiegel **8** hat die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **40** eine solche Größe und Form, dass sie das Sehfeld virtueller Bilder für beide Augen des Benutzers abdeckt. Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **40** besteht beispielsweise aus einer polarisierenden Platte und verhält sich so, dass sie selektiv nur das p-polarisierte Licht hindurchlässt.

[0086] Wie in [Fig. 13\(a\)](#) gezeigt ist, wird das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** erzeugte Bild von der Rückseite aus mittels der Hintergrundbeleuchtung **3** beleuchtet, und dementsprechend wird das Bildstrahlenbündel L1 s-polarisiertes Licht abgestrahlt. Nach einer Richtungsänderung des Strahlengangs um ungefähr 90 Grad durch den Reflexspiegel **4** wird das Bildstrahlenbündel L1 durch die Linse **5** gebro-

chen. Das Bildstrahlenbündel L1 s-polarisiertes Licht wird von dem polarisierenden Strahlteiler **39** zu fast 100% reflektiert und erzeugt ein Bild im Auge **10** des Benutzers.

[0087] Andererseits ist das Hintergrundstrahlenbündel L2 nicht-polarisiertes Licht, das p-polarisiertes Licht und s-polarisiertes Licht enthält. Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **40** lässt nur die p-polarisierte Lichtkomponente des Hintergrundstrahlenbündels L2 hindurch, und anschließend tritt das p-polarisierte Licht in den polarisierenden Strahlteiler **39** ein. Der polarisierende Strahlteiler **39** weist die Eigenschaft auf, dass er das p-polarisierte Licht zu fast 100% hindurchlässt und folglich die p-polarisierte Lichtkomponente des Hintergrundstrahlenbündels L2 ohne wesentliche Reflexion oder Absorption ausgibt. Es erreichen nämlich fast 100% der p-polarisierten Lichtkomponente des Lichtstrahlenbündels L2 von der Hintergrundansicht das Auge des Benutzers, das ein virtuelles Bild beobachtet. Als Folge davon treten das Bildstrahlenbündel L1 aus s-polarisiertem Licht und das Hintergrundstrahlenbündel L2 aus p-polarisiertem Licht gleichzeitig in das Auge ein, das ein virtuelles Bild beobachtet. Der Benutzer kann folglich ein zusammengesetztes Bild, d.h. eine Kombination aus dem Anzeigebild mit dem Hintergrundbild, beobachten.

[0088] [Fig. 13\(b\)](#) zeigt den Zustand, in dem die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **40** vor dem Auge angeordnet ist, das kein virtuelles Bild sieht.

[0089] Diese Konfiguration ermöglicht, dass fast 100% der p-polarisierten Lichtkomponente des Lichtstrahls L2 vom Hintergrund in das Auge eintreten, das kein virtuelles Bild sieht.

[0090] In der dritten Anordnung wird der überwiegende Teil des Bildstrahlenbündels L1 von dem Flüssigkristallbildschirm **2** durch den polarisierenden Strahlteiler **39** reflektiert und tritt in das Auge **10** ein. Dies verbessert die Helligkeit des Anzeigebildes, das von dem Benutzer beobachtet wird, wesentlich. Da die Helligkeit des Hintergrundbildes, die in das Auge dringt, das ein virtuelles Bild sieht, im Wesentlichen mit der Helligkeit des Hintergrundbildes, die in das Auge dringt, das kein virtuelles Bild sieht, übereinstimmt, kann der Benutzer das Hintergrundbild auf natürliche Weise beobachten. Da die dritte Anordnung ermöglicht, dass das linke Auge und das rechte Auge des Benutzers die Hintergrundbilder mit im Wesentlichen der gleichen Helligkeit sehen, wie bei der vierten Ausführungsform, ist der Freiheitsgrad bezüglich der Helligkeit des Anzeigebildes und des Hintergrundbildes in bemerkenswerter Weise verbessert. Konkreter, das Einstellen des Durchlass-/Reflexions-Verhaltens der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **40** ermöglicht, die Helligkeitsbeziehung zwischen dem Anzeigebild und dem Hintergrundbild

willkürlich festzulegen. Da die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **40** außerhalb des polarisierenden Strahlteilers **39** angeordnet und an dem Hauptgehäuse befestigt ist, wobei sie eine solche Größe aufweist, dass sie das Sehfeld eines virtuellen Bildes für beide Augen des Benutzers abdeckt, wirkt sie sich nicht auf die Umschaltoperation, um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes zu wechseln, aus.

[0091] Der polarisierende Strahlenteiler **39** und die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **40** der dritten Anordnung sind nicht auf die Verwirklichung des optischen Systems, die bei der zweiten Ausführung erörtert worden ist, beschränkt, sondern sind auch auf die weiteren Ausführungen des optischen Systems anwendbar, die in der ersten bis dritten Ausführungsform erörtert worden sind.

[0092] Wie aus der Erörterung der dritten Anordnung klar zu erkennen ist, können die Bildkombinationsmittel, die das Bildstrahlenbündel L1 mit dem Hintergrundstrahlenbündel L2 kombinieren, durch eine Vielfalt von halbdurchlässigen Spiegeln, wie etwa einen Halbspiegel, und einen polarisierenden Strahlenteiler verwirklicht sein. Die halbdurchlässigen Spiegel schließen hier nicht nur jene mit einer Polarisationsselektivität wie etwa einen polarisierten Strahlenteiler ein, sondern auch jene ohne Polarisationsselektivität, wie etwa einen Halbspiegel.

[0093] Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte, die vor dem Auge angeordnet ist, das kein virtuelles Bild sieht, kann ein teildurchlässiges Element mit Polarisationsselektivität oder ein teildurchlässiges Element ohne Polarisationsselektivität sein.

[0094] Die Bildkombinationsmittel, die in der dritten Anordnung benutzt werden, umfassen den polarisierenden Strahlenteiler, der ermöglicht, dass das Bildstrahlenbündel L1 in das Auge des Benutzers eintritt, ohne dass die Lichtmenge wesentlich vermindert wird. Da die polarisierende Platte, die eine solche Größe hat, dass sie das Sehfeld eines virtuellen Bildes für beide Augen abdeckt, als teilweise lichtdurchlässige Siebplatte benutzt wird, kann der Benutzer das Hintergrundbild unabhängig davon, welches Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes ausgewählt ist, gut im Einklang mit dem Anzeigebild beobachten.

H. Vierte Anordnung

[0095] [Fig. 14](#) veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems noch eines weiteren HMD als eine vierte Anordnung. Eine Optikeinheit **90** umfasst den Flüssigkristallbildschirm **2**, die Hintergrundbeleuchtung **3**, den Halbspiegel **18**, einen konkaven Halbspiegel **92** und ein Gehäuse **94**, worin diese Komponenten untergebracht sind. Der konkave Halbspiegel **92** ist so angeordnet, dass er dem Be-

nutzer jenseits des ebenen Halbspiegels **18** gegenüberliegt. Der konkave Halbspiegel **92** wird anstelle der Linse als vergrößernde optische Mittel benutzt. Der Mechanismus, um das optische System in dieser Ausführungsform zu bewegen, kann dem Mechanismus in der zweiten Ausführung oder jenem in der dritten Anordnung völlig gleich sein und wird folglich hier nicht speziell beschrieben.

[0096] Der Flüssigkristallbildschirm **2** ist mit der Vorderseite nach unten über dem ebenen Halbspiegel **18** angeordnet. Ein Teil des von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlten Bildstrahlenbündels L1 wird von dem ebenen Halbspiegel **18** so reflektiert, dass er in Richtung des konkaven Halbspiegels **92** abgelenkt wird. Das Bildstrahlenbündel L1 wird dann von der inneren Oberfläche des konkaven Halbspiegels **92** reflektiert und durchquert den ebenen Halbspiegel **18**, um in das Auge **10** des Benutzers einzutreten. Da die innere Oberfläche des konkaven Halbspiegels eine Höhlung bildet, wird das von dem Bildstrahlenbündel L1, das von der Höhlung reflektiert wird, repräsentierte Bild als ein virtuelles Bild vergrößert, das beobachtet wird.

[0097] Andererseits durchquert ein Teil des Hintergrundstrahlenbündels L2 den konkaven Halbspiegel **92** und den ebenen Halbspiegel **18**, um in das Auge **10** des Benutzers einzutreten. Der konkave Halbspiegel **92** hat eine gleichmäßige Dicke und überträgt folglich den überwiegenden Teil des Lichtstrahlenbündels L2 vom Hintergrund ohne Brechung. Der Benutzer kann folglich das intakte Hintergrundbild mit dem vergrößerten virtuellen Bild des Anzeigebildes, das auf dem Flüssigkristallbildschirm **2** angezeigt wird, beobachten.

[0098] Die vierte Anordnung hat keinerlei Linsen zwischen dem Flüssigkristallbildschirm **2** und dem ebenen Halbspiegel **18**, wodurch der Abstand zwischen dem Flüssigkristallbildschirm **2** und dem ebenen Halbspiegel **18** verringert werden kann.

[0099] Diese Konfiguration verringert auf wirksame Weise die Größe des gesamten optischen Systems. Außerdem vermindert die Verwendung des Konkavspiegels anstelle der Linse die Abbildungsfehler.

I. Fünfte Anordnung

[0100] [Fig. 15](#) veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems eines weiteren HMD als eine fünfte Anordnung. Eine Optikeinheit **95** hat den konkaven Halbspiegel **92** an einer Position angeordnet, die von jener in der achten Ausführungsform, die in [Fig. 14](#) gezeigt ist, verschieden ist, und enthält ferner eine teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **96**. Der konkave Halbspiegel **92** ist so angeordnet, dass er dem Flüssigkristallbildschirm **2** jenseits des ebenen Halbspiegels **18** gegenüberliegt. Die teilweise lichtdurch-

lässige Siebplatte **96** ist so angeordnet, dass sie dem Benutzer jenseits des ebenen Halbspiegels **18** gegenüberliegt.

[0101] Ein Teil des Bildstrahlenbündels L1, das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlt wird, durchquert den ebenen Halbspiegel **18**, wird von der inneren Oberfläche des konkaven Halbspiegels **92** reflektiert und von dem ebenen Halbspiegel **18** erneut reflektiert, um in das Auge **10** des Benutzers einzutreten. Der konkave Halbspiegel **92** hat wie in der achten Ausführungsform, die in [Fig. 14](#) gezeigt ist, die Funktion vergrößernder optischer Mittel.

[0102] Andererseits durchquert ein Teil des Hintergrundstrahlenbündels L2 die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **96** und den ebenen Halbspiegel **18**, um in das Auge **10** des Benutzers einzutreten.

[0103] Wie die vierte Anordnung, die in [Fig. 14](#) gezeigt ist, weist die fünfte Anordnung die Vorteile auf, dass die Größe des gesamten optischen Systems verringert wird und die Abbildungsfehler vermindert werden. Ein zusätzlicher Vorteil der fünften Anordnung ist, dass durch das Einstellen des Lichtdurchlassgrades der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **96** die Helligkeit des Hintergrundbildes gesteuert werden kann. Beispielsweise verbessert ein Einstellen des Lichtdurchlassgrades der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **96** auf einen verhältnismäßig hohen Wert die Helligkeit des Hintergrundbildes.

[0104] Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **96** schirmt einen Teil des Hintergrundstrahlenbündels L2 ab, was dementsprechend den Anteil des Hintergrundstrahlenbündels L2, der von dem Halbspiegel **18** reflektiert wird, um zu dem Flüssigkristallbildschirm **2** zu gelangen, verringert. Dadurch wird das Blendlicht an der Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** vermindert.

[0105] Anstelle des konkaven Halbspiegels **92** könnte ein Konkavspiegel verwendet werden. Der Konkavspiegel weist ein höheres Reflexionsvermögen als der konkave Halbspiegel auf und verbessert folglich die Helligkeit des mit dem Auge **10** beobachteten Anzegebildes.

J. Sechste Anordnung

[0106] [Fig. 16\(a\)](#) veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems noch eines weiteren HMD als eine sechste Anordnung. Eine Optikeinheit **97** enthält den Flüssigkristallbildschirm **2**, die Hintergrundbeleuchtung **3**, den Halbspiegel **18**, ein vergrößerndes optisches System **98** vom Typ mit interner Reflexion und ein Gehäuse **99**, worin diese Komponenten untergebracht sind.

[0107] Das vergrößernde optische System **98** vom

Typ mit interner Reflexion ist zwischen den Halbspiegel **18** und den Benutzer eingefügt. Ein Teil des von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlten Bildstrahlenbündels L1 wird von dem Halbspiegel **18** in Richtung des Benutzers reflektiert und tritt in das vergrößernde optische System **98** vom Typ mit interner Reflexion ein.

[0108] Das vergrößernde optische System **98** vom Typ mit interner Reflexion wird im Allgemeinen als „Pancake Window“ (engl.) bezeichnet, wobei es die Funktion hat, ein Bild durch wiederholte interne Reflexion von Licht optisch zu vergrößern. Der Aufbau und die Funktion des vergrößernden optischen Systems **98** vom Typ mit interner Reflexion sind in dem US-Abänderungspatent Nr. 27,356 beschrieben.

[0109] [Fig. 16\(b\)](#) ist eine auseinander genommene Perspektivansicht, die das in dem US-Abänderungspatent Nr. 27,356 beschriebene vergrößernde optische System vom Typ mit interner Reflexion zeigt. Das vergrößernde optische System **98** vom Typ mit interner Reflexion enthält einen konkaven Halbspiegel **100**, eine erste $\lambda/4$ -Platte **102**, einen ebenen Halbspiegel **104**, eine zweite $\lambda/4$ -Platte **106** und eine polarisierende Platte **108**, die in dieser Reihenfolge übereinander liegen. Wie aus [Fig. 16\(a\)](#) klar zu erkennen ist, sind die Abstände zwischen den jeweiligen optischen Elementen in dem vergrößernden optischen System **98** vom Typ mit interner Reflexion in [Fig. 16\(b\)](#) übertrieben, um den Strahlengang klarzustellen.

[0110] Das von dem ebenen Halbspiegel **18** reflektierte Bildstrahlenbündel L1 gelangt in den konkaven Halbspiegel **100**. In der Skizze von [Fig. 16\(b\)](#) gibt das Liniensegment mit zwei Pfeilen die Schwingungsrichtung des Schwingungsvektors des linear polarisierten Lichts an und die Spirale gibt die Drehrichtung des Schwingungsvektors des zirkular polarisierten Lichts an.

[0111] Da eine polarisierende Platte an der lichtabstrahlenden Oberfläche des Flüssigkristallbildschirms **2** angeordnet ist, ist das Bildstrahlenbündel L1, das in den konkaven Halbspiegel **100** eintritt, linear polarisiertes Licht. Das Bildstrahlenbündel L1 durchquert den konkaven Halbspiegel **100** und wird von der ersten $\lambda/4$ -Platte **102** in zirkular polarisiertes Licht überführt. Das Bildstrahlenbündel L1 aus zirkular polarisiertem Licht wird in einen ersten Lichtstrom L1a, der den ebenen Halbspiegel **104** durchquert, und einen zweiten Lichtstrom L1b, der von dem ebenen Halbspiegel **104** reflektiert wird, geteilt. Der erste Lichtstrom L1a wird von der zweiten $\lambda/4$ -Platte **106** in linear polarisiertes Licht überführt. Die Schwingungsrichtung des Schwingungsvektors dieses linear polarisierten Lichts ist senkrecht zu der Schwingungsrichtung des ursprünglichen Bildstrahlenbündels L1. Der erste Lichtstrom L1a, der von der zweiten $\lambda/4$ -Platte

106 ausgegeben wird, wird durch die polarisierende Platte **108** abgeschirmt und erreicht nicht das Auge **10** des Benutzers. Die polarisierende Platte **108** lässt selektiv das linear polarisierte Licht hindurch, dessen Schwingungsrichtung zu jener des Bildstrahlenbündels L1, das in den konkaven Halbspiegel **100** eintritt, völlig gleich ist, während das linear polarisierte Licht, dessen Schwingungsrichtung senkrecht zu jener des Bildstrahlenbündels L1 ist, abgeschirmt wird.

[0112] Andererseits durchläuft der zweite Lichtstrom L1b, nachdem er von dem ebenen Halbspiegel **104** reflektiert worden ist, erneut die erste $\lambda/4$ -Platte **102**, um in linear polarisiertes Licht überführt zu werden, und wird von der inneren Oberfläche des konkaven Halbspiegels **100** reflektiert. Die Schwingungsrichtung des Schwingungsvektors des zweiten Lichtstroms L1b ist senkrecht zur Schwingungsrichtung des Bildstrahlenbündels L1, das von außen in den konkaven Halbspiegel **100** gelangt. Der zweite Lichtstrom L1b erfährt eine Brechung, wenn er von dem konkaven Halbspiegel **100** reflektiert wird. Dadurch wird das Anzeigebild vergrößert, so dass ein vergrößertes virtuelles Bild erhalten wird.

[0113] Der von der inneren Oberfläche des konkaven Halbspiegels **100** reflektierte zweite Lichtstrom L1b wird mittels der ersten $\lambda/4$ -Platte **102** erneut in zirkular polarisiertes Licht überführt und tritt in den ebenen Halbspiegel **104** ein. Der den ebenen Halbspiegel **104** durchquerende zweite Lichtstrom L1b wird mittels der zweiten $\lambda/4$ -Platte **106** in linear polarisiertes Licht überführt. Der zweite Lichtstrom L1b, der durch die zweite $\lambda/4$ -Platte **106** hindurchgeht, durchquert die polarisierende Platte **108** und erreicht das Auge **10** des Benutzers. Da der zweite Lichtstrom L1b ein vergrößertes virtuelles Bild erzeugt, wenn er von der inneren Oberfläche des konkaven Halbspiegels **100** reflektiert wird, kann der Benutzer das vergrößerte virtuelle Bild beobachten.

[0114] Neben dem zweiten Lichtstrom L1b, der in [Fig. 16\(b\)](#) gezeigt ist, gibt es Lichtströme, die eine größere Anzahl von internen Reflexionen wiederholen, bevor sie in das Auge des Benutzers eintreten. Solche weiteren Lichtströme weisen jedoch auf Grund des Verlustes, hauptsächlich in den Halbspiegeln **100** und **104**, eine wesentlich geringere Lichtmenge als der zweite Lichtstrom L1b auf. Die Wirkungen dieser weiteren Lichtströme, die in das Auge des Benutzers gelangen, sind folglich unerheblich.

[0115] Das Hintergrundstrahlenbündel L2 enthält zufällig polarisierte Lichtkomponenten, wobei die polarisierte Lichtkomponente des Hintergrundstrahlenbündels L2, die das Bildstrahlenbündel L1 kreuzt, die jeweiligen optischen Elemente in dem vergrößernden optischen System **98** vom Typ mit interner Reflexion durchquert und das Auge **10** des Benutzers erreicht. Der Benutzer beobachtet folglich das intakte Hinter-

grundbild, das nicht der Vergrößerung zu einem vergrößerten virtuellen Bild unterworfen ist. Ein Teil des Hintergrundstrahlenbündels L2 folgt einem Lichtweg, der dem in [Fig. 16\(b\)](#) gezeigten Lichtweg des ersten Lichtstroms L1b völlig gleich ist, und erzeugt ein Bild in der Nähe des Auges **10**. Da die Lichtquelle des Hintergrundstrahlenbündels L2 im Allgemeinen weit von dem Brennpunkt des konkaven Halbspiegels **100** entfernt ist, befindet sich jedoch der Ort der Bildentstehung näher an dem Auge als der Nahpunkt des Auges (d.h. der nächstgelegene Ort, an dem die Augen ein Objekt im Brennpunkt sehen können). Der Benutzer nimmt folglich das vergrößerte virtuelle Bild der Hintergrundansicht nicht wahr.

[0116] Wenn ein anderer Typ eines bildanzeigenden Mittels, das ein Lichtstrahlenbündel abstrahlt, das nicht linear polarisiertes Licht ist, anstelle des Flüssigkristallbildschirms **2** benutzt wird, kann eine polarisierende Platte auf der Licht empfangenden Oberfläche des in [Fig. 16\(b\)](#) gezeigten konkaven Halbspiegels **100** angeordnet sein.

[0117] Wie die vierte und die fünfte Anordnung verringert die sechste Anordnung wirksam die Größe des gesamten optischen Systems und vermindert die Abbildungsfehler.

[0118] In den vierten bis sechsten Anordnungen mit dem Konkavspiegel kann der ebene Halbspiegel **18** eine Größe haben, die das Sehfeld der virtuellen Bilder für beide Augen abdeckt. Ferner ist eine beliebige der in der ersten und zweiten Ausführung und in der ersten bis dritten Ausführungsform erörterten Strukturen auf die Umschaltmittel, um das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes zu wechseln, in den vierten bis sechsten Anordnung anwendbar.

K. Siebte Anordnung

[0119] [Fig. 17\(a\)](#) veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems eines weiteren HMD als eine siebte Anordnung. Ein optisches System **109** umfasst zusätzlich zu der Optikeinheit **90** der in [Fig. 14](#) gezeigten vierten Anordnung die nachstehend beschriebenen Elemente. Eine teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **110** ist vor dem konkaven Halbspiegel **92** angeordnet. Das obere Ende der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **110** ist mit einer ersten Zahnstange **112** verbunden, während das obere Ende des Gehäuses **94** der Optikeinheit mit einer zweiten Zahnstange **114** verbunden ist. Das in [Fig. 14](#) gezeigte Lager **12** entfällt bei dem Optiksistem **109** von [Fig. 17](#).

[0120] [Fig. 17\(b\)](#) ist eine zweidimensionale Ansicht, die dieses Optiksistem **109** zeigt. In den einander gegenüberliegenden Oberflächen der zwei Zahnstangen **112** und **114** sind Zähne ausgebildet. Zwischen die zwei Zahnstangen **112** und **114** ist ein Rit-

zel **116** eingefügt, und die Zähne des Ritzels **116** gelangen mit den Zähnen der beiden Zahnstangen **112** und **114** in Eingriff. Wie [Fig. 17\(a\)](#) zeigt, ist über dem Ritzel **116** ein Knopf **118** angeordnet, der ermöglicht, das Ritzel **116** zu drehen.

[0121] In dieser siebten Anordnung können das Hauptgehäuse **14** und die Halterung **16**, die in [Fig. 12](#) gezeigt sind, benutzt werden. Die zwei Zahnstangen **112** und **114** sind gleitend beweglich, wobei sie von nicht dargestellten Nuten geführt werden, die in dem Hauptgehäuse **14** ausgebildet sind. Wie in [Fig. 17\(b\)](#) gezeigt ist, sind die zwei Zahnstangen **112** und **114** biegsam und verlaufen entlang der Nuten des Hauptgehäuses **14**, wobei sie gekrümmt sind.

[0122] Das Ritzel **116** wird von dem Hauptgehäuse **14** so gehalten, das ein Laufen des Ritzels **116** möglich ist. Wenn der Anwender an dem Knopf **118** dreht, bewegen sich die zwei Zahnstangen **112** und **114** bei einer Drehbewegung des Ritzels **116** in entgegengesetzte Richtungen. Wie nun wieder aus [Fig. 17\(b\)](#) ersichtlich ist, sind die Optikeinheit **109** und die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **110** so angeordnet, dass sie in Bezug auf eine Mittellinie **120** im Wesentlichen symmetrisch sind. Die Bewegungen der zwei Zahnstangen **112** und **114** verlagern folglich die Optikeinheit **109** und die teilweise lichtdurchlässige Platte **110** in entgegengesetzte Richtungen, während die im Wesentlichen symmetrische Beziehung aufrechterhalten wird. Der Benutzer kann durch Betätigen des Knopfes **118** die Optikeinheit **109** und die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **110** auf geeignete Positionen einstellen, die seinem Augenabstand entsprechen. Da sich die zwei Zahnstangen **112** und **114** bewegen, ohne sich gegenseitig zu stören, können die horizontalen Positionen der Optikeinheit **109** und der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **110** durch das Betätigen des Knopfes **118** getauscht werden.

[0123] Wie weiter oben erörtert wurde, weist die siebte Anordnung den Mechanismus zur Verlagerung der Optikeinheit **109** und der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **110** in entgegengesetzte Richtungen, während die im Wesentlichen symmetrische Beziehung dieser beibehalten wird, auf. Folglich erfordert dieser Aufbau keinen Arbeitsgang zum Abnehmen der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **110** bei einem Wechsel des Auges für die Beobachtung eines virtuellen Bildes. Außerdem vereinfacht dieser Aufbau auf vorteilhafte Weise die Positionseinstellung entsprechend dem Augenabstand des Benutzers. Dieser Verlagerungsmechanismus ist nicht nur in dem Fall anwendbar, in dem der konkave Halbspiegel als das vergrößernde optische System benutzt wird, sondern auch in dem Fall, in dem die Linse als das vergrößernde optische System (beispielsweise die zweite Anordnung, die in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt ist) benutzt wird. Selbst wenn das optische Sys-

tem nicht die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **110** umfasst, ist der in [Fig. 17](#) gezeigte Verlagerungsmechanismus als Umschaltmittel verwendbar, um die Optikeinheit in der horizontalen Richtung zu verlagern und das Auge für die Beobachtung eines virtuellen Bildes zu wechseln.

L. Achte Anordnung

[0124] [Fig. 18\(a\)](#) veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems noch eines weiteren HMD als eine achte Anordnung. Dieses optische System umfasst eine Optikeinheit **130**, die der Optikeinheit **95** der in [Fig. 15](#) gezeigten siebten Ausführungsform fast gleich ist, jedoch nicht die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **96** für nur ein Auge umfasst, sondern eine teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **132** für beide Augen. Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **132** ist abnehmbar in eine Nut **134** eingefügt, die in einem Hauptgehäuse ausgebildet ist. Die Nut **134** ist beispielsweise in dem in [Fig. 12](#) gezeigten Hauptgehäuse **14** ausgebildet.

[0125] [Fig. 18\(b\)](#) ist eine Vorderansicht, die das optische System der achten Anordnung zeigt. Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **132** ist ungefähr in der Mitte in zwei Abschnitte **136** und **138** unterteilt. Der erste Abschnitt **136** ist vor der Optikeinheit **130** angebracht und weist einen verhältnismäßig hohen Lichtdurchlassgrad auf. Der zweite Abschnitt **138** ist vor dem Auge angebracht, an dem die Optikeinheit **10** nicht angeordnet ist, und weist einen verhältnismäßig niedrigen Lichtdurchlassgrad auf. Aus dem bei der zweiten Ausführung erörterten Grund ist der Unterschied des Lichtdurchlassgrades zwischen dem ersten Abschnitt **136** und dem zweiten Abschnitt **138** vorzugsweise so eingestellt, dass ein Unterschied zwischen dem Gesamtdurchlassgrad des ersten Abschnitts **136** und des Halbspiegels **18** und dem Durchlassgrad des zweiten Abschnitts **138** nicht größer als ungefähr 30% ist. Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **132** kann auf die gleiche Weise wie der in [Fig. 2](#) gezeigte Halbspiegel **18** ungefähr in ihrer Mitte eine Einkerbung für die Nase haben.

[0126] Die in [Fig. 18\(a\)](#) gezeigte Optikeinheit **130** wird mittels des Mechanismus, der jenem ähnlich ist, der zu [Fig. 2](#) erörtert wurde, zwischen der linken Position und der rechten Position bewegt. Um die Positionen des ersten Abschnitts **136** und des zweiten Abschnitts **138** zu tauschen, nimmt der Benutzer die gesamte Einheit der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **132** aus der Nut **134** und dreht sie um, um sie wieder in die Nut **134** einzusetzen. Diese Handhabungen ermöglichen, dass sich der Abschnitt **136**, der einen verhältnismäßig hohen Lichtdurchlassgrad aufweist, vor dem Auge mit der Optikeinheit **130** befindet, während sich der Abschnitt **138** mit einem verhältnismäßig niedrigen Durchlassgrad vor dem anderen Auge befindet. Dies führt zu einer Verminderung

des Helligkeitsunterschieds zwischen den Lichtstrahlenbündeln, die in das linke Auge und das rechte Auge eintreten.

[0127] Der erste Abschnitt **136** und der zweite Abschnitt **138** der teilweise lichtdurchlässigen Siebplatte **132** können voneinander getrennt sein. Diese Trennung ermöglicht, die Abschnitte **136** und **138** unabhängig voneinander aus der Nut **134** zu nehmen und wieder in die Nut **134** einzusetzen, nachdem die Positionen getauscht worden sind. Dieser Aufbau erfordert keinen Arbeitsgang, um die zwei Abschnitte **136** und **138** umzudrehen, erhöht aber die Anzahl der Schritte zum Anbringen und Abnehmen.

M. Neunte Anordnung

[0128] [Fig. 19](#) veranschaulicht den Aufbau eines optischen Systems eines weiteren HMD als eine neunte Anordnung. Eine Optikeinheit **140** weist einen Aufbau auf, der jenem der Optikeinheit **95** der in [Fig. 15](#) gezeigten fünften Anordnung ähnlich ist, nur dass der Halbspiegel **18** durch einen polarisierenden Strahlteiler **142** ersetzt ist, dass die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte **96** durch eine polarisierende Platte **146** ersetzt ist, und dass eine $\lambda/4$ -Platte **144** etwas oberhalb des konkaven Halbspiegels **92** angeordnet ist. Der konkave Halbspiegel **92** könnte durch einen Konkavspiegel ersetzt sein.

[0129] Das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlte Bildstrahlenbündel L1 durchquert den polarisierenden Strahlteiler **142** und tritt in die $\lambda/4$ -Platte **144** ein. Das von dem Flüssigkristallbildschirm **2** abgestrahlte Lichtstrahlenbündel L1 ist p-polarisiertes Licht, und der polarisierende Strahlteiler **142** verhält sich so, dass er p-polarisiertes Licht zu nahezu 100% hindurchlässt und s-polarisiertes Licht zu nahezu 100% reflektiert. Das Bildstrahlenbündel L1, das den polarisierenden Strahlteiler **142** durchquert, wird mittels der $\lambda/4$ -Platte **144** in zirkular polarisiertes Licht überführt und wird dann von der inneren Oberfläche des konkaven Halbspiegels **92** reflektiert. Die Reflexion an dem konkaven Halbspiegel **92** kehrt die Richtung der Drehung des Schwingungsvektors des zirkular polarisierten Lichts um. Das Bildstrahlenbündel L1 aus zirkular polarisiertem Licht tritt wieder in die $\lambda/4$ -Platte **144** ein und wird in s-polarisiertes Licht überführt. Das Bildstrahlenbündel L1 aus s-polarisiertem Licht wird von dem polarisierenden Strahlteiler **142** reflektiert und tritt in das Auge **10** des Benutzers ein.

[0130] Andererseits enthält das Hintergrundstrahlenbündel L2 zufällig polarisierte Lichtkomponenten, und nur die p-polarisierte Lichtkomponente durchquert die polarisierende Platte **146**. Fast 100% des Anteils des Hintergrundstrahlenbündels L2, der die polarisierende Platte **146** durchlaufen hat, durchquert des Weiteren den polarisierenden Strahlteiler **142**

und tritt in das Auge **10** des Benutzers ein.

[0131] Wie weiter oben erörtert wurde, wird, da die Bildkombinationsmittel, die in der neunten Anordnung verwendet werden, den polarisierenden Strahlteiler **142** umfassen, das Bildstrahlenbündel L1 von dem Flüssigkristallbildschirm **2** hier ohne wesentliche Verluste reflektiert oder hindurchgelassen. Dies verbessert die Helligkeit des Anzegebildes, das von dem Benutzer beobachtet wird. Ein Ersetzen des konkaven Halbspiegels **92** durch einen Konkavspiegel verbessert die Helligkeit des beobachteten Anzegebildes weiter. Eine mögliche Modifikation verwendet eine teilweise lichtdurchlässige Siebplatte für nur ein Auge oder für beide Augen, um die Helligkeitsbeziehung zwischen dem Hintergrundbild und dem Anzegebild einzustellen.

H. Fünfte Ausführungsform

[0132] [Fig. 20](#) zeigt das Aussehen noch eines weiteren HMD als eine fünfte Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung. Dieser HMD enthält eine Platte **150** mit veränderbarem Lichtdurchlassgrad für zwei Augen. Eine beliebige der optischen Einheiten, die in den oben angegebenen Ausführungsformen erörtert worden sind, könnte hier als optische Einheit benutzt werden, um das Bildstrahlenbündel L1 in das Auge des Benutzers eintreten zu lassen.

[0133] [Fig. 21](#) ist ein Blockdiagramm, das den elektrischen Aufbau der Platte **150** mit veränderbarem Lichtdurchlassgrad und einer Steuerschaltung **160** davon zeigt. Die Platte **150** mit veränderbarem Durchlassgrad hat den Aufbau eines Flüssigkristallbildschirms, wobei sie zwei lichtdurchlässige Elektroden **152** und **154**, die jeweils zumindest die Sehfelder der virtuellen Bilder für das linke Auge und das rechte Auge umfassen, und eine lichtdurchlässige Gegenelektrode **156** mit einer großen Fläche, die diese lichtdurchlässigen Elektroden **152** und **154** umschließt, enthält. Die lichtdurchlässige Gegenelektrode **156** ist geerdet, und die linke und die rechte lichtdurchlässige Elektrode, **152** und **154**, sind an die Steuerschaltung **160** angeschlossen.

[0134] Die Steuerschaltung **160** enthält zwei Ansteuerschaltungen für die lichtdurchlässigen Elektroden **152** und **154**. Jede Ansteuerschaltung enthält einen Trennverstärker **162**, einen Operationsverstärker **164**, einen veränderbaren Widerstand **166** und einen Widerstand **168**. Der Operationsverstärker **164** nimmt über den veränderbaren Widerstand **166** und den Widerstand **168** eine Teilspannung von einer Versorgung entgegen. Ein Ausgangsanschluss des Operationsverstärkers **164** ist mit einem Versorgungsanschluss des Trennverstärkers **162** verbunden. Die Versorgungsspannung, deren Pegel durch den veränderbaren Widerstand **166** und den Operationsverstärker **164** bestimmt ist, wird dementspre-

chend dem Trennverstärker **162** zugeführt. Der Benutzer kann den Wert des veränderbaren Widerstands **166** durch Bedienen einer nicht gezeigten Wählmöglichkeit willkürlich einstellen.

[0135] Ein Eingangsanschluss des Trennverstärkers **162** empfängt ein Impulssignal Ps zur Ansteuerung der Platte **150** mit veränderbarem Lichtdurchlassgrad, die als eine Art Flüssigkristallbildschirm aufgebaut ist. Der Trennverstärker **162** moduliert die Amplitude des Impulssignals Ps als Reaktion auf die Versorgungsspannung, die von dem Operationsverstärker **164** zugeführt wird, und liefert das modulierte Pulssignal an die lichtdurchlässige Elektrode **152** (oder **154**).

[0136] Der linke und der rechte Lichtdurchlassgrad der Platte **150** mit veränderbarem Lichtdurchlassgrad wird jeweils mit einer Änderung der Amplitude des Ansteuersignals, das auf die lichtdurchlässigen Elektroden **152** und **154** gegeben wird, verändert. Der Wert des veränderbaren Widerstands **166** kann für die linke lichtdurchlässige Elektrode **152** und für die rechte lichtdurchlässige Elektrode **154** unabhängig eingestellt werden, so dass der linke und der rechte Lichtdurchlassgrad der Platte **150** mit veränderbarem Lichtdurchlassgrad unabhängig voneinander gesteuert werden können. Dieser Aufbau ermöglicht, die Helligkeit des Sehfeldes bei dem Auge, das das Anzeigebild sieht, bzw. bei dem Auge, das das Anzeigebild nicht sieht, zu steuern, wodurch leicht die Umgebung so eingestellt wird, dass eine Beobachtung der Bilder durch den Benutzer erleichtert wird.

[0137] In den obigen Ausführungsformen kann, soweit möglich, der ebene Halbspiegel oder der konkave Halbspiegel durch einen halbdurchlässigen Spiegel mit Polarisationsselektivität (beispielsweise einen polarisierenden Strahlteiler) ersetzt werden. Der Halbspiegel könnte folglich als ein halbdurchlässiger Spiegel ohne Polarisationsselektivität oder als ein halbdurchlässiger Spiegel mit Polarisationsselektivität verwirklicht sein.

[0138] Die teilweise lichtdurchlässige Siebplatte in den entsprechenden Ausführungsformen könnte mittels eines halbdurchlässigen Elements ohne Polarisationsselektivität oder mittels eines halbdurchlässigen Elements mit Polarisationsselektivität verwirklicht sein. Diese halbdurchlässigen Elemente sind vorzugsweise dünne Platten, obwohl auch Blöcke zulässig sind. Der Ausdruck „Platten“ hat hier eine weitgefaste Bedeutung, wobei sowohl nicht gewölbte Plattenelemente als auch gewölbte Plattenelemente eingeschlossen sind.

[0139] Der Reflexspiegel in den jeweiligen Ausführungsformen kann durch ein anderes optisches Element ersetzt werden, das eine reflektierende Oberfläche aufweist (beispielsweise ein Prisma). Außerdem

kann ein optisches Element, das eine polarisations-trennende Fläche aufweist, im Allgemeinen als polarisierender Strahlteiler benutzt werden.

[0140] Für die Bildanzeigemittel kann eine Vielfalt von Vorrichtungen, die von dem Flüssigkristallbildschirm **2** verschieden sind, Anwendung finden. Beispielsweise könnte stattdessen ein anderer Flachbildschirm, wie etwa ein Plasmabildschirm, benutzt werden.

[0141] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die obigen Ausführungsformen oder ihre modifizierten Beispiele beschränkt, sondern es könnte viele weitere Modifikationen, Abänderungen und Abwandlungen geben, ohne vom Rahmen der vorliegenden Erfindung wie durch die beigefügten Ansprüche definiert abzukommen.

Industrielle Anwendbarkeit

[0142] Die am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung ist als Anzeigevorrichtung von Computern oder als Anweisungen anzeigende Vorrichtung zur Unterstützung von Handbedienungen anwendbar.

Patentansprüche

1. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung, die am Kopf eines Benutzers angebracht werden kann, umfassend:
Bildanzeigemittel;
vergrößernde optische Mittel (**26**), um ein erstes Lichtstrahlenbündel, welches ein auf den Bildanzeigemitteln erzeugtes Bild darstellt, zu brechen und dadurch das Bild vergrößern, so dass ein vergrößertes virtuelles Bild erhalten wird, das von dem Benutzer mit einem seiner beiden Augen zu beobachten ist;
Bildkombinationsmittel (**18**), um das erste Lichtstrahlenbündel, welches das virtuelle Bild darstellt, gleichzeitig mit einem zweiten Lichtstrahlenbündel von einer Hintergrundansicht in das Auge des Benutzers eintreten zu lassen, wodurch das virtuelle Bild mit der Hintergrundansicht kombiniert wird, um ein zusammengesetztes Bild zu erzeugen; und
Umschaltmittel, um die vergrößernden optischen Mittel (**26**) und die Bildkombinationsmittel (**18**) zu verlagern, um einen Wechsel zwischen einem ersten Zustand, in dem das aus dem virtuellen Bild und der Hintergrundansicht zusammengesetzte Bild mit einem Auge des Benutzers beobachtet wird, und einem zweiten Zustand, in dem das zusammengesetzte Bild mit dem anderen Auge des Benutzers beobachtet wird, vorzunehmen, wobei die vergrößernden optischen Mittel (**26**) und die Bildkombinationsmittel (**18**) so angeordnet sind, dass das erste Lichtstrahlenbündel, das von den Bildanzeigemitteln abgestrahlt wird, durch die vergrößernden optischen Mittel (**26**) und die Bildkombinations-

mittel **(18)** in dieser Reihenfolge geht, bevor es das Auge des Benutzers erreicht;
wobei die am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung

dadurch gekennzeichnet ist, dass die Bildkombinationsmittel ungefähr in der Mitte einer Spannweite der am Kopf zu befestigenden Anzeigevorrichtung angeordnet sind, derart, dass sie ungefähr in der Mitte zwischen den Augen des Benutzers positioniert sind;
sie ferner Ablenkmittel **(50)** umfasst, um das erste Lichtstrahlenbündel, das von den Bildanzeigemitteln abgestrahlt wird, zu den vergrößernden optischen Mitteln **(26)** abzulenken; und die Umschaltmittel Formwandlermittel umfassen, um die vergrößernden optischen Mittel **(26)** und die Bildkombinationsmittel **(18)** an im Voraus festgelegte stationäre Positionen zu bewegen, die dem ersten Zustand bzw. dem zweiten Zustand entsprechen, und um die Form der Ablenkmittel **(50)** durch die Bewegung so zu verändern, dass eine Richtung der Ablenkung durch die Ablenkmittel **(50)** zu den Positionen der vergrößernden optischen Mittel **(26)** und der Bildkombinationsmittel **(18)** passt.

2. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Ablenkmittel **(50)** im Wesentlichen parallel zwei reflektierende Oberflächen **(23, 24)** umfassen; und die Formwandlermittel Mittel zur Veränderung eines Winkels der zwei reflektierenden Oberflächen **(23, 24)**, der für den ersten Zustand bzw. den zweiten Zustand passend ist, umfassen.

3. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Ablenkmittel erste und zweite reflektierende Oberflächen **(23, 24)**, die fest sind und das erste Lichtstrahlenbündel zu entsprechenden Positionen der vergrößernden optischen Mittel **(26)** in dem ersten Zustand bzw. in dem zweiten Zustand reflektieren, und eine drehbare, dritte reflektierende Oberfläche **(31)** umfassen; und die Formwandlermittel Mittel zur Veränderung eines Winkels der dritten reflektierenden Oberfläche **(31)**, der für den ersten Zustand bzw. den zweiten Zustand passend ist, umfassen.

4. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung, die am Kopf eines Benutzers angebracht werden kann, umfassend:
Bildanzeigemittel;
vergrößernde optische Mittel **(26)**, um ein erstes Lichtstrahlenbündel, welches ein auf den Bildanzeigemitteln erzeugtes Bild darstellt, zu brechen und dadurch das Bild zu vergrößern, so dass ein vergrößertes virtuelles Bild erhalten wird, das von dem Benutzer mit einem seiner beiden Augen zu beobachten ist;
Bildkombinationsmittel **(18)**, um das erste Lichtstrahlenbündel, welches das virtuelle Bild darstellt, gleichzeitig mit einem zweiten Lichtstrahlenbündel von ei-

ner Hintergrundansicht in das Auge des Benutzers eintreten zu lassen, wodurch das virtuelle Bild mit der Hintergrundansicht kombiniert wird, um ein zusammengesetztes Bild zu erzeugen; und Umschaltmittel, um die vergrößernden optischen Mittel **(26)** und die Bildkombinationsmittel **(18)** zu verlagern, um einen Wechsel zwischen einem ersten Zustand, in dem das aus dem virtuellen Bild und der Hintergrundansicht zusammengesetzte Bild mit einem Auge des Benutzers beobachtet wird, und einem zweiten Zustand, in dem das zusammengesetzte Bild mit dem anderen Auge des Benutzers beobachtet wird, vorzunehmen, wobei die vergrößernden optischen Mittel **(26)** und die Bildkombinationsmittel **(18)** so angeordnet sind, dass das erste Lichtstrahlenbündel, das von den Bildanzeigemitteln abgestrahlt wird, durch die vergrößernden optischen Mittel **(26)** und die Bildkombinationsmittel **(18)** in dieser Reihenfolge geht, bevor es das Auge des Benutzers erreicht;
wobei die am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, dass die Bildanzeigemittel ungefähr in der Mitte einer Spannweite der am Kopf zu befestigenden Anzeigevorrichtung angeordnet sind, derart, dass sie ungefähr in der Mitte zwischen den Augen des Benutzers positioniert sind;
sie ferner Reflexionsmittel **(80)** umfasst, die eine erste **(34)** und eine zweite **(35)** reflektierende Oberfläche aufweisen, die fest sind und das erste Lichtstrahlenbündel, das von den Bildanzeigemitteln abgestrahlt wird, in Richtung entsprechender Positionen der vergrößernden optischen Mittel **(26)** in dem ersten Zustand bzw. dem zweiten Zustand reflektieren; und die Umschaltmittel die Abstrahlungsrichtung umschaltende Mittel umfassen, um die vergrößernden optischen Mittel **(26)** und die Bildkombinationsmittel **(18)** zu entsprechenden im Voraus festgelegten stationären Positionen zu bewegen, die dem ersten Zustand bzw. dem zweiten Zustand entsprechen, und um eine Abstrahlungsrichtung des ersten Lichtstrahlenbündels von den Bildanzeigemitteln durch die Bewegung so zu verändern, dass das erste Lichtstrahlenbündel entweder von der ersten reflektierenden Oberfläche **(34)** oder von der zweiten reflektierenden Oberfläche **(35)** reflektiert wird.

5. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 4, wobei die die Abstrahlungsrichtung umschaltenden Mittel die Bildanzeigemittel drehen.

6. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner ein teildurchlässiges Element **(37)** umfassend, das vor dem Auge angeordnet ist, das nicht der Beobachtung des virtuellen Bildes dient; und wobei der Lichtdurchlassgrad des teildurchlässigen Elements **(37)** in einem Bereich von ungefähr 0,7- bis 1,3-mal dem Lichtdurchlassgrad der Bildkombinationsmittel **(18)** ist.

7. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das erste Lichtstrahlenbündel polarisiertes Licht ist; die Bildkombinationsmittel einen polarisierenden Strahlteiler (**39**) umfassen, der sich so verhält, dass er eine polarisierte Lichtkomponente des ersten Lichtstrahlenbündels reflektiert; die am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung ferner ein teildurchlässiges Element (**40**) umfasst, das so angeordnet ist, dass es jenseits des polarisierenden Strahlteilers (**39**) dem Benutzer gegenüberliegt; und das teildurchlässige Element (**40**) eine Größe aufweist, die Sichtfelder eines virtuellen Bildes für beide Augen des Benutzers abdeckt, und sich so verhält, dass es nur polarisiertes Licht hindurchlässt, das aus einem Lichtstrahlenbündel von einer Hintergrundansicht stammt und das durch den polarisierenden Strahlteiler (**39**) gehen kann.

8. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Anzeigevorrichtung ferner ein teildurchlässiges Element umfasst, das vor dem Auge angeordnet ist, das nicht dazu dient, das virtuelle Bild zu beobachten; und wobei die Umschaltmittel Mittel umfassen, um das teildurchlässige Element (**110**) in einer Richtung zu bewegen, die zu den vergrößernden optischen Mitteln (**92**) entgegengesetzt ist.

9. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder nach Anspruch 8, wobei die Bildkombinationsmittel (**18**, **142**) und die vergrößernden optischen Mittel (**92**, **98**) so angeordnet sind, dass das erste Lichtstrahlenbündel, das von den Bildanzeigemitteln abgestrahlt wird, wenigstens einmal durch die Bildkombinationsmittel (**18**, **142**) und die vergrößernden optischen Mittel (**92**, **98**) in dieser Reihenfolge hindurchgeht, bevor es das Auge des Benutzers erreicht, wobei die vergrößernden optischen Mittel (**92**, **98**) so beschaffen sind, dass sie die Hintergrundansicht nicht vergrößern.

10. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 9, wobei die vergrößernden optischen Mittel (**92**) einen Konkavspiegel umfassen; und die Bildkombinationsmittel (**18**, **142**) und die vergrößernden optischen Mittel (**92**) so angeordnet sind, dass das erste Lichtstrahlenbündel noch einmal durch die Bildkombinationsmittel (**18**, **142**) hindurchgeht, nachdem es von dem Konkavspiegel reflektiert worden ist und bevor es das Auge des Benutzers erreicht.

11. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 10, wobei der Konkavspiegel ein konkaver Halbspiegel ist; die Bildkombinationsmittel (**18**) einen ebenen Halbspiegel umfassen; und der konkave Halbspiegel so angeordnet ist, dass er

jenseits des ebenen Halbspiegels dem Benutzer gegenüberliegt.

12. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 10, wobei der Konkavspiegel ein konkaver Halbspiegel ist; die Bildkombinationsmittel (**18**, **142**) einen ebenen Halbspiegel umfassen; und der konkave Halbspiegel so angeordnet ist, dass er jenseits des ebenen Halbspiegels den Bildanzeigemitteln gegenüberliegt, so dass das erste Lichtstrahlenbündel, nachdem es von dem konkaven Halbspiegel reflektiert worden ist, von dem ebenen Halbspiegel reflektiert wird, bevor es das Auge des Benutzers erreicht.

13. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Bildkombinationsmittel (**142**) einen polarisierenden Strahlteiler umfassen, der wenigstens einen Teil des polarisierten Lichts aus dem ersten Lichtstrahlenbündel, das von den Bildanzeigemitteln abgestrahlt wird, hindurchlässt, und wobei die am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung ferner umfasst: eine $\lambda/4$ -Platte (**144**), die zwischen dem polarisierenden Strahlteiler und dem Konkavspiegel eingefügt ist; und ein teildurchlässiges Element (**146**), das so angeordnet ist, dass es jenseits des polarisierenden Strahlteilers dem Benutzer gegenüberliegt, wobei ein teildurchlässiges Element (**146**) eine Größe aufweist, die die Sichtfelder eines virtuellen Bildes für beide Augen des Benutzers abdeckt, und sich so verhält, dass es polarisiertes Licht hindurchlässt, das durch den polarisierenden Strahlteiler gehen kann.

14. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 9, wobei die am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung ferner umfasst: ein erstes teildurchlässiges Element (**96**, **110**, **132**, **136**, **146**), das so angeordnet ist, dass es dem Benutzer jenseits der Bildkombinationsmittel gegenüberliegt.

15. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 14, ferner umfassend: ein zweites teildurchlässiges Element (**138**), das vor dem Auge angeordnet ist, das nicht dazu dient, das virtuelle Bild zu beobachten; wobei das erste teildurchlässige Element (**136**) einen höheren Lichtdurchlassgrad als das zweite teildurchlässige Element (**138**) aufweist.

16. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 15, wobei die Beziehungen zwischen dem ersten (**136**) und dem zweiten (**138**) teildurchlässigen Element und den Augen des Benutzers vertauscht werden können, indem die Konfiguration der Anbringung des ersten (**136**) und des zweiten (**138**) Elements an die am Kopf zu befestigende Anzeige-

vorrichtung verändert wird.

17. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Bildkombinationsmittel (**18, 142**) eine Größe aufweisen, die die Sehfelder der jeweiligen virtuellen Bilder für beide Augen des Benutzers abdeckt; und die Umschaltmittel Mittel zum Verlagern der vergrößernden optischen Mittel (**92, 98**) umfassen, um dadurch einen Wechsel zwischen dem ersten Zustand und dem zweiten Zustand in der Weise vorzunehmen, dass eine Positionsbeziehung zwischen den Bildanzeigemitteln und den vergrößernden optischen Mitteln (**92, 98**) in dem ersten Zustand und in dem zweiten Zustand im Wesentlichen unverändert beibehalten wird.

18. Am Kopf zu befestigende Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Bildkombinationsmittel (**18, 142**) eine Größe aufweisen, die ein Sehfeld eines virtuellen Bildes für ein Auge des Benutzers abdeckt, jedoch nicht ein Sehfeld eines virtuellen Bildes für das andere Auge abdeckt; und die Umschaltmittel Mittel zum Verlagern der vergrößernden optischen Mittel (**92, 98**) und den Bildkombinationsmitteln (**18, 142**) umfassen und dadurch einen Wechsel zwischen dem ersten Zustand und dem zweiten Zustand in der Weise vornehmen, dass Positionsbeziehungen zwischen den Bildanzeigemitteln, den vergrößernden optischen Mitteln (**92, 98**) und den Bildkombinationsmitteln (**18, 142**) in dem ersten Zustand und in dem zweiten Zustand im Wesentlichen unverändert beibehalten werden.

19. Am Kopf zu befestigende Anzeigevorrichtung nach Anspruch 9, ferner umfassend:
ein teildurchlässiges Element (**110, 138**), das vor dem Auge angeordnet ist, das nicht dazu dient, das virtuelle Bild zu beobachten;
wobei das teildurchlässige Element (**110, 138**) einen Lichtdurchlassgrad aufweist, der im Wesentlichen dem Lichtdurchlassgrad der Bildkombinationsmittel (**18, 142**) gleich ist.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

Fig. 1(a)

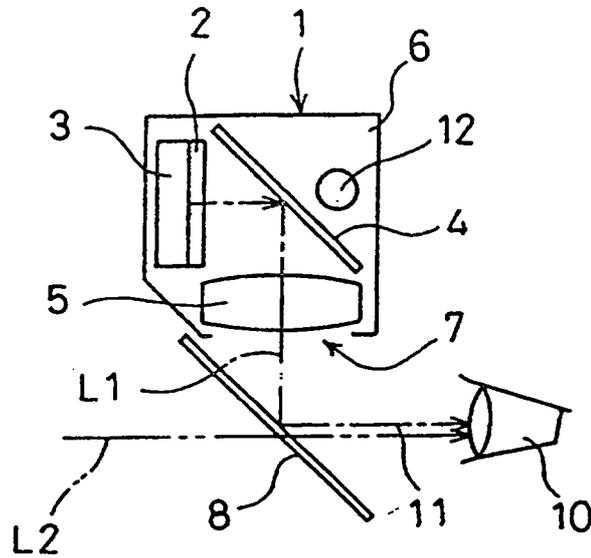


Fig. 1(b)

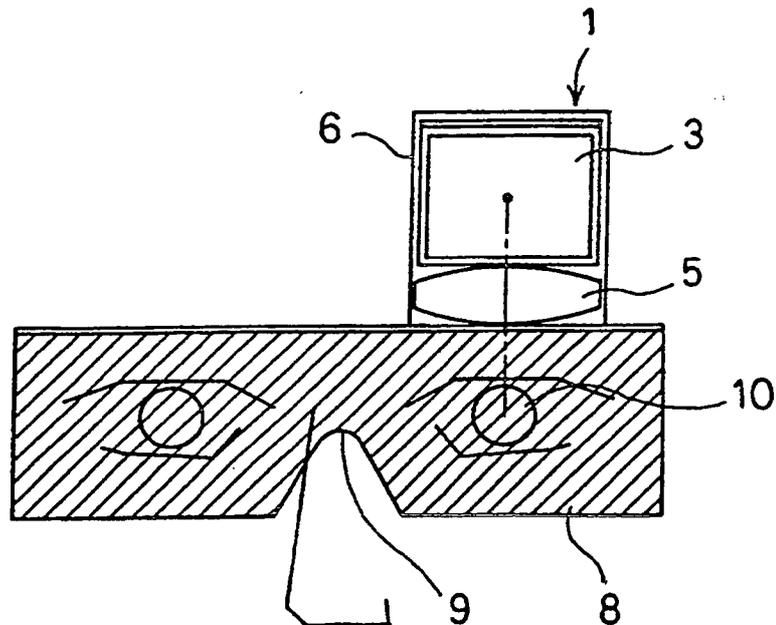


Fig. 2

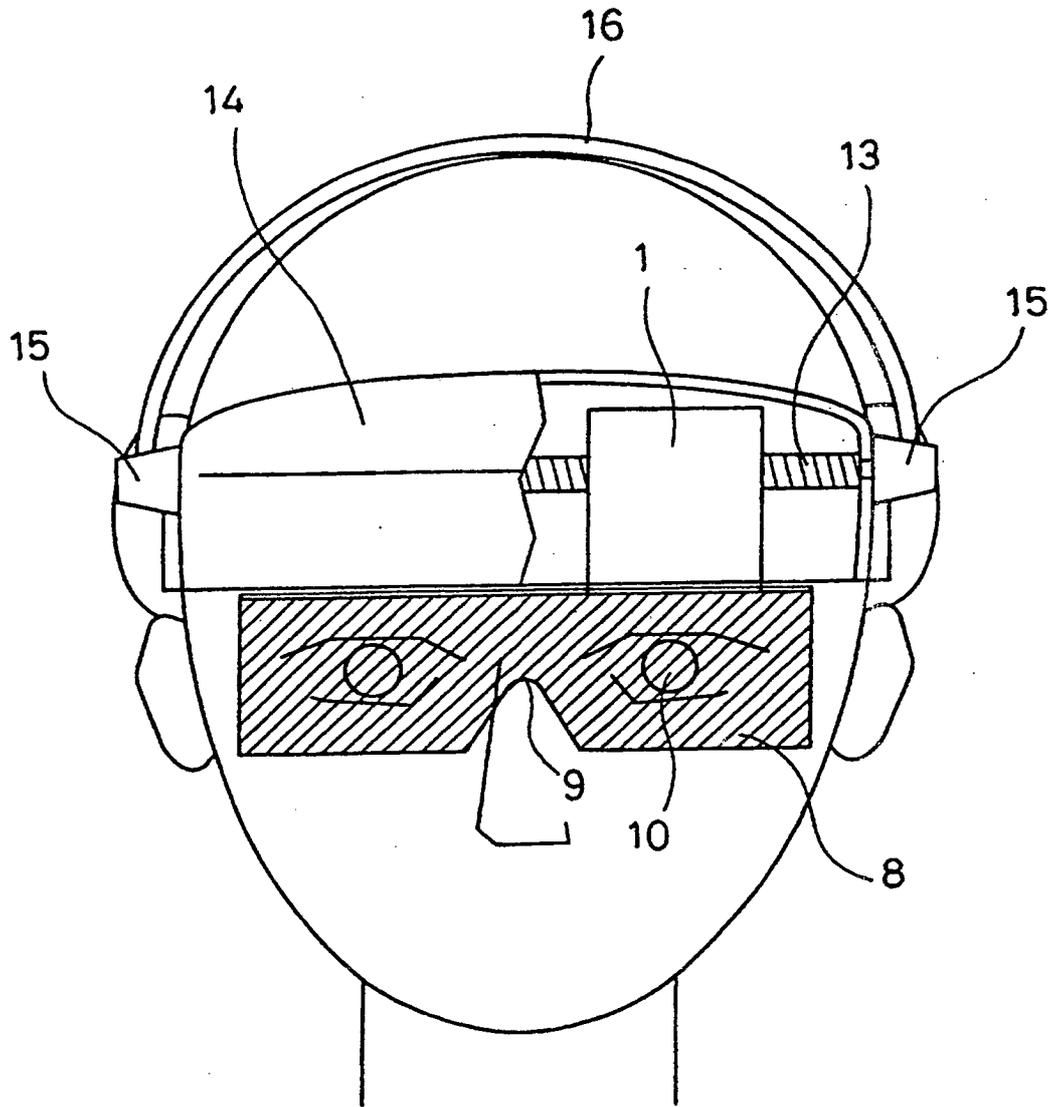


Fig. 3(a)

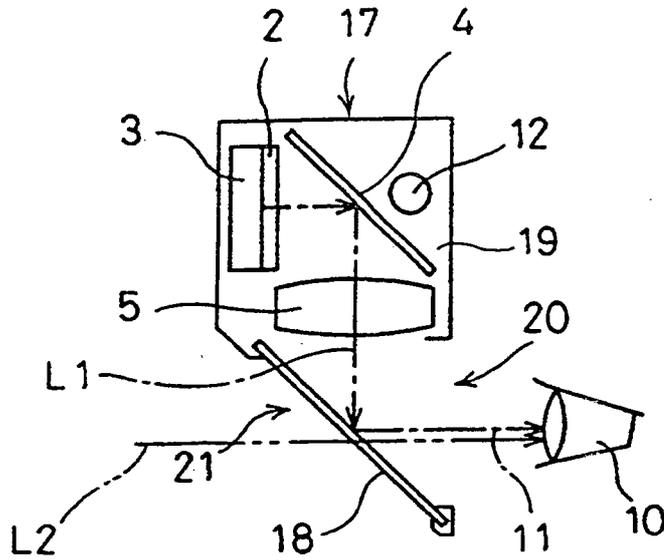


Fig. 3(b)

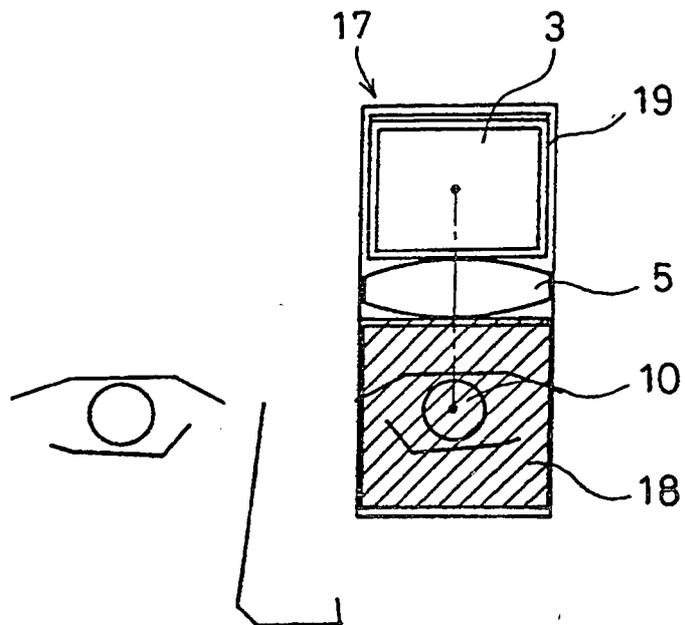


Fig. 4

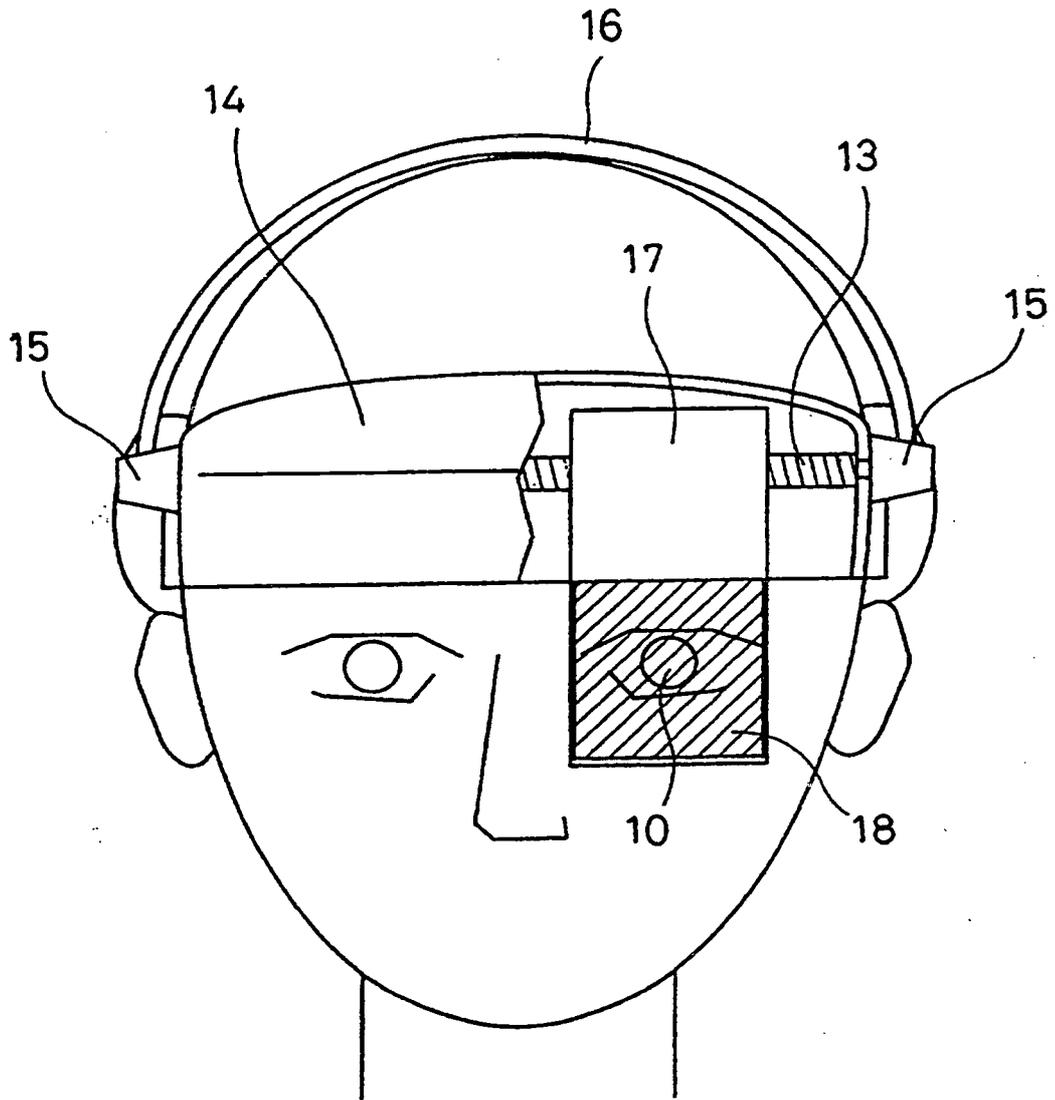


Fig. 5(a)

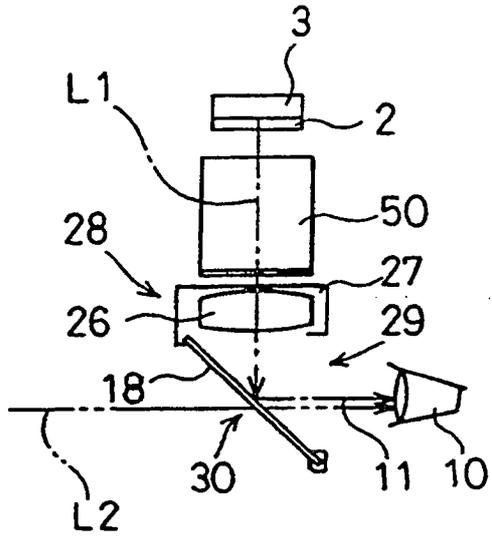


Fig. 5(b)

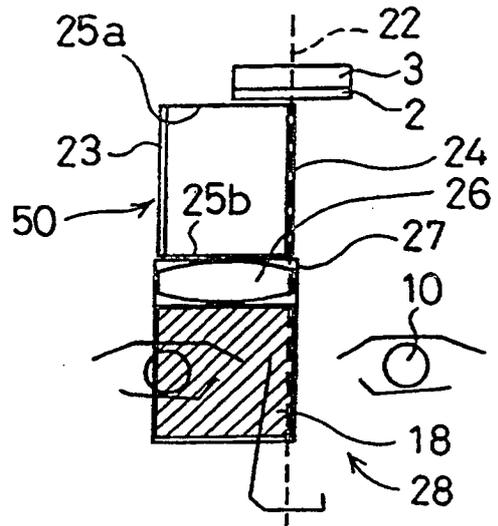


Fig. 5(c)

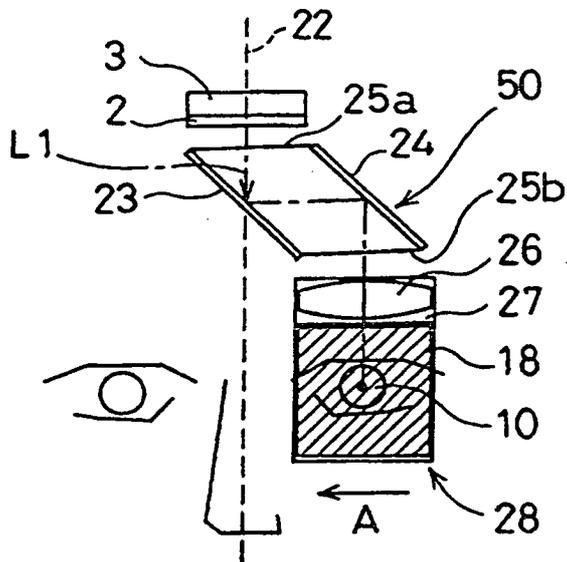


Fig. 5(d)

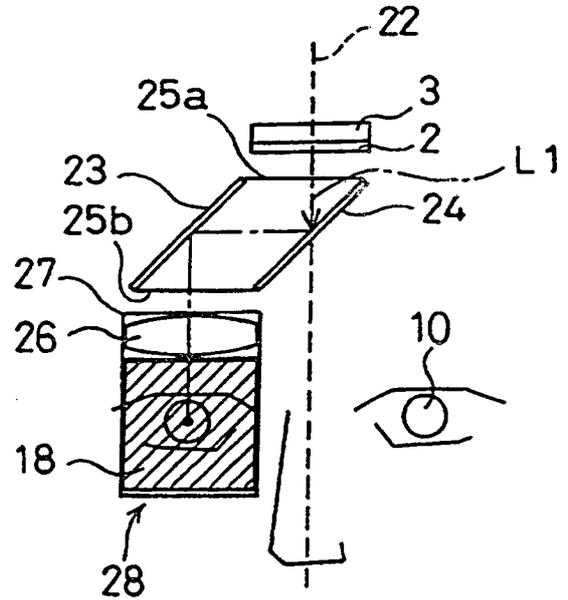


Fig. 6

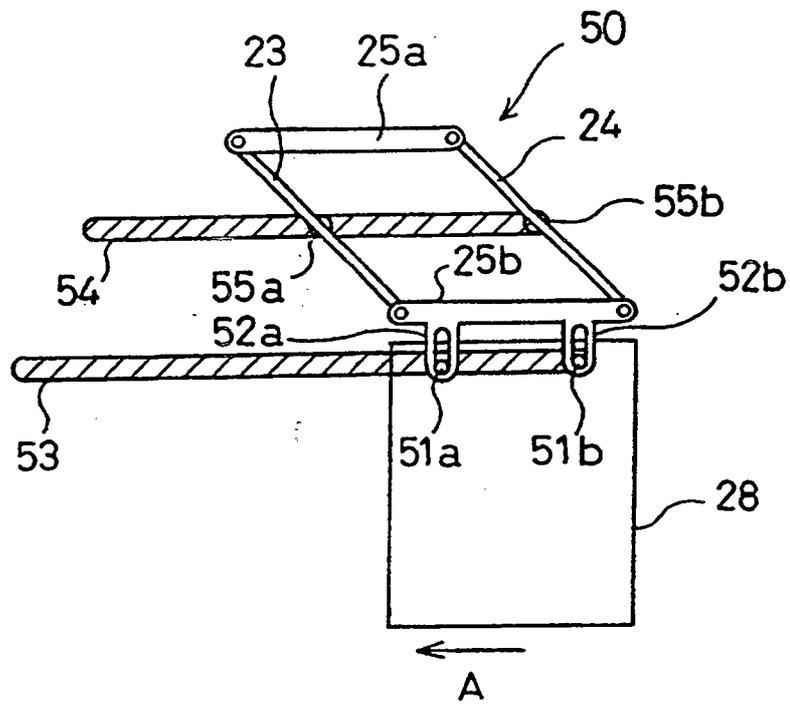


Fig. 7(a)

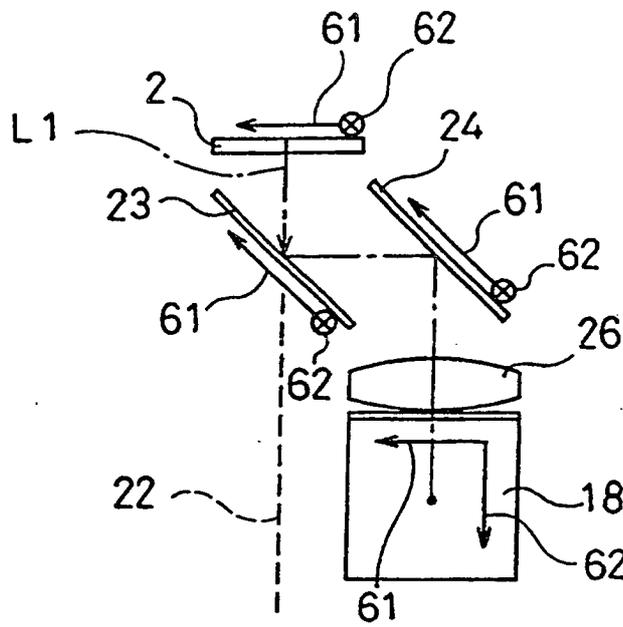


Fig. 7(b)

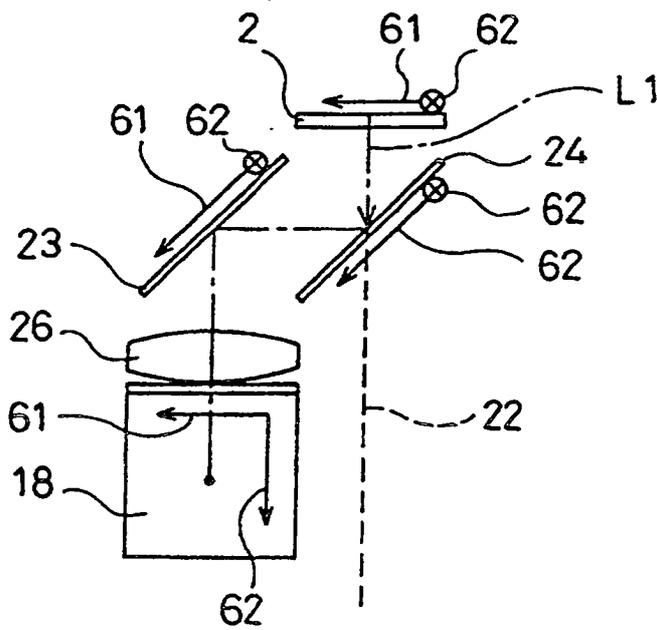


Fig. 8(a)

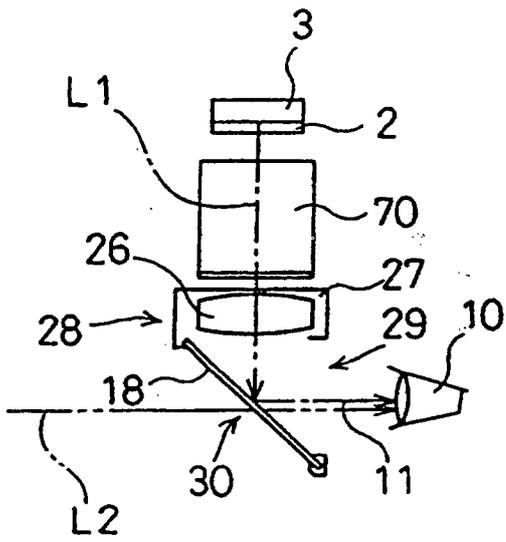


Fig. 8(b)

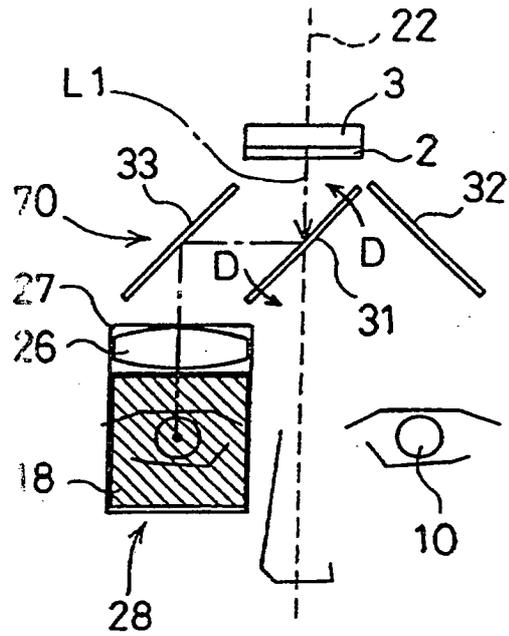


Fig. 8(c)

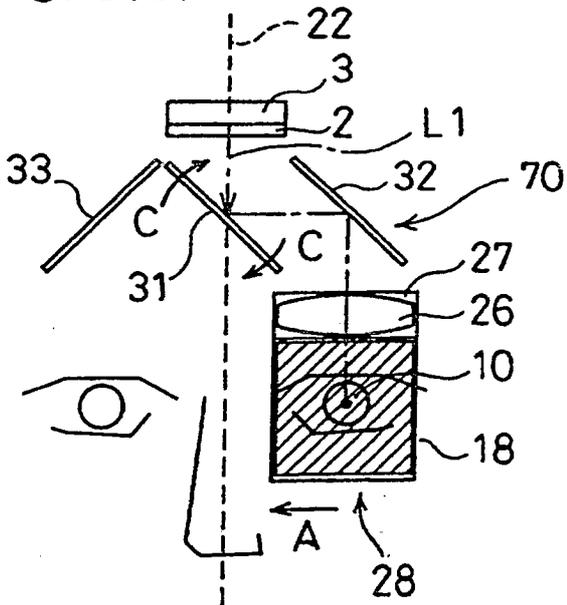


Fig. 9

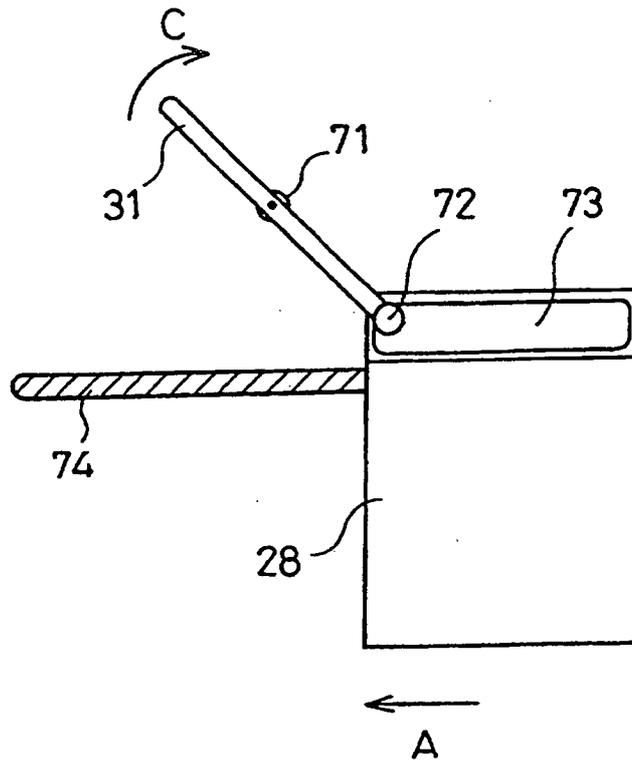


Fig. 10(a)

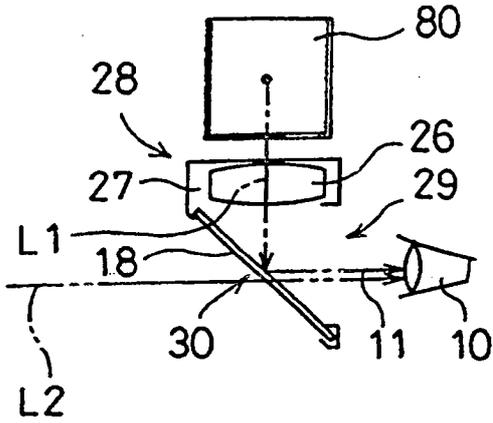


Fig. 10(b)

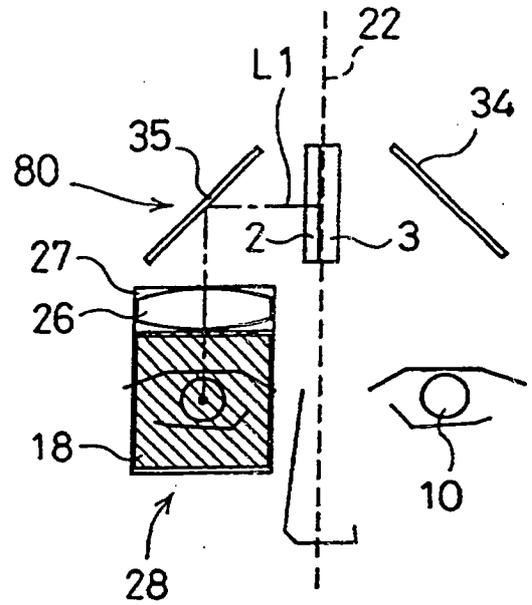


Fig. 10(c)

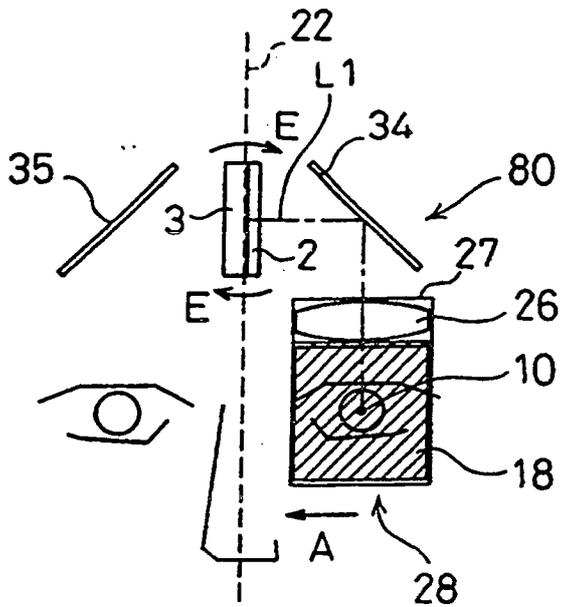


Fig. 11(a)

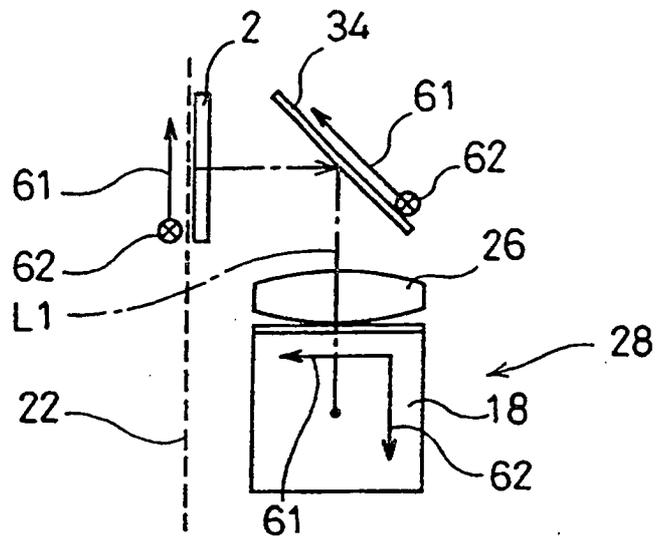


Fig. 11(b)

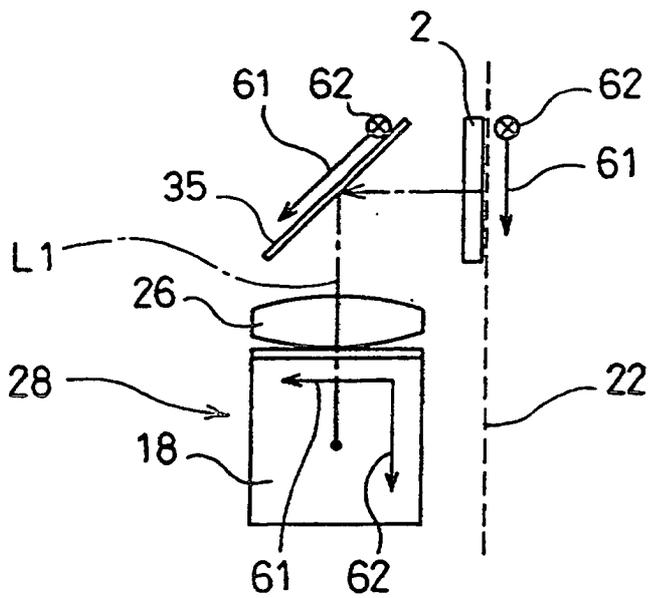


Fig. 12

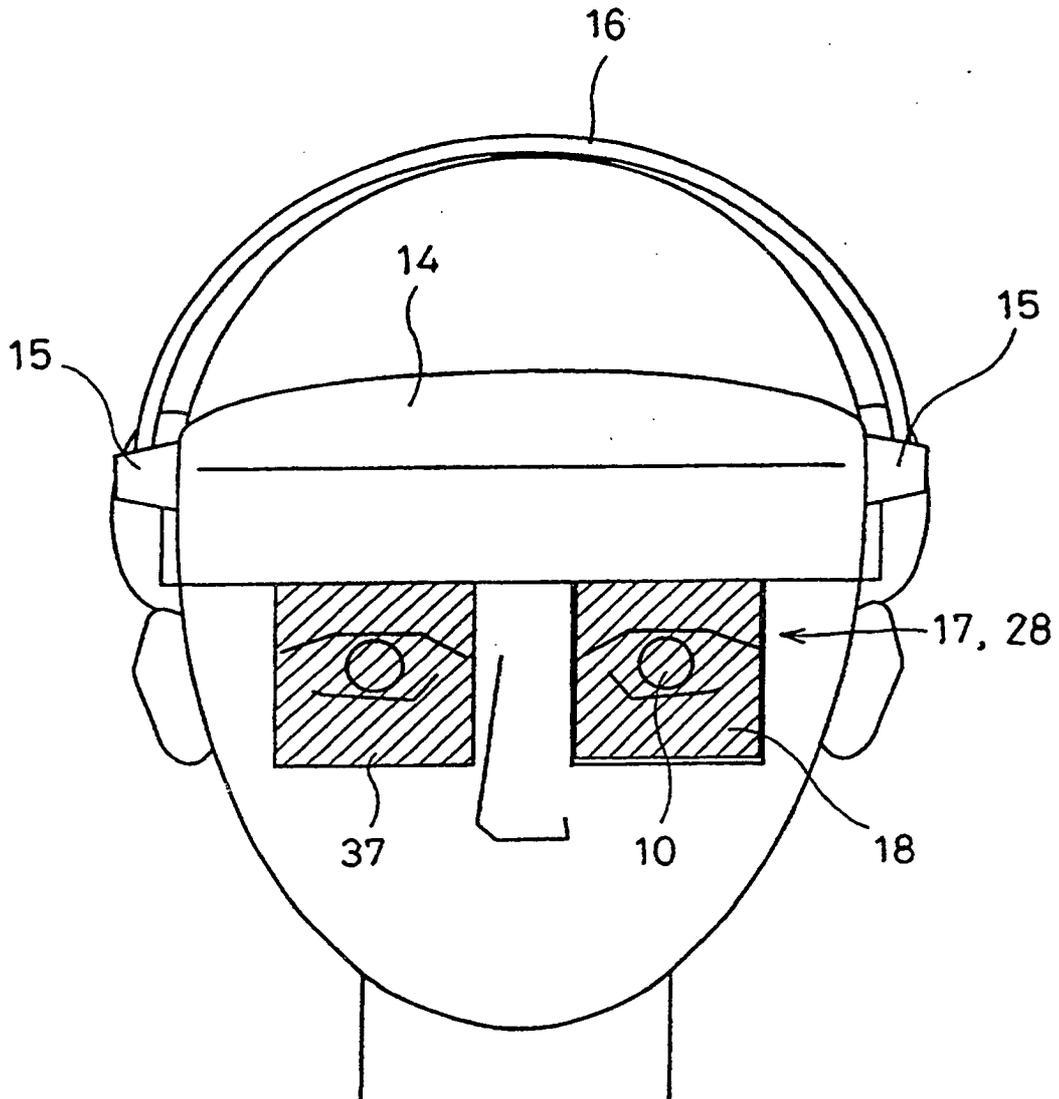


Fig. 13(a)

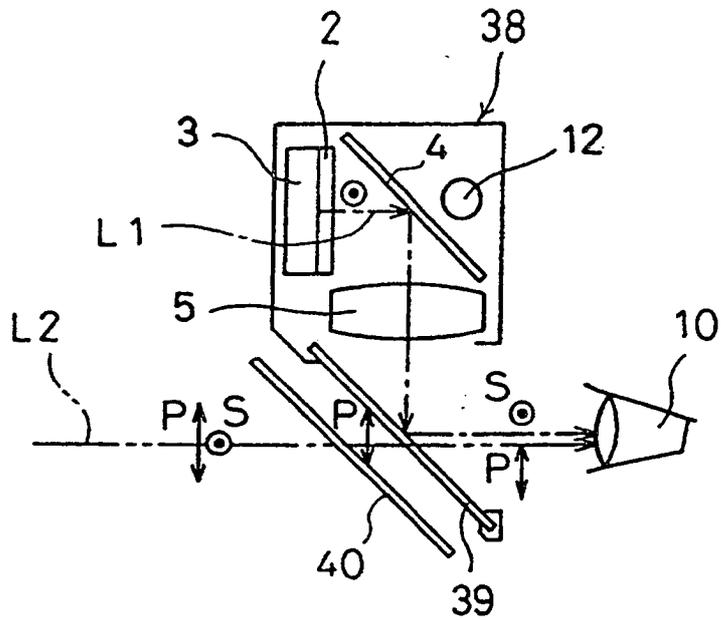


Fig. 13(b)

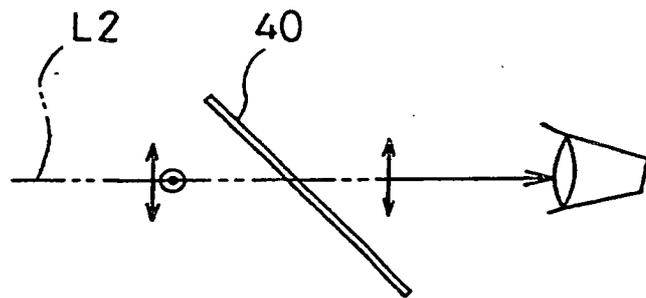


Fig. 14

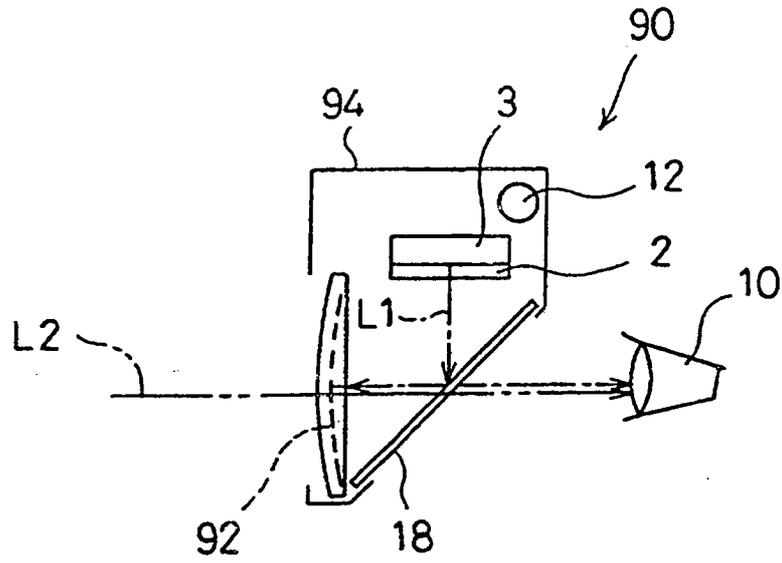


Fig. 15

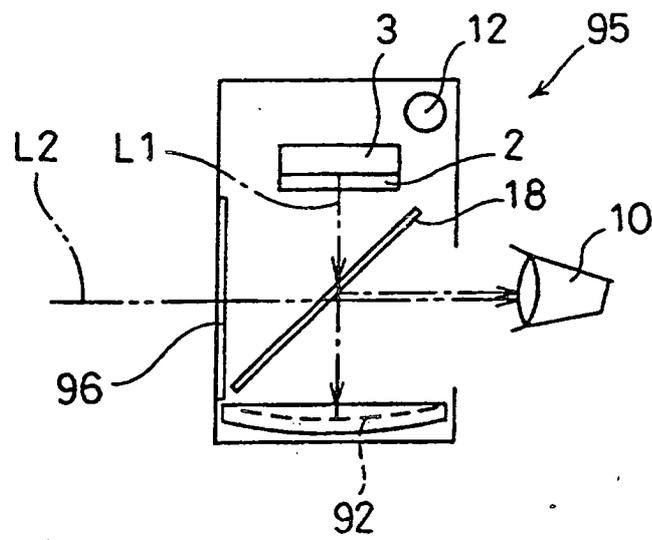


Fig. 16(a)

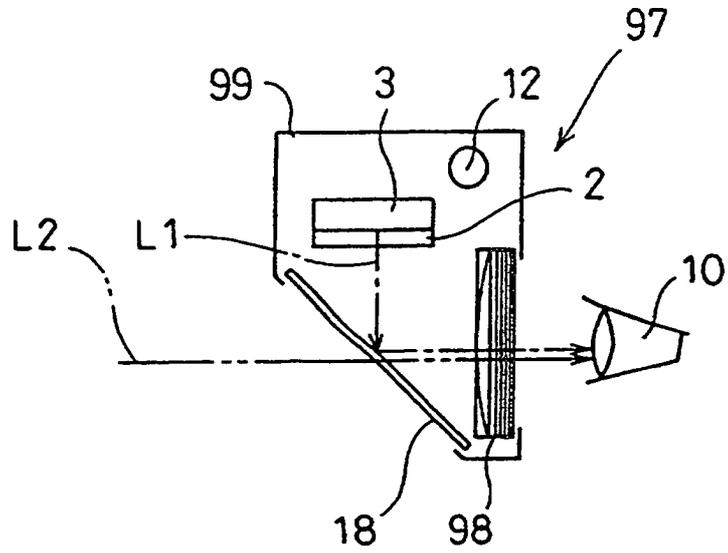


Fig. 16(b)

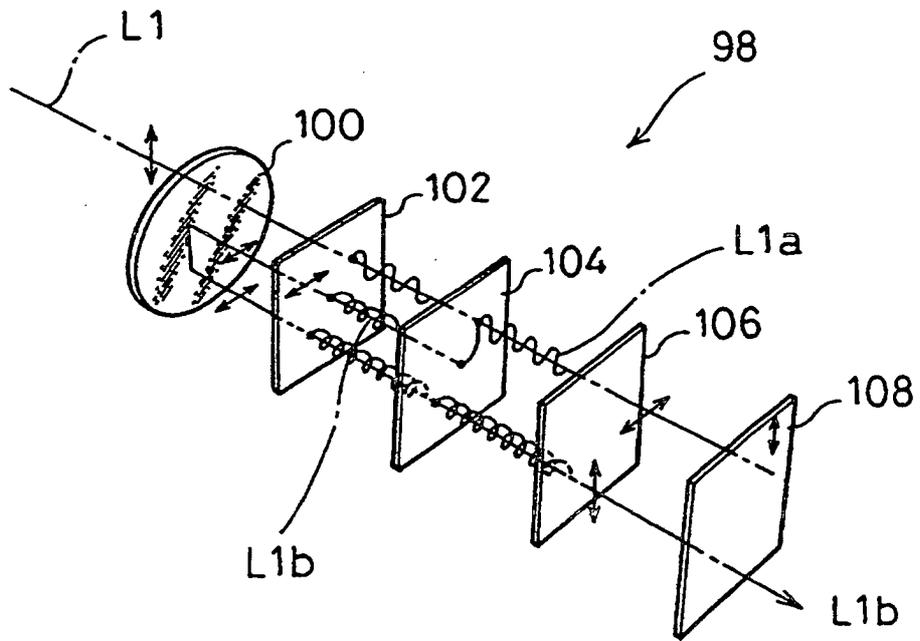


Fig. 17(a)

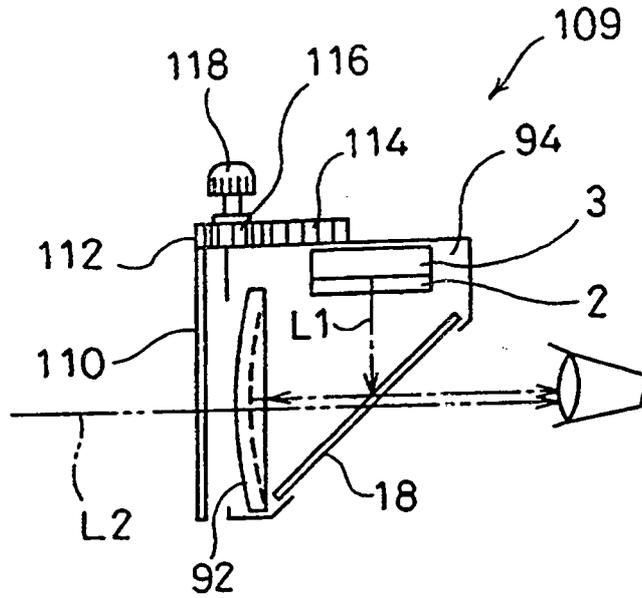


Fig. 17(b)

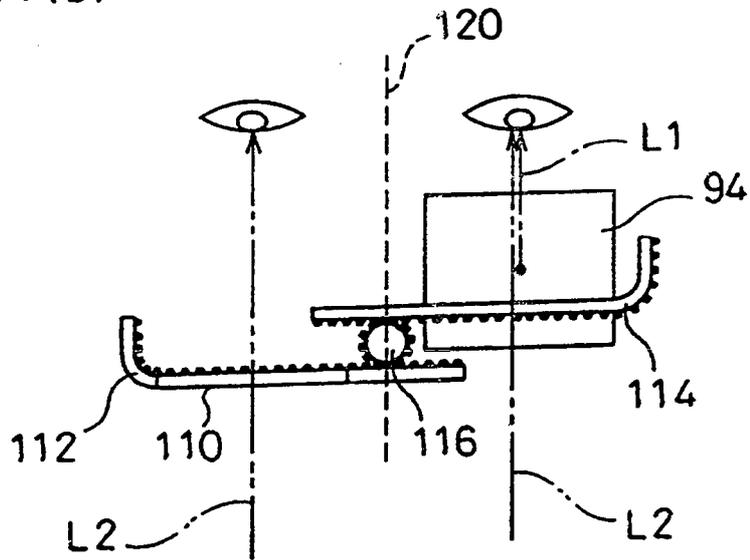


Fig. 18(a)

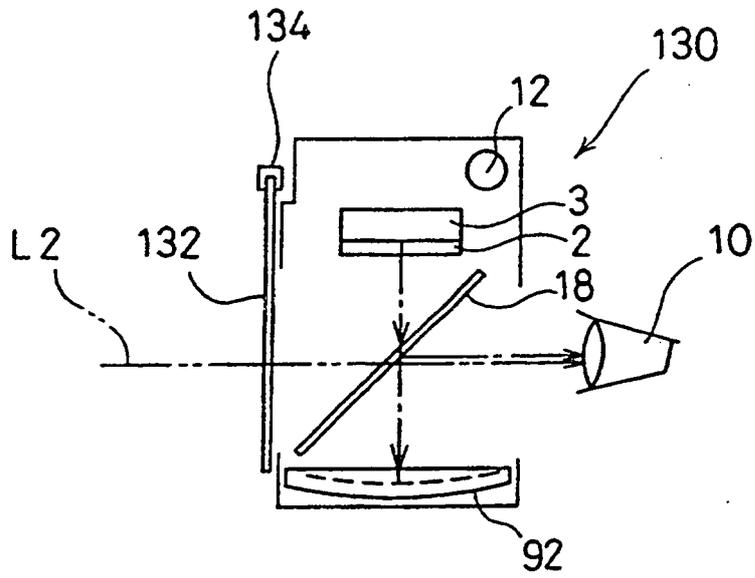


Fig. 18(b)

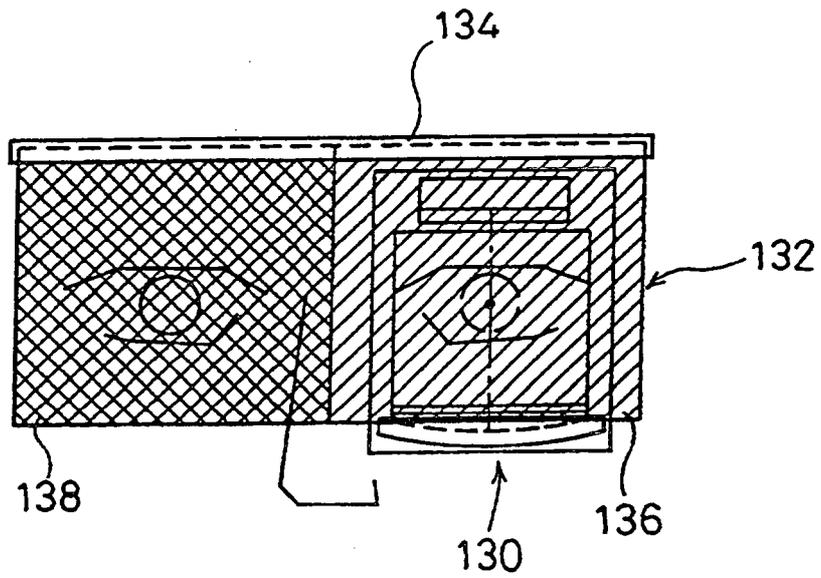


Fig. 19

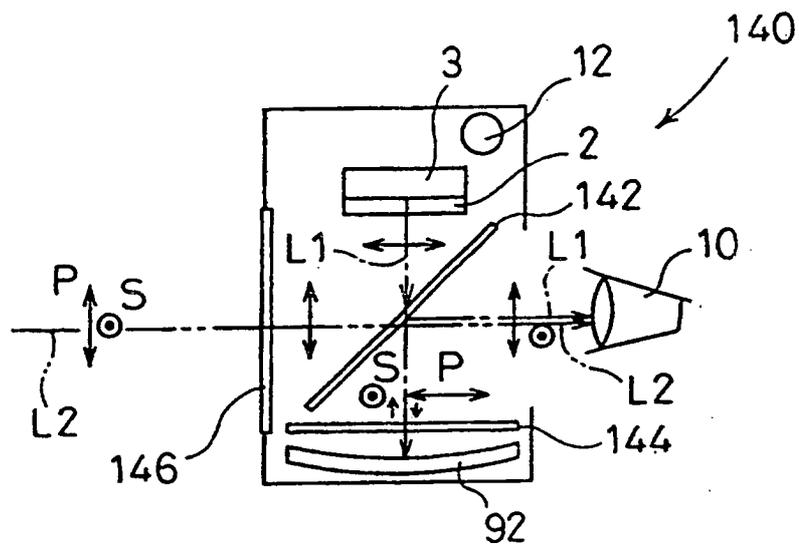


Fig. 20

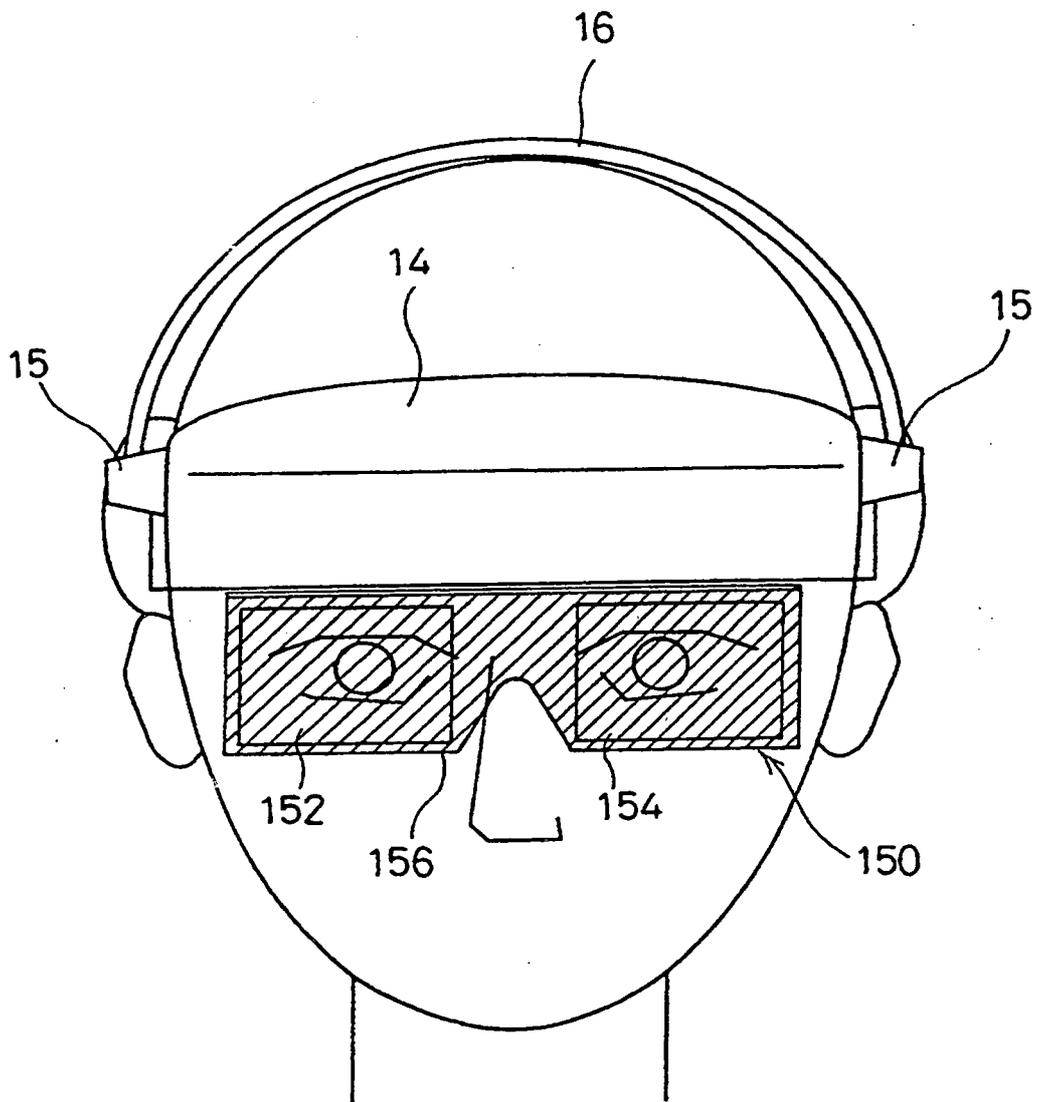


Fig. 21

