



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 31 140 T2 2004.04.08**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 718 645 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 31 140.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 309 259.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.12.1995**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.06.1996**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.04.2004**

(51) Int Cl.7: **G02B 5/30**

G02B 27/01, G02F 1/09

(30) Unionspriorität:

31484294 19.12.1994 JP

7550195 31.03.1995 JP

23136895 08.09.1995 JP

(73) Patentinhaber:

Sharp K.K., Osaka, JP

(74) Vertreter:

Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Yamanaka, Atsushi, Chiba-shi, Chiba, JP

(54) Bezeichnung: **Optische Vorrichtung und diese verwendende am Kopf montierte Anzeige**

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft eine optische Vorrichtung zur Verwendung in einer Bildanzeigevorrichtung, und insbesondere betrifft sie eine kleine, leichte optische Vorrichtung mit einem optischen System mit superweitem Winkel sowie ein mit dieser optischen Vorrichtung versehenes, am Kopf zu montierendes Display.

[0002] In jüngerer Zeit bestand zunehmendes Interesse an am Kopf zu montierenden Displayeinheiten als Einrichtungen zum Liefern visueller Information für Virtual Reality und zum Realisieren einer Fernsteuerung verschiedener Arten von Robotern. Die wesentlichen Erfordernisse derartiger Displayeinheiten sind die folgenden: sie müssen über eine Erkennbarkeit innerhalb eines großen Winkelbereichs und hohe Auflösung verfügen, die dazu ausreicht, visuelle Information mit Echtheit und Umgebung zu liefern, und sie müssen hinsichtlich der Größe und des Gewichts ausreichend minimiert sein, um an einem Teil des Körpers, insbesondere dem Kopf, getragen zu werden. Ein am Kopf zu montierendes Display verfügt über ein brillenartiges Gehäuse, das am Kopf zu tragen ist. Das Gehäuse enthält, in jedem seiner Linsenteile, eine Hintergrundbeleuchtung, eine Flüssigkristalltafel (Flüssigkristalldisplay) und eine Linse, die in der beschriebenen Reihenfolge von außen her angeordnet sind. Der Benutzer sieht auf der Flüssigkristalltafel innerhalb des genannten am Kopf zu montierenden Displays ein vergrößertes Bild in solcher Weise, als würde er das Bild auf einem großen Schirm sehen.

[0003] Einhergehend mit den schnellen Fortschritten bei der Entwicklung verschiedener Flüssigkristalle in den letzten Jahren wurden kleine Flüssigkristalltafeln hoher Qualität zur Verwendung in am Kopf zu montierenden Displayeinheiten geliefert. Jedoch wurde hinsichtlich der Verringerung der Größe und des Gewichts eine optische Vorrichtung, die eine andere Hauptkomponente eines am Kopf zu montierenden Displays ist, unzureichend entwickelt.

[0004] Andererseits finden am Kopf zu montierende Displayeinheiten, wie sie bisher hauptsächlich bei industriellen Anwendungen und Versuchsanwendungen für Virtual Reality verwendet wurden, nun zunehmende Nachfrage bei Heim-Videospielen und VTR-Displayeinheiten. Demgemäß wird ferner das Einsparen von Größe und Gewicht bei am Kopf zu montierenden Displayeinheiten energisch gefordert.

[0005] Um die oben genannten Probleme zu lösen, wurde in der japanischen Patentoffenlegungsveröffentlichung Nr. 6-59217 eine Technik vorgeschlagen. Ein am Kopf zu montierendes Display verfügt über ein an seiner Oberseite angeordnetes Flüssigkristalldisplay, von dem aus Licht L läuft, das durch einen halbtransparenten Spiegel nach hinten reflektiert wird und dann durch einen Konkavspiegel vergrößert wird und zurück zum Auge des Betrachters reflektiert wird. Im obigen Fall wird das Licht zwischen dem halbtransparenten Spiegel und dem Konkavspiegel geknickt, wodurch die verwendete optische Vorrichtung verringerte Größe im Vergleich zu einer linear aufgebauten Vorrichtung aufweisen kann.

[0006] Die bekannte Vorrichtung mit der oben angeordneten Flüssigkristalltafel zeigt jedoch den Nachteil, dass eine Größenverringerng nur bei verringertem Erkennbarkeitswinkel realisiert werden kann. D.h., dass zum Erhöhen des Erkennbarkeitswinkels zum Erzielen visueller Information mit hohem Grad des Vertieftseins ein halbtransparenter Spiegel mit größeren Abmessungen vor der Flüssigkristalltafel verwendet werden muss, wodurch die Gesamtdicke des am Kopf zu montierenden Displays zunimmt und so den Größenverringereffekt der optischen Vorrichtung aufhebt. Im obigen Fall ist der Erkennbarkeitswinkel für einen Betrachter auf nicht mehr als 90° beschränkt, da die Augen des Betrachters nicht näher als es dem halbtransparenten Spiegel entspricht, zum Konkavspiegel hin gebracht werden können.

[0007] Um das Problem des Einsparens von Größe und Gewicht eines am Kopf zu montierenden Displays zu lösen, ist in der japanischen Patentoffenlegungsveröffentlichung Nr. 1-133479 eine bekannte Vorrichtung offenbart. Diese am Kopf zu montierende Vorrichtung verfügt über ein an seiner Oberseite angeordnetes Flüssigkristalldisplay, von dem Licht L durch einen planen Reflexionsspiegel nach außen abgelenkt wird, durch einen Konkavspiegel vergrößert und reflektiert wird und dann ins Auge eintritt. In diesem Fall wird das Licht zwischen dem planen Reflexionsspiegel und dem Konkavspiegel geknickt, wodurch die verwendete optische Vorrichtung verringerte Größe im Vergleich mit einer linear aufgebauten Vorrichtung aufweisen kann.

[0008] Die bekannte Vorrichtung mit einer an der Oberseite angeordneten Flüssigkristalltafel zeigt jedoch den Nachteil, dass eine Größenverringerng nur mit verringertem Erkennbarkeitswinkel erzielt werden kann. D.h., dass zum Erhöhen des Erkennbarkeitswinkels zum Erzielen visueller Information mit hohem Grad des Vertieftseins ein halbtransparenter Spiegel mit größeren Abmessungen vor der Flüssigkristalltafel verwendet werden muss, wodurch die Gesamtdicke des am Kopf zu montierenden Displays zunimmt und demgemäß den Größeneinsparungseffekt der optischen Vorrichtung aufhebt.

[0009] Eine optische Vorrichtung zur Verwendung in einem am Kopf zu montierenden Display muss nicht nur kompakt und ausreichend leicht sein, um einfach am Kopf eines Benutzers getragen werden zu können, sondern es muss auch über einen großen Erkennbarkeitswinkel und eine kurze Brennweite verfügen, um den Betrachter mit einem lebendigen Bild zu versorgen. Eine bekannte Technik, die zum Lösen des oben genannten Problems vorgesehen ist, ist in der japanischen Patentoffenlegungsveröffentlichung Nr. 1-126620 und in der

Zeitschrift "VR news", Vol. 3, Ausgabe 2, März 1994 offenbart. Diese Vorrichtung ist jedoch hinsichtlich ihre technischen Funktionsvermögens schlecht. Ein Display zeigt ein Bild an, von dem aus Lichtstrahlen durch ein Zirkularpolarisationsfilter und einen Konkavspiegel mit Halbspiegelbeschichtung laufen, wobei sie dann durch ein cholesterisches Flüssigkristallelement reflektiert werden. Die reflektierten Lichtstrahlen werden durch den Konkavspiegel vergrößert und erneut reflektiert, und sie fallen auf das cholesterische Flüssigkristallelement, durch das die Strahlen zu den Augen des Betrachters durchgelassen werden.

[0010] Bei der obigen Vorrichtung ist der Lichtpfad zwischen dem cholesterischen Flüssigkristallelement und dem Konkavspiegel mit Halbspiegelbeschichtung geknickt, wodurch die Vorrichtung verringerte Größe im Vergleich mit einer Vorrichtung unter Verwendung eines linear aufgebauten optische Systems aufweisen kann.

[0011] Bei der oben genannten bekannten Technik liegen drei Probleme vor, die unten angegeben werden.

[0012] Das erste Problem besteht darin, dass ein Bild große Krümmung zeigen kann, da es nur durch den Konkavspiegel vergrößert wird. Wenn ein auf einem planaren Schirm eines Displays erzeugtes Bild durch ein optischen System mit großer Krümmung erzeugt wird, kann dieses Bild in seinem zentralen Teil fokussiert werden, jedoch ist es in seinem Umfangsteil defokussiert. Andererseits muss das optische System für ein am Kopf zu montierendes Display über hohe Verstärkungskraft und einen supergroßen Erkennbarkeitswinkel verfügen, um ein attraktives Bild mit erhöhtem Realitätsgrad zu erzeugen. Das oben genannte optische System kann das Ausmaß, gemäß dem das Bild defokussiert ist, erhöhen, wenn es in der bekannten Vorrichtung verwendet wird. Anders gesagt, ist die bekannte Technik dazu ungeeignet, das erforderliche am Kopf zu montierende Display zu realisieren.

[0013] Das zweite Problem besteht in der Unmöglichkeit, ein optische System zu realisieren, das über großen Durchmesser und kurze Brennweite verfügt. Dies, da durch Erhöhen des Durchmessers des optischen Systems die Dicke des Konkavspiegels in solchem Ausmaß erhöht wird, dass der Brennpunkt im Konkavspiegel enthalten ist. Das am Kopf zu montierende Display muss ein Bild ausreichend vergrößern, um das Gesichtsfeld auszufüllen. Daher kann die bekannte Technik nicht zu diesem Zweck angewandt werden.

[0014] Das dritte Problem besteht darin, dass das optische System der bekannten Technik über einen geringen Transmissionsfaktor (25% im Idealfall) verfügt, wodurch das Bild dunkel wird. Um diesen Nachteil zu überwinden, ist es erforderlich, die Leuchtstärke des Displays auf das Vierfache oder mehr zu erhöhen, wodurch andere Nachteile hervorgerufen werden, wie eine Vergrößerung der Abmessungen der Vorrichtung und des elektrischen Energieverbrauchs.

[0015] FR-A-2693004 offenbart ein optisches System für ein Helmdisplay, bei dem Licht von einer Lichtquelle durch einen Linearpolarisator, einem halbreflektierenden Konkavspiegel und eine Viertelwellenplatte zu einem zirkular polarisierenden, halbreflektierenden Spiegel läuft, von wo es zum Konkavspiegel für weitere Reflexion und anschließende Transmission durch den zirkular polarisierenden, halbreflektierenden Spiegel zur Betrachtung durch den Betrachter zurückreflektiert wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Das Hauptziel der Erfindung besteht darin, eine kleine (dünne), leichte optische Vorrichtung mit einem optischen System mit superweitem Gesichtsfeld und kurzer Brennweite zum Darbieten visueller Information unter einem großen Winkel sowie ein am Kopf zu montierendes Display zu schaffen, das auf Grundlage dieser optischen Vorrichtung konzipiert ist und das dem Benutzer ein attraktives und realistisches Bild darbieten kann.

[0017] Gemäß einer ersten Erscheinungsform der Erfindung ist eine optische Vorrichtung geschaffen, bei der ein reflektierendes und brechendes Element mit einer Vergrößerungslinse, deren Einfallseite mit einer Halbspiegelbeschichtung versehen ist, und ein halbtransparenter Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallseite her angeordnet sind. Der auswählende halbtransparente Spiegel führt auf selektive Weise eine Reflexion oder Transmission einfallenden Lichts mit spezifizierter Zirkularpolarisation aus, wodurch dafür gesorgt wird, dass das Licht zwischen dem reflektierenden, brechenden Element und dem halbtransparenten Spiegel eineinhalb Umläufe ausführt, um dadurch für erhöhte optische Brechkraft (Vergrößerung) des Brechungssystems und für vergrößerten Gesichtswinkel sowie für Einsparungen der Größe (Dicke) und des Gewichts der optischen Vorrichtung zu sorgen.

[0018] Bei dieser ersten Erscheinungsform der Erfindung kann der halbtransparente Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht aus einer Viertelwellenplatte, einem Halbspiegel und einem Polarisator bestehen, die in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallseite her angeordnet sind, um dadurch auf einfache Weise erhöhte optische Brechkraft (Vergrößerung) des Brechungssystems und einen vergrößerten Gesichtswinkel sowie Einsparungen der Größe (Dicke) und des Gewichts der optischen Vorrichtung zu erzielen, da die Viertelwellenplatte, der Halbspiegel und der Polarisator durch vorhandene Technologie alle so hergestellt werden, dass sie ausreichend flach sind.

[0019] Bei dieser ersten Erscheinungsform der Erfindung kann der halbtransparente Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht aus einem cholesterischen Flüssigkristalldisplay bestehen, bei dem das opti-

sche System über erhöhte Leuchtstärke verfügt. Ferner kann ein Glassubstrat zum Einbetten des cholesterischen Flüssigkristalls zwischen ihm und der Vergrößerungslinse vorhanden sein, um einen integralen Block zu bilden, um dadurch die optische Vorrichtung kompakter zu machen.

[0020] Gemäß einer zweiten Erscheinungsform der Erfindung ist eine optische Vorrichtung geschaffen, bei der eine plankonvexe Linse mit einer mit einem Halbspiegel beschichteten konvexen Fläche und ein cholesterischer Flüssigkristall angrenzend an eine ebene Fläche der plankonvexen Linse aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Erkennbarkeitswinkel her angeordnet sind, um dadurch die optische Vorrichtung kompakter zu machen.

[0021] Bei dieser zweiten Erscheinungsform der Erfindung kann der cholesterische Flüssigkristall ein Dünnschicht desselben sein, der auf der Oberfläche der plankonvexen Linse ausgebildet ist, um dadurch die optische Vorrichtung kompakter zu machen.

[0022] Gemäß einer dritten Erscheinungsform der Erfindung ist ein am Kopf zu montierendes Display mit einer Bildanzeigevorrichtung aus einem Flüssigkristalldisplay, einer Hintergrundbeleuchtung für dasselbe, einer Viertelwellenplatte und einer optischen Vorrichtung zum Vergrößern eines Bilds des Flüssigkristalldisplays geschaffen, wobei die optische Vorrichtung wie oben gemäß der ersten und zweiten Erscheinungsform ausgebildet ist, um dadurch den wesentlichen Erfordernissen zu genügen, die ein Montieren am Kopf eines Benutzers dank des Verwendens der dünnen, kompakten, leichten optischen Vorrichtung mit erweitertem Gesichtswinkel im Vergleich zum herkömmlichen am Kopf zu montierenden Display erlauben, wobei für ein Bild hoher Qualität ohne Krümmung gesorgt ist.

[0023] Gemäß einer vierten Erscheinungsform der Erfindung ist eine optische Vorrichtung geschaffen, bei der ein erster Polarisator, ein erster halbtransparenter Spiegel, eine erste Viertelwellenplatte, ein zweiter halbtransparenter Spiegel, eine zweite Viertelwellenplatte und ein zweiter Polarisator aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallseite her angeordnet sind und ferner ein Brechungselement zwischen den ersten halbtransparenten Spiegel und den zweiten halbtransparenten Spiegel eingefügt ist, um dadurch die optische Brechkraft (Vergrößerungsfaktor) des Brechungselements zu erhöhen und den Gesichtswinkel zu vergrößern, wobei gleichzeitig Einsparungen der Größe (Dicke) und des Gewichts realisiert werden.

[0024] Gemäß einer fünften Erscheinungsform der Erfindung ist eine optische Vorrichtung geschaffen, bei der ein halbtransparenter Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts, eine erste Viertelwellenplatte, ein halbtransparenter Spiegel und eine zweite Viertelwellenplatte aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallseite her angeordnet sind und ferner eine Vergrößerungslinse zwischen dem polarisierten Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel und dem halbtransparenten Spiegel eingesetzt ist, um das Verhältnis von Signallicht zu Störlicht zu verbessern, so dass die Transmissionseffizienz verbessert ist.

[0025] Gemäß einer sechsten Erscheinungsform der Erfindung ist eine optische Vorrichtung geschaffen, bei der ein erster halbtransparenter Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts, eine die Polarisationsrichtung drehende Einrichtung und ein zweiter halbtransparenter Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallseite her angeordnet sind und ferner eine Vergrößerungslinse zwischen dem ersten halbtransparenten Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts und den zweiten halbtransparenten Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts eingesetzt ist, so dass die Transmissionseffizienz stark erhöht ist und kein Störlicht zum Betrachter durchgelassen wird.

[0026] Bei der vierten bis sechsten Erscheinungsform der Erfindung ist einer oder sind beide der zwei halbtransparenten Spiegel, der zwei halbtransparenten Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts oder der halbtransparenter Spiegel und der halbtransparenter Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts gekrümmt, um dadurch eine Vergrößerung der optischen Brechkraft (Vergrößerung) des Brechungssystems und des Gesichtswinkels sowie eine Verringerung der Größe (Dicke) und des Gewichts der optischen Vorrichtung, eine Zunahme der Transmissionseffizienz und eine vollständige Beseitigung von Störlicht zu realisieren.

[0027] Gemäß einer siebten Erscheinungsform der Erfindung ist eine optische Vorrichtung geschaffen, bei der ein plankonvexer Spiegel mit einem auf seiner konvexen Eintrittsfläche ausgebildeten Dünnschicht eines cholesterischen Flüssigkristalls, eine an eine ebene Fläche des plankonvexen Spiegels angrenzende erste Viertelwellenplatte, ein Faraday-Element, eine zweite Viertelwellenplatte und ein cholesterischer Flüssigkristall aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallseite her angeordnet sind, um dadurch erhöhte optische Vergrößerung bei verkleinerter Krümmung des Bilds zu realisieren.

[0028] Gemäß einer achten Erscheinungsform der Erfindung ist ein am Kopf zu montierendes Display mit einer Bildanzeigevorrichtung aus einem Flüssigkristalldisplay, einer Hintergrundbeleuchtung für dasselbe und einer optischen Vorrichtung zum Vergrößern eines Bilds des Flüssigkristalldisplays geschaffen, wobei die optische Vorrichtung dergestalt ist, wie es oben entsprechend einem der Gesichtspunkte 4 bis 7 definiert ist, um dadurch wichtigen Erfordernissen zu genügen, gemäß denen eine Montage am Kopf eines Benutzers dank des Verwendens der dünnen, kompakten, leichten optischen Vorrichtung mit vergrößertem Gesichtswinkel im Vergleich zum herkömmlichen am Kopf zu montierenden Display möglich ist, wobei für ein Bild hoher Qualität ohne Krümmung gesorgt ist.

[0029] Bei der dritten und achten Erscheinungsform der Erfindung kann ein Paar der Bildanzeigeeinheiten

verwendet werden, um ein Bild für Virtual Reality oder ein Bild für Fernsteuerung anzuzeigen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

- [0030] **Fig. 1** zeigt ein Beispiel eines herkömmlichen am Kopf zu montierenden Displays.
- [0031] **Fig. 2** zeigt ein anderes Beispiel eines herkömmlichen am Kopf zu montierenden Displays.
- [0032] **Fig. 3** ist eine Darstellung eines Bearbeitungszustands des bekannten Displays der **Fig. 2**.
- [0033] **Fig. 4** zeigt ein anderes Beispiel eines herkömmlichen am Kopf zu montierenden Displays.
- [0034] **Fig. 5** zeigt ein anderes Beispiel eines herkömmlichen am Kopf zu montierenden Displays.
- [0035] **Fig. 6** ist eine die Erfindung verkörpernde optische Vorrichtung.
- [0036] **Fig. 7** veranschaulicht einen halbtransparenten Spiegel (C) zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht, wobei es sich um ein Element einer optischen Vorrichtung handelt, die die Erfindung realisiert, und sie beschreibt die Koordinaten (A) und die Drehung (B) des halbtransparenten Spiegels.
- [0037] **Fig. 8** zeigt einen anderen halbtransparenten Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht.
- [0038] **Fig. 9** ist eine die Erfindung verkörpernde optische Vorrichtung.
- [0039] **Fig. 10** ist eine Ansicht, die einen wesentlichen Teil eines am Kopf zu montierenden Displays mit einer erfindungsgemäßen optischen Vorrichtung zeigt.
- [0040] **Fig. 11** veranschaulicht ein am Kopf zu montierendes Display mit einem Paar der optischen Vorrichtung.
- [0041] **Fig. 12A** veranschaulicht eine die Erfindung verkörperndes am Kopf zu montierendes Display.
- [0042] **Fig. 12B** veranschaulicht ein Beispiel eines herkömmlichen Displays (B).
- [0043] **Fig. 13A** ist eine Ansicht zum Erläutern der Funktion einer die Erfindung verkörpernden optischen Vorrichtung.
- [0044] **Fig. 13B** ist eine Ansicht zum Erläutern der Funktion eines Beispiels einer herkömmlichen optischen Vorrichtung.
- [0045] **Fig. 14A** ist eine Ansicht zum Erläutern der Funktion einer anderen die Erfindung verkörpernden optischen Vorrichtung.
- [0046] **Fig. 14B** ist eine Ansicht zum Erläutern der Funktion eines anderen Beispiels einer herkömmlichen optischen Vorrichtung.
- [0047] **Fig. 15** ist eine Ansicht zum Erläutern einer erforderlichen Spezifikation eines am Kopf zu montierenden Displays.
- [0048] **Fig. 16** zeigt ein Beispiel einer herkömmlichen optischen Vorrichtung mit derselben erforderlichen Spezifikation.
- [0049] **Fig. 17** ist eine die Erfindung verkörpernde optische Vorrichtung.
- [0050] **Fig. 18** zeigt ein am Kopf zu montierendes Display unter Verwendung der in der **Fig. 17** dargestellten optischen Vorrichtung.
- [0051] **Fig. 19** ist eine nachahmende Ansicht zum Erläutern der Funktion eines optischen Systems gemäß der Erfindung.
- [0052] **Fig. 20** ist eine andere nachbildende Ansicht zum Erläutern eines optischen Systems gemäß der Erfindung.
- [0053] **Fig. 21** veranschaulicht eine Ausführungsform der Erfindung (C), und sie beschreibt deren Koordinaten (A) und Drehung (B).
- [0054] **Fig. 22** zeigt eine Ausführungsform der Erfindung.
- [0055] **Fig. 23** veranschaulicht eine Ausführungsform der Erfindung (C), und sie beschreibt deren Koordinaten (A) und Drehung (B).
- [0056] **Fig. 24** ist ein Beispiel einer optischen Vorrichtung, die nur aus einem herkömmlichen Linsensystem besteht.
- [0057] **Fig. 25** veranschaulicht einen halbtransparenten Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts.
- [0058] **Fig. 26** zeigt ein Drahtgitter aus Metall.
- [0059] **Fig. 27** zeigt einen halbtransparenten Spiegel zum Auswählen polarisierten Lichts, der durch ein Fotolithografieverfahren hergestellt wird.
- [0060] **Fig. 28** veranschaulicht eine Ausführungsform der Erfindung (C), und sie beschreibt deren Koordinaten (A) und Drehung (B).
- [0061] **Fig. 29** veranschaulicht ein Faradayrotationselement.
- [0062] **Fig. 30** zeigt eine Ausführungsform eines am Kopf zu montierenden Displays unter Verwendung einer erfindungsgemäßen optischen Vorrichtung.
- [0063] **Fig. 31** veranschaulicht eine optische Vorrichtung (C) und sie beschreibt deren Koordinaten (A) und Drehung (B).
- [0064] **Fig. 32** ist eine Ansicht zum Erläutern der Funktion eines wesentlichen Teils der Vorrichtung der **Fig. 31**.

[0065] **Fig. 33** zeigt eine die Erfindung verkörpernde optische Vorrichtung.

BEVORZUGTE AUSFÜHRUNGSFORM DER ERFINDUNG

[0066] In jüngerer Zeit bestand zunehmendes Interesse an am Kopf zu montierenden Displayeinheiten, zu denen ein Beispiel in der **Fig. 1** dargestellt ist, als Einrichtungen zum Liefern visueller Information für Virtual Reality und zum Realisieren einer Fernsteuerung verschiedener Arten von Robotern. Die wesentlichen Erfordernisse derartiger Displayeinheiten sind die Folgenden: sie müssen über eine Erkennbarkeit innerhalb eines großen Winkelbereichs und hohe Auflösung verfügen, die dazu ausreicht, visuelle Information mit Echtheit und Umgebung zu liefern, und sie müssen hinsichtlich der Größe und des Gewichts ausreichend minimiert sein, um an einem Teil des Körpers, insbesondere dem Kopf, getragen zu werden. Das in der **Fig. 1** dargestellte am Kopf zu montierende Display verfügt über ein brillenartiges Gehäuse, das am Kopf zu tragen ist. Das Gehäuse **110** enthält, in jedem seiner Linsenteile, eine Hintergrundbeleuchtung **108a**, eine Flüssigkristalltafel (Flüssigkristalldisplay) **109a** und eine Linse **101a**, die in der beschriebenen Reihenfolge von außen her angeordnet sind. Der Benutzer P sieht auf der Flüssigkristalltafel **109** innerhalb des genannten am Kopf zu montierenden Displays ein vergrößertes Bild in solcher Weise, als würde er das Bild auf einem großen Schirm sehen.

[0067] Einhergehend mit den schnellen Fortschritten bei der Entwicklung verschiedener Flüssigkristalle in den letzten Jahren wurden kleine Flüssigkristalltafeln hoher Qualität zur Verwendung in am Kopf zu montierenden Displayeinheiten geliefert. Jedoch wurde hinsichtlich der Verringerung der Größe und des Gewichts eine optische Vorrichtung, die eine andere Hauptkomponente eines am Kopf zu montierenden Displays ist, unzureichend entwickelt.

[0068] Andererseits finden am Kopf zu montierende Displayeinheiten, wie sie bisher hauptsächlich bei industriellen Anwendungen und Versuchsanwendungen für Virtual Reality verwendet wurden, nun zunehmende Nachfrage bei Heim-Videospielen und VTR-Displayeinheiten. Demgemäß wird ferner das Einsparen von Größe und Gewicht bei am Kopf zu montierenden Displayeinheiten energisch gefordert.

[0069] Um die oben genannten Probleme zu lösen, wurde eine in der **Fig. 2** dargestellte Technik vorgeschlagen. Das in der **Fig. 2** dargestellte, am Kopf zu montierende Display verfügt über ein an seiner Oberseite angeordnetes Flüssigkristalldisplay **109b**, von dem aus Licht L_1 läuft, das durch einen halbtransparenten Spiegel **102b** nach hinten reflektiert wird und dann durch einen Konkavspiegel **120b** vergrößert wird und zurück zum Auge des Betrachters E reflektiert wird. Im obigen Fall wird das Licht zwischen dem halbtransparenten Spiegel und dem Konkavspiegel geknickt, wodurch die verwendete optische Vorrichtung verringerte Größe im Vergleich zu einer linear aufgebauten Vorrichtung aufweisen kann.

[0070] Die bekannte Vorrichtung mit der oben angeordneten Flüssigkristalltafel **109b**, wie in der **Fig. 2** dargestellt, zeigt jedoch den Nachteil, dass eine Größenverringering nur bei verringertem Erkennbarkeitswinkel realisiert werden kann. D.h., dass zum Erhöhen des Erkennbarkeitswinkels zum Erzielen visueller Information mit hohem Grad des Vertieftseins ein halbtransparenter Spiegel mit größeren Abmessungen vor der Flüssigkristalltafel verwendet werden muss, wodurch die Gesamtdicke des am Kopf zu montierenden Displays zunimmt und so den Größenverringeringseffekt der optischen Vorrichtung aufhebt. Im obigen Fall ist der Erkennbarkeitswinkel für einen Betrachter auf nicht mehr als 90° beschränkt, da die Augen des Betrachters nicht näher als es dem halbtransparenten Spiegel entspricht, zum Konkavspiegel hin gebracht werden können.

[0071] Um das Problem des Einsparens von Größe und Gewicht eines am Kopf zu montierenden Displays zu lösen, wurde eine bekannte Vorrichtung offenbart, wie sie in der **Fig. 4** dargestellt ist. Das am Kopf zu montierende Display der **Fig. 4** verfügt über ein an seiner Oberseite angeordnetes Flüssigkristalldisplay **109c**, von dem Licht L durch einen planen Reflexionsspiegel **119c** nach außen abgelenkt wird, durch einen Konkavspiegel **120c** vergrößert und reflektiert wird und dann ins Auge E eintritt. In diesem Fall wird das Licht zwischen dem planen Reflexionsspiegel **119c** und dem Konkavspiegel **120c** geknickt, wodurch die verwendete optische Vorrichtung verringerte Größe im Vergleich mit einer linear aufgebauten Vorrichtung aufweisen kann.

[0072] Die bekannte Vorrichtung mit einer an der Oberseite angeordneten Flüssigkristalltafel **109b**, wie in der **Fig. 4** dargestellt, zeigt jedoch den Nachteil, dass eine Größenverringering nur mit verringertem Erkennbarkeitswinkel erzielt werden kann. D.h., dass zum Erhöhen des Erkennbarkeitswinkels zum Erzielen visueller Information mit hohem Grad des Vertieftseins ein halbtransparenter Spiegel mit größeren Abmessungen vor der Flüssigkristalltafel verwendet werden muss, wodurch die Gesamtdicke des am Kopf zu montierenden Displays zunimmt und demgemäß den Größeneinsparungseffekt der optischen Vorrichtung aufhebt.

[0073] Eine optische Vorrichtung zur Verwendung in einem am Kopf zu montierenden Display muss nicht nur kompakt und ausreichend leicht sein, um einfach am Kopf eines Benutzers getragen werden zu können, sondern es muss auch über einen großen Erkennbarkeitswinkel und eine kurze Brennweite verfügen, für ein lebendiges Bild, das den Betrachter erfreut, zu sorgen. Die **Fig. 5** ist eine Konstruktionsansicht einer bekannten Technik, die dazu vorgesehen ist, das oben genannte Problem zu lösen. Ein an der linken Seite angeordnetes Display **109f** zeigt ein Bild an, von dem aus Lichtstrahlen durch ein Zirkularpolarisationsfilter **104f** und einen Konkavspiegel **102f** mit Halbspiegelbeschichtung laufen, wobei sie dann durch ein cholesteri-

sches Flüssigkristallelement **106f** reflektiert werden. Die reflektierten Lichtstrahlen werden durch den Konkavspiegel vergrößert und erneut reflektiert, und sie fallen auf das cholesterische Flüssigkristallelement, durch das die Strahlen zu den Augen des Betrachters durchgelassen werden. Bei der dargestellten Vorrichtung ist ein Lichtpfad zwischen dem cholesterischen Flüssigkristallelement **106f** und dem als Halbspiegel beschichteten Konkavspiegel **102f** geknickt, wodurch die Vorrichtung über verringerte Größe im Vergleich zu einer Vorrichtung aufweisen kann, in der ein linear aufgebautes optisches System verwendet ist.

[0074] Ausführungsformen der Erfindung sind auf das Design einer optischen Vorrichtung unter Verwendung reflektierter und transmittierter Lichtstrahlen und polarisierter Lichtstrahlen von einem halbtransparenten Spiegel und einem selektiv durchlassenden halbtransparenten Spiegel gerichtet, während die herkömmliche optische Vorrichtung auf den Gebrauch nur reflektierter Lichtstrahlen daran gerichtet ist.

[0075] Demgemäß wird als Erstes nachfolgend unter Bezugnahme auf die **Fig. 7** und **8** ein halbtransparenter Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht, wobei es sich um eine wesentliche Komponente der vorgeschlagenen optischen Vorrichtungen handelt, beschrieben, wobei diese Figuren für das Arbeitsprinzip dieses Spiegels veranschaulichend sind.

[0076] Als Erstes wird ein Koordinatensystem, wie es in der weiteren Beschreibung verwendet wird, wie folgt definiert.

[0077] Gemäß der **Fig. 7(B)** ist die Achse rechtwinklig zum Papier (Darstellung), die zur Vorderseite hin gerichtet ist, die x-Achse, die Achse parallel zum Papier, die nach oben gerichtet ist, ist die y-Achse, und die dritte Achse, die rechtwinklig zur x- und zur y-Achse verläuft und nach rechts entlang dem Papier gerichtet ist, ist die z-Achse. Ein Rotationswinkel ist ein Winkel in Bezug auf die y-Achse in der xy-Ebene, gesehen in der Richtung der z-Achse des dreidimensionalen Systems der **Fig. 7(c)**. Eine Drehung in der Uhrzeigerrichtung ist als positiv definiert.

[0078] Definitionen der Kristallachse sind die Folgenden.

[0079] Betreffend eine Viertelwellenplatte ist definiert, dass eine polarisierte Lichtkomponente normal zur Kristallachse als um eine Viertel Wellenlänge verzögert in Bezug auf eine polarisierte Lichtkomponente parallel zur Kristallachse definiert ist.

[0080] Betreffend eine Polarisationsplatte ist definiert, dass die Platte eine polarisierte Lichtkomponente durchlässt, die parallel zu ihrer Kristallachse verläuft, und sie eine polarisierte Lichtkomponente absorbiert, die rechtwinklig zu ihrer Kristallachse verläuft.

[0081] Dieselben Definitionen werden nachfolgend in den Zeichnungen und der Beschreibung verwendet, solange nichts anderes spezifiziert ist.

[0082] Wie es in der **Fig. 7(C)** dargestellt ist, besteht in der erfindungsgemäßen optischen Vorrichtung ein erster halbtransparenter Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht aus einer Viertelwellenplatte **5**, einem Halbspiegel **2** und einer Polarisationsplatte **4**, die in der beschriebenen Reihenfolge von der Einfallseite her angeordnet sind. Es sei angenommen, dass die Kristallachse der Viertelwellenplatte **5** entlang der y-Achse (0°) ausgerichtet ist und die Kristallachse der Polarisationsplatte **4** in der Richtung von 45° gerichtet ist. Wenn Einfalllicht von links (in der Darstellung) auf den zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel fällt, werden seine Strahlen dort teilweise reflektiert und teilweise mit einem Verhältnis durchgelassen, das von der Richtung der Drehbewegung des zirkular polarisierten Lichts abhängt. Das in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht wird durch die Viertelwellenplatte **5** gestrahlt und gleichzeitig in linear polarisiertes Licht gewandelt, das in der Richtung von -45° abgelenkt wird. Dieses linear polarisierte Licht fällt auf den Halbspiegel **2**, der 50% desselben reflektiert und 50% desselben durchlässt. Das reflektierte Licht tritt erneut in die Viertelwellenplatte **5** ein, durch die es in in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht gewandelt wird und zur Einfallseite rückgeführt wird. Andererseits tritt das durchgelassene Licht in die Polarisationsplatte **4** ein, und es wird in dieser absorbiert, da es in der Richtung rechtwinklig zur Kristallachse der Polarisationsplatte **4** polarisiert ist. Demgemäß wird das in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht nur reflektiert, und es kann nicht durch den zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel laufen.

[0083] Wenn in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht von links her auf die Viertelwellenplatte **5** fällt, wird es in linear polarisiertes Licht gewandelt, das in der Richtung von 45° abgelenkt wird. Strahlen des Lichts werden gleichmäßig (mit 50%) in zwei Gruppen aufgeteilt, von denen die eine durch die Platte reflektiert wird und die andere durch sie hindurchgelassen wird. Das reflektierte Licht läuft erneut durch die Viertelwellenplatte **5**, wodurch es in in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht gewandelt wird und auf die Einfallseite rückgeführt wird. Andererseits läuft das durchgelassene Licht, das in derselben Richtung wie die Kristallachse der Polarisationsplatte **4** linear polarisiert wurde, durch sie hindurch, und es tritt an der rechten Seite derselben aus.

[0084] Die Eigenschaften des in der **Fig. 7** dargestellten, zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegels sind unten in der Tabelle 1 angegeben.

[Tabelle 1]

	Reflexions- koeffizient	Transmissions- koeffizient
In der Uhrzeigerrichtung		
zirkular polarisiertes Licht	50 %	0 %
In der Gegenuhrzeigerrichtung		
zirkular polarisiertes Licht	50 %	50 %

[0085] Wie es aus der Tabelle 1 erkennbar ist, verfügt der in der **Fig. 7(C)** dargestellte, zirkular polarisiertes Licht auswählende halbtransparente Spiegel über verschiedene Reflexions-Transmissions-Eigenschaften abhängig von der Richtung der Zirkularpolarisation.

[0086] Die **Fig. 8** zeigt einen zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel, der sich in der Wirkung vom in der **Fig. 7** dargestellten halbtransparenten Spiegel unterscheidet. Dieser halbtransparente Spiegel **7** besteht aus einem cholesterischen Flüssigkristall **6**, der dicht zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen ist. Während der in der **Fig. 8** dargestellte halbtransparente Spiegel zwei Glasplatten zum dichten Einschließen eines Flüssigkristalls benötigt, ist es auch möglich, einen festen Zustand des Flüssigkristalls zu nutzen, der keine Glasplatten benötigt.

[0087] Der cholesterische Flüssigkristall verfügt selbst über die Fähigkeit, in der Uhrzeigerrichtung oder der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht selektiv zu reflektieren bzw. in der Gegenuhrzeigerrichtung oder der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht durchzulassen. Wenn der cholesterische Flüssigkristall so ausgebildet ist, dass er in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht reflektiert, kann er es ermöglichen, dass im Idealzustand 100% von in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertem Licht durch ihn laufen. Diese Eigenschaften des halbtransparenten Spiegels sind unten in der Tabelle 2 angegeben.

[Tabelle 2]

	Reflexions- koeffizient	Transmissions- koeffizient
In der Uhrzeigerrichtung		
zirkular polarisiertes Licht	100 %	0 %
In der Gegenuhrzeigerrichtung		
zirkular polarisiertes Licht	0 %	100 %

[0088] Wie es aus der Tabelle 2 erkennbar ist, verfügt der in der **Fig. 8** dargestellte, zirkular polarisiertes Licht auswählende halbtransparente Spiegel über verschiedene Reflexions-Transmissions-Eigenschaften abhängig von der Richtung der Zirkularpolarisation, und daher kann er als effektives optisches Teil bei Ausführungsformen der Erfindung verwendet werden.

[0089] Demgemäß kann die erfindungsgemäße optische Vorrichtung dafür sorgen, dass nur die gewünschte Lichtstrahlung den optischen Pfad zu einem halbtransparenten Spiegel und von diesem hin- und herläuft, wo-

bei in adaptiver Weise die Reflexions-Transmissions-Eigenschaften des letzteren genutzt werden. D.h., dass die optische Vorrichtung, im Vergleich zu einer herkömmlichen, über eine um ein Mehrfaches verkürzte Länge des optischen Pfads und eine um ein Mehrfaches erhöhte optische Brechkraft (Vergrößerung) verfügen kann, da die Möglichkeit besteht, das Licht durch die vergrößernde Brechungseinrichtung hin- und herlaufen zu lassen, wodurch diese denselben Effekt wie mehrere derartige brechende Elemente ausüben kann.

[0090] Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die einschlägigen Zeichnungen optische Vorrichtungen beschrieben, die bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind.

[0091] Die **Fig. 6** ist für eine die Erfindung verkörpernde optische Vorrichtung veranschaulichend, die hauptsächlich aus einer Linse **1a** mit einer auf eine ihrer Flächen aufgetragenen Halbspiegelbeschichtung und einem zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3a** besteht, der an der nicht beschichteten Fläche der Linse **1a** anliegend angeordnet ist.

[0092] Bei der dargestellten Ausführungsform ist die Linse **1a** eine plankonvexe Linse mit einem auf ihre konvexe Fläche aufgetragenen Halbspiegelfilm, der so konzipiert ist, dass er das in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht, das von der linken Seite (siehe die Darstellung) her einfällt, wie folgt polarisiert.

[0093] Wenn einfallendes Licht, das in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiert ist, von der linken Seite her einfällt und auf die Halbspiegelbeschichtung **2a** auf der konvexen Fläche der plankonvexen Linse **1a** fällt, werden dort 50% des Lichts reflektiert, und 50% des Lichts werden durchgelassen. Die reflektierten Strahlen werden nicht genutzt, und die durchgelassenen Strahlen werden an der konvexen Fläche der Linse **1a** gebrochen und laufen durch die Linse. Die gebrochenen Strahlen des in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierten Lichts laufen durch die ebene Fläche der Linse **1a**, und dann fallen sie auf den halbtransparenten Spiegel **3a**, der bei der dargestellten Ausführungsform das in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht mit einem spezifizierten Reflexionskoeffizienten von 50% des halbtransparenten Spiegels der **Fig. 7** (100% des Spiegels der **Fig. 8**) reflektiert.

[0094] Die reflektierten Strahlen erreichen erneut die konvexe Fläche der Linse **1a**, wo 50% der Strahlen an der Halbspiegelbeschichtung **2a** reflektiert werden und 50% derselben durchgelassen werden. Die durchgelassenen Strahlen werden nicht genutzt, sondern es werden nur die reflektierten Strahlen genutzt, deren Polarisationsrichtung durch die Wirkung der Reflexion so geändert wurde, dass in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht erhalten ist. Dann laufen die Lichtstrahlen durch die ebene Fläche der Linse **1a**, und sie erreichen den halbtransparenten Spiegel **3a**. Die Lichtstrahlen, die diesen durchlaufen haben, werden von der optischen Vorrichtung emittiert. Der Transmissionskoeffizient des halbtransparenten Spiegels **3a** beträgt im Fall der **Fig. 7** 50% und im Fall der **Fig. 8** 100%.

[0095] Es ist bekannt, dass dann, wenn zwei gekrümmte Flächen mit demselben Krümmungsradius verwendet wird, eine für Reflexionswirkung und die andere für Brechungswirkung, die letztere eine ungefähr vierfach größere optische Brechkraft als die erstere haben kann. Bei der oben genannten Ausführungsform wird einfallendes Licht einer Brechungswirkung und einer Reflexionswirkung der Halbspiegelbeschichtung **2a** der konvexen Fläche der Linse **1a** unterzogen, während es zwischen den beiden zugehörigen Flächen **1,5** Umläufe ausführt. In diesem Fall übt die Linse **1a** eine 5-fach stärkere optische Brechkraft als eine einzelne Brechungslinse aus. Anders gesagt, kann die vorgeschlagene optische Vorrichtung im Vergleich mit der herkömmlichen Vorrichtung aus mehreren seriell angeordneten Linsen dieselbe optische Brechkraft bei einem um den Faktor 5 verkürzten optischen Pfad aufweisen. Dadurch können Einsparungen der Größe und des Gewichts der optischen Vorrichtung realisiert werden.

[0096] Die in den **Fig. 7** und **8** dargestellten, zirkular polarisiertes auswählenden halbtransparenten Spiegel verfügen über verschiedene Werte der Einfallslight-Effizienz. Z.B. verliert der in der **Fig. 7** dargestellte halbtransparente Spiegel der oben genannten Ausführungsform in jedem Reflexionsstadium die Hälfte des Lichts, so dass nur $1/16$ (= 6,25%) des einfallenden Lichts durchlaufen. Der in der **Fig. 8** dargestellte halbtransparente Spiegel nutzt die Hälfte des Lichts am Halbspiegel und das gesamte Licht im reflektierenden und brechenden Teil, und er lässt daher $1/4$ (= 25%) des einfallenden Lichts durch. Demgemäß kann eine optische Vorrichtung unter Verwendung insbesondere des halbtransparenten Spiegels der **Fig. 8** ein Bild mit beträchtlich erhöhter Leuchtstärke erzeugen. Der halbtransparente Spiegel der **Fig. 7** kann unter Verwendung verfügbarer Materialien höchst einfach hergestellt werden.

[0097] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 10** und **11** wird ein am Kopf zu montierendes Display unter Verwendung der oben genannten erfindungsgemäßen optischen Vorrichtung wie folgt beschrieben.

[0098] Das am Kopf zu montierende Display ist ein brillenähnliches Gehäuse **10d**, in dem alle Komponenten enthalten sind. Das am Kopf zu montierende brillenähnliche Gehäuse **10d** enthält, in jedem von zwei Teilen, die zwei Linsen einer Brille entsprechen, eine Hintergrundbeleuchtung **8d**, eine Flüssigkristalltafel **9d**, eine Viertelwellenplatte **5d** und eine optische Vorrichtung **30d** in dieser Reihenfolge von der vorderen Außenseite her. Ein Benutzer P kann ein vergrößertes Bild der Flüssigkristalltafel sehen. In der **Fig. 11** enthält die optische Vorrichtung **30d** einen halbtransparenten Spiegel (nicht dargestellt), der in der **Fig. 10** detailliert dargestellt ist.

[0099] In der **Fig. 10** kann als Flüssigkristalltafel **9c** eine allgemein verwendete Flüssigkristalltafel vom verdrillt-nematischen Typ verwendet werden, die Licht durchlässt, das in einer Richtung entlang der y-Achse linear

polarisiert ist. Es wird davon ausgegangen, dass die Kristallachse der Viertelwellenplatte **5c** in der Richtung von -45° liegt. Die Ausbreitung des Lichts in der Vorrichtung wird nun beschrieben.

[0100] Das von der Hintergrundbeleuchtung **8c** ausgehende Licht läuft durch die Flüssigkristalltafel **9c**, wobei es in linear polarisiertes Licht gewandelt wird, das die Bildinformation transportiert. Dann wird das Licht in in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht gewandelt, während es durch die Viertelwellenplatte **5c** läuft. Strahlen des Lichts laufen zur in der **Fig. 10** dargestellten optischen Vorrichtung, die über eine plankonvexe Linse **1c** mit einer auf ihre konvexe Fläche aufgetragenen Halbspiegelbeschichtung **2c** und einen zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3c** verfügt, der an der ebenen Fläche der Linse **1c** angebracht ist. Der halbtransparente Spiegel **3c** besteht aus einem cholesterischen Flüssigkristall, der zwischen zwei Glassubstrate (oder Kunststoffsubstrate) eingebettet ist.

[0101] Der bei dieser Ausführungsform verwendete halbtransparente Spiegel **3c** wird dadurch hergestellt, dass Moleküle des cholesterischen Flüssigkristalls homöotrop auf einem behandelten Glassubstrat ausgerichtet werden und darauf das andere behandelte Glassubstrat aufgelegt wird. Es ist auch möglich, einen halbtransparenten Spiegel integral mit einer plankonvexen Linse **1b** dadurch herzustellen, dass der cholesterische Flüssigkristall **6b** zwischen eine ebene Fläche der Linse **1a** und ein Glassubstrat **7b**, wie in der **Fig. 9** dargestellt, eingebettet wird.

[0102] In der **Fig. 10** fällt das von links her (wenn man die Darstellung betrachtet) einfallende, in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht L_i auf die Halbspiegelbeschichtung **2c** auf der konvexen Fläche der Linse **1c**: Die Hälfte (50%) des Lichts wird dort reflektiert, und die andere Hälfte (50%) des Lichts läuft durch. Die reflektierten Strahlen werden nicht genutzt. Die durchgelassenen Strahlen werden an der konvexen Fläche der Linse **1c** gebrochen, und sie laufen in dieser. Die gebrochenen Strahlen des in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierten Lichts laufen durch die ebene Fläche der Linse **1c**, und sie fallen dann auf den zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3c**, der bei der dargestellten Ausführungsform das in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht mit einem Reflexionskoeffizient von 100% reflektiert. Das reflektierte Licht erreicht erneut die konvexe Fläche der Linse **1a**, und 50% des Lichts werden an der Halbspiegelbeschichtung **2c** reflektiert, und 50% desselben laufen hindurch. Die durchgelassenen Strahlen werden nicht genutzt, und es werden nur die reflektierten Strahlen genutzt, deren Polarisationsrichtung durch den Reflexionseffekt umgekehrt wurde, so dass in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht erhalten ist. Dann laufen die Lichtstrahlen durch die ebene Fläche der Linse **1a**, und sie fallen auf den halbtransparenten Spiegel **3c**. Die Lichtstrahlen, die durch ihn durchgelaufen sind, werden von der optischen Vorrichtung emittiert.

[0103] Wie oben beschrieben, erfährt das einfallende Licht an der konvexen Fläche der Linse **1c** einen Brechungs- und einen Reflexionsvorgang, während es zwischen der konvexen Fläche der Linse **2c** und einer Fläche des halbtransparenten Spiegels **3c** 1,5 Umläufe ausführt. In diesem Fall übt die Linse **1c** eine 5-fach stärkere optische Brechkraft als eine einzelne Brechungslinse aus. Anders gesagt, kann die vorgeschlagene optische Vorrichtung im Vergleich mit einer herkömmlichen Vorrichtung aus mehreren seriell angeordneten Linsen dieselbe optische Brechkraft bei einem um den Faktor 5 verkürzten optischen Pfad aufweisen. Dadurch können Einsparungen in der Größe und dem Gewicht der optischen Vorrichtung realisiert werden.

[0104] Nachfolgend wird das Design einer optischen Vorrichtung zur Verwendung beim oben beschriebenen am Kopf zu montierenden Display gemäß der Erfindung beschrieben.

[0105] In diesem am Kopf zu montierenden Display müssen zwei optische Vorrichtungen platziert werden, die vor dem jeweiligen Auge eines Benutzers angeordnet werden. Es wird ein Paar von Linsen mit einem Durchmesser von 60 mm verwendet, da der mittlere Abstand zwischen den menschlichen Augen 63 mm beträgt. Da standardmäßige Flüssigkristalldisplays Abmessungen im Bereich von 1,5 bis 2 Zoll aufweisen, ist die Spezifikation einer die optische Vorrichtung bildenden Einzellinse wie folgt gegeben:

Form: plankonvexe Linse aus Glas

Brennweite: 120 mm

Krümmungsradius der konvexen Fläche: 60 mm

zentrale Dicke: 10 mm

[0106] Die **Fig. 12A** ist eine Designzeichnung der optischen Vorrichtung, die unter Verwendung der oben genannten Linsen hergestellt wurde und die bei der dargestellten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird. Die Spezifikation der optischen Vorrichtung ist die Folgende:

sich ergebende Brennweite: 23 mm

Gesichtsfeld: 120°

Dicke von der Displayfläche zur Linsenfläche: 17 mm

Gewicht: 48 gr

[0107] In der **Fig. 12B** ist zum Vergleich mit der **Fig. 12A** eine Designzeichnung einer herkömmlichen optischen Vorrichtung dargestellt, die über zwei parallel angeordnete Linsensysteme verfügt, von denen jedes aus fünf Einzellinsen besteht, die in Reihe angeordnet sind, um dieselbe Vergrößerung zu erzielen, über die die optische Vorrichtung der **Fig. 12A** verfügt. Die Spezifikation dieser herkömmlichen optischen Vorrichtung ist die Folgende:

sich ergebende Brennweite: 29 mm

Gesichtsfeld: 100°

Dicke von der Displayfläche zur entferntesten Linsen

fläche: 66 mm

Gewicht: 240 gr

[0108] Ein Vergleich der **Fig. 12A** und **12B** macht es deutlich, dass die optische Vorrichtung der **Fig. 12A** eine Dickeneinsparung von 49 m und eine Gewichtseinsparung von 192 Gr. pro Auge (384 Gr. für beide Augen) bei erhöhter Vergrößerung und vergrößertem Gesichtsfeld im Vergleich mit der herkömmlichen optischen Vorrichtung realisiert. Es war sehr schwierig, dafür zu sorgen, dass die herkömmliche optische Vorrichtung ein großes Gesichtsfeld von z.B. 120° aufwies, da dadurch die Dicke der Vorrichtung erhöht werden konnte. Andererseits kann die erfindungsgemäße optische Vorrichtung ein vergrößertes Gesichtsfeld bei minimaler Zunahme ihrer Dicke realisieren. Dieses Merkmal ist ein wesentlicher Vorteil der vorgeschlagenen optische Vorrichtung in ihrer praktischen Anwendung.

[0109] D.h., dass ein am Kopf zu montierendes Display so konzipiert werden muss, dass es dadurch bequem genutzt werden kann, dass seine Größe (mit minimalem Vorstehen des Linsenteils) und sein Gewicht (bei minimaler Belastung des Gesichts des Benutzers) verringert werden. Ein derartiges bequemes, dünnes und leichtes am Kopf zu montierendes Display kann unter Verwendung der erfindungsgemäßen optischen Vorrichtung realisiert werden, die durch ihr großes Gesichtsfeld und verringerte Dicke (1/4 im Fall der **Fig. 12A** im Vergleich zur herkömmlichen optischen Vorrichtung) gekennzeichnet ist.

[0110] Die **Fig. 13A** und **14A** sind Ansichten zum Erläutern bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung und ihrer Merkmale. Die **Fig. 13B** ist eine Ansicht eines herkömmlichen optischen Systems aus einem konkaven Halbspiegel **12d** und einem cholesterischen Flüssigkristallelement **106d**, die einander unter Einhaltung eines Luftspalts gegenüberstehen. Ein Bild eines Displays **109d** kann vom Benutzer (E) als vergrößert betrachtet werden. Das Bild wird jedoch im Allgemeinen dauernd nicht auf eine Ebene sondern auf eine als Petzval-Bildfläche IP bezeichnete gekrümmte Fläche fokussiert, deren Krümmungsradius als Petzvalradius bezeichnet wird, der das Krümmungsausmaß der gekrümmten Bildfläche repräsentiert. Wenn ein Bild auf eine Petzvalfläche mit kleinem Petzvalradius (d.h. mit stark gekrümmter Fläche) fokussiert wird, ist zwar sein zentraler Teil fokussiert, jedoch ist sein Umfangsteil wegen des zunehmenden Abstands zwischen der Petzval-Bildfläche und dem Display defokussiert. Beim herkömmlichen optischen System verfügt die Petzval-Bildfläche über einen Petzvalradius von $r/2$, wie gemäß einer bekannten Formel berechnet, wobei der Krümmungsradius des Konkavspiegels **102d** "r" beträgt. Dieser Wert ist sehr klein.

[0111] Gemäß der **Fig. 13A** verfügt eine optische Vorrichtung, die eine Ausführungsform der Erfindung ist, über eine plankonvexe Linse mit einer auf ihre konvexe Fläche aufgetragenen Halbspiegelbeschichtung **2e** und einem cholesterischen Flüssigkristallelement **6e**, das dicht bei der ebenen Fläche der plankonvexen Linse **1e** angebracht ist. Diese optische Vorrichtung unterscheidet sich von der bekannten Vorrichtung dadurch, dass der Raum zwischen der konvexen Fläche und der ebenen Fläche mit Glas oder Kunststoffmaterial, das als Brechungseinrichtung dient, aufgefüllt ist. Der Petzvalradius dieser optischen Vorrichtung wird zu "r" berechnet. D.h., dass das Krümmungsausmaß der Bildfläche unter Verwendung des brechenden Materials um 1/2 verringert werden kann. Die so aufgebaute optische Vorrichtung kann eine besser fokussierte Bildfläche erzeugen.

[0112] Nun kann gemäß der Erfindung ein optisches System mit superweitem Winkel und kurzer Fokussierung zur Verwendung bei einem am Kopf zu montierenden Display realisiert werden, das bisher wegen der erhöhten Krümmung der Bildfläche nicht hergestellt werden konnte. Ein am Kopf zu montierendes Display unter Verwendung der durch die Erfindung geschaffenen optischen Vorrichtung kann Bilder mit erhöhtem Präsenzgrad für Benutzer erzeugen.

[0113] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 14A** und **14B** werden andere Effekte der oben genannten Ausführungsform der Erfindung wie folgt beschrieben.

[0114] Die **Fig. 14B** betrifft eine bekannte Vorrichtung, bei der von einem Display **109e** emittiertes Licht in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht R ist (das in der Praxis dann erzeugt wird, wenn ein Filter für zirkular polarisiertes Licht oder eine Viertelwellenplatte vor dem Display **109e** angeordnet wird). Das Licht läuft als Erstes durch einen Konkavspiegel **102e** mit Halbspiegelbeschichtung, und es erreicht ein cholesterisches Flüssigkristallelement **106e** mit der Eigenschaft, das gesamte zirkular polarisierte Licht mit einer Polarisationsrichtung zu reflektieren und das gesamte zirkular polarisierte Licht mit der anderen Polarisationsrichtung durchzulassen. Es wird davon ausgegangen, dass das cholesterische Flüssigkristallelement **106e** so konzipiert ist, dass es das in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht R reflektiert. Daher wird das Licht R dort totalreflektiert, und es langt erneut am Konkavspiegel **102e** mit Halbspiegelbeschichtung an. Das Licht wird vergrößert, und gleichzeitig wird es dort reflektiert, wodurch sich seine Polarisationsrichtung auf die Gegenuhrzeigerrichtung ändert. Das in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht L, das dort reflektiert wurde, erreicht das cholesterische Flüssigkristallelement **106e**, das diesmal das gesamte Licht durchlässt, da es in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiert ist. Dann fällt das Licht L auf das Auge (E) des Benutzers. Demgemäß kann der Benutzer, wenn das Display **109e** nahe dem Brennpunkt dieses optischen Systems angeordnet

ist, auf dem Display **109e** ein vergrößertes virtuelles Bild betrachten. In diesem Fall liegt die Brechkraft (der Kehrwert der Brennweite) des optischen Systems nur im Konkavspiegel **102e** mit einem Krümmungsradius "r", und der Wert entspricht $2/r$.

[0115] Die **Fig. 14A** zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei der, wie im Fall der bekannten Vorrichtung, angenommen ist, das Licht von einem Display **9f** emittiertes zirkular polarisiertes Licht ist. Dieses Einfallslight durchläuft die konvexe Fläche einer plankonvexen Linse **1f**, es wird an dieser gebrochen und es läuft in ihr bis zu einem benachbarten cholesterischen Flüssigkristallelement **6f**, wo das Licht zurückreflektiert wird. Das reflektierte Licht wird dann vergrößert und durch die interne konkave Fläche der plankonvexen Linse **1f** mit Halbspiegelbeschichtung reflektiert, und es erreicht erneut das cholesterische Flüssigkristallelement **6f**. Dabei läuft das Licht durch das Element **6f**, und es fällt auf die Augen E des Benutzers. Die dargestellte Ausführungsform unterscheidet sich in den folgenden zwei Punkten vom Stand der Technik: Erstens wird das Einfallslight durch die konvexe Linse der Linse **1f** gebrochen, wenn es das erste Mal durch diese läuft, und zweitens erfolgt die Reflexion von Licht an der inneren konvexen Fläche in Glas oder Kunststoff mit einem Brechungsindex über dem der Luft. Dank dieser Merkmale verfügt das optische System der dargestellten Ausführungsform über erhöhte Brechkraft und verringerte Brennweite bei derselben Konfiguration wie der des bekannten Linsensystems.

[0116] Diese Vorteile können wie folgt bewertet werden.

[0117] Wenn die konvexe Fläche der plankonvexen Linse **1f** über denselben Krümmungsradius "r" wie beim Stand der Technik verfügt und der Brechungsindex des Glases oder des Kunststoffmediums 1,5 entspricht, kann die Linse eine Brechkraft von $0,5/r$ ausüben, um das Licht zu brechen, und die optische Brechkraft $3/r$, um das Licht an der inneren konkaven Fläche zu reflektieren. Demgemäß liegt die sich ergebende optische Brechkraft der Linse mit der Dicke t im Bereich von $3/r$ bis $3,5/r$, wenn $t \geq r/4$ gilt. D.h., dass es gemäß der Erfindung möglich ist, ein optisches System zu schaffen, dessen optische Brechkraft das 1,5- bis 1,75-fache derjenigen eines ähnlich aufgebauten herkömmlichen optischen Systems ist und dessen Brennweite entsprechend verkürzt ist. Die Anwendung eines so konzipierten optischen Systems bei einem am Kopf zu montierenden Display ist besonders effektiv, um ein stark vergrößertes Bild mit supergroßem Winkel bei erhöhtem Realitätsgrad in einem Gehäuse zu erzeugen, das dieselbe Größe wie bei dem herkömmlichen optischen System aufweist. Für eine andere Ausführungsform der Erfindung wird ein Beispiel mit detaillierterer Auswertung angegeben.

[0118] Eine weiter verbesserte optische Vorrichtung kann dadurch erhalten werden, dass ein cholesterischer Flüssigkristall als Dünnschicht auf einer ebenen Fläche einer plankonvexen Linse hergestellt wird, anstatt dass ein cholesterisches Flüssigkristallelement verwendet würde. Ein Verfahren zum Herstellen eines cholesterischen Flüssigkristallfilms auf der ebenen Fläche einer plankonvexen Linse wird wie folgt beschrieben: es wird eine Mischlösung aus einem cholesterischen Flüssigkristallmonomer und einem Starter hergestellt und gleichmäßig auf die ebene Fläche der plankonvexen Linse aufgetragen. Die auf die ebene Fläche der Linse aufgetragene Mischlösung wird dann einer Bestrahlung durch ultraviolettes Licht unterzogen. Der cholesterische Flüssigkristall polymerisiert, um darauf einen festen Film auszubilden.

[0119] Ein am Kopf zu montierendes Display, das so aufgebaut ist, wie es in der **Fig. 11** dargestellt ist, muss insbesondere ein optisches System mit verringerter Größe und verringertem Gewicht verwenden, das über minimierte Verzerrung verfügt. Ein erfindungsgemäßes optisches System, das zur Verwendung in einem am Kopf zu montierenden Display vorgesehen ist, wird nachfolgend beschrieben und mit einer herkömmlichen optischen Vorrichtung verglichen.

[0120] Als Erstes wird die erforderliche Spezifikation der optische Vorrichtung wie folgt bestimmt.

[0121] Das Gesichtsfeld, das dazu erforderlich ist, dass sich ein Benutzer subjektiv in eine Szene vertiefen kann, wird im Bereich von 100° angenommen. Demgemäß muss die Diagonale des Gesichtsfeld 100° betragen, um für ein im am Kopf zu montierenden Display angezeigtes Bild einen intensiven Realitätseindruck zu erzeugen. Die Augen benötigen eine Austrittspupille von 12 mm, um das gesamte Gesichtsfeld zu erkennen. Das Augenrelief muss 20 mm betragen, um es einem Benutzer mit Brille zu ermöglichen, das Bild zu sehen. Um an Gewicht des Displays einzusparen, dessen Diagonalgröße 40 mm beträgt, wird eine kleine Flüssigkristalltafel vom 1,6-Zoll-Typ verwendet.

[0122] Die erforderlichen Werte des Linsendurchmessers und der Brennweite werden gemäß den oben genannten Bedingungen bestimmt. Um für ein Gesichtsfeld von 100° von jedem Punkt der Austrittspupille aus zu sorgen, muss die Linse über einen Durchmesser von 60 mm verfügen, der entsprechend der folgenden Gleichung bestimmt wird:

$$(\text{Linsendurchmesser}) = (\text{Durchmesser der Austrittspupille} + 2 \cdot (\text{Augenrelief}) \tan[(\text{Gesichtsfeldwinkel})/2] \quad (1)$$

[0123] Die Linse muss über eine kurze Brennweite von 16,8 mm verfügen, die gemäß der folgenden Gleichung (2) berechnet wurde:

(Brennweite) = (Diagonalgröße der Tafel) / (2 * tan[(Gesichtsfeldwinkel)/2])

(2)

[0124] Die oben genannte Spezifikation ist unten in der Tabelle 3 aufgelistet.

[Tabelle 3]

Punkt	Werte
Gesichtsfelddiagonale	100°
Austrittspupille	12 mm
Augenrelief	20 mm
Diagonalgröße der Tafel	40 mm
Linsendurchmesser	60 mm
Brennweite	16,8 mm

[0125] Es werden zwei optische Systeme konzipiert, die den oben beschriebenen Anordnungen genügen, das eine gemäß der Erfindung und das andere gemäß dem Stand der Technik, und sie werden hinsichtlich ihres Funktionsvermögens miteinander verglichen. Die bekannte Vorrichtung verfügt über einen mit einem Halbspiegel beschichteten Konkavspiegel 102 g und ein cholesterisches Flüssigkristallelement 106 g, wie in der **Fig. 16** dargestellt. Wie oben beschrieben, wird ein Anzeigebild durch die optische Brechkraft des Konkavspiegels 102 g vergrößert, um ein virtuelles Bild zu erzeugen, das der Benutzer sieht. Der Konkavspiegel 102 g muss so konzipiert sein, dass er über einen Krümmungsradius von 33,6 mm verfügt, da die Brennweite des optischen Systems 16,8 mm betragen muss. Ein derartiges Design kann jedoch nicht realisiert werden, da der Konkavspiegel 102 g eine Dicke von 18,5 mm aufweisen muss, so dass der Brennpunkt F innerhalb des Spiegels liegt. D.h., dass das Display nicht im Brennpunkt platziert werden kann. Demgemäß wird die kürzeste Brennweite bei der bekannten Vorrichtung gemäß der folgenden Gleichung (3) zu 22,7 mm bestimmt:

$$(Brennweite) = 2 * (Dicke des Konkavspiegels) * (Krümmungsradius des Konkavspiegels) = 2 * (Brennweite) * (Dicke des Konkavspiegels) = (Krümmungsradius des Konkavspiegels)^2 - (Linsradius)^2 \quad (3)$$

[0126] Der maximale Gesichtsfeldwinkel, den die bekannte Vorrichtung bei der kürzesten Brennweite erzielen kann, wird zu 83° bestimmt, wodurch der erforderlichen Spezifikation nicht genügt werden kann.

[0127] Ein denselben Erfordernissen genügendes optisches System wird gemäß der Erfindung konzipiert. Die **Fig. 17** veranschaulicht das konzipierte optische System, das sich vom bekannten System dadurch unterscheidet, dass der Raum zwischen einem Konkavspiegel **2t** und einem cholesterischen Flüssigkristallelement **6t** mit einem Acrylharz **1t** ausgefüllt ist, das als vergrößernde Lichtbrechungseinrichtung dient, deren Brechungsindex 1,49 beträgt. Wenn das optische System dieselbe Konfiguration wie das bekannte System mit maximalen Gesichtsfeld aufweist, kann es dank des vergrößernden Brechungseffekts der Brechungseinrichtung **1t** eine Brennweite von 15,2 mm und einen Gesichtsfeldwinkel von 106°, der zum Erfüllen des Erfordernisses ausreichend groß ist, erzielen.

[0128] Es werden Petzvalradien für die bekannte Vorrichtung und die erfindungsgemäße Vorrichtung berechnet, um das Ausmaß ihrer Bildflächenkrümmung **IP** zu berechnen. Der Petzvalradius der erfindungsgemäßen Vorrichtung beträgt 45,1 mm, während derjenige der bekannten Vorrichtung 22,5 mm beträgt. Dies bedeutet, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung hinsichtlich der Bildqualität der bekannten Vorrichtung um den Faktor 2 überlegen ist. Die Tabelle 4 ist eine Vergleichstabelle zum Vergleichen von Eigenschaften der zwei optischen Systeme.

[Tabelle 4]

Punkte	Optische Systeme entsprechend	
	Stand der Technik	Erfindung
Durchmesser	80 mm	60 mm
Dicke	11,35 mm	11,35 mm
Brennweite	22,7 mm	15,2 mm
Gesichtsfeldwinkel	83°	106°
Petzvalradius	22,7 mm	45,1 mm

[0129] Wie es aus der Tabelle 4 erkennbar ist, kann durch die Erfindung eine optische Vorrichtung geschaffen werden, die bei derselben Größe wie der der bekannten Vorrichtung über einen supergroßen Betrachtungswinkel verfügt, wie er durch den Stand der Technik nicht realisiert werden kann und die das Doppelte der Bildqualität des Stands der Technik gewährleistet. Demgemäß verfügt ein am Kopf zu montierendes Display unter Verwendung des erfindungsgemäßen optischen Systems, wie in der **Fig. 18** dargestellt, über ein brillenartiges Gehäuse, das eine Hintergrundbeleuchtung **81**, eine Flüssigkristall Tafel **91** und eine optische Vorrichtung **11**, **61** enthält, die in der genannten Reihenfolge angeordnet sind, das ein Bild mit erhöhtem Realitätseffekt und erhöhter Intensität anzeigen kann, wie sie ein Benutzer durch beliebige herkömmliche am Kopf zu montierende Displays nicht erfahren konnte.

[0130] Die Erfindung ist auch auf das Konzipieren eines optischen Systems gerichtet, das eine Kombination von Strahlen transmittierten und reflektierten Lichts von einem halbtransparenten oder selektiv halbtransparenten Spiegel entsprechend deren Polarisationsseigenschaften nutzen kann, im Gegensatz zur herkömmlichen Vorrichtung, die nur reflektiertes Licht nutzt. Die Realisationsart der Erfindung ist der der oben genannten Ausführungsform ähnlich.

[0131] Die **Fig. 19** und **20** sind Diagramme zum Erläutern von Funktionsprinzipien optischer Systeme, wobei es sich jeweils um ein wesentliches Element handelt, das eine erfindungsgemäße optische Vorrichtung bildet.

[0132] Das in der **Fig. 19** dargestellte optische System ist so konzipiert, dass zwei halbtransparente Spiegel **2g** und **2'g**, die einander gegenüberstehend angeordnet sind und ein Strahl **Li** unter Lichtstrahlen dazwischen eineinhalb Umläufe ausführt, wobei er vom strahlungsseitigen halbtransparenten Spiegel ausgeht, wobei die Wirkung der Transmission und Reflexion des Strahls unter Ändern seiner Polarisationsrichtung adaptiv konzipiert wird. D.h., dass ein derartig konzipiertes optisches System im Vergleich zur herkömmlichen Vorrichtung über einen um den Faktor 3 verkürzten Lichtpfad und eine dreifach erhöhte optische Brechkraft (Vergrößerungsfaktor) seiner Brechungseinrichtung verfügt, da der Strahl denselben Brechungswirkungen unterzogen wird, wie wenn er durch drei einzelne Brechungseinrichtungen **1g** laufen würde.

[0133] Das in der **Fig. 20** dargestellte optische System verfügt über zwei halbtransparente Spiegel **2h** und **2'h**, die einander gegenüberstehend angeordnet sind, wobei einer der beiden oder beide ein gekrümmter Spiegel (**2h** in diesem Fall) sein können. Diese Spiegel **2h**, **2'h** sind unter Berücksichtigung der Polarisationsrichtung von Licht im optischen System adaptiv konzipiert. Durch diese Vorgehensweise ist es möglich, die Belastung der zwischen den halbtransparenten Spiegeln **2h**, **2'h** verwendeten Brechungseinrichtung **1h** zu verringern. Das optische Design wird flexibler. Es kann an Gewicht des optischen Systems eingespart werden (im Wesentlichen dadurch, dass die halbtransparenten Spiegel **2h** und **2'h** anstelle der Brechungseinrichtung **1h** die erforderliche Krümmung erhalten).

[0134] Jedoch sind die optischen Systeme der **Fig. 19** und **20** der Zweckdienlichkeit der Erläuterung ihrer Grundwirkungen wegen schematisch dargestellt, und sie können daher in der Praxis nicht als solche verwendet werden, da außer den erforderlichen Strahlen andere Strahlen vorhanden sein können, die direkt durch die halbtransparenten Spiegel laufen und mehr als 2,5 Umläufe ausführen, wodurch es zu Geisterbildern und Halobildung im Bild kommt. Nachfolgend werden optische Systeme gemäß Ausführungsformen der Erfindung, mit denen die oben genannten Probleme gelöst sind, detailliert beschrieben.

[0135] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 21(C)** wird ein die Erfindung nutzendes optisches System als Erstes

entsprechend denselben Definitionen zu Koordinatenachsen und Rotationswinkeln, wie oben bestimmt (siehe die Fig. 21(A) und 21(B)) beschrieben.

[0136] Das optische System der Fig. 21(C) verfügt über eine erste Polarisationsplatte **4i**, eine erste halbtransparente Platte **2i**, eine Vergrößerungslinse **1i**, eine erste Viertelwellenplatte **5i**, eine zweite halbtransparente Platte **2'i**, eine zweite Viertelwellenplatte **5'i** und eine zweite Polarisationsplatte **4'i**, die in der genannten Reihenfolge von links her (Einfallseite, wie in der Darstellung gesehen) auf solche Weise angeordnet sind, dass jeweilige optische Elemente in einer xy-Ebene enthalten sind und normal auf einer optische Achse Ax des optischen Systems stehen. Die erste und die zweite Polarisationsplatte **4i** und **4'i** sind so angeordnet, dass durch sie laufendes polarisiertes Licht in der Richtung der y-Achse liegt, und die erste und die zweite Viertelwellenplatte **5i** und **5'i** sind so angeordnet, dass ihre Kristallachsen einen Winkel von -45° mit der y-Achse bilden.

[0137] Reflexions- und Transmissionsvorgänge für einen Strahl einfallenden Lichts im dargestellten optischen System sind die Folgenden.

[0138] Licht, das von der linken Seite in die erste Polarisationsplatte **4i** eingetreten ist, wird in linear polarisiertes Licht in der Richtung der y-Achse gewandelt. Das polarisierte Licht durchläuft den ersten halbtransparenten Spiegel **2i** und die Linse **1i** (erster Durchlauf). Wenn das Licht weiter durch die erste Viertelwellenplatte **5i** läuft, wird es in zirkular polarisiertes Licht gewandelt, das dann durch den zweiten halbtransparenten Spiegel **2'i** in zwei Gruppen von Strahlen aufgeteilt wird: eine Gruppe L_i , die direkt dort austritt, und eine andere Gruppe L'_i , die dort reflektiert wird. Das direkt durchgelassene Licht L_i wird erneut durch die zweite Viertelwellenplatte **5'i** in linear polarisiertes Licht gewandelt. Da die optische Achse der ersten und der zweiten Viertelwellenplatte **5i** und **5'i** in derselben Richtung liegen, ist das direkt durchgelassene Licht derselben Polarisation unterzogen, die es beim Durchlauf durch eine Halbwellenplatte aufweisen würde, und die endgültige Richtung dieses linear polarisierten Lichts ist um 90° verdreht, um mit der Richtung der x-Achse übereinzustimmen. D.h., dass das linear polarisierte Licht seine Polarisationsrichtung um 90° ändert, wenn es durch zwei Viertelwellenplatten hindurchläuft, und daher wird es durch die zweite Polarisationsplatte **4'i** absorbiert. So kann eine Beeinträchtigung des Anzegebilds durch direkt durchgelassenes Licht L_i verhindert werden.

[0139] Andererseits läuft das durch den zweiten halbtransparenten Spiegel **2'i** reflektierte Licht L'_i erneut durch die erste Viertelwellenplatte **5i**, um in der Richtung der x-Achse linear polarisiertes Licht gewandelt zu werden. Das linear polarisierte Licht durchläuft dann erneut (zweiter Durchlauf) die Linse **1i**, und es erreicht den ersten halbtransparenten Spiegel **2i**, durch den es erneut als linear polarisiertes Licht in derselben Richtung der x-Achse reflektiert wird (da seine Polarisationsrichtung nicht durch Reflexion geändert werden kann). Das Licht durchläuft die Linse **1i** (dritter Durchlauf), und dann durchläuft es die Viertelwellenplatte **5i**, wobei es in zirkular polarisiertes Licht gewandelt wird, dessen Strahlen dann durch den zweiten halbtransparenten Spiegel **2'i** in zwei Gruppen aufgeteilt wird: eine Gruppe L'_i läuft durch ihn hindurch, und die andere Gruppe wird dort reflektiert. Das durchlaufende Licht L'_i wird durch die zweite Viertelwellenplatte **5'i** in linear polarisiertes Licht gewandelt, dessen Richtung mit der y-Achse übereinstimmt, da das Licht zweimal mehr als das direkt durchgelassene Licht durch die Viertelwellenplatte **5i** gelaufen ist.

[0140] Demgemäß durchläuft das Licht L'_1 die zweite Polarisationsplatte **4'i**, und es wird von einer optischen Vorrichtung oder einem Betrachter genutzt. Da am zweiten halbtransparenten Spiegel **2'i** reflektierte Licht (wie das zuvor reflektierte Licht) läuft zwischen den halbtransparenten Spiegeln und kehrt zum zweiten halbtransparenten Spiegel **2'i** zurück, und läuft durch diesen. Das Licht ist zweimal durch die Viertelwellenplatte **5i** gelaufen, und es ist in der Richtung der x-Achse polarisiert, und demgemäß wird es durch die zweite Polarisationsplatte **4'i** absorbiert. So kann eine Beeinträchtigung eines Anzegebilds durch das Licht mit 2,5 Umläufen verhindert werden.

[0141] Das vom dargestellten optischen System zur weiteren Nutzung in einer optischen Vorrichtung emittierte Licht wird als Signallicht definiert, und anderes Licht, das ein Bild beeinträchtigen kann, wird als Störlicht definiert. Die Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse ein weiteren Untersuchung von Lichtstrahlen, die durch die halbtransparenten Spiegel des optischen Systems laufen.

[Tabelle 5]

Anzahl der Umläufe von Licht zwischen zwei halbtransparenten Spiegeln oder zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegeln	Lichtarten	Intensitätsverhältnis zum einfallenden Licht (Transmissionswirkungsgrad)	Intensitätsverhältnis zum Signallicht
0,5	Störung (Direktlicht)	0	0
1,5	Signal	1/16	1
2,5	Störung	0	0
3,5	Störung	1/256	1/16
4,5	Störung	0	0

[0142] Wie es aus der Tabelle 5 erkennbar ist, werden Lichtstrahlen, die 0,5, 2,5 und 4,5 Umläufe ausführten, alle in der Polarisationsplatte **4'i** absorbiert, und Lichtstrahlen, die 1,5 und 3,5 Umläufe ausführten, laufen ohne Absorption durch sie hindurch. Licht, das 1,5 Durchläufe ausgeführt hat, ist es erforderliches Signallicht, und Licht, das 3,5 Umläufe ausgeführt hat, ist Störlicht, das während seiner Umläufe gestreut wird und im Ausmaß 1/16 in Beziehung zur Signallichtintensität geschwächt wird. D.h., dass das stärkste Störlicht in seiner Intensität auf 1/16 des Signallichts beschränkt ist. So kann der Effekt von Störlicht auf ein Anzeigebild minimiert werden.

[0143] Ein ähnliches erfindungsgemäßes optisches System kann unter Verwendung von Dünnschichten eines cholesterischen Flüssigkristalls realisiert werden, wie es in der **Fig. 22** dargestellt ist. Beim dargestellten System ist ein cholesterischer Flüssigkristall Film **6m** dazu vorgesehen, in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht R zu reflektieren und in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht L durchzulassen. Linear polarisiertes Einfalllicht von der linken Seite (wie in der Darstellung gesehen) gelangt in das optische System, in dem es durch eine Viertelwellenplatte **5m** in in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht R gewandelt wird, 1,5 Umläufe zwischen einem Halbspiegel **2m** und einem cholesterischen Flüssigkristallfilm **6m** ausführt und schließlich den letzteren nach rechts durchläuft. Das Licht durchläuft die Linse **1m** dreimal, um denselben vergrößernden Brechungseffekt zu erhalten, wie es ihn erhalten kann, wenn es drei einzelne Brechungseinrichtungen durchläuft. Es ist möglich, die beschriebene Richtung des polarisierten Lichts und die beschriebene Rotationsrichtung des zirkular polarisierten Lichts zu ändern.

[0144] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 23(C)** und **24** wird nachfolgend eine die Erfindung verkörperndes optisches System beschrieben, wobei dieselben Definitionen zu Koordinatenachsen und Rotationswinkeln wie zuvor bestimmt (siehe die **Fig. 21(A)** und **21(B)**) verwendet werden.

[0145] Das optische System der **Fig. 23(C)** verfügt über ein Flüssigkristalldisplay **9j**, einen polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3j**, eine Vergrößerungslinse **1j**, eine erste Viertelwellenplatte **5j**, eine

halbtransparente Platte **2j**, eine zweite Viertelwellenplatte **5'j** und eine Polarisationsplatte **4j**, die in der angegebenen Reihenfolge von links her (Einfallseite, wie aus der Darstellung erkennbar) auf solche Weise angeordnet sind, dass jeweilige optische Elemente in einer xy-Ebene enthalten sind und sie normal auf einer optischen Achse Ax des optischen Systems stehen. In der **Fig. 23(C)** bezeichnet E die Augen eines Betrachters. Der polarisiertes Licht auswählendes halbtransparente Spiegel **3j** und die Polarisationsplatte **4j** sind so angeordnet, dass durch sie laufendes polarisiertes Licht in der Richtung der y-Achse liegen kann, und die erste und die zweite Viertelwellenplatte **5j** und **5'j** sind so angeordnet, dass ihre Kristallachsen einen Winkel von -45° zur y-Achse bilden können.

[0146] Dieses optische System unterscheidet sich vom optischen System der **Fig. 21** dadurch, dass es den polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3j** anstelle der ersten Polarisationsplatte **4'j** und des halbtransparenten Spiegels **2i** des Systems der **Fig. 21** verwendet. Wie es in der **Fig. 25** dargestellt ist, ist der polarisiertes Licht auswählende Spiegel **3j** ein Spiegel, der 100% von Licht durchlässt, das in einer spezifizierten Richtung polarisiert ist, und 100% des Lichts reflektiert, das linear in der dazu rechtwinkligen Richtung polarisiert ist. Z.B. lässt der Licht auswählende halbtransparente Spiegel **3j** der **Fig. 25** horizontal polarisiertes Licht Li durch, und er reflektiert vertikal polarisiertes Licht L'i, bezogen auf die Darstellung.

[0147] Dieser polarisiertes Licht auswählende halbtransparente Spiegel **3** kann unter Verwendung desselben Prinzips hergestellt werden, gemäß dem ein Metalldrahtgitter hergestellt wird, bei dem es sich um ein rahmenartiges Element mit eng gleich beabstandeten, parallelen Metalldrähten **40** handelt. Es wurde zur Verwendung zu Versuchen zur Polarisation von Radiowellen entwickelt. Das Metalldrahtgitter wirkt als Polarisationselement, wenn der Abstand zwischen Metalldrähten deutlich kürzer als die Radiowellenlänge ist und das Drahtmaterial Reflexionseigenschaften für Radiowellen zeigt. Das Gitter reflektiert polarisiertes Licht, dessen Richtung parallel zur Reihe der Metalldrähte verläuft, und es lässt polarisiertes Licht durch, dessen Richtung rechtwinklig zur Reihe der Metalldrähte verläuft. Ein anderes Element kann in ähnlicher Weise mit Licht arbeiten, wenn es über eine Reihe paralleler Metalldrähte mit einem Abstand verfügt, der deutlich kürzer als die Lichtwellenlänge ist. Es kann als polarisiertes Licht auswählender halbtransparenter Spiegel dienen, der polarisiertes Licht reflektiert, dessen Richtung parallel zur Reihe der Drähte verläuft, und der polarisiertes Licht durchlässt, dessen Richtung rechtwinklig zur Reihe der Drähte verläuft.

[0148] Es existieren zwei praxisingerechte Verfahren zum Herstellen des oben genannten, polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegels. Das erste Verfahren besteht im Herstellen eines dünnen Films mit einer Reihe darauf parallel angeordneter Metallwhiskers (sehr feine Drähte). Dieses Verfahren wurde bereits zum Herstellen von Polarisationsplatten für Infrarotstrahlung verwendet. Das zweite Verfahren besteht im Einätzen eines Gittermusters mit einer Reihe feiner Drähte in ein Substrat unter Verwendung einer Fotolithografiertechnik, wie sie zur Herstellung von ICs und Flüssigkristalltafeln entwickelt wurde. Derzeit ist es möglich, mit diesem Verfahren Linien von jeweils 20 nm Breite zu ätzen. Demgemäß kann ein Muster gleich beabstandeter paralleler Drähte mit einem Abstand erhalten werden, der deutlich kürzer als die Wellenlänge sichtbaren Lichts ist. Die **Fig. 27** ist eine vergrößerte Ansicht eines polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegels, der durch das Fotolithografieverfahren hergestellt wurde. Feine Metalldrähte **51** aus Metall, z.B. Aluminium, sind auf einem lichtdurchlässigen Glassubstrat **50** ausgebildet. Der Abstand D zwischen Metalldrähten **51** darf nicht größer als 100 nm sein, da er kürzer als die Wellenlänge des sichtbaren Lichts sein muss.

[0149] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 23** wird nun die Reflexion und Transmission von Licht im halbtransparenten System detailliert wie folgt beschrieben.

[0150] Licht vom Flüssigkristalldisplay **9j** wird als in der Richtung der y-Achse polarisiert angenommen. Das linear polarisierte Licht durchläuft als Erstes den polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3j** und dann die Linse **1j** (erster Durchlauf). Wenn das Licht weiter durch die erste Viertelwellenplatte **5j** läuft, wird es in zirkular polarisiertes Licht gewandelt, das dann durch den zweiten halbtransparenten Spiegel **2'j** in zwei Gruppen von Strahlen aufgeteilt wird: eine Gruppe Li läuft direkt hindurch, und die andere Gruppe L'i wird an ihm reflektiert. Das direkt durchgelassene Licht Li wird erneut durch die zweite Viertelwellenplatte **5'j** in linear polarisiertes Licht gewandelt. Da die Kristallachsen der ersten und der zweiten Viertelwellenplatte **5j** und **5'j** in derselben Richtung ausgerichtet sind, ist das direkt durchgelassene Licht derselben Polarisation unterzogen wie dann, wenn es durch eine Halbwellenplatte gelaufen wäre, und die abschließende Richtung dieses linear polarisierten Lichts ist um 90° gedreht, um mit der Richtung der x-Achse übereinzustimmen. D.h., dass das linear polarisierte Licht seine Polarisationsrichtung um 90° ändert, wenn es durch zwei Viertelwellenplatten durchläuft, weswegen es dann durch die zweite Polarisationsplatte **4'j** absorbiert wird. So kann eine Beeinträchtigung eines Anzeigebilds durch direkt durchgelassenes Licht Li verhindert werden.

[0151] Andererseits läuft das durch den zweiten halbtransparenten **2'j** reflektierte Licht L'i erneut durch die erste Viertelwellenplatte **5j**, um in linear polarisiertes Licht in der Richtung der x-Achse gewandelt zu werden. Dann läuft das linear polarisierte Licht erneut (zweiter Durchlauf) durch die Linse **1j**, und es erreicht den polarisierte Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3j**, durch den es erneut reflektiert wird, da es in der Richtung der x-Achse linear polarisiert ist (da die Richtung seiner Polarisation durch Reflexion nicht geändert werden kann). Das Licht durchläuft die Linse **1j** (dritter Durchlauf) und dann durchläuft es die erste Viertelwel-

lenplatte **5j**, wobei es in zirkular polarisiertes Licht gewandelt wird, dessen Strahlen dann durch den zweiten halbtransparenten Spiegel **2'j** in zwei Gruppen aufgeteilt wird: eine Gruppe $L'i$ durchläuft ihn, und die andere Gruppe wird an ihm reflektiert. Das durchlaufende Licht $L'i$ wird durch die zweite Viertelwellenplatte **5j** in linear polarisiertes Licht gewandelt, dessen Richtung mit der y-Achse übereinstimmt, da das Licht zweimal mehr als das direkt durchgelassene Licht L_i durch die Viertelwellenplatte **5j** gelaufen ist. Demgemäß läuft das Licht durch die zweite Polarisationsplatte **4'j**, und es fällt auf die Augen E eines Betrachters. Das am zweiten halbtransparenten Spiegel **2'j** reflektierte Licht (wie das zuvor reflektierte Licht) läuft zum polarisierte Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3j**, und es durchläuft diesen, da es in der Richtung der y-Achse polarisiert ist, und es wird demgemäß durch das Flüssigkristalldisplay **9j** absorbiert. So kann eine Beeinträchtigung eines Anzeigebilds durch übermäßig reflektiertes Licht verhindert werden.

[0152] Wie oben beschrieben, läuft bei der dargestellten Ausführungsform der Erfindung Licht dreimal durch die Linse **1j**, die daher eine dreifache optische Brechkraft ausüben kann. In der Praxis muss ein herkömmliches optisches System unter Verwendung nur eines optischen Elements drei Linsen enthalten, wie es in der **Fig. 24** dargestellt ist, um dieselbe optische Brechkraft des optischen Systems der **Fig. 23** zu erzielen. Im Vergleich mit dem herkömmlichen optischen System der **Fig. 24**, das Licht von einem Flüssigkristalldisplay empfängt, und es durch drei einzelne optische Linsen **101f**, **101'f** und **101''f** schickt, kann das erfindungsgemäße optische System der **Fig. 23** eine beträchtliche Einsparung der Länge des optischen Pfads und eine Gewichtseinsparung um den Faktor 3 dank des Effekts einer verringerten Anzahl von Linsen erzielen. Dieser Vorteil wird bei einem optischen System mit vergrößertem Gesichtsfeldwinkel unter Verwendung einer Linse größeren Durchmessers realisiert. Demgemäß ist das erfindungsgemäße optische System besonders effektiv, um ein kompaktes und leichtes Display mit großem Betrachtungswinkel zu erzeugen.

[0153] Die Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse einer weiteren Untersuchung der Transmissionseffizienz für Lichtstrahlen, die zwischen dem polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3j** und dem halbtransparenten Spiegel **2j** des optischen Systems hin- und herlaufen, sowie die Intensität des Störlichts.

[Tabelle 6]

Anzahl der Umläufe von Licht zwischen zwei halbtransparenten Spiegeln oder zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegeln	Lichtarten	Intensitätsverhältnis zum einfallenden Licht (Transmissionswirkungsgrad)	Intensitätsverhältnis zum Signallicht
0,5	Störung (Direktlicht)	0	0
1,5	Signal	1/4	1
2,5	Störung	0	0
3,5	Störung	0	0
4,5	Störung	0	0

[0154] Wie es aus der Tabelle 6 erkennbar ist, sind Vorteile dieser Ausführungsform gegenüber der vorigen, in der **Fig. 21** dargestellten Ausführungsform die Folgenden: Der erste Vorteil besteht darin, dass das Verhältnis von Signallicht zu einfallendem Licht (d.h. die Transmissionseffizienz für das Signallicht) unter Verwendung eines polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegels anstelle eines halbtransparenten Spiegels erhöht wird. Das Signalverhältnis dieser Ausführungsform ist 1/4, während dasjenige der in der **Fig. 21** dargestellten vorigen Ausführungsform 1/16 ist. D.h., dass die Transmissionseffizienz dieser Ausführungsform viermal höher als die der in der **Fig. 21** dargestellten Ausführungsform ist. Der zweite Vorteil besteht darin, dass diese Ausführungsform das gesamte Störlicht beseitigen kann, wohingegen es die in der **Fig. 21** dargestellte Ausführungsform erlaubt, das Störlicht im Verhältnis 1/16 zum Signallicht verbleibt.

[0155] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 28(B)** wird ein die Erfindung verkörperndes optisches System wie folgt beschrieben.

[0156] Das optische System der **Fig. 28(B)** verfügt über einen ersten polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3k**, eine Vergrößerungslinse **1k**, eine die Polarisationsebene drehende Einrichtung **60k** und einen zweiten polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3'k**, die in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallsseite her (der linken Seite bei Betrachtung der Darstellung) angeordnet sind. Es sei angenommen, dass die Polarisationsebene von durch den ersten polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3k** gelaufenen Lichts auf die Richtung der y-Achse eingeschränkt ist (**Fig. 28(A)**) und die Polarisationsebene von durch den zweiten polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3'k** laufenden Lichts auf diejenige Richtung eingeschränkt ist, die einen Winkel von 135° mit der Richtung der y-Achse bildet. Die die Polarisationsebene drehende Einrichtung **60k** soll die Polarisationsebene von Licht um 45° in der Uhrzeigerrichtung um die optische Achse, gesehen entlang der Richtung des Lichtpfads, drehen.

[0157] Die Drehung der Polarisationsebene kann dadurch realisiert werden, dass z.B. ein Faraday-Rotations-

element verwendet wird, das ein Element aus einem isotropen Medium wie homogenem Bleiglas **71** ist, das in einem Magnetfeld platziert ist, wie in der **Fig. 29** dargestellt, und das die Polarisationssebene linear polarisierter, darauf fallenden Lichts parallel zum Magnetfeld drehen kann, wobei das Ausmaß proportional zur Stärke des Magnetfelds ist.

[0158] In der **Fig. 28(B)** läuft von der linken Seite der Darstellung her einfallendes Licht durch den ersten polarisierten Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3k**, in dem es in linear polarisiertes Licht gewandelt wird, dessen Polarisationssebene auf die Richtung der y-Achse eingeschränkt ist. Das linear polarisierte Licht durchläuft die Linse **1k** (erster Durchlauf) und dann die die Polarisationssebene drehende Einrichtung **60k**, wodurch seine Polarisationssebene so gedreht wird, dass sie einen Winkel von 45° zur y-Achse bildet. Dann wird das Licht durch den zweiten polarisierten Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3'k** vollständig reflektiert, da der Letztere so eingestellt ist, dass er polarisiertes Licht durchlässt, dessen Polarisationssebene einen Winkel von 135° zur y-Achse bildet. Daher wird kein direktes Licht durchgelassen. Das reflektierte Licht **Li** läuft erneut durch die die Polarisationssebene drehende Einrichtung **60k**, wodurch seine Polarisationssebene auf einem Winkel von 90° gedreht wird. Das Licht durchläuft die Linse **1k** (zweiter Durchlauf) und es kehrt zum ersten polarisierten Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3k** zurück, durch den es vollständig reflektiert wird, da dieser Spiegel **3k** so ausgebildet ist, dass er Licht durchlässt, dessen Polarisationssebene einen Winkel von 0° bildet. Daher kommt es dort zu keinen Lichtverlusten. Das reflektierte Licht durchläuft die Linse **1k** (dritter Durchlauf) und die die Polarisationssebene drehende Einrichtung **60k**, wodurch seine Polarisationssebene auf 135° gedreht wird. Dann wird das Licht durch den zweiten polarisierten Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3'k** gestrahlt. Die Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse einer weiteren Untersuchung der Transmissions-effizienz von Lichtstrahlen, die zwischen den zwei polarisierten Licht auswählenden halbtransparenten Spiegeln **3k** und **3'k** des optischen Systems hin- und herlaufen, und die Intensität von Störlicht.

[Tabelle 7]

Anzahl der Umläufe von Licht zwischen zwei halbtransparenten Spiegeln oder zirkular polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegeln	Lichtarten	Intensitätsverhältnis zum einfallenden Licht (Transmissionswirkungsgrad)	Intensitätsverhältnis zum Signallicht
0,5	Störung (Direktlicht)	0	0
1,5	Signal	1	1
2,5	Störung	0	0
3,5	Störung	0	0
4,5	Störung	0	0

[0159] Wie es aus der Tabelle 7 erkennbar ist, sind Vorteile dieser Ausführungsform gegenüber den zuvor beschriebenen, in den **Fig. 21** und **23** veranschaulichten Ausführungsformen die folgenden: Der erste Vorteil besteht darin, dass das Verhältnis von Signallicht zu einfallendem Licht (d.h. die Transmissionseffizienz des Signallichts) auf 1 (100%) verbessert ist, während das Signalverhältnis bei den in den **Fig. 21** und **23** dargestellten Ausführungsformen 1/16 bzw. 1/4 beträgt. Der zweite Vorteil besteht darin, dass diese Ausführungsform das gesamte Störlicht beseitigen kann, wie die in der **Fig. 23** dargestellte Ausführungsform.

[0160] Die Merkmale der optischen Systeme bei den Ausführungsformen sind dergestalt, dass die Linse das Dreifache der optischen Brechkraft ausüben kann, wodurch eine dünne und leichte Vorrichtung mit hoher optischer Brechkraft auf einfache Weise dadurch realisiert werden kann, dass in ihr ein angemessenes der vorgeschlagenen optischen Systeme verwendet wird. Da Licht von einem Flüssigkristalldisplay linear polarisiertes Licht ist, kann es dadurch effektiv genutzt werden, dass die einfallsseitige Polarisationsplatte oder der polarisierte Licht auswählende Spiegel mit ihrer Transmissionsrichtung so ausgerichtet werden, dass Übereinstimmung mit der Polarisationssebene des Lichts vom Flüssigkristalldisplay besteht.

[0161] Diese Ausführungsform ist der Struktur nach den in den **Fig. 21, 23** und **28** dargestellten Ausführungsformen ähnlich, und sie ist dadurch gekennzeichnet, dass ein für polarisiertes Licht halbtransparenter Spiegel mit der Funktion eines halbtransparenten Spiegels oder ein halbtransparenter Spiegel selbst mit gekrümmter Fläche ausgebildet ist. Diese Ausführungsform ist den in den **Fig. 1** bis **4** dargestellten Ausführungsformen auch dahingehend ähnlich, dass eine gekrümmte Fläche einer Linse (Brechungseinrichtung) mit einer Halbspiegelbeschichtung versehen ist und durchzulassendes Licht durch einen polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel ausgewählt wird. Demgemäß sind in den **Fig. 1** bis **4** dargestellte gemeinsame Elemente auch bei dieser Ausführungsform anwendbar. Die Effekte der oben genannten Merkmale dieser Ausführungsform sind aus der Beschreibung ersichtlich, die für die in der **Fig. 1** dargestellte Ausführungsform erfolgte.

[0162] Demgemäß ist ein kleines optisches System dieser Ausführungsform zur Verwendung in einem am Kopf zu montierenden Display besonders geeignet. Die **Fig. 30** veranschaulicht ein am Kopf zu montierendes Display, in dem die erfindungsgemäße optische Vorrichtung verwendet ist.

[0163] Das am Kopf zu montierende Display ist ein brillenartiges Gehäuse **10a**, in dem alle Komponenten enthalten sind. Das am Kopf zu montierende brillenartige Gehäuse **10n** enthält, in jedem von zwei Teilen, die den zwei Linsen einer Brille entsprechen, eine Hintergrundbeleuchtung **8n**, eine Flüssigkristalltafel **9n**, einen polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel **3n**, eine Linse **1n**, eine erste Viertelwellenplatte **5n**, einen halbtransparenten Spiegel **2n**, eine zweite Viertelwellenplatte **5'n** und eine Polarisationsplatte **4n** in der angegebenen Reihenfolge von der vorderen Außenseite her. Ein Bild vom Flüssigkristalldisplay erreicht über das oben genannte optische System die Augen eines Betrachters. Das am Kopf zu montierende Display muss so konzipiert werden, dass es für den Gebrauch bequem ist, was durch Verringern seiner Größe (bei minimalem Vorstehen des Linsenabschnitts) und des Gewichts (bei minimaler Belastung des Gesichts des Benutzers) erfolgt. Ein derartiges bequemes, dünnes und leichtes am Kopf zu montierendes Display kann unter Verwendung der erfindungsgemäßen optischen Vorrichtung realisiert werden, die durch ihr weites Gesichtsfeld und eine Dicke gekennzeichnet ist, die um den Faktor 3 im Vergleich zum Fall einer herkömmlichen optischen Vorrichtung verringert ist.

[0164] Die folgende Beschreibung benutzt dieselben Definitionen für Koordinatenachsen und Rotationswinkel, wie sie oben bestimmt wurden.

[0165] Die Kristallachse einer Viertelwellenplatte ist wie folgt definiert: Eine Polarisationslichtkomponente normal zur Kristallachse wird als gegenüber einer Polarisationslichtkomponente, die parallel zur Kristallachse verläuft, als um eine Viertel Wellenlänge verzögert definiert.

[0166] Die **Fig. 31(C)** veranschaulicht eine Anordnung mit einem Konkavspiegel **12p**, der mit einer Schicht eines cholesterischen Flüssigkristalls beschichtet ist, einer ersten Viertelwellenplatte **5p**, einem Faradayelement **60p**, einer zweiten Viertelwellenplatte **5'p** und einem Dünnsfilm eines cholesterischen Flüssigkristalls **6p**, die in der angegebenen Reihenfolge von links her angeordnet sind. Nun werden die folgenden Bedingungen angenommen. Der cholesterische Flüssigkristall lässt in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht durch, und er reflektiert in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht. Die Kristallachse der ersten Viertelwellenplatte **5p** ist in der x-Achse (90°) ausgerichtet, und die Kristallachse der zweiten Viertelwellenplatte **5'p** ist unter einem Winkel von 135° ausgerichtet. Das Faradayelement **60p** soll die Polarisationssebene von linear polarisiertem Licht um 45° drehen. Einfallslight vom Display ist in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht. Diese Bedingungen werden jedoch nur der Erläuterung halber angenommen, und sie beseitigen nicht die Möglichkeit, dass eine Kombination verschiedener Parameter verwendet wird, die im Prinzip ähnlich funktionieren kann. Obwohl die **Fig. 31(C)** der Erläuterung halber die Elemente getrennt voneinander darstellt, können sie in engem Kontakt miteinander zusammengebaut sein, um eine dünne, integrale Einheit zu bilden.

[0167] Licht tritt von links in das dargestellte optische System ein. Dieses Einfallslight ist in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisiert, und es durchläuft daher einen Konkavspiegel **12p**, der mit einem cholesterischen Flüssigkristall beschichtet ist und dann die erste Viertelwellenplatte **5p**. Es tritt aus diesem als linear polarisiertes

Licht aus, dessen Polarisationssebene unter einem Winkel von 45° verläuft. Das linear polarisierte Licht wird einer weiteren Drehung seiner Polarisationssebene um 45° unterzogen, und es tritt aus ihr mit einer Polarisationssebene aus, die einen Winkel von 90° bildet. Dann wird das linear polarisierte Licht in in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht gewandelt, wenn es die zweite Viertelwellenplatte **5'p** durchläuft, deren Kristallachse unter 135° ausgerichtet ist. Dieses Licht wird durch das cholesterische Flüssigkristallelement **6p** reflektiert, und es tritt als in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht in die zweite Viertelwellenplatte **5'p** ein, aus der es als linear polarisiertes Licht mit einer unter 90° ausgerichteten Polarisationssebene austritt, das durch das Faradayelement **60p** weiter in linear polarisiertes Licht gewandelt wird, dessen Polarisationssebene unter 135° verläuft. Das Licht durchläuft die erste Viertelwellenplatte **5p**, um in in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht gewandelt zu werden.

[0168] Das in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht von der ersten Viertelwellenplatte **5p** wird durch den mit dem cholesterischen Flüssigkristall beschichteten Konkavspiegel **12p** vergrößert und reflektiert, und es tritt dann als in der Gegenuhrzeigerrichtung zirkular polarisiertes Licht in die erste Viertelwellenplatte **5p** ein. Dieses Licht wird durch die optischen Wirkungen der ersten Viertelwellenplatte **5p**, des Faradayelements **60p** und der zweiten Viertelwellenplatte **5'p** in in der Uhrzeigerrichtung polarisiertes Licht gewandelt, und es erreicht das cholesterische Flüssigkristallelement **6p**, das in diesem Fall das in der Uhrzeigerrichtung zirkular polarisierte Licht durchlässt. Das Licht durchläuft das Element **6p**, und es fällt auf die Augen des Benutzers. Der Benutzer kann ein vergrößertes virtuelles Bild des Displays sehen.

[0169] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 32** wird der oben genannte Prozess wie folgt analysiert.

[0170] Die Funktion eines zusammengesetzten Elements aus einer ersten Viertelwellenplatte **5r** (**5'p** in der **Fig. 31**), einem Faradayelement **60r** (**60p**) und einer zweiten Viertelwellenplatte **5'r** (**5'p**) kann so betrachtet werden, dass die Rotationsrichtung von zirkular polarisiertem Licht umgekehrt wird, das dort von links her durchtritt, wobei die Rotationsrichtung von zirkular polarisiertem Licht aufrecht erhalten wird, das dort von rechts her durchtritt. Die Kombination einer optischen Einheit mit dieser Funktion mit dem cholesterischen Flüssigkristallelement **6p** (**Fig. 31**) kann die folgenden Effekte erzeugen.

[0171] Bei der oben beschriebenen herkömmlichen Vorrichtung läuft Licht einmal durch den Konkavspiegel mit Halbspiegelbeschichtung, und es wird dort einmal reflektiert, wodurch jedesmal die Hälfte verloren geht. Demgemäß beträgt die Transmissions-Gesamteffizienz der Vorrichtung selbst bei idealen Bedingungen (ohne weitere Lichtverluste) 25%. Andererseits kann die oben beschriebene Anordnung eine vollständige Transmissionseffizienz von 100% erzielen, da in einem idealen cholesterischen Flüssigkristallelement keine Lichtverluste auftreten. D.h., es kann für ein optisches Bild sorgen, dessen Helligkeit das 4-Fache derjenigen der herkömmlichen Vorrichtung ist. Die Anwendung des optischen Systems dieser Ausführungsform bei einem am Kopf zu montierenden Display kann es ermöglichen, die Helligkeit des Displays um den Faktor 4 im Vergleich zur herkömmlichen Vorrichtung zu verringern, und entsprechende Einsparungen der Größe und des Gewichts des am Kopf zu montierenden Displays zu realisieren.

[0172] D.h., dass ein am Kopf zu montierendes Display so konzipiert werden muss, dass es dadurch für den Gebrauch bequem ist, dass Größe (bei minimalem Vorstehen des Linsenteils) und Gewichts (bei minimaler Belastung des Gesichts eines Benutzers) erzielt werden. Ein derartiges bequemes, dünnes und leichtes am Kopf zu montierendes Display kann unter Verwendung der erfindungsgemäßen optischen Vorrichtung realisiert werden, die durch ihr großes Gesichtsfeld und verringerte Dicke ($1/4$ im Fall der **Fig. 12(A)** im Vergleich zur herkömmlichen optischen Vorrichtung) gekennzeichnet ist.

[0173] Die **Fig. 33** veranschaulicht eine Ausführungsform der Erfindung. Diese Ausführungsform verfügt über eine plankonvexe Linse **1s** mit einer Beschichtung eines cholesterischen Flüssigkristalls, der auf ihre konvexe Fläche **12s** aufgetragen ist, eine erste Viertelwellenplatte **5s**, die der ebenen Fläche der Linse **1s** zugewandt ist. Ein Faradayelement **60s**, eine zweite Viertelwellenplatte **5's** und ein cholesterisches Flüssigkristallelement **6s**. D.h., dass diese Ausführungsform die Einrichtung der Anordnung der **Fig. 31** mit den vorigen Ausführungsformen kombiniert und über zusätzliche Vorteile verfügt. Die Verwendung der plankonvexe Linse **1s** verringert die Krümmung einer Bildebene, bringt deren Umfangsabschnitt in den Brennpunkt und erhöht die Vergrößerung und den Gesichtsfeldwinkel des optischen Systems. Die Verwendung des Faradayelements **60s** erhöht die Transmissionseffizienz des optischen Systems, was für ein helles Bild sorgen kann. Insbesondere kann ein am Kopf zu montierendes Display unter Verwendung des optischen Systems mit diesen Merkmalen Bilder mit beträchtlich erhöhtem Präsenzgrad erzeugen.

[0174] Die beschriebene Ausführungsform der Erfindung realisiert die ideale Transmissionseffizienz von nahezu 100%, und sie kann ein Bild erzeugen, dessen Helligkeit das Vierfache derjenigen beim herkömmlichen System ist.

[0175] Bei den vorigen Ausführungsformen wird ein Dünnsfilm aus einem cholesterischen Flüssigkristall durch das folgende Verfahren statt dessen auf der konvexen Fläche der plankonvexen Linse hergestellt.

[0176] Ein Lösungsgemisch aus einem cholesterischen Flüssigkristallmonomer und einem Starter zur Polymerisation durch Ultraviolettstrahlung wird hergestellt und gleichmäßig auf die konvexe Fläche der plankonvexen Linse aufgetragen. Dann wird ein dünner Überzug des Gemischs einer Bestrahlung durch Ultraviolettstrah-

lung unterzogen. Der cholesterische Flüssigkristall polymerisiert, um auf der konvexen Fläche der Linse einen festen Film auszubilden.

[0177] Das Faradayelement **60s** wird dadurch realisiert, dass ein Dickfilm eines ferromagnetischen Materials in einem Magnetfeld platziert wird. Das so aufgebaute Faradayelement **60s** wird hauptsächlich in einem sogenannten "Isolator"element verwendet, das es einem Laserstrahl ermöglicht, in einer Richtung durchzulaufen, wobei jedoch ein Laserstrahl in der umgekehrten Richtung ausgeblendet wird.

[0178] Eine in der **Fig. 21** dargestellte optische Vorrichtung ist dazu in der Lage, einfallendes Licht durch eine erste Polarisationsplatte linear zu polarisieren, das linear polarisierte Licht durch eine zweite Polarisationsplatte entsprechend der Richtung der Polarisationssebene selektiv durchzulassen und dafür zu sorgen, dass das Licht zwischen zwei halbtransparenten Spiegeln aufgrund der Wirkung von zwei Viertelwellenplatten 1,5 Umläufe ausführt, bevor es durch die zweite Polarisationsplatte läuft. Die so aufgebaute optische Vorrichtung zeigt erhöhte optische Brechkraft (Vergrößerungsfaktor) des Brechungselements sowie ein vergrößertes Gesichtsfeld, wobei gleichzeitig Einsparungen der Größe (Dicke) und des Gewichts erzielt werden.

[0179] Eine in der **Fig. 23** dargestellte optische Vorrichtung verwendet einen polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel anstelle der Polarisationsplatte sowie einen ersten halbtransparenten Spiegel in der in der **Fig. 21** dargestellten Ausführungsform, und sie kann, zusätzlich zu den Effekten der in der **Fig. 21** dargestellten Ausführungsform ein verbessertes Verhältnis des Signallichts zum einfallenden Licht (Transmissionseffizienz) erzielen und Störlicht beseitigen, wie es durch die in der **Fig. 21** dargestellte Vorrichtung erzeugt wird.

[0180] Eine in der **Fig. 23** dargestellte optische Vorrichtung ist dazu in der Lage, einfallendes Licht mittels eines ersten polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegels in spezifiziertes linear polarisiertes Licht zu wandeln und durch einen zweiten polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel entsprechend der Richtung der Polarisationssebene selektiv 100% des linear polarisierten Lichts durchzulassen, wodurch ihre Transmissionseffizienz stark im Vergleich zu der der in den **Fig. 21** und **23** dargestellten Vorrichtungen erhöht ist und kein Störlicht erzeugt wird.

[0181] Eine optische Vorrichtung, bei der eine gekrümmte Fläche einer Linse (Brechungseinrichtung) mit einer Halbspiegelbeschichtung versehen ist und durchzulassendes Licht durch einen polarisiertes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel ausgewählt wird, zeigt dieselben Effekte wie die in den **Fig. 6** und **7** dargestellten Vorrichtungen, jedoch mit der Ausnahme, dass sie erwartete Effekte mit beliebigem Einfallslight realisieren werden kann, ohne dass eine Bedingung für dessen Polarisationszustand bestünde, wie bei den in den **Fig. 21**, **23** und **28** dargestellten Vorrichtungen, wohingegen bei den in den **Fig. 6** und **7** dargestellten Ausführungsformen Einfallslight als zirkular polarisiert definiert ist.

[0182] Eine in der **Fig. 31** dargestellte optische Vorrichtung verfügt über einen Konkavspiegel mit einer auf seiner Einfallfläche ausgebildeten Dünnschicht eines cholesterischen Flüssigkristalls, der als zirkular polarisiertes Licht auswählender halbtransparenter Spiegel dient, wenn einfallendes Licht zirkular polarisiertes Licht ist, und einem cholesterischen Flüssigkristall auf der Austrittsseite zum selektiven Reflektieren oder Durchlassen von 100% des Lichts, wodurch das zugehörige optische System hohe Helligkeit erzielt.

[0183] Eine in der **Fig. 33** dargestellte optische Vorrichtung verfügt über einen plankonvexen Spiegel mit einem Dünnschicht eines cholesterischen Flüssigkristalls anstelle des obigen Konkavspiegels der in der **Fig. 31** dargestellten Vorrichtung. Sie kann bei verringerter Krümmung des Bilds im Vergleich zum Fall bei der in der **Fig. 31** dargestellten Vorrichtung eine erhöhte optische Vergrößerung zeigen.

[0184] Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen am Kopf zu montierenden Displays können dadurch geschaffen werden, dass ein Flüssigkristalldisplay und eine beliebige der obigen, als Ausführungsformen der Erfindung beschriebenen optischen Vorrichtungen kombiniert werden. Das so aufgebaute am Kopf zu montierende Display kann den wichtigen wesentlichen Erfordernissen genügen, die ein Anbringen am Kopf eines Benutzers erlauben, und zwar Dank des Verwendens der dünnen, kompakten, leichten optischen Vorrichtung. Es verfügt über einen erweiterten Gesichtswinkel im Vergleich zum herkömmlichen am Kopf zu montierenden Display, und es kann für ein Bild hoher Qualität ohne Krümmung sorgen, das die Aufmerksamkeit des Betrachters so auf sich ziehen kann, als würde er miteinbezogen.

[0185] Ein erfindungsgemäßes am Kopf zu montierendes Display unter Verwendung eines Paares von Bildanzeigeeinheiten, wie bei einer der Ausführungsformen der **Fig. 11** und **30** veranschaulicht, kann am geeigneten dazu verwendet werden, ein Bild gemäß Virtual Reality oder ein Bild für Fernsteuerungszwecke zu zeigen.

Patentansprüche

1. Optische Vorrichtung, bei der ein reflektierendes und brechendes Element (**1a, 1b, 1c, 1e, 1f, 1l, 1t**) mit einer Vergrößerungslinse, deren Einfalllichtseite mit einer Halbspiegel-Beschichtung (**2a, 2b, 2c, 2e, 2f, 2t**) versehen ist, und ein halbtransparenter Spiegel (**3a, 3b, 6b, 6e, 6f, 6t**) zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfalllichtseite her angeordnet sind.

2. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der halbtransparente Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht (**3a**) aus einer Viertelwellenplatte (**5**), einem Halbspiegel (**2**) und einem Polarisator (**4**) besteht, die in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallslichtseite her angeordnet sind.

3. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der halbtransparente Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht aus einem cholesterischen Flüssigkristall (**6b**, **6e**, **6f**, **6t**) besteht.

4. Optische Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der ein Glassubstrat (**7b**) so angeordnet ist, dass es den cholesterischen Flüssigkristall (**6b**) zwischen sich und der Vergrößerungslinse (**1b**) einbettet.

5. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Vergrößerungslinse eine plankonvexe Linse (**1b**, **1e**, **1f**, **1t**) ist und der halbtransparente Spiegel zum Auswählen von zirkular polarisiertem Licht aus einer cholesterischen Flüssigkristallschicht (**6b**, **6e**, **6f**, **6t**) benachbart zur planen Fläche der plankonvexen Linse besteht.

6. Optische Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der der cholesterische Flüssigkristall ein Dünnschicht eines cholesterischen Flüssigkristalls (**6f**) ist, der auf der planen Fläche der plankonvexen Linse (**1f**) ausgebildet ist.

7. Display zur Anbringung am Kopf mit einer Bildanzeigevorrichtung mit einem Flüssigkristalldisplay (**9c**, **9d**, **9l**), einer Hintergrundbeleuchtung (**8c**, **8d**, **8l**) für das Flüssigkristalldisplay, einer Viertelwellenplatte (**5c**, **5d**) mit einer optischen Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zum Vergrößern eines Bilds des Flüssigkristalldisplays (**9c**, **9d**, **9l**).

8. Optische Vorrichtung, bei der ein erster Polarisator (**4i**), ein erster halbtransparenter Spiegel (**2i**), eine erste Viertelwellenplatte (**5i**), ein zweiter halbtransparenter Spiegel (**2'i**), eine zweite Viertelwellenplatte (**5'i**) und ein zweiter Polarisator (**4'i**) aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallslichtseite her angeordnet sind und ferner eine Vergrößerungslinse (**1i**) zwischen den ersten halbtransparenten Spiegel (**2i**) und den zweiten halbtransparenten Spiegel (**2'i**) eingefügt ist.

9. Optische Vorrichtung, bei der ein halbtransparenter Spiegel (**3j**) zum Auswählen polarisierten Lichts eine erste Viertelwellenplatte (**5j**), ein zweiter halbtransparenter Spiegel (**2j**) und eine zweite Viertelwellenplatte (**5'j**) aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallslichtseite her angeordnet sind und ferner eine Vergrößerungslinse (**1j**) zwischen den polarisierendes Licht auswählenden halbtransparenten Spiegel (**3j**) und den halbtransparenten Spiegel (**2j**) eingefügt ist.

10. Optische Vorrichtung, bei der ein erster halbtransparenter Spiegel (**3k**) zum Auswählen polarisierten Lichts, eine die Polarisationsrichtung drehende Einrichtung (**60k**) und ein zweiter halbtransparenter Spiegel (**3'k**) zum Auswählen polarisierten Lichts aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallslichtseite her angeordnet sind und ferner eine Vergrößerungslinse (**1k**) zwischen den ersten halbtransparenten Spiegel (**3k**) zum Auswählen polarisierten Lichts und den zweiten halbtransparenten Spiegel (**3'k**) zum Auswählen polarisierten Lichts eingefügt ist.

11. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei der einer oder beide der zwei halbtransparenten Spiegel (**2i**, **2'i**, **2j**), die zwei halbtransparenten Spiegel (**3j**, **3k**, **3'k**) zum Auswählen polarisierten Lichts oder der halbtransparente Spiegel (**2i**, **2'i**, **2j**) und der halbtransparente Spiegel (**3j**, **3k**, **3'k**) zum Auswählen polarisierten Lichts gekrümmt ist/sind.

12. Optische Vorrichtung, bei der eine plankonvexe Linse (**1s**), auf deren konvexer Eintrittsfläche ein Dünnschicht aus einem cholesterischen Flüssigkristall (**12s**) ausgebildet ist, eine erste Viertelwellenplatte (**5s**), die an die plane Fläche der plankonvexen Linse (**1s**) angrenzt, ein Faradayelement (**60s**), eine zweite Viertelwellenplatte (**5's**) und ein cholesterischer Flüssigkristall (**6s**) aufeinanderfolgend in der angegebenen Reihenfolge von der Einfallslichtseite her angeordnet sind.

13. Display zur Anbringung am Kopf mit einer Bildanzeigevorrichtung mit einem Flüssigkristalldisplay (**9n**), einer Hintergrundbeleuchtung (**8n**) für das Flüssigkristalldisplay und einer optischen Vorrichtung (**1n**, **2n**, **3n**, **4n**, **5n**, **5'n**) nach einem der Ansprüche 8 bis 12 zum Vergrößern eines Bilds des Flüssigkristalldisplays.

14. Display zur Anbringung am Kopf nach Anspruch 7 oder Anspruch 13, bei dem ein Paar der Bildanzeigevorrichtungen verwendet ist.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

FIG.1
(STAND DER TECHNIK)

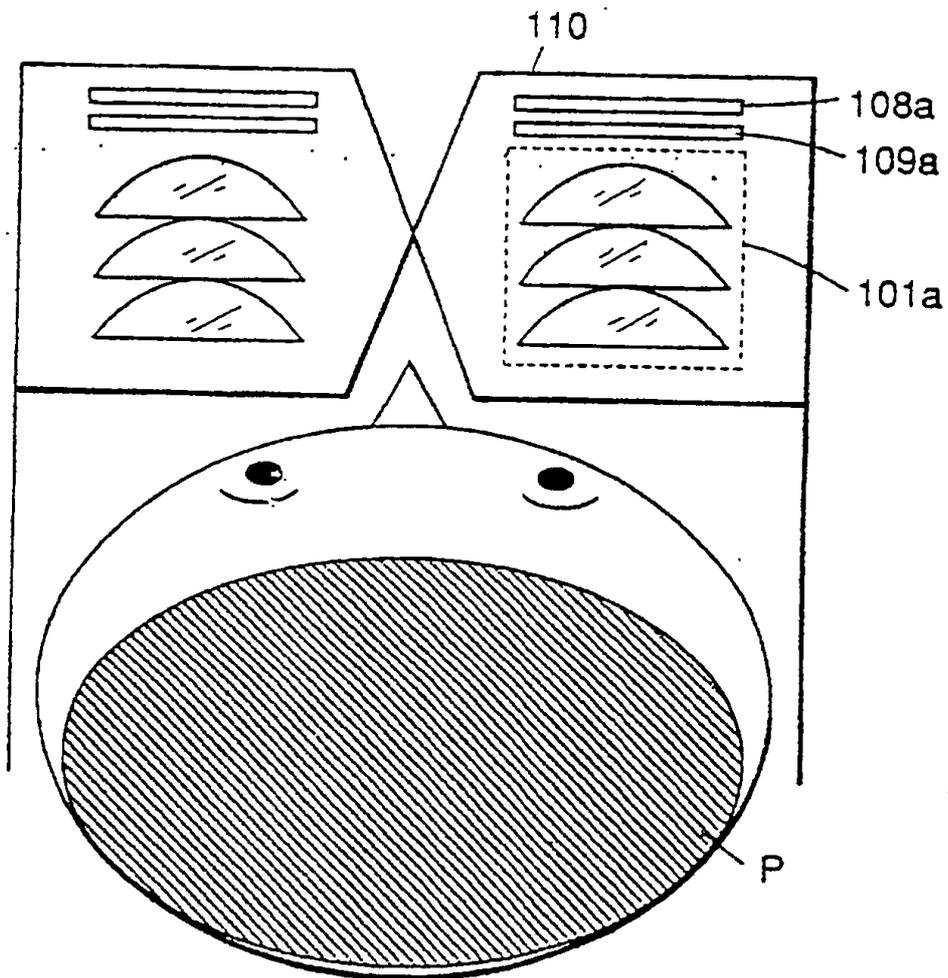


FIG.2

(STAND DER TECHNIK)

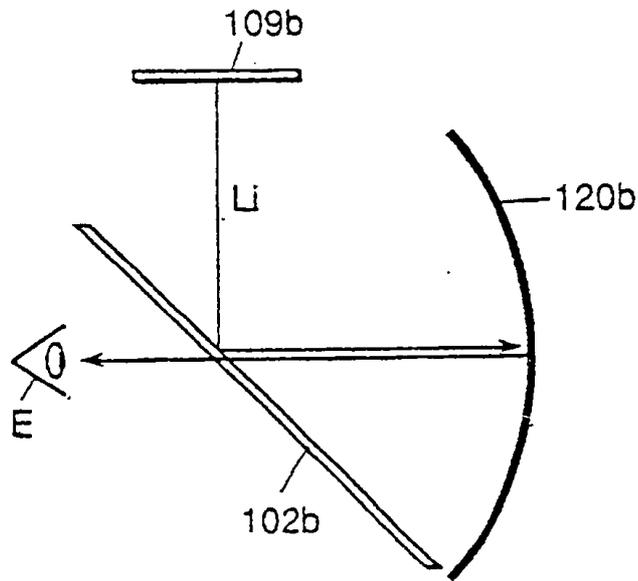


FIG.3

(STAND DER TECHNIK)

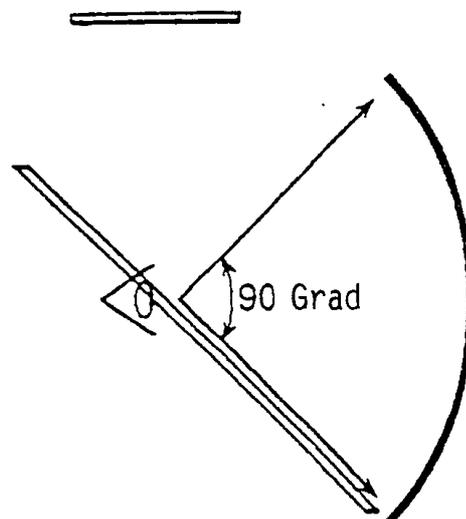


FIG.4
(STAND DER TECHNIK)

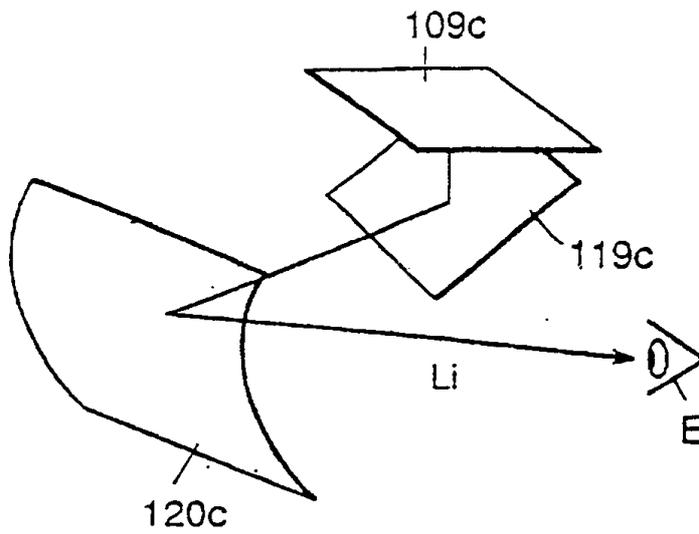


FIG.5
(STAND DER TECHNIK)

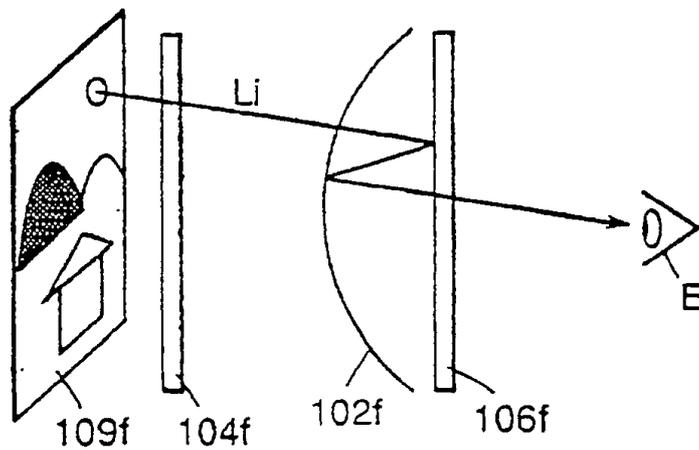


FIG.6

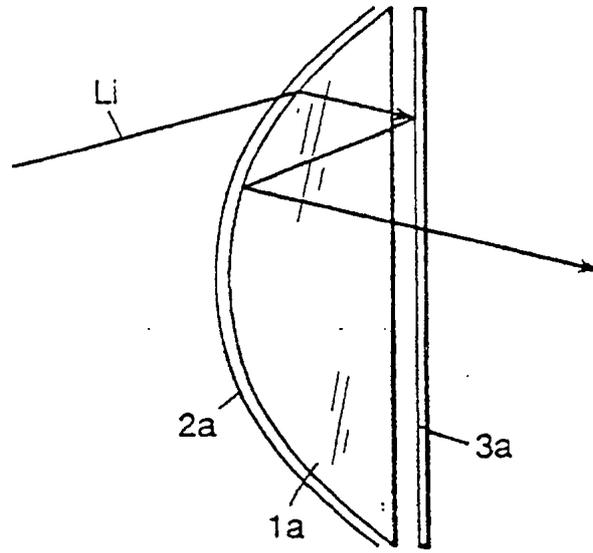


FIG.7

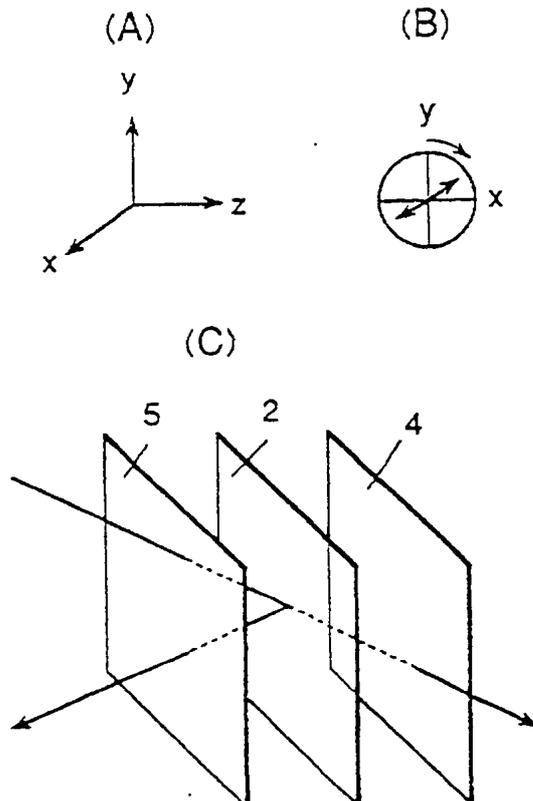


FIG.8

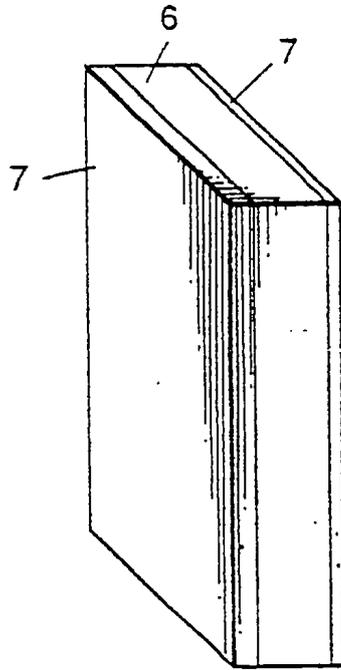


FIG.9

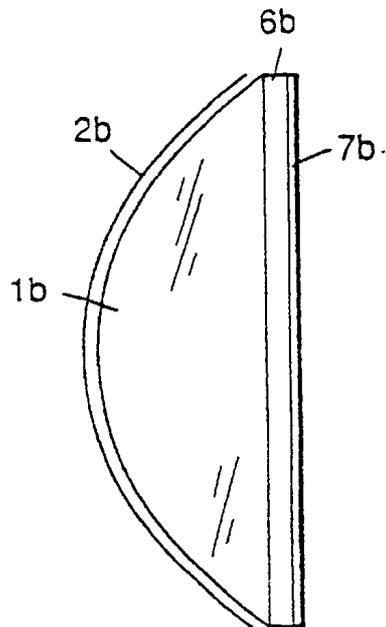


FIG.10

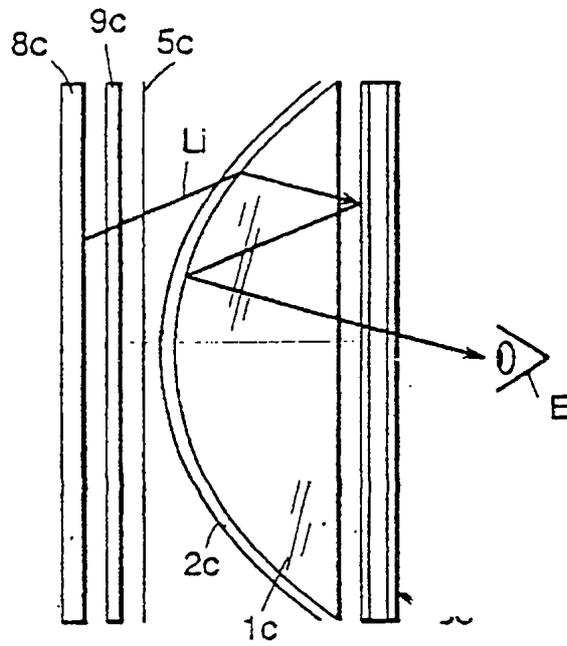


FIG.11

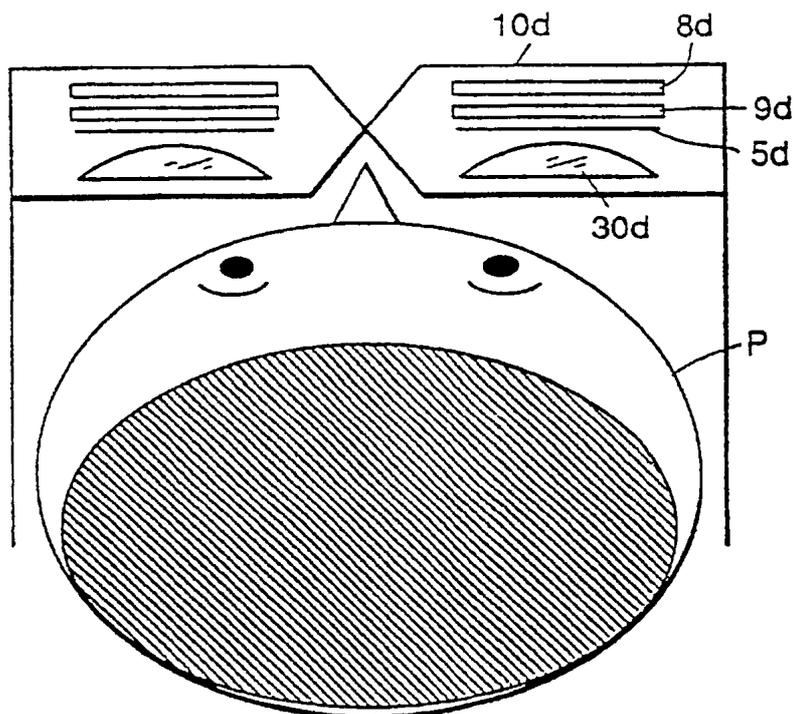


FIG.12A

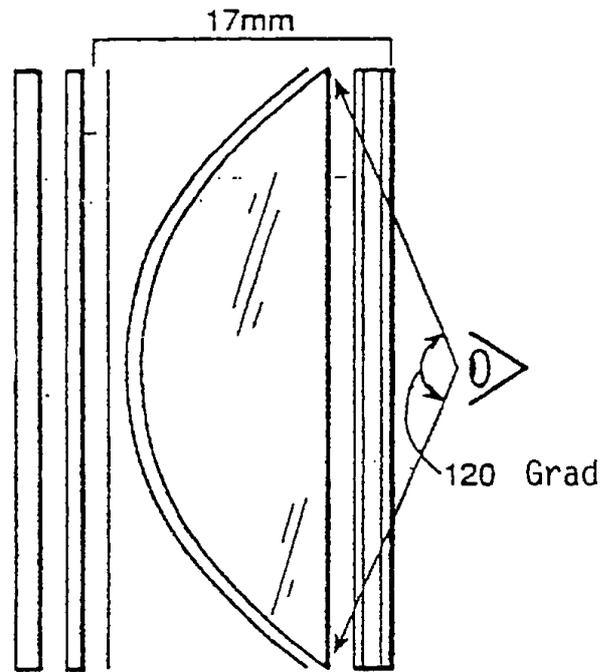


FIG.12B

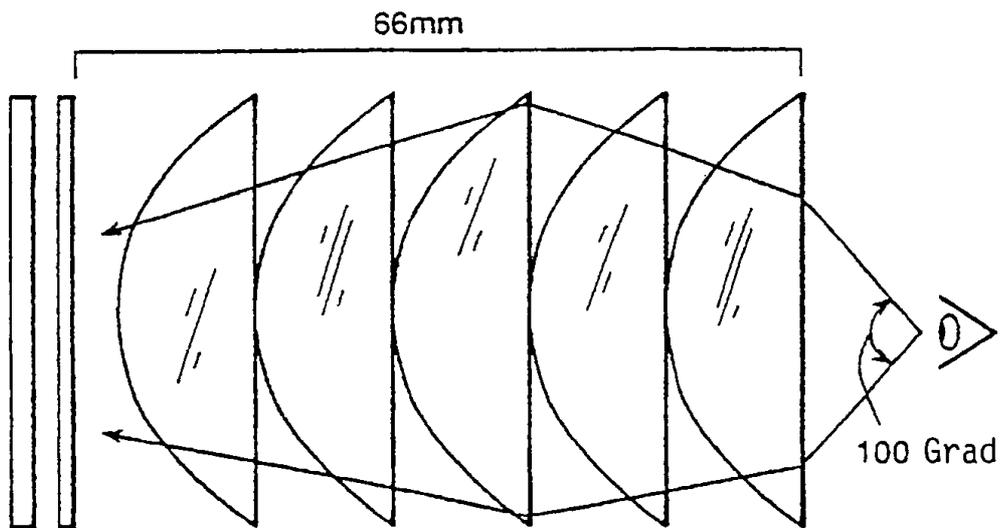


FIG.13A

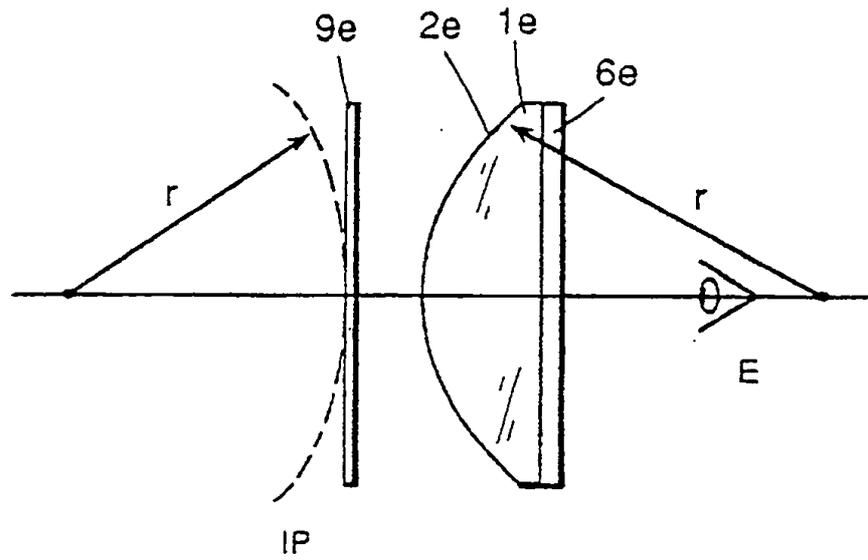


FIG.13B

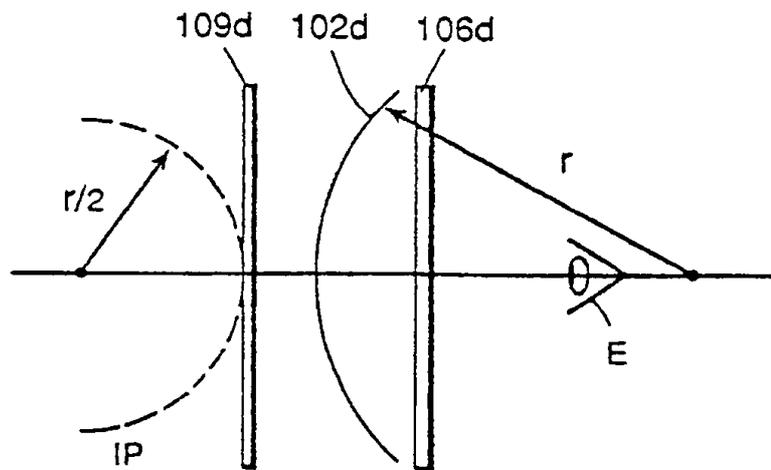


FIG.14A

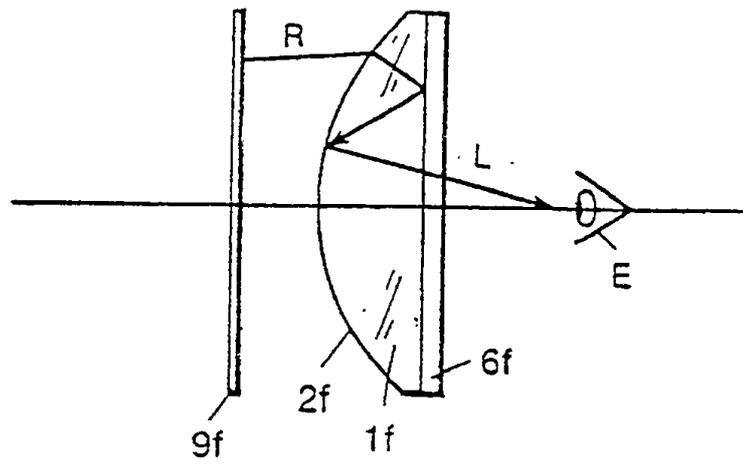


FIG.14B

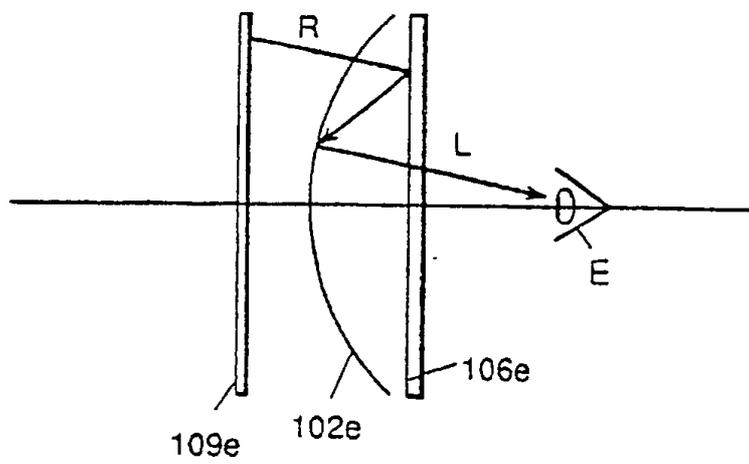


FIG.15

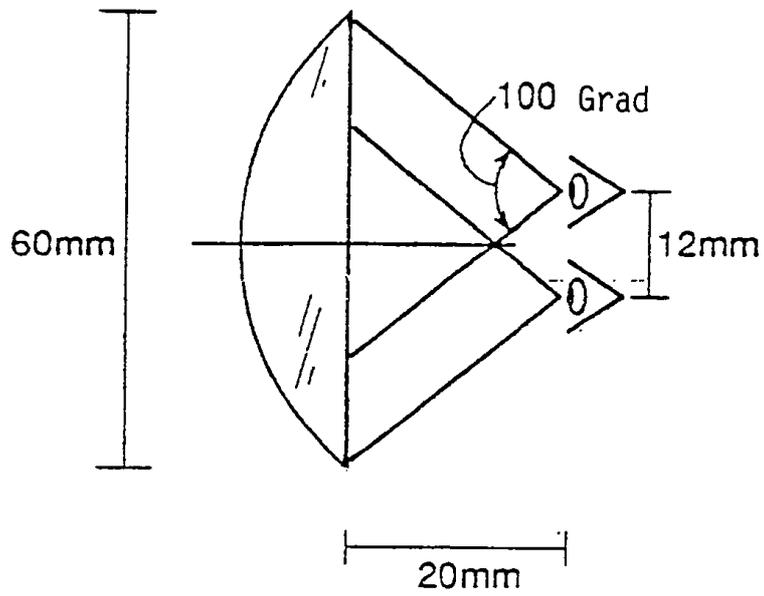


FIG.16

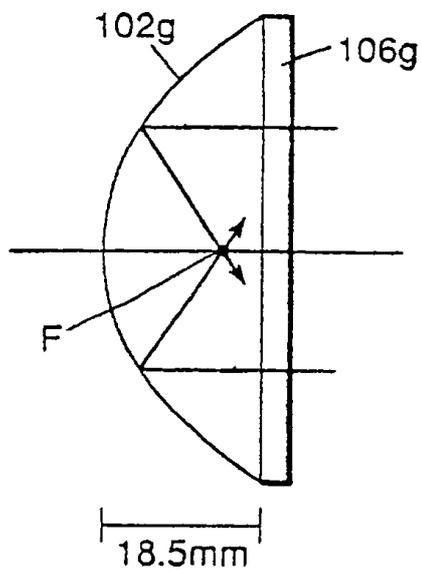


FIG.17

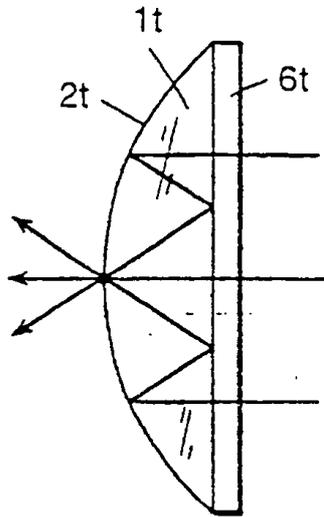


FIG.18

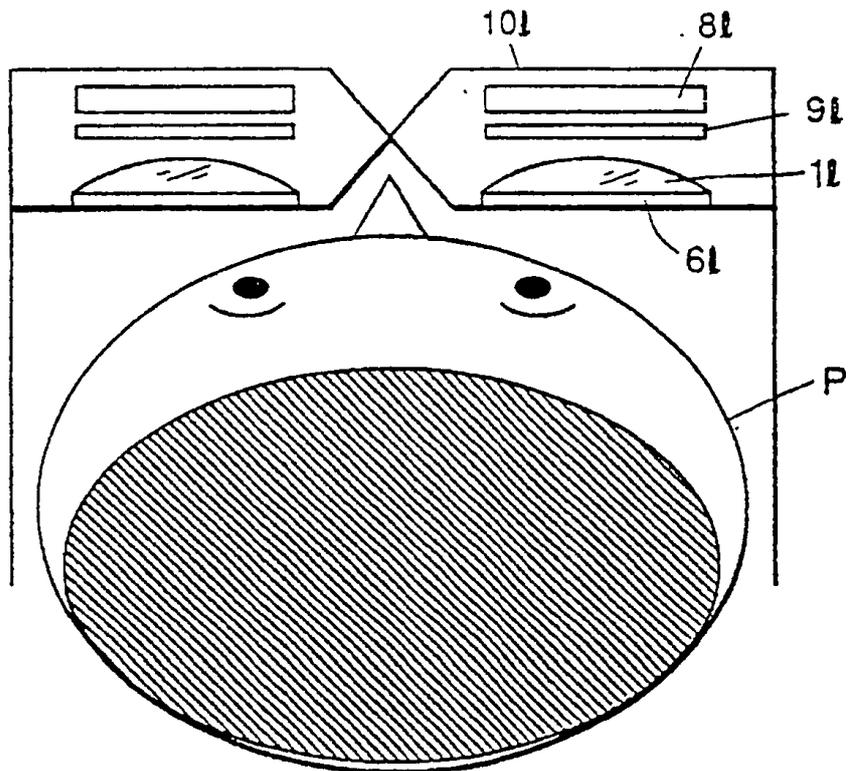


FIG.19

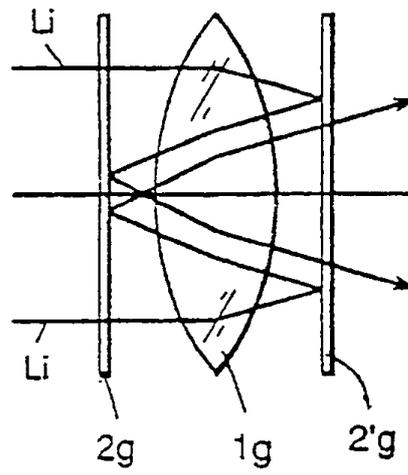


FIG.20

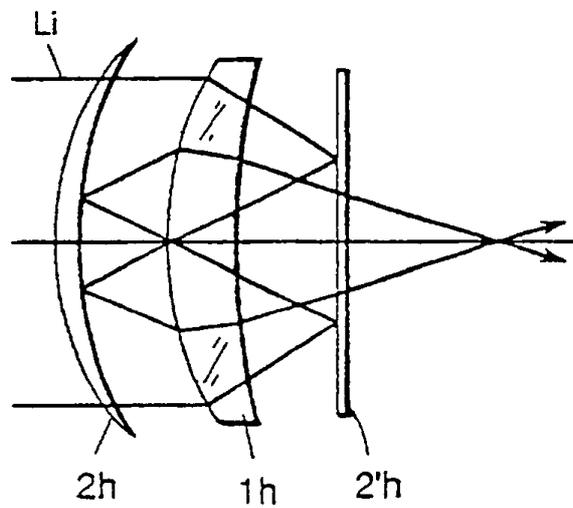


FIG.21

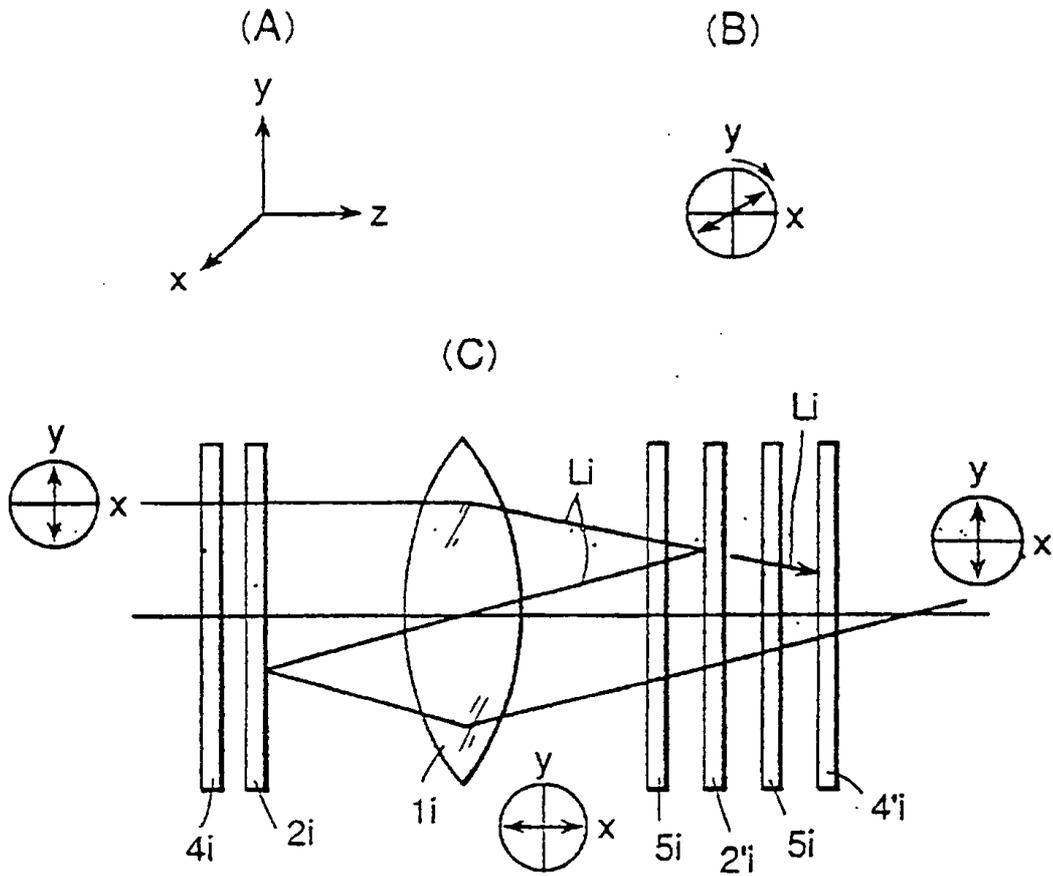


FIG.22

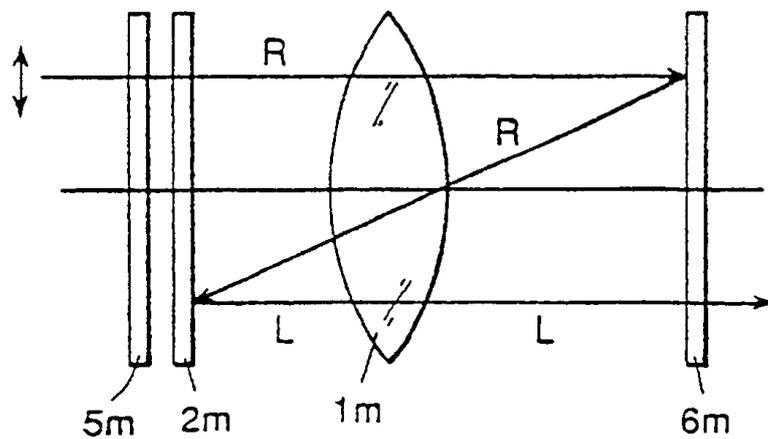


FIG.23

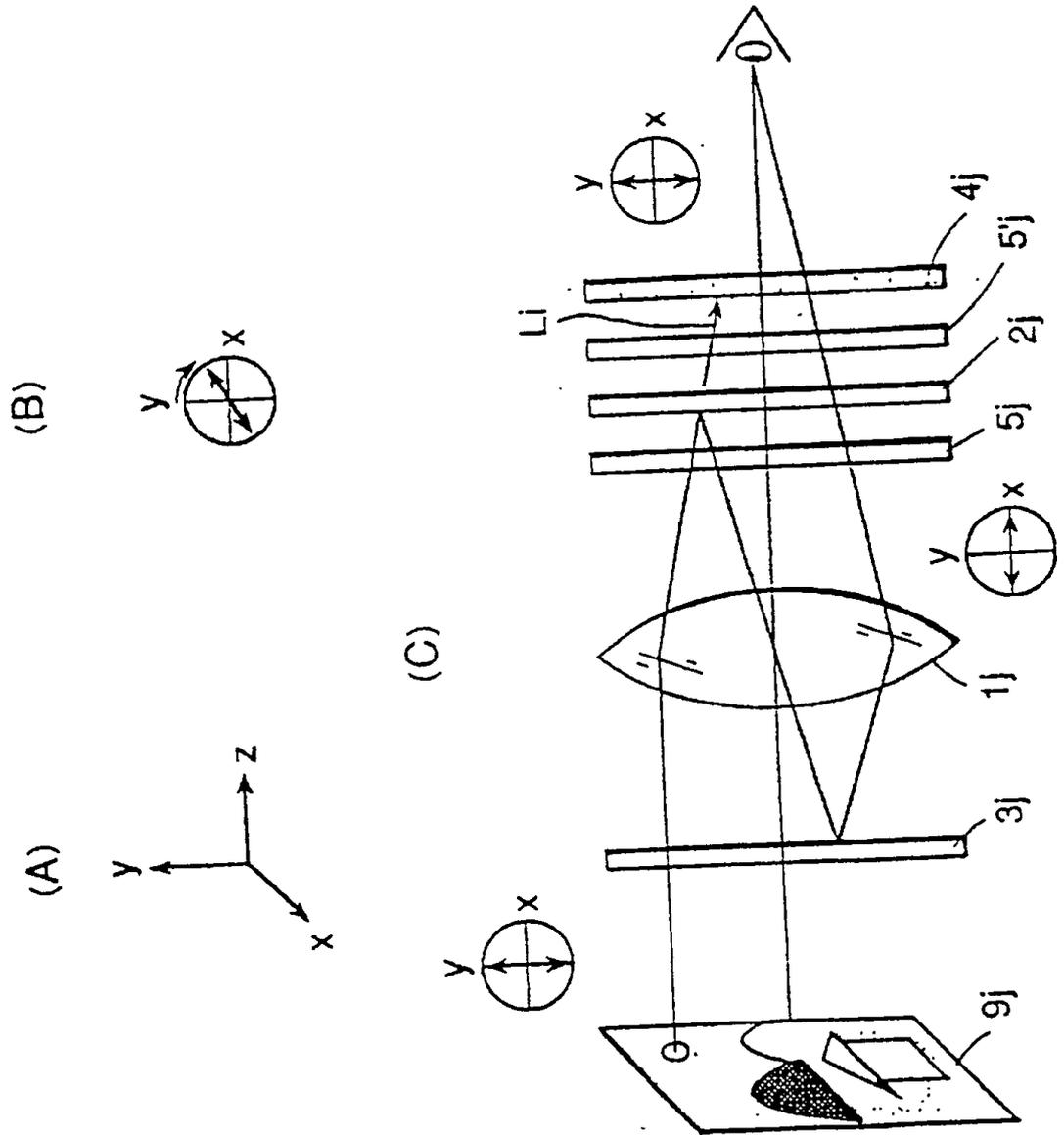


FIG.24

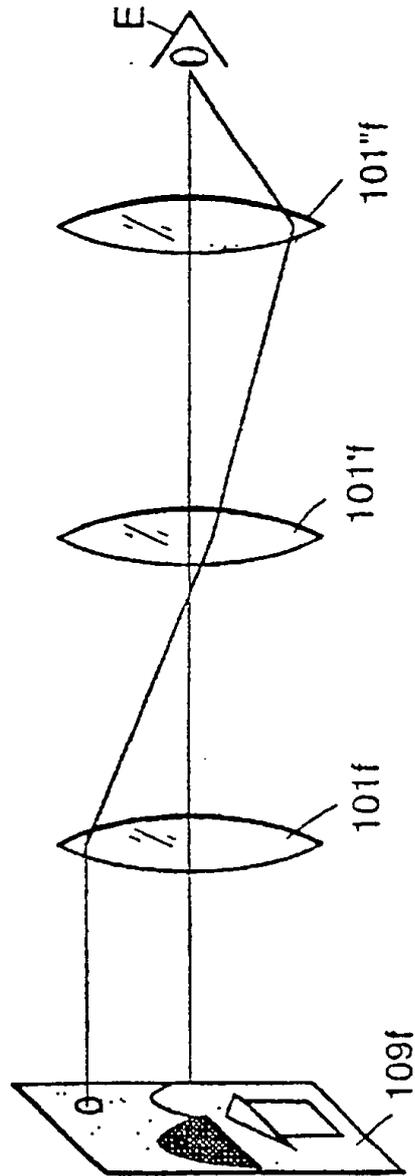


FIG.25

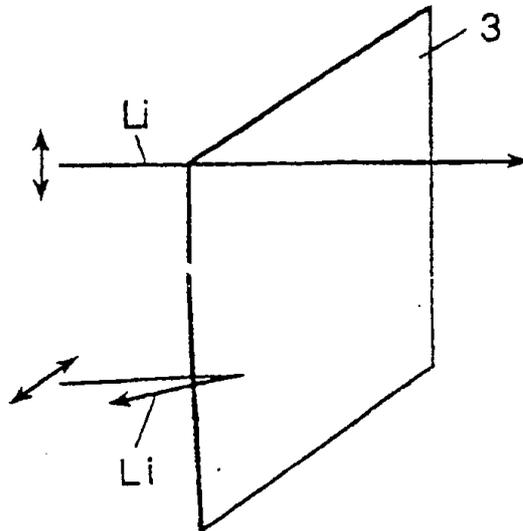


FIG.26

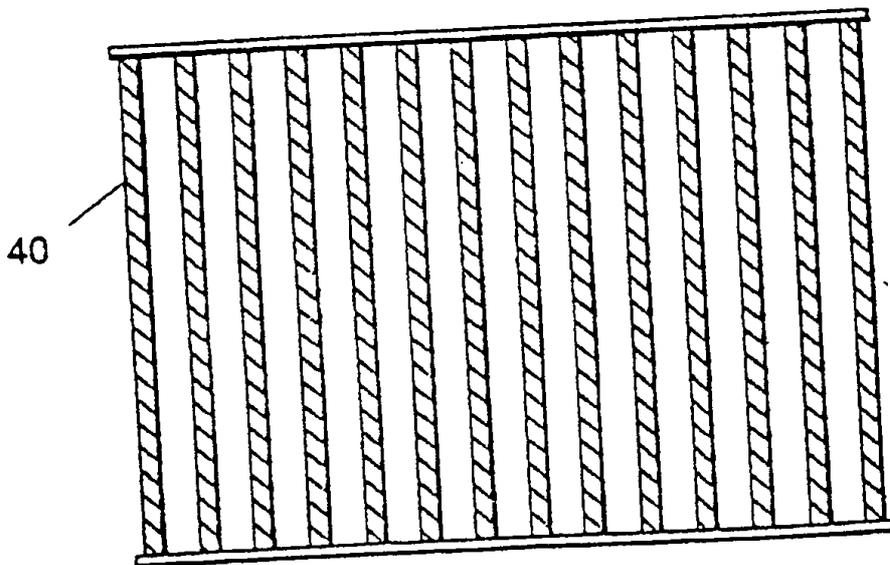


FIG.27

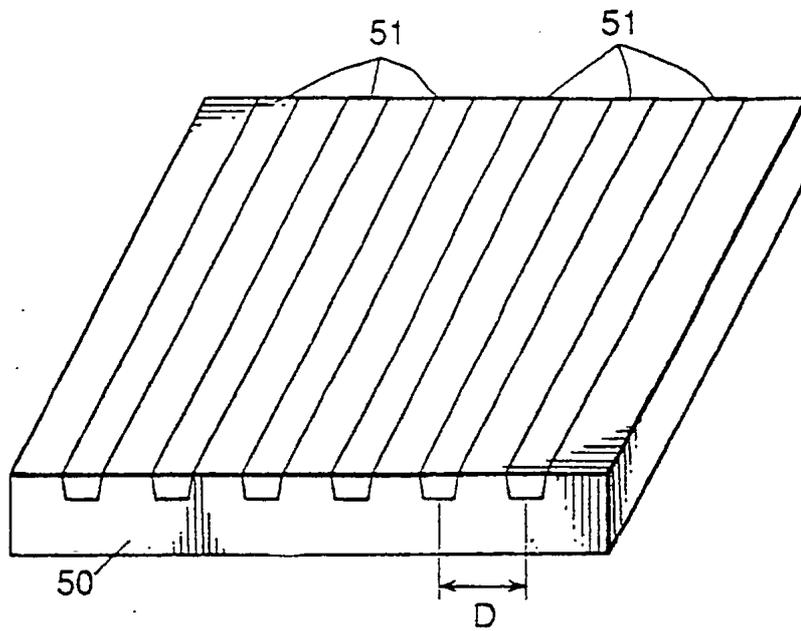


FIG.28

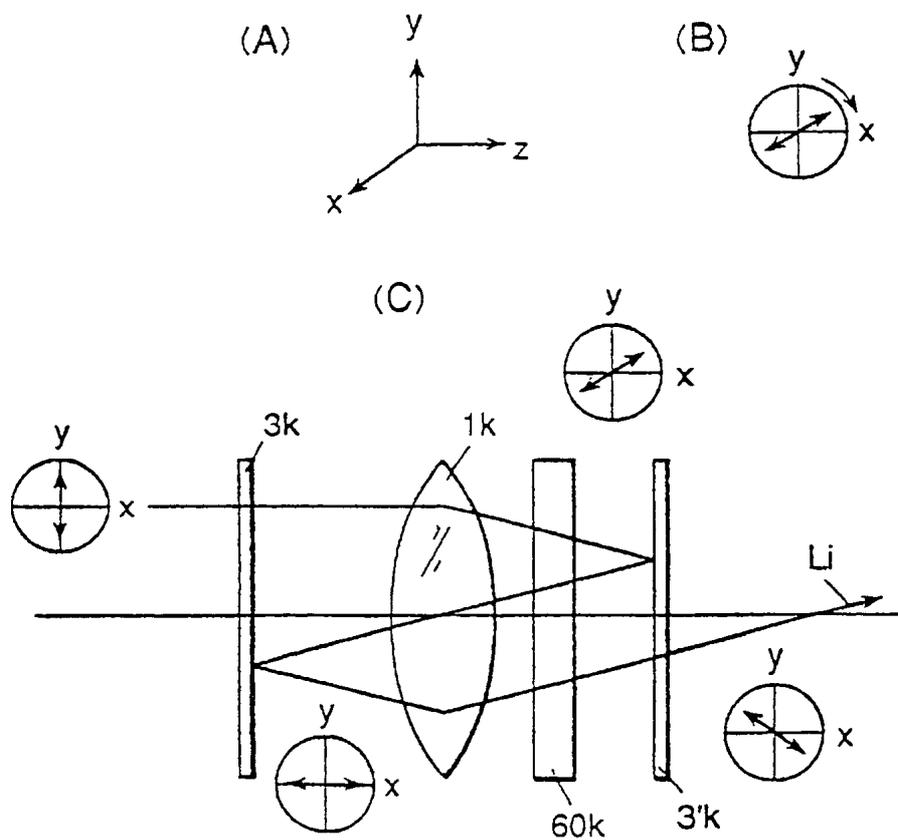


FIG.29

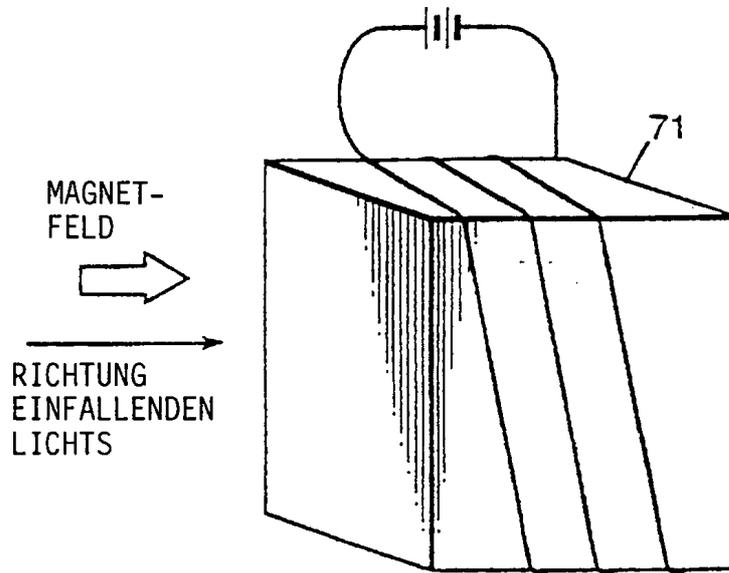


FIG.30

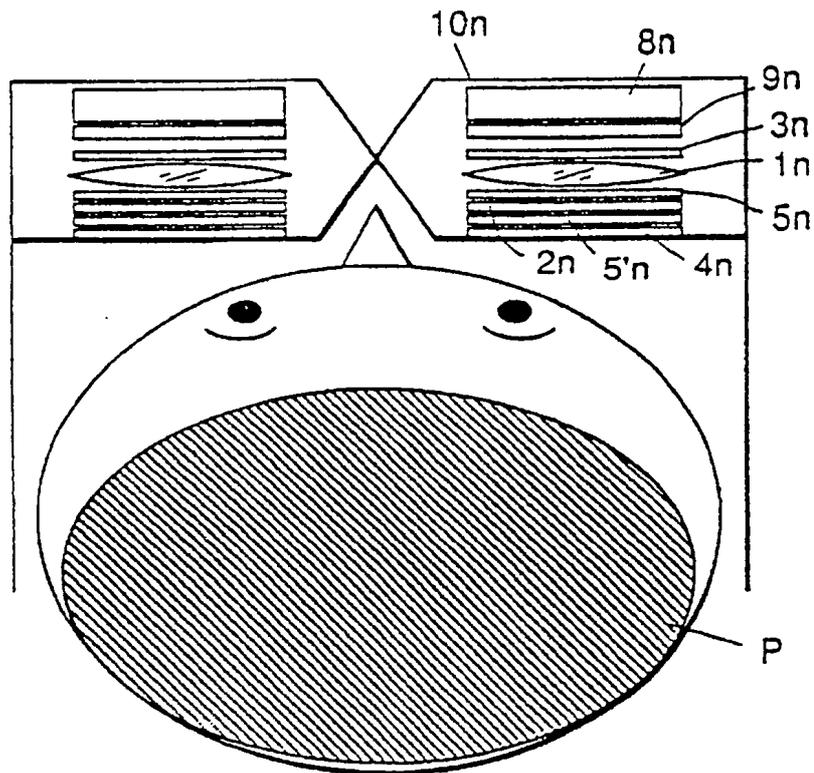


FIG.31

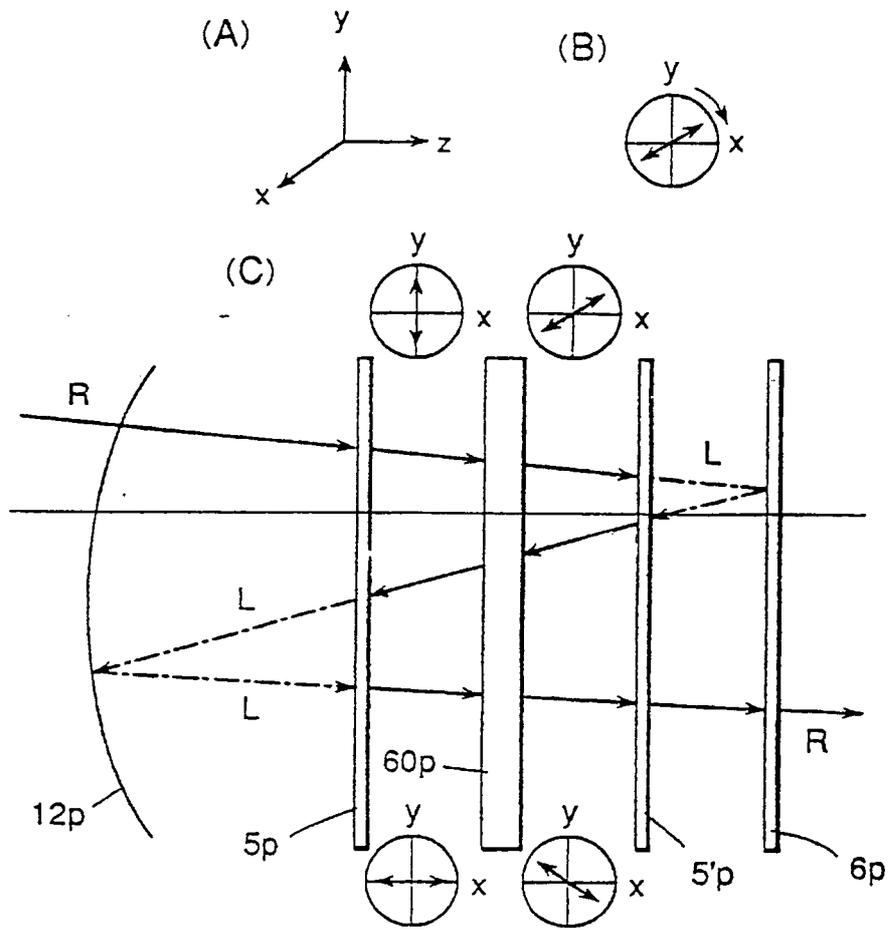


FIG.32

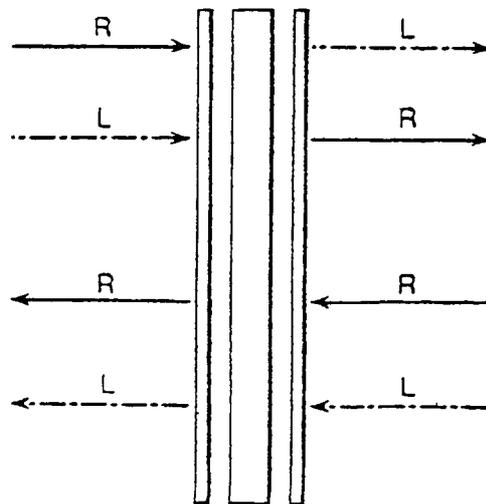


FIG.33

