



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 602 12 398 T2 2007.05.24

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 415 483 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 602 12 398.4

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/GB02/03513

(96) Europäisches Aktenzeichen: 02 749 097.8

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2003/015424

(86) PCT-Anmeldetag: 31.07.2002

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 20.02.2003

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 06.05.2004

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 14.06.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 24.05.2007

(51) Int Cl.⁸: H04N 13/00 (2006.01)

G02B 27/22 (2006.01)

G02F 1/29 (2006.01)

G02F 1/1335 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0119176 06.08.2001 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GR,
IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR

(73) Patentinhaber:

Ocuity Ltd., Upper Heyford, Oxfordshire, GB

(72) Erfinder:

WOODGATE, Graham John, Oxfordshire RG9 1HF,
GB; HARROLD, Jonathan, Warwickshire CV34
6RF, GB

(74) Vertreter:

Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München

(54) Bezeichnung: OPTISCHER SCHALTER

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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft optische Schaltprozesse und -einrichtungen. Eine solche Einrichtung kann in einer schaltbaren zweidimensionalen (2D)/dreidimensionalen (3D) autostereoskopischen Anzeigeeinrichtung verwendet werden, zum Beispiel einem schaltbaren reflektiven Anzeigesystem hoher Helligkeit, einem Anzeigesystem für mehrere Anwender oder einem gerichteten Beleuchtungssystem. Solche Systeme können in Computerbildschirmen, Telekommunikationshandapparaten, Digitalkameras, Laptop- und Desktop-Computern, Spielvorrichtungen, Kraftfahrzeug- und anderen mobilen Anzeigeanwendungen sowie in Telekommunikationsschaltungsanwendungen eingesetzt werden.

3D-Anzeigen

[0002] Das normale menschliche Sehen ist stereoskopisch, d.h. jedes Auge sieht ein etwas anderes Bild der Welt. Das Gehirn verschmilzt die beiden Bildern (die als Stereopaar bezeichnet werden), um Tiefenwahrnehmung zu liefern. Dreidimensionale stereoskopische Anzeigen spielen jedem der Augen ein separates, im Allgemeinen ebenes Bild vor, das dem entspricht, was bei Betrachten einer Szene aus dem wirklichen Leben gesehen werden würde. Das Gehirn verschmilzt das Stereopaar wiederum, um den Anschein von Bildtiefe zu liefern.

[0003] [Fig. 1a](#) zeigt in Draufsicht eine Anzeigefläche in einer Anzeigeebene 1. Ein rechtes Auge 2 blickt auf einen homologen Bildpunkt 3 für das rechte Auge auf der Anzeigenebene und ein linkes Auge 4 blickt auf einen homologen Punkt 5 für das linke Auge auf der Anzeigeebene, um einen scheinbaren Bildpunkt 6 zu erzeugen, der von dem Anwender hinter der Schirmebene wahrgenommen wird.

[0004] [Fig. 1b](#) zeigt in Draufsicht eine Anzeigefläche in einer Anzeigeebene 1. Ein rechtes Auge 2 blickt auf einen homologen Bildpunkt 7 für das rechte Auge auf der Anzeigenebene und ein linkes Auge 4 blickt auf einen homologen Punkt 8 für das linke Auge auf der Anzeigeebene, um einen scheinbaren Bildpunkt 9 vor der Schirmebene zu erzeugen.

[0005] [Fig. 1c](#) zeigt das Erscheinungsbild des Bilds 10 des linken Auges und des Bilds 11 des rechten Auges. Der homologe Punkt 5 in dem Bild 10 des linken Auges ist auf einer Bezugslinie 12 positioniert. Der entsprechende homologe Punkt 3 im Bild 11 des rechten Auges befindet sich an einer anderen relativen Position 3 bezüglich der Bezugslinie 12. Der Abstand 13 des Punkts 3 von der Bezugslinie 12 wird als Disparität bezeichnet und ist in diesem Fall eine positive Disparität für Punkte, die hinter der Schirmebene liegen.

[0006] Für einen verallgemeinerten Punkt in der Szene gibt es einen entsprechenden Punkt in jedem Bild des Stereopaars, wie in [Fig. 1a](#) gezeigt wird. Diese Punkte werden als homologe Punkte bezeichnet. Der relative Abstand der homologen Punkte zwischen den beiden Bildern wird als Disparität bezeichnet; Punkte mit null Disparität entsprechen Punkten an der Tiefenebene der Anzeige. [Fig. 1b](#) zeigt, dass Punkte mit ungekreuzter Disparität hinter der Anzeige erscheinen, und [Fig. 1c](#) zeigt, dass die Punkte mit gekreuzter Disparität vor der Anzeige erscheinen. Die Größenordnung des Abstands der homologen Punkte, der Abstand zum Betrachter und der Augenabstand des Betrachters ergeben den Betrag der auf der Anzeige wahrgenommenen Tiefe.

[0007] Stereoskopische Anzeigen sind auf dem Gebiet bekannt und bezeichnen Anzeigen, bei denen vom Anwender eine Art von Sehhilfe getragen wird, um im Wesentlichen die an das linke und das rechte Auge vermittelten Bilder zu trennen. Die Sehhilfe kann zum Beispiel aus Farbfiltern, bei denen die Bilder farbkodiert sind (z.B. rot und grün), aus polarisierenden Gläsern, bei denen die Bilder in orthogonalen Polarisationszuständen kodiert sind, oder aus Verschlussbrillen (so genannte Shutter-Brillen), bei denen die Bilder als zeitliche Folge von Bildern synchron mit der Öffnung der Verschlüsse der Brille kodiert sind.

[0008] Autostereoskopische Anzeigen arbeiten ohne vom Betrachter getragene Sehhilfen. Bei autostereoskopischen Anzeigen kann jedes der Bilder aus einem beschränkten räumlichen Bereich gesehen werden, wie in [Fig. 2](#) dargestellt wird.

[0009] [Fig. 2a](#) zeigt eine Anzeigevorrichtung 16 mit einem angebrachten parallaken optischen Element 17. Die Anzeigevorrichtung erzeugt für den Kanal des rechten Auges ein Bild 18 für das rechte Auge. Das parallaxe optische Element 17 lenkt Licht in eine durch den Pfeil 19 gezeigte Richtung, um ein Betrachtungsfenster 20 für das rechte Auge in dem Bereich vor der Anzeige zu erzeugen. Ein Betrachter positioniert sein rechtes Auge 22 an der Position des Fensters 20. Die Position des Betrachtungsfensters 24 für das linke Auge wird als Bezug gezeigt. Das Betrachtungsfenster 20 kann auch als vertikal verlängerte optische Pupille bezeichnet werden.

[0010] [Fig. 2b](#) zeigt das optische System des linken Auges. Die Anzeigevorrichtung 16 erzeugt ein Bild 26 für das linke Auge für den Kanal für das linke Auge. Das parallaxe optische Element 17 lenkt Licht in eine durch den Pfeil 28 gezeigte Richtung, um ein Betrachtungsfenster 30 für das linke Auge in dem Bereich vor der Anzeige zu erzeugen. Ein Betrachter positioniert sein linkes Auge 32 an der Position des Fensters 30. Die Position des Betrachtungsfensters 20 für das rechte Auge wird als Bezug gezeigt.

[0011] Das System umfasst eine Anzeige und einen optischen Lenkungsmechanismus. Das Licht vom linken Bild **26** wird an einen beschränkten Bereich vor der Anzeige gesendet, der als Betrachtungsfenster **30** bezeichnet wird. Wird ein Auge **32** an der Position des Betrachtungsfensters **30** positioniert, dann sieht der Betrachter das entsprechende Bild **26** über der gesamten Anzeige **16**. Analog sendet das optische System das für das rechte Bild **18** gedachte Licht zu einem separaten Fenster **20**. Wenn der Betrachter sein rechtes Auge **22** in dieses Fenster setzt, dann wird das Bild für das rechte Auge über der gesamten Anzeige gesehen. Im Allgemeinen kann das Licht von einem der Bilder als in eine jeweilige Richtungsverteilung optisch gelenkt (d.h. geleitet) gelten.

[0012] [Fig. 3](#) zeigt in Draufsicht eine Anzeigevorrichtung **16, 17** in einer Anzeigenebene **34**, die die Betrachtungsfenster **36, 37, 38** für das linke Auge und die Betrachtungsfenster **39, 40, 41** für das rechte Auge in der Fensterebene **42** erzeugt. Die Entfernung der Fensterebene von der Anzeige wird als Sollbetrachtungsabstand **43** bezeichnet. Die Fenster **37, 40** in der mittleren Position bezüglich der Anzeige befinden sich im nullten Lappen **44**. Die Fenster **36, 39** rechts des nullten Lappens **44** befinden sich im **+1** Lappen **46**, während die Fenster **38, 41** links des nullten Lappens sich im **-1** Lappen **48** befinden.

[0013] Die Betrachtungsfensterebene der Anzeige stellt den Abstand von der Anzeige dar, bei dem die seitliche Betrachtungsfreiheit am größten ist. Für Punkte fern der Fensterebene gibt es eine rautenförmige autostereoskopische Betrachtungszone, wie in Draufsicht in [Fig. 3](#) dargestellt wird. Wie ersichtlich ist, wird das Licht von jedem der Punkte quer über die Anzeige in einem Kegel endlicher Breite zu den Betrachtungsfenstern gestrahl. Die Breite des Kegels kann als Winkelbreite definiert werden.

[0014] Wird ein Auge in jede eines Pairs von Betrachtungszonen wie z.B. **37, 40** gesetzt, dann wird über der gesamten Fläche der Anzeige ein autostereoskopisches Bild gesehen. Zunächst wird die Betrachtungsfreiheit der Anzeige in Längsrichtung durch die Länge dieser Betrachtungszonen bestimmt.

[0015] Die Veränderung der Intensität **50** über der Fensterebene einer Anzeige (die eine greifbare Form einer Richtungsverteilung des Lichts bildet) wird in [Fig. 4a](#) bezüglich Position **51** für idealisierte Fenster gezeigt. Die Intensitätsverteilung der Fensterposition für das rechte Auge **52** entspricht in [Fig. 3](#) dem Fenster **41** und die Intensitätsverteilung **53** entspricht dem Fenster **37**, die Intensitätsverteilung **54** entspricht dem Fenster **40** und die Intensitätsverteilung **55** entspricht dem Fenster **36**.

[0016] [Fig. 4b](#) zeigt die Intensitätsverteilung mit Po-

sition schematisch für mehrere realistische Fenster. Die Intensitätsverteilung der Fensterposition für das rechte Auge **56** entspricht dem Fenster **41** in [Fig. 3](#) und die Intensitätsverteilung **57** entspricht dem Fenster **37**, die Intensitätsverteilung **58** entspricht dem Fenster **40** und die Intensitätsverteilung **59** entspricht dem Fenster **36**.

[0017] Die Qualität der Trennung von Bildern und das Ausmaß der Betrachtungsfreiheit in Seiten- und Längsrichtung der Anzeige wird durch die Fensterqualität bestimmt, wie in [Fig. 4](#) dargestellt wird. [Fig. 4a](#) zeigt die idealen Betrachtungsfenster, während [Fig. 4b](#) ein Schaubild der tatsächlichen Betrachtungsfenster ist, die von der Anzeige ausgegeben werden können. Aufgrund unzureichender Fensterleistung können mehrere Artefakte auftreten. Wenn Licht von dem Bild des rechten Auges vom linken Auge gesehen wird und umgekehrt, tritt Übersprechung auf. Dies ist ein wesentlicher 3D-Bild-Verschlechterungsmechanismus, der zu einer visuellen Überanstrengung des Anwenders führen kann. Ferner führt schlechte Fensterqualität zu einer Verringerung der Betrachtungsfreiheit des Betrachters. Das optische System ist dafür ausgelegt, die Leistung der Betrachtungsfenster zu optimieren.

Anzeige mit parallaxer Barriere

[0018] Eine Art von bekannter autostereoskopischer Flachbildschirmanzeige umfasst eine Hintergrundbeleuchtung, eine Anordnung (ein so genanntes Array) elektronisch einstellbarer Bildpunkte (bekannt als räumlicher Lichtmodulator, SLM – Spatial Light Modulator), die in Spalten und Zeilen angeordnet sind, sowie eine parallaxe Barriere, die vorne auf der Anzeige angebracht ist, wie in Draufsicht in [Fig. 5](#) dargestellt wird.

[0019] Eine Hintergrundbeleuchtung **60** erzeugt eine Lichtabgabe **62**, die auf einen LCD-Eingangspolarisator **64** fällt. Das Licht wird durch ein TFT-LCD-Substrat **66** durchgelassen und fällt auf eine sich wiederholende Anordnung von Bildpunkten, die in einer LCD-Bildpunktebene **67** in Spalten und Zeilen angeordnet sind. Die roten Bildpunkte **68, 71, 74**, die grünen Bildpunkte **69, 72, 75** und die blauen Bildpunkte **70, 73** umfassen jeweils eine einzeln steuerbare Flüssigkristallschicht und sind durch Bereiche einer undurchsichtigen Maske getrennt, die als schwarze Maske **76** bezeichnet wird. Jeder Bildpunkt umfasst einen transmissiven Bereich bzw. eine Bildpunktapertur **78**. Das den Bildpunkt passierende Licht wird in Phase durch das Flüssigkristallmaterial in der LCD-Bildpunktebene **74** und in Farbe durch einen Farbfilter, der an einem LCD-Farbfiltersubstrat **80** positioniert ist, moduliert. Dann passiert das Licht einen Ausgangspolarisator **82**, nach dem eine parallaxe Barriere **84** und ein parallaxes Barrierensubstrat **86** positioniert sind. Die parallaxe Barriere **84** umfasst

eine Anordnung von vertikal verlaufenden transmissiven Bereichen, die durch vertikal verlaufende undurchsichtige Bereiche getrennt sind, und dient zum Leiten von Licht von abwechselnden Bildpunktspalten **69, 71, 73, 75** zum rechten Auge, wie durch den Strahl **88** für Licht von Bildpunkt **69** gezeigt wird, und von dazwischenliegenden Spalten **68, 70, 72, 74** zum linken Auge, wie durch den Strahl **90** gezeigt wird (wobei dieses gesamte Lichtleitungsmuster ein anderes Beispiel für eine Richtungsverteilung von Licht bildet). Der Betrachter sieht das Licht von dem darunter liegenden Bildpunkt, das die Apertur der Barriere **92** beleuchtet.

[0020] In dieser Schrift umfasst eine SLM sowohl „Light Valve“-Vorrichtungen wie zum Beispiel Flüssigkristallanzeigen als auch transmissive Vorrichtungen wie Elektrolumineszenzanzeigen und LED-Anzeigen.

[0021] Die Bildpunkte der Anzeige sind als Zeilen und Spalten angeordnet, die durch Spalte getrennt sind (die im Allgemeinen durch die schwarze Maske in einer Flüssigkristallanzeige; LCD, gebildet sind), wobei die parallaxe Barriere eine Anordnung von vertikal verlaufenden Schlitzen mit einem Abstand nahe dem doppelten Abstand der Bildpunktspalten sind. Die parallaxe Barriere beschränkt den Bereich der Winkel, aus dem Licht von jeder Bildpunktspalte gesehen werden kann, wodurch die Betrachtungsfenster bei einem Bereich vor der Anzeige erzeugt werden. Die Winkel des Ausgangskegels der Anzeige werden durch die Breite und die Form der Bildpunktapertur und die Ausrichtung sowie die Aberrationen der parallaxen Barriere bestimmt.

[0022] Um das Licht von jedem Bildpunkt zum Betrachtungsfenster zu lenken, ist der Abstand der parallaxen Barriere etwas kleiner als der doppelte Abstand der Bildpunktanordnung. Dieser Zustand ist als „Blickpunktkorrektur“ bekannt. Bei einer Anzeige beträgt die Auflösung jedes der Stereopaarbilder die Hälfte der horizontalen Auflösung der Grund-LCD, und es werden zwei Bilder erzeugt.

[0023] Somit kann das Licht von den ungeraden Spalten der Bildpunkte **68, 70, 72, 74** von dem linken Betrachtungsfenster gesehen werden und das Licht von den geraden Spalten der Bildpunkte **69, 71, 73, 75** kann von dem rechten Betrachtungsfenster gesehen werden. Wenn die Bilddaten des linken Auges auf die ungeraden Spalten der Anzeige gesetzt werden und die Bilddaten des rechten Auges auf die geraden Spalten, dann sollte der Betrachter in der richtigen „orthoskopischen“ Position die beiden Bilder verschmelzen, um ein autostereoskopisches 3D-Bild über der gesamten Anzeige zu sehen.

[0024] Zwischen den beiden Bildern kommt es zu Lichteinstrahlung, so dass ein Teil des Bilds des linken Auges vom rechten Auge gesehen wird und um-

gekehrt. Diese Einstrahlung wird als Bildübersprechung bezeichnet. Übersprechung ist ein wichtiger Mechanismus für das Erzeugen visueller Überbeanspruchung bei Betrachten von 3D-Anzeigen und ihre Steuerung ist ein wichtiger Treiber bei der Entwicklung von 3D-Anzeigen. Bei autostereoskopischen Flachbildschirmanzeigen (insbesondere solchen, die auf LCD-Technologie beruhen) wird die Beschränkung der Fensterleistung allgemein durch die Form und das Aperturverhältnis des Bildpunkts und die Qualität des optischen Elements bestimmt.

[0025] Bei einer Anzeige mit parallaxer Barriere werden die Spalten direkt unter den Schlitten auf ein erstes Paar von Fenstern im nullten Lappen der Anzeige abgebildet. Die benachbarten Bildpunktspalten werden ebenfalls auf Betrachtungsfenster, in +1 und -1 Lappen der Anzeige, abgebildet. Wenn sich der Anwender seitlich aus der orthoskopischen Zone heraus bewegt, dann wird, wie somit in [Fig. 3](#) ersichtlich ist, Licht von dem falschen Bild zu jedem Auge geschickt. Wenn das rechte Auge das Bild des linken Auges und umgekehrt sieht, wird das Bild verglichen mit dem korrekten orthoskopischen Zustand als „pseudoskopisch“ bezeichnet.

[0026] Um die seitliche Betrachtungsfreiheit der Anzeige zu vergrößern, können mehr als zwei Bildpunktspalten unter jeden Schlitz der Barriere gesetzt werden. Zum Beispiel erzeugen vier Spalten vier Fenster, in denen das Bild für jedes Fenster geändert wird. Eine solche Anzeige gibt bei Bewegen des Betrachters eine „Panorama“-Wirkung. Die Freiheit in Längsrichtung wird durch ein solches Verfahren ebenfalls vergrößert. In diesem Fall ist die Auflösung der Anzeige aber auf ein Viertel der Auflösung des Grundschrirms beschränkt.

[0027] Parallaxe Barrieren stützen sich auf das Blockieren des Lichts aus Bereichen der Anzeige und senken daher die Helligkeit und die Leistungsfähigkeit der Vorrichtung allgemein auf etwa 20–40% der ursprünglichen Helligkeit der Anzeige.

[0028] Parallaxe Barrieren lassen sich aufgrund der Anforderungen von Subbildpunkttausrichtungstoleranzen der Barriere bezüglich der Bildpunktstruktur der Anzeige zum Optimieren der Betrachtungsfreiheit der Anzeige nicht einfach entfernen und austauschen. Der 2D-Modus hat die halbe Auflösung.

Optische Komponenten der parallaxen Barriere

[0029] In T. Okoshi „Three Dimensional Imaging Techniques“, Academic Press 1976, wird eine Art von parallaxer Barrierenanzeige offenbart, bei der die parallaxen Barrierelemente vor die Anzeigevorrichtung gesetzt werden.

[0030] In einer anderen Art einer parallaxen Barrie-

reanzeige können die parallaxen Elemente als Schlitze hinter der Anzeige enthalten sein, wie in G. Hamagishi et al „A Display System with 2D/3D compatibility“, Proc. SID 1998 Seiten 915–918, offenbart wird. Es kann gezeigt werden, dass eine solche Anzeige unter Fresnelschen Diffraktionsartefakten leidet, die die Qualität der erhaltbaren Betrachtungsfenster beschränken.

[0031] Bei einer anderen Art einer parallaxen Barriereanzeige können die parallaxen Elemente als Lichtlinien enthalten sein, zwischen die dunkle Bereiche eingestreut sind, wie in US 4,717,949 offenbart wird. Es kann gezeigt werden, dass eine solche Anzeige unter Fresnelschen Diffraktionsartefakten leidet, was die Qualität der erhaltbaren Betrachtungsfenster beschränkt, G. Woodgate et al Proc. SPIE Band 3957 „Flat panel autostereoscopic displays – characterisation and enhancement“ Seiten 153–164, 2000.

Linsenraster-Anzeigen

[0032] Eine andere Art von parallaxer Optik (siehe parallaxe Barrieren), die in dem Gebiet für die Verwendung bei stereoskopischen Anzeigen bekannt ist, wird als Linsenrasterbild bezeichnet, was eine Anordnung von vertikal verlaufenden zylindrischen Mikrolinsen ist. Der Begriff „zylindrisch“, wie er hier verwendet wird, hat seine normale Bedeutung auf dem Gebiet und umfasst nicht nur streng sphärische Linsenformen, sondern auch asphärische Linsenformen. Der Abstand der Linsen entspricht wiederum der Blickpunktkorrekturbedingung. Die Krümmung der Linsen wird im Wesentlichen so festgelegt, dass ein Bild der LCD-Bildpunkte an der Fensterebene erzeugt wird. Wenn die Linsen das Licht in einem Kegel aus dem Bildpunkt sammeln und es zu den Fenstern verteilen, haben die Linsenraster-Anzeigen die volle Helligkeit des Grundschrirms.

[0033] [Fig. 6](#) zeigt den Aufbau einer vorbekannten Linsenraster-Anzeigevorrichtung. Die Vorrichtung ist wie in [Fig. 5](#) bis hinauf zu dem Ausgangspolarisator 82 beschrieben konfiguriert. Das Licht passiert dann ein Linsenrasterschirmsubstrat 94 und einen Linsenrasterschirm 96, der an der Oberfläche des Linsenrasterschirmsubstrats 92 ausgebildet ist. Wie bei der parallaxen Barriere dient der Linsenrasterschirm 94 dazu, Licht von abwechselnden Bildpunktspalten 69, 71, 73, 75 zu dem rechten Auge, wie durch den Strahl 88 von dem Bildpunkt 69 gezeigt, und von den dazwischenliegenden Spalten 68, 70, 72, 74 zu dem linken Auge, wie durch den Strahl 90 von dem Bildpunkt 68 gezeigt, zu lenken. Der Beobachter sieht das Licht von dem zugrunde liegenden Bildpunkt, das die Apertur der einzelnen Linse 98 des Linsenrasterschirms 96 beleuchtet. Der Umfang des erfassten Lichtkegels wird durch die erfassten Strahlen 100 gezeigt.

[0034] Linsenraster-Anzeigen werden in T. Okoshi „Three Dimensional Imaging Techniques“, Academic Press, 1976, beschrieben. Eine Art von Linsenraster-Anzeige unter Verwendung eines räumlichen Lichtmodulators wird in US 4,959,641 beschrieben. Die Erfindung von, 641 beschreibt nicht schaltende Linsenraster-Elemente in Luft.

[0035] Eine solche Anzeige kann von unerwünschter Sichtbarkeit der Linsenfläche aufgrund von Reflexionen und Streuung an oder nahe der Linsen 96 leiden, was den Kontrast des Bilds verschlechtert. Reflexionen könnten zum Beispiel auf Fresnelsche Reflexionen zurückzuführen sein.

Vergrößerte Betrachtungsfreiheit

[0036] Die oben beschriebene Betrachtungsfreiheit der Flachbildschirmanzeigen ist durch die Fensterstruktur der Anzeige beschränkt.

[0037] Eine Anzeige, bei der die Betrachtungsfreiheit durch Messen der Position eines Betrachters und Bewegen des parallaxen Elements in Korrespondenz verbessert wird, wird in EP 0 829 743 beschrieben. Eine solche Vorrichtung zur Betrachtermessung und deren mechanische Betätigung ist teuer und komplex.

[0038] Eine Anzeige, bei der der optische Aufbau des Fensters nicht verändert wird (eine feste parallaxe optische Anzeige zum Beispiel) und die Bilddaten entsprechend der gemessenen Position des Betrachters geschaltet werden, so dass der Betrachter ein im Wesentlichen orthoskopisches Bild behält, wird zum Beispiel in EP 0 721 131 beschrieben.

Indikatoren zum Setzen der richtigen Betrachtungsposition

[0039] Eine Anzeige, bei der ein Indikator implementiert wird, um dem Betrachter das Finden seiner optimalen Position zu ermöglichen, wird in „Proceedings of Third International Display Workshop“, Band 2, 27.–29. November 1996, E. Nakayama et al, 1996 International Conference Centre, Kobe, Japan, beschrieben. Ein solcher Indikator gibt keine Informationen zur Position des Betrachters in Längsrichtung bzw. keine akkurate Informationen zur seitlichen Position des Betrachters.

[0040] Eine andere Art von Indikator [EP 0 860 728] nutzt eine Bildanzeige, eine Signalanzeige und eine parallaxe Optik mit einem Abschnitt, der mit der Bildanzeige zusammen mehrere Betrachtungszonen für das rechte und linke Auge in einem Betrachtungsreich bildet, sowie mit einem zweiten Abschnitt, der mit der Signalanzeige zusammen ein erstes Signalbild bildet, das in mindestens einem ersten Teil des Betrachtsteil sichtbar ist, und ein zweites Signalbild

bildet, das in mindestens einem zweiten Teil des Beobachtungsbereichs sichtbar ist. Ein solcher Indikator nutzt einen Teil der Anzeigefläche und beschränkt somit die nutzbare Bildfläche. Dies ist insbesondere bei kleinen Anzeigen nachteilig, da es wahrscheinlich ist, dass die Indikatorhöhe nicht mit der Anzeigengröße kleiner wird (damit sie ihre Sichtbarkeit für den Anwender beibehält), und wird daher proportional eine größere Fläche einer kleinen Anzeige einnehmen. Ferner geht etwas Auflösung verloren, so dass die 3D-Anzeigenfläche nicht länger eine Standardbildfläche ist, zum Beispiel VGA (640 × 3 × 480 Bildpunkte).

[0041] Weiterhin erlaubt EP 0 860 728 nicht die Verwendung von reflektiertem Umgebungslicht zur Beleuchtung des Indikators bei Gebrauch mit einer transmissiven Anzeige. Ferner lehrt EP 0 860 728 auch, dass zum Verbessern der Helligkeit des Indikatoreils für einen einzigen Abschnitt die Farbfilter der Anzeige geändert werden müssten. Dies erfordert eine Änderung des LCD-Herstellungsprozesses und kann zu einem dauerhaften Verlust eines Teils der Anzeige führen.

Von 2D auf 3D schaltbare Anzeigen

[0042] Wie vorstehend beschrieben beschränkt die Verwendung von parallaxen Optiken zum Erzeugen einer räumlich multiglechten 3D-Anzeige die Auflösung jedes Bilds auf bestenfalls die Hälfte der vollen Anzeigeauflösung. In vielen Anwendungen soll die Anzeige für einen Bruchteil der Zeit im 3D-Modus verwendet werden und muss einen artefaktfreien 2D-Modus mit voller Auflösung aufweisen.

[0043] Eine Art von Anzeige, bei der die Wirkung der parallaxen Optik aufgehoben ist, ist Proc. SPIE Band 1915 Stereoscopic Displays and Applications IV (1993) Seiten 177–186, „Developments in Autostereoscopic Technology at Dimension Technologies Inc.“, 1993. In diesem Fall wird ein schaltbares Diffusorelement in das optische System gesetzt, das zum Bilden der Lichtlinien verwendet wird. Ein solcher schaltbarer Diffusor könnte zum Beispiel von der Art des Polymer Dispersed Liquid Crystal sein, bei dem die molekulare Anordnung bei Verwendung einer angelegten elektrischen Spannung über dem Material zwischen einem streuenden und einem nicht streuenden Modus schaltet. Im 3D-Modus ist der Diffusor transparent und die Lichtlinien werden erzeugt, um die hintere parallaxe Barrierefunktion zu erzeugen.

[0044] Im 2D-Modus streut der Diffusor und die Lichtlinien sind verwachsen, was die Wirkung einer gleichmäßigen Lichtquelle erzeugt. Auf diese Weise ist der Ausgang der Anzeige im Wesentlichen lambertian und die Fenster sind verwaschen. Ein Beobachter sieht die Anzeige dann als 2D-Anzeige mit voller Auflösung. Eine solche Anzeige leidet im 3D-Modus unter Fresnelschen Diffraktionsartefakten

sowie unter unerwünschter Reststreuung im transparenten Zustand des Diffusors, was die Anzeigenübersprechung verstärkt. Daher weist eine solche Anzeige wahrscheinlich höhere Werte visueller Überbeanspruchung auf.

[0045] Bei einer anderen Art von schaltbarer 2D-3D-Anzeige [zum Beispiel EP 0 833 183] wird eine zweite LCD vor die Anzeige gesetzt, um als parallaxe Optik zu dienen. In einem ersten Modus ist die parallaxe LCD transparent, so dass keine Fenster erzeugt werden und ein Bild in 2D sichtbar ist. In einem zweiten Modus wird die Vorrichtung geschaltet, um Schlitze einer parallaxen Barriere zu erzeugen. Dann werden Ausgangsfenster erzeugt und das Bild erscheint als 3D. Eine solche Anzeige bringt aufgrund der Verwendung von zwei LCD-Elementen vermehrte Kosten mit sich und ist von verringriger Helligkeit oder hat einen höheren Stromverbrauch. Bei Verwendung in einem 3D-Anzeigesystem mit einem reflektiven Modus führen parallaxe Barrieren aufgrund der Dämpfung von Licht durch das Blockieren von Bereichen der parallaxen Barriere sowohl auf dem Gang in als auch auf dem Gang aus der Anzeige heraus zu sehr schlechter Helligkeit.

[0046] Bei einer anderen Art von schaltbarer 2D-3D-Anzeige [EP 0 829 744] umfasst eine parallaxe Barriere eine strukturierte Anordnung von Halbwellen-Retarderelementen. Das Muster der Retarderelemente entspricht dem Muster der Barrierefenster und absorbierenden Bereichen in einem parallaxen Barrierefenster. Bei einem 3D-Betriebsmodus wird der Anzeige ein Polarisator hinzugefügt, um die Schlitze des strukturierten Retarders zu analysieren. Auf diese Weise wird eine absorbierende parallaxe Barriere erzeugt. Im 2D-Betriebsmodus wird der Polarisator völlig entfernt, da es beim 2D-Betriebsmodus keine Beteiligung von Polarisationsmerkmalen gibt. Die Ausgabe der Anzeige hat daher volle Auflösung und volle Helligkeit. Ein Nachteil ist, dass eine solche Anzeige die parallaxe Barriertechnologie nutzt und somit im 3D-Betriebsmodus auf vielleicht 20–30% Helligkeit beschränkt ist. Ferner hat die Anzeige eine Betrachtungsfreiheit und eine Übersprechung, die durch die Diffraktion der Aperturen der Barriere beschränkt ist.

[0047] Es ist bekannt, elektrisch schaltbare doppelbrechende Linsen für die Zwecke des Schaltens der Richtung des Lichts vorzusehen. Es ist bekannt, diese Linsen zu verwenden, um eine Anzeige zwischen einer 2D-Betriebsart und einer 3D-Betriebsart umzuschalten.

[0048] Zum Beispiel werden elektrisch schaltbare doppelbrechende Flüssigkristall-Mikrolinsen in European Optical Society Topical Meetings Digest Series: 13, 15.–16. Mai 1997 L.G. Commander et al „Electrode designs for tuneable microlenses“, Seiten 48–58,

beschrieben.

[0049] In einer anderen Art von schaltbarer 2D-3D-Anzeige [US 6,069,650, WO 98121620], die den nächst liegenden Stand der Technik darstellt, werden schaltbare Mikrolinsen mit einem mit Flüssigkristallmaterial gefüllten Linsenrasterschirm zum Ändern der optischen Wirkung eines Linsenrasterschirms verwendet.

[0050] Eine 3D-Anzeige mit einer Fresnelschen Flüssigkristall-Linse wird in S. Suyama et al „3D Display System with Dual Frequency Liquid Varifocal Lens“, SID 97 DIGEST, Seiten 273–276, beschrieben.

[0051] Wenngleich die Verwendung von Linsen an Stelle von Barrieren vorteilhaft sein kann, z.B. bei Konservieren von mehr Licht, haben die oben erwähnten 2D-3D-Anzeigen mit schaltbaren Linsen aber gewisse Nachteile. Bei den elektrisch schaltbaren doppelbrechenden Flüssigkristall-Mikrolinsen der Schrift Commander et al zum Beispiel sind die optischen Eigenschaften der Mikrolinsen aufgrund eines verbleibenden nicht geschalteten Flüssigkristalls und nahe den Scheitelpunkten benachbarter Mikrolinsen erzeugten Disklinationen beschränkt.

[0052] Die Veränderung des Brechungsindeks mit der Temperatur des Flüssigkristallmaterials bedeutet, dass sich die Brennweite der Linsen verändert. Somit hat eine solche Anzeige ohne Temperatursteuerung einen beschränkten Temperaturbetriebsbereich. Weiterhin müssen die Linsen auf ihrer Oberfläche ein aufgebrachtes Elektrodenmaterial aufweisen. Dies verursacht eine streuende Reflexion, die den Bildkontrast sowohl in der 2D- als auch in der 3D-Betriebsart verschlechtert. Die Ausrichtungseigenschaften, insbesondere an der Linsenseite, müssen während der Lebensdauer des Elements über Zeit, Temperatur und physikalische Beanspruchung hinweg beibehalten werden.

[0053] Als weiteres Beispiel ist bei der in US 6,069,650 und WO 98/21620 offenbarten Anzeige wie vorstehend beschrieben die optische Wirkung der Mikrolinsen aufgrund der nicht geschalteten Bereiche des Linsenrasterschirms beschränkt. Somit kann in 2D eine gewisse verbleibende Linsenfunktion vorliegen, was in der Fensterebene gewisse Intensitätsveränderungen ergibt, und analog kann im 3D-Modus eine gewisse verbleibende Nichtlinsenfunktion vorliegen, was die Anzeigenübersprechung verstärkt.

Doppelbrechende Linsen in Bezug auf 2D-Anzeigen

[0054] Die Verwendung doppelbrechender Linsen in Anzeigen ist für eine Vielzahl nicht verwandter Einsatzmöglichkeiten bekannt, darunter zum Beispiel

die folgenden.

[0055] Doppelbrechende Mikrolinsen werden in den Patent Abstracts of Japan Veröffentl. Nr. 1127144A für eine LCD-Projektoranwendung beschrieben. Die Eingangsbeleuchtungsstruktur des Systems wird in [Fig. 7](#) gezeigt. Eine Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen **102** mit Direktorrichtung **104** ist über einer Flüssigkristallschicht **106** und einer Anordnung reflektiver Bildpunkte **108**, die rote Datenbildpunkte **110**, grüne Datenbildpunkte **112** und blaue Datenbildpunkte **114** umfassen, positioniert. Die Anzeige wird aus einer ersten Richtung **116** für die roten Bildpunkte, einer zweiten Richtung **118** für die grünen Bildpunkte und einer dritten Richtung **120** für die blauen Bildpunkte beleuchtet. Die Beleuchtungspolarisationsrichtung **124** ist parallel zum außergewöhnlichen Index **104** der Linsen, die in ein isotropes Material **126** eingetaucht sind.

[0056] Die Beleuchtung eines einfarbigen Bildpunkts in JP 11271744A wird in [Fig. 8](#) gezeigt. Ein Eingangsbeleuchtungskegel, der im Wesentlichen gleichlaufend mit einem Eingangsstrahl **118** mit einem Polarisationszustand **124** ist, wird durch die Linse **102** auf den Bildpunkt **112** fokussiert. Das Licht wird durch die LC-Schicht **106** moduliert und von dem Bildpunkt **112** reflektiert, so dass es eine Polarisationskomponente **128** orthogonal zum Eingangspolarisationszustand **124** aufweist. Es werden Ausgangsstrahlen **130** erzeugt, die von einer (nicht dargestellten) Feststrahl-Teilerkomponente und einer (nicht dargestellten) Projektionslinse gebündelt und hin zu einem (nicht dargestellten) Projektionsschirm gerichtet werden.

[0057] Ein LCD-Schirm mit einer Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen wird durch separate lineare polarisierte Kegel roten, grünen und blauen Lichts beleuchtet. Das die doppelbrechenden Linsen umgebende Material hat einen Brechungsindeks, der im Wesentlichen gleich der Slow Axis des doppelbrechenden Materials ist. Die Fast Axis der Doppelbrechung des Materials in den Linsen ist so angeordnet, dass die Linse durch die eingegebene lineare Polarisierung analysiert wird. Somit wird durch die Wirkung der Linse das grüne Licht zu dem grünen Bildpunkt, rot zu rot und blau zu blau geschickt. Bei Reflexion ist das an den Projektionsschirm zu sendende nutzbare Licht im orthogonalen Polarisationszustand. Dieser ausgegebene Polarisationszustand sieht die unangepasste Slow Axis der doppelbrechenden Mikrolinse und somit wird keine Linse analysiert. Auf diese Weise wird der Ausgang der Anzeige nicht durch die Apertur der Mikrolinsen vignettiert und der volle Lichtkegel der Vorrichtung kann von der Projektionslinse gesammelt werden. Eine solche Vorrichtung kann beleuchten und das Licht effizient von einem einzigen reflektiven LCD-Schirm sammeln, um ein kostengünstiges und helles Projektionssystem zu

erzeugen. Eine solche Vorrichtung wird nicht für ein gerichtetes Anzeigesystem verwendet, und die Wirkung der doppelbrechenden Linse ist auch nicht schaltbar.

Gerichtete Anzeigesysteme

[0058] Gerichtete Anzeigen, bei denen von einer unterschiedlichen Richtung ein anderes Bild gesehen wird, um ein interaktives Bildvisualisierungserlebnis zu ermöglichen, sind auf dem Gebiet bekannt. Zum Beispiel werden gedruckte Linsenraster-Schirme verwendet, um zwei verschiedene Werbebilder in verschiedenen Richtungen zu zeigen.

Reflektive Anzeigen

[0059] Reflektive Anzeigen sind auf dem Gebiet bekannt.

[0060] In einer ersten Klasse von Anzeigen (transmissive Anzeige, die mit Reflexion arbeitet) ist eine reflektive Schicht hinter einer transmissiven Anzeige positioniert. Auf die Anzeige fallendes Umgebungslicht wird durch die reflektive Schicht zurück durch die Anzeige hin zum Betrachter reflektiert. Solche Anzeigen leiden an einem Helligkeitsverlust, da sie zwei Durchläufe durch die Anzeige und eine ineffiziente Diffusion der reflektiven Schicht aufweisen.

[0061] In einer zweiten Klasse von Anzeigen (transmissive hintergrundbeleuchtete Anzeige, die mit Reflexion arbeitet), die auch als eine Art von transflektiver Anzeige bekannt ist, weist die reflektive Schicht an der Rückseite einer transmissiven Anzeige eine weitere Lichtquelle und einen Lichtleiter auf, zum Beispiel ein oder mehrere Leuchtdioden oder Leuchstoffröhren. Bei schwach ausgeleuchtetem Umfeld wird die Lichtquelle angeschaltet, um die Helligkeit der Anzeige zu verbessern. Die Verwendung einer Lichtquelle erhöht den Stromverbrauch der Anzeige.

[0062] Eine dritte Klasse von Anzeigen (reflektive Anzeige) wird zum Beispiel in „Influence of rough surface upon optical characteristics of reflective LCD with a polariser“, Y. Itho et al, Seiten 221–224, SID Digest 1998 beschrieben. Eine reflektive Schicht wird in den Aufbau der Anzeige, im Wesentlichen an der Bildpunktebene, integriert. Der Reflektor kann eine raue Oberfläche umfassen, um eine Diffusion des auftreffenden Lichts vorzusehen. Alternativ kann an der Vorderfläche der Anzeige ein Diffusor integriert werden. In dem Reflektor können Löcher vorgesehen werden, um eine Transmission von Licht von einer Hintergrundbeleuchtung vorzusehen, um eine Art von transflektiver Anzeige vorzusehen. Alternativ kann eine Vorderbeleuchtung vorgesehen werden, um eine Beleuchtung von einer an der Vorderseite des Schirms positionierten Hilfslichtquelle zu ermöglichen. Eine solche Anzeige bietet eine verbesserte

Effizienz bei der Nutzung von Umgebungslichtquellen und ist daher zur Verwendung bei reflektiven Farbanzeigen, bei denen vermehrte Lichtverluste mit den Farbfiltern einhergehen, besonders brauchbar.

[0063] Eine Vorrichtung zur Erhöhung der Helligkeit von transmissiven und hintergrundbeleuchteten transmissiven Anzeigen, die mit Reflexion arbeiten, wird in „Volume Holographic Components for Display Applications“, T.J. Trout et al, Seiten 202–205, Society for Information Display (SID) Digest 2000, beschrieben. Ein Volumenreflexionsdiagramm ist an der Rückseite einer reflektiven Anzeige positioniert, das auftreffendes Licht in eine separate Richtung zu der Richtung der Spiegelungsreflexion lenkt. Um eine reflektive Farbanzeige vorzusehen, werden drei separate holographische Elemente in der LCD vorgesehen, was einen komplizierten und teuren Aufbau ergibt. Ein fokussierendes und farbteilendes Hologrammelement wird ebenfalls für ein Projektionssystem gezeigt. Das Hologramm dient zum Fokussieren einer fern der Achse einfallenden weißen Lichtquelle separat für rote, grüne und blaue Bildpunkte. Ein ebenenreflektives Element reflektiert das Licht zurück zu einer Projektionslinse, wobei die holographische Linse keine wesentliche Wirkung auf das reflektierte Licht hat. Eine solche Anzeige dient für einen schmalen Bereich von Beleuchtungswinkeln und ist daher nicht zur Verwendung in einem Direktsichtsystem geeignet.

[0064] Eine andere Vorrichtung zur Verstärkung der Helligkeit von transmissiven und hintergrundbeleuchteten transmissiven Vorrichtungen, die mit Reflexion arbeiten, sowie von reflektiven Anzeigen wird in „Multidirectional Asymmetrical Mircolens-array light control films for high performance reflective liquid crystal displays“, Yi-Pai Huang et al, SID Digest 2002 beschrieben. Es wird eine strukturierte Linsenanordnung vorgesehen, die das Licht von einer Umgebungslichtquelle auf einen Ebenenreflektor in einem LCD-Schirm fokussiert und ablenkt. Die Linsen liefern eine weitere Ablenkung auf dem Weg zurück vom Reflektor, so dass das ausgegebene Licht von der Spiegelungsreflexion getrennt wird. Eine solche Vorrichtung hat verglichen mit der vorliegenden Erfindung die folgenden Nachteile:

- Die optimale Betrachtungszone ist sowohl in Seiten- als auch in Längsrichtung aufgrund der Beschränkung des beschränkten optischen Ausgangskegels der Linsenselemente sehr schmal;
- Sie weist keinen schaltbaren Helligkeitsmodus auf;
- Diese Schrift lehrt weg von der Verwendung eines Diffusors zur Vergrößerung des reflektierten Kegels, durch Integrieren horizontaler und vertikaler Fokussierleistung in den Linsen, um die Größe der Betrachtungszone für den Betrachter zu erweitern;
- Zur Beseitigung der Moire-Effekte während des

Vorsehens der Fokussierung in der horizontalen und vertikalen Richtung wird diese Struktur mit Merkmalsgrößen von unter 10 µm gezeigt. Dies erzeugt Diffraktion von den Linsenstrukturen, was den Fleck auf der reflektierenden Ebene erheblich verbreitert und die Helligkeitserhöhung senkt.

– Sie erfordert die Verwendung asymmetrischer Mikrolinsen zum Verwirklichen der Fokussier- und Ablenkfunktion. Solche Linsen werden aus facettierten Flächen gebildet, um die erforderlichen Funktionen zu verwirklichen. Facettierte Flächen erzeugen unerwünschte Bildartefakte und Lichtverlust aufgrund gesamter Innenreflexionen, Diffraktion und Refraktion an den Nichtlinsenflächen.

[0065] Nach einer ersten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird eine Lichtrichtung umschaltende Einrichtung zur Verwendung in einer richtungsabhängigen Anzeigeeinrichtung, die die folgenden, zur Reihenanordnung mit einem räumlichen Lichtmodulator geeigneten Elemente umfasst:

einen schaltbaren Polarisator, der zwischen einer ersten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer ersten Polarisationskomponente durchlässt, und einer zweiten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer zweiten Polarisationskomponente durchlässt, schaltbar ist; und

eine Anordnung von doppelbrechenden Mikrolinsen mit solcher Doppelbrechung, dass bei Betrieb die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen Licht der ersten Polarisationskomponente im Wesentlichen in eine erste Richtungsverteilung und Licht der zweiten Polarisationskomponente im Wesentlichen in eine sich von der ersten Richtungsverteilung unterscheidende zweite Richtungsverteilung lenkt,

wobei der schaltbare Polarisator und die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen in Reihe angeordnet und so ausgelegt sind, dass bei Anordnung in Reihe mit einem räumlichen Lichtmodulator zum Empfangen von von dem räumlichen Lichtmodulator abgegebenen Licht das von der Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung abgegebene Licht im Wesentlichen von der ersten Polarisationskomponente ist und im Wesentlichen in die erste Richtungsverteilung gelenkt wird, wenn der schaltbare Polarisator in die erste Polarisationsbetriebsart gesetzt ist, wogegen von der Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung abgegebenes Licht im Wesentlichen von der zweiten Polarisationskomponente ist und im Wesentlichen in die zweite Richtungsverteilung gelenkt wird, wenn der Polarisator in die zweite Polarisationsbetriebsart gesetzt ist.

[0066] Nach einer zweiten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Richtungsschalten von Licht in einer richtungsabhängigen Anzeigeeinrichtung an die Hand gegeben, welches umfasst:

Eingeben von Licht von einem räumlichen Lichtmodulator zu einer Lichtrichtung umschaltenden Einrich-

tung, die einen schaltbaren Polarisator und eine Anordnung von in Reihe angeordneten doppelbrechenden Mikrolinsen umfasst; und

Schalten des schaltbaren Polarisators zwischen einer ersten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer ersten Polarisationskomponente durchlässt, und einer zweiten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer zweiten Polarisationskomponente durchlässt, so dass Licht von der Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung mit einer ersten Richtungsverteilung abgegeben wird, wenn der schaltbare Polarisator in die erste Polarisationsbetriebsart gesetzt ist, und mit einer zweiten Richtungsverteilung abgegeben wird, wenn der schaltbare Polarisator in die zweite Polarisationsbetriebsart gesetzt ist, wobei sich die zweite Richtungsverteilung von der ersten Richtungsverteilung unterscheidet.

[0067] Nach einer dritten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird eine richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung an die Hand gegeben, welche umfasst:

einen räumlichen Lichtmodulator mit einer Bildpunktmatrix; und

eine Anordnung von doppelbrechenden Mikrolinsen, die mit der Bildpunktmatrix ausgerichtet sind, einen schaltbaren Polarisator, der zwischen einer ersten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer ersten Polarisationskomponente durchlässt, und einer zweiten Polarisationskomponente, die Licht einer zweiten Polarisationskomponente durchlässt, schaltbar ist, wobei die doppelbrechenden Mikrolinsen von solcher Doppelbrechung sind, dass die doppelbrechenden Mikrolinsen bei Betrieb direktes Licht der ersten Polarisationskomponente im Wesentlichen in eine erste Richtungsverteilung und Licht der zweiten Polarisationskomponente im Wesentlichen in eine sich von der ersten Richtungsverteilung unterscheidende zweite Richtungsverteilung lenken, und

die Bildpunktmatrix, die Anordnung von doppelbrechenden Mikrolinsen und der schaltbare Polarisator in Reihe angeordnet und so ausgelegt sind, dass bei Betrieb von dem räumlichen Lichtmodulator abgegebenes Licht durch die doppelbrechenden Mikrolinsen gelenkt und durch den schaltbaren Polarisator gezielt durchgelassen wird, um richtungsmoduliertes abgegebenes Licht von der richtungsabhängigen Anzeigeeinrichtung vorzusehen, wobei das richtungsmodulierte abgegebene Licht mit einer ersten Richtungsverteilung abgegeben wird, wenn der schaltbare Polarisator in die erste Polarisationsbetriebsart gesetzt ist, und mit einer sich von der ersten Richtungsverteilung unterscheidenden zweiten Richtungsverteilung abgegeben wird, wenn der schaltbare Polarisator in die zweite Polarisationsbetriebsart gesetzt ist.

[0068] Somit gibt die vorliegende Erfindung in verschiedenen Ausgestaltungen unter anderem einen optischen Schaltmechanismus an die Hand, der min-

destens ein passives doppelbrechendes Linsenelement und mindestens ein separates polarisationsmodifizierendes Element umfasst, das zwischen gerichteten und nicht gerichteten Betriebsarten geschaltet werden kann, um eines von Folgendem vorzusehen: ein autostereoskopisches Anzeigemittel, das praktischerweise ein sich bewegendes stereoskopisches 3D-Bild voller Farbe, das von dem bloßen Auge in einer Betriebsart betrachtet werden kann, und ein 2D-Bild voller Auflösung in einer zweiten Betriebsart vorsehen kann;

ein schaltbares transflektives und reflektives Anzeigesystem hoher Helligkeit, das in einer ersten Betriebsart eine im Wesentlichen nicht gerichtete Helligkeitsleistung aufweisen kann, und in einer zweiten Betriebsart eine im Wesentlichen gerichtete Helligkeitsleistung aufweisen kann; oder
ein Anzeigemittel für mehrere Betrachter, das in einer Betriebsart praktischerweise einem Betrachter sich bewegende 2D-Bilder voller Farbe und mindestens einem zweiten Betrachter mindestens ein zweites anderes 2D-Bild und in einer zweiten Betriebsart ein von allen Betrachtern gesehenes 2D-Bild voller Auflösung bieten kann.

[0069] Verschiedene Merkmale der ersten Ausgestaltung können dazu neigen, die folgenden Vorteile einzeln oder in Kombination vorzusehen.

[0070] Die Erfindung ermöglicht die Erzeugung von autostereoskopischen 3D-Bildern und 2D-Bildern voller Auflösung in hoher Qualität mit niedrigen Werten an Bildübersprechung und hoher Helligkeit.

[0071] Diese Erfindung ermöglicht auch die Erzeugung einer gerichteten Anzeige für mehrere Betrachter, die zwischen einer 2D-Betriebsart und einer Betriebsart umgeschaltet werden kann, in der Bilder (die verschieden sein können) von verschiedenen Betrachtern aus einem breiten Bereich an Richtungen gesehen werden können.

[0072] Durch Anordnen einer Anordnung fester doppelbrechender Mikrolinsen als parallaxes Element kann die Funktion der Linsen durch Steuern der Ausgangspolarisation der Vorrichtung eingestellt werden.

[0073] Der Grenzfläche zwischen den Flüssigkristallschichten und der gekrümmten Fläche der doppelbrechenden Mikrolinsen zugeordnete Artefakte (einschließlich aber nicht ausschließlich Disklinationen), die sich bilden oder verändern können, wenn eine elektrische Spannung über dem Flüssigkristallmaterial angelegt wird, werden vermieden. Daher wird die Bildqualität der Anzeige sowohl in 2D- als auch in 3D-Konfigurationen optimiert. Die Komplexität der doppelbrechenden Mikrolinsen wird minimiert, da keine elektrischen Adressierschichten (oder Elektroden) oder Adressierschaltung vorliegen.

[0074] Es ist nicht erforderlich, eine transparente leitende Elektrode auf der gekrümmten Polymerstruktur der Mikrolinsen aufzubringen, die während der Ablagerung weniger temperaturtolerant als Glas sind. Ferner werden Reflexionsverluste (zum Beispiel Fresnelsche Reflexionen) und Absorptionsverluste von der Elektrodenschicht beseitigt.

[0075] Es ist nicht erforderlich, verschiedene elektrische Felder über dem Flüssigkristall als Ergebnis der physikalischen Form der Mikrostruktur zu handhaben.

[0076] Der Ausrichtungszustand in einem passiven Element muss nur während des Herstellungsprozesses gewahrt werden, wohingegen elektrisch schaltbare doppelbrechende Mikrolinsen des Stands der Technik die Integrität der Ausrichtung während der gesamten Lebensdauer der Anzeige und über den gesamten Bereich an Betriebsbedingungen aufrecht-erhalten müssen.

[0077] Diese Erfindung ermöglicht die Verwendung von gehärteten Flüssigkristall-Polymermaterialien bei den doppelbrechenden Mikrolinsen. Dies erlaubt ein Festlegen der doppelbrechenden Eigenschaften des doppelbrechenden Materials im Wesentlichen zum Zeitpunkt der Herstellung. Veränderungen der Flüssigkristall-Doppelbrechung mit Temperatur bei Flüssigkristallmaterialien der nematischen Phase, die bei vorbekannten schaltbaren Mikrolinsenvorrichtungen erforderlich sind, bedeutet, dass die optische Wirkung von elektrisch geschalteten Linsen sich mit der Temperatur verändert. Dies bedeutet, dass die optische Qualität der erzeugten Fenster sich ebenfalls mit der Temperatur verändert. Wenn sich die Betriebstemperatur der vorbekannten Vorrichtung in den elektrisch schaltbaren Mikrolinsenvorrichtungen verändert, verändert sich daher die Leistung der Betriebsart, bei der ein indexanpassender Zustand erforderlich ist (2D-Modus), und der Betriebsart, bei der Hochleistungsfenster erforderlich sind (3D-Modus). Dies bewirkt, dass die vorbekannte Anzeige fern ihrer optimalen Betriebsbedingungen arbeitet, wenn die Temperatur verändert wird.

[0078] In Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung hält das feste Polymermaterial, das verwendet werden kann, über einem breiteren Betriebstemperaturbereich optimale Betriebsbedingungen aufrecht als die für elektrisch schaltende Linsen erforderlichen (ungehärteten) Materialien nematischer Phase. Dies wäre insbesondere bei Anwendungen wichtig, die von der Umgebung her hohe Ansprüche stellen, zum Beispiel Kraftfahrzeuganwendungen.

[0079] Durch Anordnen der Mikrolinsen, so dass sie sich in dem Glassubstrat befinden, können Reflexionen von den Oberflächen der Linsen minimiert und die Ausgabefläche (die eben sein kann) kann breit-

band-entspiegelt werden.

[0080] Bei der Konfiguration, bei der die doppelbrechenden Mikrolinsen nach dem Ausgangspolarisator der Anzeige positioniert werden,

- ist die Helligkeit der 2D- und 3D-Betriebsarten im Wesentlichen gleich
- ist die Kontrastblickwinkelleistung der Anzeige im Wesentlichen gleich.

[0081] Bei der Konfiguration, bei der die doppelbrechende Mikrolinse zwischen der phasenmodulierenden Schicht des SLM und dem Ausgangspolarisator der Anzeige positioniert wird:

- ist die Helligkeit die gleiche wie beim Grundschirm
- ist die Helligkeit sowohl in der 2D- als auch in der 3D-Betriebsart gleich
- kann der Stromverbrauch der 3D-Anzeige identisch mit dem Stromverbrauch der 2D-Anzeige in dieser Betriebsart gehalten werden
- kann der Betrachtungsabstand durch Integrieren der Linsen in das Gegensubstrat der Vorrichtung kurz gehalten werden. Die Herstellung der Vorrichtung mit internen Mikrolinsen kann mit Hilfe bekannter Materialien und Fertigungsprozesse erfolgen.

[0082] Die Polarisation modifizierende Vorrichtung mit Schaltrotationsfunktion (beispielsweise eine Halbwellenplatte) kann manuell rekonfigurierbar sein, was die zusätzlichen Kosten und Komplexität des Systems minimiert.

[0083] Es kann eine einzige SLM- & doppelbrechende Mikrolinsenkombination für Produkte mit entweder mechanisch oder elektrisch geschalteten Eigenschaften verwendet werden, wodurch das Lager reduziert wird. Die Endproduktkonfiguration wird durch die Wahl einer anschließend angebrachten Polarisationsabwandlungsvorrichtungskomponente bestimmt.

[0084] Ein weiterer Vorteil der Struktur zum elektrischen Schalten ist gegenüber dem Stand der Technik, dass das aktive Element durch gewerblich bewährte Verfahren hergestellt wird. Die dünnen Flachsubstrate bedeuten, dass niedrigere elektrische Spannungen eingesetzt werden können. Es können auch standardmäßige Flüssigkristallbeabstandungsverfahren verwendet werden. Bei dickeren Flüssigkristallschichten, wie sie zum Beispiel zum Abdecken des Mikrolinsenformfaktors verwendet werden, ist dies nicht der Fall.

[0085] Die elektrisch schaltbare erfindungsgemäße Wellenplatte kann aus einem nematischen Flüssigkristall oder einer bistabilen Vorrichtung wie zum Beispiel einem ferroelektrischen Flüssigkristall konfiguriert werden und erfordert somit abgesehen vom

Schalten zwischen den Betriebsarten keinen zusätzlichen Stromverbrauch.

[0086] Das Schaltelement kann segmentiert sein, um 2D- und 3D-Zonen gleicher Helligkeit gleichzeitig auf der Anzeige zu ermöglichen.

[0087] Die Technologie kann auf einen breiten Bereich räumlicher Lichtmodulatoren angewendet werden, einschließlich transmissiver, reflektiver und transflektiver Flüssigkristallanzeigen und emissiver Anzeigen.

[0088] Eine solche Anzeige erfordert verglichen mit der hochpräzisen Ausrichtung der parallaxen Optik bezüglich der Anzeige eine Ausrichtung relativ geringer Präzision eines Polarisators zum Ausgang. Somit wird die hochpräzise Ausrichtung während der Herstellung der Anzeige festgelegt, während die Ausrichtung geringer Präzision manuell vorgenommen wird, wofür nur ein Ausrichtungsfreiheitsgrad erforderlich ist. Daher ist der physikalische Mechanismus, mit dem der Anwender die Anzeige rekonfiguriert, weniger komplex und teuer als wenn die parallaxe Optik zur Umwandlung zwischen den 2D- und 3D-Betriebsarten an der Anzeigefläche angebracht und von dieser abgenommen wird.

[0089] Die Verwendung von Linsenrasterlinsen im Substrat bedeutet, dass die Fresnelschen Reflexionen von den Linsenoberflächen verglichen mit dem Element in Luft erheblich reduziert werden. Dies bedeutet, dass das Element einen niedrigeren Streuungswert aufweist und dass Entspiegelungen praktisch auf die ebene Außenfläche der Vorrichtung aufgebracht werden können. Ferner liegen keine Reflexionen von einer Indiumzinnoxidschicht (ITO) hohen Brechungsexponenten vor (was bei elektrisch geschalteten Linsen der Fall wäre), so dass die Sichtbarkeit des Elements selbst in der Anzeige reduziert wird.

[0090] Eine Anzeige für den optimalen Wahrnehmungsbereich (Sweet Spot) kann so konfiguriert werden, dass sie im Wesentlichen die gleiche optische Wirkung wie die Anzeige hat, aber keine Anzeigefläche nutzen muss. Eine solche Anzeige ist somit besonders für handgeholtene Anzeigen geeignet, bei denen die Fläche der Anzeige beschränkt ist.

[0091] Die Betrachtungsfreiheit der Anzeige kann durch Hinzufügen einer Betrachterverfolgungsfunktion verbessert werden, die durch Bewegen der doppelbrechenden Mikrolinse synchron mit der gemessenen Position eines sich bewegenden Betrachters oder Anpassen des dargebotenen Bilds entsprechend der gemessenen Position eines Betrachters implementiert werden kann.

[0092] Eine transflektive oder reflektive Anzeige hoher Helligkeit weist vorteilhafterweise eine erste Be-

triebsart mit im Wesentlichen nicht gerichteten Eigenschaften auf, die durch das Reflektormaterial der Anzeige festgelegt werden, und weist in einer zweiten Betriebsart eine gerichtete Helligkeitseigenschaft auf, so dass die Anzeighelligkeit aus einem festgelegten Bereich von Winkeln größer ist. Eine solche Anzeige arbeitet in Vollfarbe und kann zum Verbessern der Helligkeit sowohl der reflektiven als auch der transmissiven Betriebsart verwendet werden. Das Schalten zwischen den Betriebsarten kann mittels eines elektrisch schaltbaren Polarisationsrotators verwirklicht werden.

[0093] Eine Anzeige für mehrere Betrachter kann so konfiguriert werden, dass in einer Betriebsart alle Betrachter das gleiche Bild sehen können, und in einer zweiten Betriebsart verschiedene Betrachter verschiedene Bilder sehen können, um viele gleichzeitige Verwendungen der Anzeige zu ermöglichen.

[0094] Dies kann die Anzahl an Anzeigen und Anzeigentreiber reduzieren, die in einer Umgebung erforderlich sind, indem es jedem Betrachter ermöglicht wird, seine bevorzugte Bildwahl an der gleichen Anzeigeneinrichtung zu sehen.

[0095] Eine solche Anzeige kann insbesondere für Systeme wie Kraftfahrzeuganzeigen, Bankautomaten oder in den Sitz integrierte Unterhaltungsanzeigen in Flugzeugen sein.

[0096] Nun werden Ausführungen der vorliegenden Erfindung lediglich beispielhaft unter Bezug auf die Begleitzeichnungen beschrieben. Hierbei zeigen:

[0097] [Fig. 1a](#) die Erzeugung scheinbarer Tiefe in einer 3D-Anzeige für ein Objekt hinter der Schirmebene;

[0098] [Fig. 1b](#) die Erzeugung scheinbarer Tiefe in einer 3D-Anzeige für ein Objekt vor der Schirmebene;

[0099] [Fig. 1c](#) die Position entsprechender homologer Punkte an jedem Bild eines Stereopaars von Bildern;

[0100] [Fig. 2a](#) schematisch die Bildung des Betrachtungsfensters für das rechte Auge vor einer autostereoskopischen 3D-Anzeige;

[0101] [Fig. 2b](#) schematisch die Bildung des Betrachtungsfensters für das linke Auge vor einer autostereoskopischen 3D-Anzeige;

[0102] [Fig. 3](#) in Draufsicht die Erzeugung von Betrachtungszonen von den Ausgangskegeln einer 3D-Anzeige;

[0103] [Fig. 4a](#) das ideale Fensterprofil für eine auto-

stereoskopische Anzeige;

[0104] [Fig. 4b](#) ein Schaubild des Ausgabeprofils von Betrachtungsfenstern von einer autostereoskopischen 3D-Anzeige;

[0105] [Fig. 5](#) den Aufbau einer parallaxen Barrirenanzeige;

[0106] [Fig. 6](#) den Aufbau eines Linsenrasterbildschirms;

[0107] [Fig. 7](#) den Aufbau eines optischen Projektionssystems unter Verwendung von doppelbrechenden Mikrolinsen für die Eingangsbeleuchtung;

[0108] [Fig. 8](#) den Aufbau eines optischen Projektionssystems unter Verwendung von doppelbrechenden Mikrolinsen für die Ausgangsbeleuchtung;

[0109] [Fig. 9a](#) eine Lichtrichtung schaltende Einrichtung;

[0110] [Fig. 9b](#) den Aufbau einer passiven doppelbrechenden Mikrolinsenanzeige;

[0111] [Fig. 10a](#) die Polarisatorkonfigurationen für die 3D-Betriebssart der Anzeige von [Fig. 9b](#);

[0112] [Fig. 10b](#) die Polarisatorkonfigurationen für die 2D-Betriebssart der Anzeige von [Fig. 9b](#);

[0113] [Fig. 11a](#) in Draufsicht eine analysierende Polarisatorkonfiguration;

[0114] [Fig. 11b](#) im schematischen Vorderschnitt die analysierende Polarisatorkonfiguration von [Fig. 11a](#);

[0115] [Fig. 12a](#) die Polarisatorkonfiguration für die 3D-Betriebsart unter Verwendung der Polarisatorkonfiguration von [Fig. 11](#);

[0116] [Fig. 12b](#) die Polarisatorkonfiguration für die 2D-Betriebsart unter Verwendung der Polarisatorkonfiguration von [Fig. 11](#);

[0117] [Fig. 13](#) die analysierende Polarisatorkonfiguration in der 2D-Betriebsart;

[0118] [Fig. 14](#) die analysierende Polarisatorkonfiguration in der 3D-Betriebsart;

[0119] [Fig. 15a](#) die analysierende Polarisatorkonfiguration für eine elektronisch schaltbare Wellenplatte;

[0120] [Fig. 15b](#) den schematischen Vorderabschnitt der Konfiguration von [Fig. 15a](#), die in der 3D-Betriebsart arbeitet;

[0121] [Fig. 15c](#) den schematischen Vorderabschnitt der Konfiguration von [Fig. 15a](#), die in der 2D-Betriebsart arbeitet;

[0122] [Fig. 16](#) die segmentierte schaltbare Wellenplatte;

[0123] [Fig. 17](#) die Wirkung von Spalten zwischen den Elektroden in der schaltbaren Wellenplatte;

[0124] [Fig. 18a](#) die Draufsicht der doppelbrechenden Mikrolinsenkonfigurationsstruktur für eine im Wesentlichen parallele Ausrichtung des doppelbrechenden Materials an beiden Substraten;

[0125] [Fig. 18b](#) die Draufsicht der doppelbrechenden Mikrolinsenkonfigurationsstruktur für eine im Wesentlichen parallele Ausrichtung des doppelbrechenden Materials an dem Mikrostruktursubstrat und für die im Wesentlichen senkrechte Ausrichtung am Ebenensubstrat;

[0126] [Fig. 18c](#) die Draufsicht der doppelbrechenden Mikrolinsenkonfigurationsstruktur, wobei die Ausrichtung durch ein externes elektrisches Feld während der Herstellung erzeugt wird;

[0127] [Fig. 18d](#) die Draufsicht der doppelbrechenden Mikrolinsenkonfigurationsstruktur, wobei die Ausrichtung durch eine Kombination aus einer Ausrichtungsschicht auf einer Oberfläche und einem externen elektrischen Feld während der Herstellung erzeugt wird;

[0128] [Fig. 19a](#) die Ausrichtungsrichtungen für die Konfiguration von [Fig. 18a](#);

[0129] [Fig. 19b](#) die Ausrichtungsrichtungen für die Konfiguration von [Fig. 18b](#):

[0130] [Fig. 19c](#) die Ausrichtungsrichtungen für eine doppelbrechende Mikrolinsenkonfigurationsstruktur für ein verdrehtes doppelbrechendes Material;

[0131] [Fig. 19d](#) die Ausrichtungsrichtungen für eine doppelbrechende Mikrolinsenkonfigurationsstruktur für eine Ausrichtungsrichtung an der mikrostrukturierten Oberfläche, die nicht parallel zur geometrischen Mikrolinsenachse ist;

[0132] [Fig. 20a](#) eine Konfiguration, bei der die Ausrichtungsschicht an dem Ausgangspolarisator der Anzeige positioniert ist;

[0133] [Fig. 20b](#) eine Konfiguration ähnlich [Fig. 20a](#), wobei die Ausrichtung der isotropen Linsenmikrostruktur umgekehrt ist;

[0134] [Fig. 21](#) eine Konfiguration, bei der die replizierte Mikrostruktur auf die Anzeige gegeben wird

und ein Ebenensubstrat angebracht wird;

[0135] [Fig. 22](#) eine Konfiguration ähnlich [Fig. 21](#), bei der die Orientierung der isotropen Linsenmikrostruktur umgekehrt wurde;

[0136] [Fig. 23](#) die Konfiguration eines internen Mikrolinsensystems für die 2D-Betriebsart;

[0137] [Fig. 24](#) die Konfiguration eines internen Mikrolinsensystems für die 3D-Betriebsart;

[0138] [Fig. 25](#) den schematischen Vorderabschnitt der internen Mikrolinsenstruktur von [Fig. 23](#);

[0139] [Fig. 26](#) den schematischen Vorderabschnitt der internen Mikrolinsenstruktur von [Fig. 24](#);

[0140] [Fig. 27a](#) die Ausrichtungsrichtungen in der Anzeige von [Fig. 25](#) und [Fig. 26](#);

[0141] [Fig. 27b](#) alternative Ausrichtungsrichtungen in der Anzeige von [Fig. 25](#) und [Fig. 26](#);

[0142] [Fig. 28a](#) den schematischen Vorderabschnitt einer internen Mikrolinsenkonfiguration, die für eine Anzeige mit 45 Grad Ausgangspolarisation korrigiert wurde;

[0143] [Fig. 28b](#) den schematischen Vorderabschnitt einer internen Mikrolinsenkonfiguration unter Verwendung einer verdrehten Doppelbrechungsmikrolinse;

[0144] [Fig. 29](#) die interne Mikrolinsenkonfiguration unter Verwendung einer schaltbaren Wellenplatte, um elektronisches Schalten zwischen den 2D- und 3D-Betriebsarten zu ermöglichen;

[0145] [Fig. 30a](#) den normalerweise weißen (NW) Modus für die 2D- und 3D-Betriebsarten unter Verwendung eines Paares schaltbarer Wellenplatten;

[0146] [Fig. 30b](#) den NW-Betrieb für die 2D- und 3D-Betriebsarten unter Verwendung einer schaltbaren Wellenplatte und einer mechanisch rekonfigurierbaren Wellenplatte;

[0147] [Fig. 31a](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für den normalerweise weißen 2D-Modus von [Fig. 30a](#);

[0148] [Fig. 31b](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für den normalerweise weißen 3D-Modus von [Fig. 30a](#);

[0149] [Fig. 32a](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für den normalerweise weißen 3D-Modus;

- [0150] [Fig. 32b](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für die 2D-Betriebsart von [Fig. 32a](#);
- [0151] [Fig. 32c](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für die 3D-Betriebsart von [Fig. 32a](#);
- [0152] [Fig. 33a](#) eine reflektive Anzeigenkonfiguration;
- [0153] [Fig. 33b](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für eine reflektive Anzeige in der 2D-Betriebsart;
- [0154] [Fig. 33c](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für eine reflektive Anzeige in der 3D-Betriebsart;
- [0155] [Fig. 33d](#) die Wirkung der Umgebungsbeleuchtung auf die Helligkeit des Bilds in der 3D-Betriebsart der reflektiven Anzeige;
- [0156] [Fig. 33e](#) eine elektrisch schaltbare reflektive Anzeigenkonfiguration;
- [0157] [Fig. 33f](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für die Anzeige von [Fig. 33e](#) in der 2D-Betriebsart;
- [0158] [Fig. 33g](#) den schematischen Vorderabschnitt der Polarisationskonfiguration für die Anzeige von [Fig. 33e](#) in der 3D-Betriebsart;
- [0159] [Fig. 34a](#) ein Schaubild der Graustufenreaktion des normalerweise weißen Modus;
- [0160] [Fig. 34b](#) ein Schaubild der Graustufenreaktion des normalerweise schwarzen Modus;
- [0161] [Fig. 35](#) eine Einrichtung zum Einstellen der Bilddaten anhand der Konfiguration des Polarisationssschaltmechanismus;
- [0162] [Fig. 36](#) die Erzeugung von Fenstern in einer Sweet-Spot-Anzeige;
- [0163] [Fig. 37](#) die Verwendung von Licht aus der LCD-Hintergrundbeleuchtung zum Beleuchten einer optischen Sweet-Spot-Anzeigen-Vorrichtung;
- [0164] [Fig. 38](#) eine Sweet-Spot-Anzeige unter Verwendung einer internen nicht doppelbrechenden Mikrolinse;
- [0165] [Fig. 39](#) eine Sweet-Spot-Anzeige unter Verwendung einer internen doppelbrechenden Mikrolinse;
- [0166] [Fig. 40](#) eine Anzeigeeinrichtung für mehrere Betrachter mit einer Anzeige der doppelbrechenden Mikrolinsenausführung;
- [0167] [Fig. 41](#) die schematische Fensterstruktur für eine Anzeige von [Fig. 40a](#);
- [0168] [Fig. 42](#) ein Ampelanzeigesystem unter Verwendung der doppelbrechenden Mikrolinsenanzeige der vorstehend beschriebenen Art;
- [0169] [Fig. 43](#) eine schaltbare transflektive Anzeige hoher Helligkeit;
- [0170] [Fig. 44](#) die Bildpunktstruktur einer schaltbaren transflektiven Anzeige hoher Helligkeit;
- [0171] [Fig. 45](#) eine alternative Bildpunktstruktur einer schaltbaren transflektiven Anzeige hoher Helligkeit;
- [0172] [Fig. 46](#) das Verfahren zum Betreiben einer schaltbaren transflektiven Anzeige hoher Helligkeit;
- [0173] [Fig. 47](#) eine reflektive Anzeigenkonfiguration verbesserter Helligkeit unter Verwendung externer optischer Komponenten;
- [0174] [Fig. 48](#) eine reflektive Anzeigenkonfiguration verbesserter Helligkeit unter Verwendung von Komponenten, die an der Rückseite der Anzeige positioniert sind;
- [0175] [Fig. 49a](#) den Betrieb des ablenkenden Reflektors zum Abbilden der ersten optischen Apertur auf die zweite optische Apertur;
- [0176] [Fig. 49b](#) den Betrieb einer ebenen Oberfläche im Wesentlichen an der Ebene des ablenkenden Reflektors zum Abbilden der ersten optischen Apertur auf eine dritte optische Apertur;
- [0177] [Fig. 49c](#) einen alternativen ablenkenden Reflektor;
- [0178] [Fig. 49d](#) eine Einrichtung, bei der der ablenkende Reflektor geneigte lichtstreuende reflektive Oberflächen umfasst, um den auftreffenden Lichtstrahl zu der erforderlichen Sammelapertur der Ausgangslinsenanordnung zu lenken;
- [0179] [Fig. 50](#) die erste Betriebsart einer reflektiven Anzeige verbesserter Helligkeit, bei der eine doppelbrechende Linse zusammenwirkend mit einem Polarisationsmodifizierenden Element verwendet wird; und
- [0180] [Fig. 51](#) die zweite Betriebsart der Anzeige von [Fig. 50](#); und
- [0181] [Fig. 52](#) eine alternative Hintergrundbeleuch-

tungskonfiguration für eine reflektive Anzeige verbesserte Helligkeit.

[0182] Einige der verschiedenen Ausführungen verwenden gemeinsame Elemente, die der Kürze halber gemeinsame Bezugsziffern erhalten und deren Beschreibung nicht wiederholt wird. Weiterhin betrifft die Beschreibung der Elemente jeder Ausführung gleichermaßen auf die identischen Elemente der anderen Ausführungen und die Elemente mit entsprechenden Wirkungen mutatis mutandis zu. Ferner zeigen die Figuren, die Ausführungen veranschaulichen, die Anzeigen sind, der Übersichtlichkeit halber nur einen Teil der Anzeige.

[0183] [Fig. 9a](#) zeigt eine Lichtrichtung umschaltende Einrichtung (oder Lichtrichtungsverteilung umschaltende Einrichtung) einer ersten beispielhaften Ausführung der Erfindung. Die Lichtrichtung umschaltende Einrichtung umfasst eine passive doppelbrechende Mikrolinse und eine schaltbare oder variable Polarisation modifizierende Vorrichtung 146 (die auch als Polarisator bezeichnet werden kann), wie in [Fig. 9a](#) gezeigt wird. In dieser Ausführung ist die doppelbrechende Mikrolinse durch ein Linsensubstrat 132 vorgesehen, das ein darauf aufgebrachtes isotropes Material 134 aufweist, auf dem eine mikrostrukturierte Fläche 136 ausgebildet ist. Ein doppelbrechendes Material 138 mit einer festgelegten doppelbrechenden optischen Achsenrichtung 140, die die Richtung des außergewöhnlichen Index festlegt, bzw. der Direktor des doppelbrechenden Materials wird auf die mikrostrukturierte Fläche 136 gesetzt. Ein Mikrolinsengegensubstrat 142 mit einer Ebenenfläche 144 ist parallel zu dem Linsensubstrat 132 positioniert, um ein Sandwich des doppelbrechenden Materials 138 zu bilden. Die schaltbare, die Polarisation modifizierende Vorrichtung 146 ist an einer Seite der passiven doppelbrechenden Mikrolinsenvorrichtung positioniert.

[0184] Die Ausführung von [Fig. 9a](#) stellt eine einfache Ausführung der Erfindung dar. Die Vorrichtung kann in jeder Anwendung eingesetzt werden, die Umschalten von Licht zwischen zwei Richtungsverteilungen erfordert. Eine besonders wünschenswerte Anwendung ist die Verwendung der Einrichtung in Verbindung mit oder als Teil einer Anzeigevorrichtung, beispielsweise einer Flüssigkristallanzeigevorrichtung. Aus diesem Grund sind viele der nachstehend beschriebenen Ausführungen eine Lichtrichtung umschaltende Einrichtung in Verbindung mit oder als Teil solcher Anzeigevorrichtungen. Dennoch versteht sich, dass die vielen bevorzugten Merkmale der im Zusammenhang mit den Anzeigevorrichtungsausführungen nachstehend beschriebenen Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung auch einzeln oder in Kombination auf erfindungsgemäße Lichtrichtung umschaltende Einrichtungen übertragen werden können, wie sie zum Beispiel in [Fig. 9a](#) gezeigt werden,

die zur Verwendung in anderen Anzeigevorrichtungen als Flüssigkristallanzeigevorrichtungen dienen, und zwar zur Verwendung in oder Verwendung mit anderen Vorrichtungen und Anwendungen als Anzeigevorrichtungen oder Anzeigeanwendungen. Zudem können die bevorzugten Merkmale in diesen anderen Vorrichtungen oder Anwendungen entweder direkt, analog oder gleichwertig abhängig von den Strukturen oder Betriebsarten dieser Vorrichtungen oder Anwendungen implementiert werden.

[0185] Der Betrieb der in [Fig. 9a](#) gezeigten Einrichtung wird nachstehend in Bezug auf deren Verwendung in einer Vielzahl von Anzeigen, insbesondere schaltbaren 2D-3D-Anzeigen, und anderen Anwendungen beschrieben. Bei der Implementierung der Einrichtung von [Fig. 9a](#) ist es im Allgemeinen in der Mehrzahl der praktischen Anwendungen für diese, einschließlich der nachstehenden Anzeigeanwendungsausführungen, dienlich, die Einrichtung so anzutragen, dass eingehendes Licht die doppelbrechende Mikrolinse passiert, bevor es die Polarisation modifizierende Vorrichtung 146 erreicht (in welchem Fall die Polarisation modifizierende Vorrichtung 146 bezüglich des durch die doppelbrechende Linse getretenen Lichts als Polarisationsanalysator dient). Ein Grund hierfür ist häufig, dass die doppelbrechende Linse nahe den Licht modulierenden Elementen, z.B. Bildpunkten, einer Anzeigevorrichtung gesetzt werden kann. Dennoch versteht sich, dass die in [Fig. 9a](#) gezeigte Vorrichtung so angeordnet oder verwendet werden kann, dass das Licht entweder durch sie fällt, d.h. dass es vor der die Polarisation modifizierenden Vorrichtung durch die doppelbrechende Mikrolinse fällt, oder dass es vor der doppelbrechenden Mikrolinse durch die Polarisation modifizierende Vorrichtung fällt und dass dies auch auf die nachstehend beschriebenen anderen Ausführungen zutrifft.

[0186] Bei Betrieb kann die Einrichtung von [Fig. 9a](#) so angeordnet werden, dass bei Beleuchtung durch Licht einer Polarisationskomponente die Linsen zum Bilden eines realen Bilds eines Objekts dienen. Das Objekt kann zum Beispiel eine Lichtquelle sein, die nahe den Linsen positioniert werden kann. Die Lichtquelle kann zum Beispiel Bildpunkte einer Anzeigevorrichtung sein. Ein reales Bild muss an der gegenüberliegenden Seite der Linse zum Objekt liegen. Das reale Bild kann an einer Fensterebene positioniert sein. Die Fensterebene kann im Wesentlichen eben sein, wenngleich sie wie auf dem Gebiet bekannt durch Aberrationen aufgrund von Abbildungseigenschaften der Linsen verzerrt wird.

[0187] Für Licht einer zweiten Polarisationskomponente können die Linsen eine andere optische Funktion haben, und daher wird an der Fensterebene kein reales Bild gebildet. Für das Licht der zweiten Polarisationskomponente können die Linsen so konfiguriert sein, dass sie im Wesentlichen keine optische

Wirkung haben, so dass es im Wesentlichen keine Abwandlung der Lichtstrahlen von den Lichtquellen gibt. In diesem Fall liegen das Objekt und das Bild im Wesentlichen in der gleichen Ebene an der gleichen Seite der Linsen. Somit dienen die Linsen in dieser Polarisationsart nicht zum Bilden eines realen Bilds des Objekts.

[0188] Eine solche Konfiguration ermöglicht vorteilhafterweise das Umschalten der optischen Eigenschaft der Linsen, um die Bildung von Betrachtungsfenstern in einer ersten Betriebsart und keiner Betrachtungsfenster in einer zweiten Betriebsart zu erlauben.

[0189] Eine solche Einrichtung kann vorteilhafterweise zum Beispiel bei von 2D auf 3D umschaltbaren Anzeigen verwendet werden, die die binokulare parallaxe Wirkung nutzen, bei der ein räumlicher Lichtmodulator mit einer Anordnung von Bildpunkten an der Objektebene der Linsen angeordnet ist. In der ersten (autostereoskopischen 3D) Polarisationsbetriebsart bilden die Linsen ein reales Bild der Anzeigebildpunkte im Wesentlichen an der Fensterebene, die sich an der gegenüberliegenden Seite der Linsen zu den Anzeigebildpunkten befindet. Jedes Auge eines Betrachters, das im Wesentlichen an der Fensterebene positioniert ist, sieht eines aus einem Stereobildpaar, das ein planares Bild an den optischen Aperturen der Linse umfasst. In der zweiten (2D) Polarisationsbetriebsart sind die Linsen so angeordnet, dass sie im Wesentlichen keine optische Wirkung haben, und somit ist das Bild des Objekts im Wesentlichen an der Ebene des Objekts. Somit ist das Bild kein reales Bild, da es auf der gleichen Seite der Linse ist. Das gleiche planare Bild kann von beiden Augen des Betrachters an der Ebene der Anzeigebildpunkte an der Objektebene gesehen werden. In dieser Polarisationsbetriebsart sieht der Betrachter vorteilhafterweise die volle Bildpunktauflösung des räumlichen Lichtmodulators.

[0190] Eine solche Einrichtung kann zum Beispiel vorteilhafterweise bei schaltbaren reflektiven Anzeigen mit hoher Helligkeit verwendet werden, bei denen ein räumlicher Lichtmodulator mit einer Anordnung von Bildpunkten an der Objektebene der Linsen angeordnet ist. In einer ersten Polarisationsbetriebsart bilden die Linsen das Objekt auf eine reale Fensterebene an der gegenüberliegenden Seite der Linsen ab. Ein an der Fensterebene positionierter Betrachter kann ein Bild verbesserter Helligkeit für eine geeignet positionierte externe Lichtquelle sehen. In einer zweiten Betriebsart befindet sich das Bild im Wesentlichen an der gleichen Seite der Linse wie die Objektebene und es ist keine Helligkeitserhöhung ersichtlich.

[0191] Bei Betrieb kann die Einrichtung so ausgelegt sein, dass der schaltbare Polarisator so angeord-

net werden kann, dass er ein planares Bild umschaltet, zum Beispiel in einer von 2D auf 3D umschaltenden Einrichtung oder einer schaltbaren reflektiven Anzeigeeinrichtung mit Helligkeitserhöhung. Der Betrachter sieht das planare Bild in einer ersten Polarisationsbetriebsart im Wesentlichen an der Ebene der Apertur der Linsen der Anzeigevorrichtung oder in einer zweiten Polarisationsbetriebsart an der Ebene der Bildpunkte der Anzeigevorrichtung. Das Bild bezeichnet hier in der ersten Polarisationsbetriebsart nicht das reale Bild der Bildpunkte an der Fensterebene. Der schaltbare Polarisator kann gleichmäßig umgeschaltet werden, so dass benachbarte Linsen in der gleichen Polarisationsbetriebsart arbeiten. Dadurch können Bereiche des angezeigten Bilds in der gleichen Betriebsart gesehen werden. Dies verringert die Komplexität und die Kosten des schaltbaren Polarisators auf vorteilhafte Weise. Ferner gibt es keine Beschränkung bei der Trennung der Linsenanordnung und des schaltbaren Polarisators. Zwischen der Linsenanordnung und dem schaltbaren Polarisator gibt es über dem gleichförmigen Bereich keine Parallaxe.

[0192] [Fig. 9b](#) zeigt eine Ausführung, bei der eine Lichtrichtung umschaltende Einrichtung in einer schaltbaren 2D-3D-Anzeigeeinrichtung verwendet oder in diese integriert wird. Eine Richtungsverteilung schaltende Einrichtung der in [Fig. 9a](#) gezeigten Art ist an der Vorderfläche einer LCD angebracht. Eine Hintergrundbeleuchtung **60** erzeugt eine Lichtausgabe **62**, die auf einen LCD-Eingangspolarisator **64** fällt. Das Licht wird durch ein TFT-LCD-Substrat **66** übertragen und fällt auf eine wiederholende Anordnung von Bildpunkten, die in einer LCD-Bildpunktebene **67** in Spalten und Zeilen angeordnet sind. Die roten Bildpunkte **68, 71, 74**, die grünen Bildpunkte **69, 72, 75** und die blauen Bildpunkte **70, 73** umfassen jeweils eine einzeln steuerbare Flüssigkristallschicht und sind durch Bereiche einer undurchsichtigen Maske, die als schwarze Maske bezeichnet **76** wird, getrennt. Jeder Bildpunkt umfasst einen transmissiven Bereich bzw. eine Bildpunktapertur **78**. Durch den Bildpunkt tretendes Licht wird durch das Flüssigkristallmaterial in der LCD-Bildpunktebene **67** in seiner Phase und durch einen auf einem LCD-Farbfiltersubstrat **80** positionierten Farbfilter in seiner Farbe moduliert. Dann passiert das Licht einen Ausgangspolarisator **82** und das Mikrolinsengegen(träger)substrat **142**, die doppelbrechenden Mikrolinsen **138** mit doppelbrechender optischer Achsenrichtung **140**, das isotrope mikrostrukturierte Material **134** und das Linsensubstrat **132**. Am Ausgang der Vorrichtung ist eine Polarisationsmodifizierende Vorrichtung **146** hinzugefügt. In der vorliegenden Ausführung ist die doppelbrechende Mikrolinse als zylindrische Linsenanordnung konfiguriert. Jede Linse erstreckt sich in einer Richtung über die gesamte Anzeige und die Linsen wiederholen über die Anzeige in der senkrechten Richtung. Die Kombination aus Hintergrundbeleuchtung **60**,

LCD **64, 66, 67, 80, 82** und doppelbrechender Mikrolinsenstruktur **142, 138, 134, 132** ist zusammen gruppiert, um die Anzeige **148** zu bilden.

[0193] Die Richtung des Direktors der LC wird in [Fig. 9a](#) und den folgenden Figuren gezeigt. Dies zeigt die Richtung der außergewöhnlichen Komponente der Doppelbrechung des doppelbrechenden Materials.

[0194] Die doppelbrechende Mikrolinse ist zwischen dem Ausgangspolarisator der Anzeige und einem analysierenden Polarisator sandwichartig eingeschlossen.

[0195] Die doppelbrechende Mikrolinse dieser Ausführung umfasst:

- ein so angeordnetes Substrat, dass seine thermische Ausdehnung im Wesentlichen der thermischen Ausdehnung des Anzeigesubstrats entspricht
- eine Schicht aus nicht doppelbrechendem Material mit einem Brechungsindex, der im Wesentlichen gleich dem gewöhnlichen Index des doppelbrechenden Materials
- eine an dem nicht doppelbrechendem Material ausgebildete mikrostrukturierte Oberfläche
- ein doppelbrechendes Material mit einer einheitlichen doppelbrechenden optischen Achsenrichtung, die im Wesentlichen in der Ebene der mikrostrukturierten Fläche ausgerichtet ist
- die Mikrostruktur hat die Form einer Anordnung aus länglichen konkaven Flächen, die an der Oberfläche eines isotropen Materials gebildet sind

[0196] In dieser Beschreibung wird die Richtung der optischen Achse des doppelbrechenden Materials als doppelbrechende optische Achse bezeichnet. Dies sollte nicht mit der optischen Achse der Linsen verwechselt werden, die in üblicher Weise durch geometrische Optik definiert wird.

[0197] Eine Hintergrundbeleuchtung beleuchtet die Rückseite der Anzeige. Ein Polarisator analysiert das Licht von der Hintergrundbefeuchtung, das dann auf die Bildpunkte der LCD fällt. Eine LCD ist eine Klasse von phasenmodulierendem räumlichen Lichtmodulator (SLM) und verwendet Polarisatoren zum Umwandeln der Phasenmodulation in eine Intensitätsmodulation, die die Ausgangspolarisation der Bildpunkte analysieren.

[0198] Die Phase des auftreffenden Lichts wird entsprechend der elektrischen Spannung über dem Bildpunkt moduliert, die für eine verdrehte nematische (TFT-TN) Dünnenschichttransistor-LCD dieser bestimmten Ausführung mit Hilfe einer Anordnung von matrixadressierten Transistoren auf dem aktiven Substrat der Vorrichtung gesteuert wird. Der Ausgang wird dann durch eine Anordnung von Farbfiltern

übertragen, die an dem Gegensubstrat der LCD oder direkt auf dem aktiven Substrat platziert sind. Eine schwarze Maske dient zum Abschirmen der Adressierelektronik und zum Erzeugen gut definierter Bildpunktaperturen. Dieses Licht wird dann durch den Ausgangspolarisator der LCD analysiert. Das Ausgangslicht fällt dann auf eine Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen und den folgenden analysierenden Polarisator **146**.

[0199] Es versteht sich, dass in dieser Ausführung jeder Bildpunkt der Anzeige durch einen Betrachter als im Wesentlichen an der Apertur der Linsenanordnung in einer zweidimensionalen Ebene im Raum gesehen wird. Diese Anzeige nutzt die binokulare Parallaxe Wirkung an einer planaren Anzeigenvorrichtung und ermöglicht vorteilhafterweise die Anzeige undurchsichtiger Bilder. Dies trifft auf alle Ausführungen zu, bei denen die Linse die nachstehend beschriebene optische Wirkung hat.

[0200] [Fig. 10a](#) zeigt in erweiterter Form die Ausbreitung von Licht aus dem LCD-Ausgangspolarisator zum Betrachter in einer 3D-Betriebsart. Der LCD-Ausgangspolarisator **82** hat eine Richtung **149** maximaler Transmission bei 45 Grad zur Vertikalen; die doppelbrechenden Mikrolinsen **138** haben eine Richtung der optischen Achse **140** des doppelbrechenden Materials bei 0 Grad; und hier umfasst die polarisierende modifizierende Vorrichtung **146** einen Linear-Polarisator, der als analysierenden Polarisator dient, mit einer Richtung **151** maximaler Transmission von 0 Grad. Das Licht wird entlang der Richtung **150** zum Betrachter gelenkt.

[0201] [Fig. 10b](#) zeigt in erweiterter Form die Ausbreitung von Licht aus dem LCD-Ausgangspolarisator zum Betrachter in einer 2D-Betriebsart. Der LCD-Ausgangspolarisator **82** hat eine Richtung **149** maximaler Transmission bei 45 Grad zur Vertikalen; die doppelbrechenden Mikrolinsen **138** haben eine Richtung der optischen Achse **140** des doppelbrechenden Materials bei 0 Grad; und die polarisierende modifizierende Vorrichtung **146** (d.h. der als analysierender Polarisator dienende Linear-Polarisator) wird jetzt geschaltet, indem er jetzt mit einer Richtung **151** maximaler Transmission von 90 Grad positioniert wird. Das Licht wird entlang der Richtung **152** zum Betrachter gelenkt.

[0202] [Fig. 10](#) zeigt die Arbeitsweise der doppelbrechenden Mikrolinsen in der 3D- und 2D-Betriebsart. Die aus einer Kombination aus der Mikrostruktur und dem doppelbrechenden Material gebildeten Mikrolinsen sind in diesem Fall Linsen, d.h. zylindrische Linsen mit einer vertikalen Symmetriechse. Eine solche Anordnung kann nur eine horizontale Parallaxe liefern, was für viele autostereoskopische Anwendungen aufgrund der allgemein horizontalen Trennung der Augen des Betrachters ausreicht. Diese Er-

findung kann auch auf zweidimensionale Anordnungen von Linsen übertragen werden.

[0203] Die Ausgangspolarisationsrichtung für Licht von transmissiven TFT-TN-LCDs wird allgemein bei oder nahe 45 Grad zur Vertikalen angesetzt. Das auf die Mikrolinsen in [Fig. 10a](#) fallende Licht kann in vertikale und horizontale lineare Polarisationen aufgelöst werden. Der vertikale Polarisationszustand sieht die außergewöhnliche Achse des doppelbrechenden Materials und den Polymerindex. Da diese Indizes verschieden sind, hat die Krümmung der Linse eine optische Wirkung und die Linsenfunktion ist gegeben. Dann erzeugen die Linsen die Fenster im Betrachtungsraum, wie in [Fig. 6](#) beschrieben wird. Wenn ein Linear-Polarisator, dessen Transmissionsachse vertikal gesetzt wird, nach der doppelbrechenden Mikrolinsenanordnung positioniert ist, dann ist das Licht, das in dem Betrachtungsraum analysiert wird, das Licht, das zu den Betrachtungsfenstern gelenkt wird, und somit wird ein 3D-Bild erzeugt. In dieser Betriebsart ist die Richtungsverteilung die 3D-Richtungsverteilung.

[0204] In der horizontalen Achse sieht der lineare Polarisationszustand des aufgelösten Ausgangs von der LCD den gewöhnlichen Index des doppelbrechenden Materials. Da dieser für das Polymermaterial indexangepasst ist, wird dann keine Indexänderung an der Grenzfläche gesehen, und die Linse hat in diesem Polarisationszustand keine Funktion. Wenn somit ein Ausgangspolarisator positioniert ist, dessen Transmissionsachse horizontal ist, wie in [Fig. 10b](#) gezeigt wird, ist das Ausgangslicht, das geliefert wird, die Komponente des Lichts, die von der Mikrolinsenanordnung nicht wesentlich modifiziert wurde, und somit werden keine Fenster erzeugt und die Anzeige erscheint als eine 2D-Anzeige voller Auflösung mit im Wesentlichen keiner Modifizierung der Richtungsverteilung des Grundschirms.

[0205] Die Erfindung ist nicht auf die transmissive Betriebsart der Vorrichtung beschränkt. Im Allgemeinen kann die Anzeigevorrichtung jede Art von räumlichem Lichtmodulator einsetzen, um das von jedem Bildpunkt abgegebene Licht zu modulieren, einschließlich transmissiv, emissiv oder reflektiv oder sogar eine Kombination derselben. Die Anzeige kann mit einem Spiegel als Teil der Hintergrundbeleuchtungsstruktur konfiguriert werden, so dass das durch die Vorderseite der Anzeige einfallende Licht zurück durch die Anzeige zum Betrachter reflektiert wird.

[0206] Die Erfindung ist nicht auf die TFT-TN-LCD-Wirkung beschränkt. Es können andere Wirkungen einschließlich, aber nicht ausschließlich In-Plane-Switching (IPS, Verdrehen in einer Ebene), vertikal ausgerichtet (VA), Advanced Super View (ASV) und emissive Anzeigen, beispielsweise elektrolumineszent, organisch elektrolumineszent, Plas-

ma, plasmaadressierter Flüssigkristall, Vakuumfluoreszenz, verwendet werden.

Die Polarisation modifizierende Vorrichtung **146** (d.h. schaltbarer Polarisator)

[0207] In den vorstehend beschriebenen Ausführungen umfasst der schaltbare Polarisator, d.h. die Polarisation modifizierende Vorrichtung **146**, einfach einen Linear-Polarisator, der durch mechanisches Umpositionieren oder Drehen zwischen zwei Positionen um 90 Grad geschaltet wird, wie vorstehend beschrieben wird. In vielen Anwendungen sind Anzeigen aber rechteckig, im Wesentlichen rechteckig oder haben eine andere Form mit einem anderen Bildseitenverhältnis als 1:1. In diesen Fällen kann der Polarisator nicht der Anzeigenform angepasst werden, wenn er auch zwischen den oben beschriebenen zwei schaltbaren Positionen bewegbar sein soll. Dieses Problem wird durch nachstehend beschriebene weitere Ausführungen angegangen, die Anordnungen vorsehen, wodurch die Polarisation modifizierende Vorrichtung so umpositioniert werden muss, dass die Positionierung der Fläche der Polarisation modifizierenden Vorrichtung **146** bezüglich der Form der Anzeige gewahrt wird. In einer noch weiteren der nachstehend beschriebenen Ausführungen wird die Polarisation modifizierende Vorrichtung **146** in einer elektrisch schaltbaren Form implementiert.

[0208] [Fig. 11](#) zeigt eine Konfiguration eines Polarisator-Stacks, der für die Polarisation modifizierende Vorrichtung **146** verwendet werden könnte. [Fig. 11a](#) zeigt eine Draufsicht auf die Vorrichtung. Ein Substrat **156** weist einen an einer Seite angebrachten Polarisator **158** und eine an der anderen Seite angebrachte Halbwellenplatte **160** auf. [Fig. 11b](#) zeigt schematisch die Ausrichtung der Achsen der Komponenten in der Vorrichtung. Der Polarisator **158** weist eine Achse maximaler Transmission **162** bei 0 Grad zur Vertikalen auf, während die Halbwellenplatte **160** eine effektive doppelbrechende optische Achsenrichtung **164** bei 45 Grad zur Vertikalen aufweist.

[0209] Der Polarisator-Stack umfasst einen Linear-Polarisator, dessen Transmissionsachse vertikal angeordnet ist, ein Montagesubstrat, das zum Beispiel ein nicht doppelbrechender Kunststoff sein könnte, und ein 90-Grad-Polarisationsdrehelement, das zum Beispiel eine Breitband-Halbwellenplatte sein könnte, deren doppelbrechende optische Achse bei 45 Grad zur Vertikalen positioniert ist. Die Wellenplatte dient zum Drehen einer Linearpolarisation um den doppelten Winkel der auftreffenden Polarisation zu der Richtung der doppelbrechenden optischen Achse. Die Halbwellenplatte hat somit eine Polarisationsdrehfunktion von 90 Grad. Die Halbwellenplatte kann durch eine andere Art von 90-Grad-Polarisationsdrehelement ersetzt werden, beispielsweise eine verdrehte nematische Zelle.

[0210] [Fig. 12a](#) zeigt die Konfiguration der Anzeige im 3D-Modus. Der LCD-Ausgangspolarisator **82** weist eine Transmissionsachse **149** von 45 Grad (zur Vertikalen) auf und ist gefolgt von den doppelbrechenden Mikrolinsen **138**, die eine optischen Achsenrichtung **140** bei 0 Grad zur Vertikalen haben, auf die die Halbwellenplatte **160** mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung **164** von 45 Grad und ein Polarisator **158** mit einer maximalen Transmissionsachsenrichtung **162** von 90 Grad zur Vertikalen folgt. Die ausgegebene 3D-Richtungsverteilung **150** erfolgt hin zum (nicht dargestellten) Betrachter.

[0211] [Fig. 12b](#) zeigt die Konfiguration der Anzeige in der 2D-Betriebsart. Der LCD-Ausgangspolarisator **82** weist eine Transmissionsachse **148** von 45 Grad auf und ist gefolgt von den doppelbrechenden Mikrolinsen **138**, die eine optische Achsenrichtung **140** haben, gefolgt von dem Polarisator **158** mit einer maximalen Transmissionsachsenrichtung **162** von 90 Grad zur Vertikalen und anschließend der Halbwellenplatte **160** mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung **164** von -45 Grad. Die ausgegebene 2D-Richtungsverteilung **154** erfolgt hin zum (nicht dargestellten) Betrachter.

[0212] [Fig. 12a](#) zeigt die Verwendung des Polarisator-Stacks in der [Fig. 10a](#) entsprechenden Konfiguration. Die 3D-Ausgabe der Anzeige ist in der vertikalen Polarisation, die Halbwellenplatte dreht diese Polarisation zur Horizontalen und der Ausgangspolarisator überträgt dieses Polarisationszustand. Die 2D-Ausgabe, die horizontal von der LCD ist, wird durch die Halbwellenplatte zur Vertikalen gedreht und wird durch den Ausgang analysierenden Polarisator gelöscht.

[0213] [Fig. 12b](#) zeigt die Polarisatorkonfiguration für die 2D-Betriebsart, in der der analysierende Polarisator-Stack von der Anzeige entfernt wird, um eine horizontale oder vertikale Achse gedreht wird und zurück an die Vorderseite der Anzeige gesetzt wird. Der analysierende Polarisator **162** löscht dann das horizontale polarisierte Licht aus, das keine Linsenfunktion sieht. Dann fällt die Ausgangspolarisation auf die Halbwellenplatte, da aber kein folgender Polarisator vorhanden ist, hat dies keine Nutzfunktion an dem Anzeigenausgang. Somit hat die Anzeige in dieser Ausrichtung ein 2D-Bild voller Auflösung.

[0214] Die Orientierung der Halbwellenplatte und des Polarisators in [Fig. 11](#) und [12](#) kann umgekehrt werden, so dass die Halbwellenplatte in der 2D-Betriebsart statt der 3D-Betriebsart verwendet wird, und umgekehrt. Die optimale Wahl erfolgt durch Berücksichtigen der spektralen Polarisations-eigenschaften der Halbwellenplatte. Zur Verbesserung der Leistung in beiden Orientierungen können mehrere Stack-Halbwellenplatten verwendet werden.

[0215] In den beschriebenen Ausführungen ist die Ausgangspolarisation der LCD als 45 Grad definiert. Die Erfindung ist nicht hierauf beschränkt und der Winkel kann bei der optimalen Auslegung der nicht abgewandelten Anzeige willkürlich festgelegt werden. Die Winkel der Komponenten in dem restlichen System werden entsprechend angepasst. Somit kann die doppelbrechende optische Achse nicht länger parallel zur Längsachse der Linsen ausgerichtet sein. Die doppelbrechende optische Achse wird im Verhältnis zur Ausgangspolarisation der LCD so gesetzt, dass die Eingangspolarisation in die zwei orthogonalen Komponenten analysiert wird.

[0216] [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) zeigen eine alternative Darstellung der Ausbreitung polarisierten Lichts durch die Stacks für die 2D- bzw. 3D-Betriebsart.

[0217] In [Fig. 13](#) ist die Richtungsanzeige **148** gefolgt von der Polarisierung modifizierenden Vorrichtung **146**, die einen Polarisator **158**, ein Substrat **156** und eine Halbwellenplatte **160** umfasst. Das Licht wird sich entlang der Richtung **166** ausbreitend zeigen. Nach dem Ausgangspolarisator **82** wird das Licht **168** bei 45 Grad polarisiert. Nach der doppelbrechenden Linse **138** kann das Licht in zwei Komponenten aufgelöst werden. Die vertikale Komponente **170** sieht die Linsenfunktion und enthält daher die Richtcharakteristika-gaben für die 3D-Betriebsart. Die horizontale Komponente **172** sieht die Linsenfunktion nicht und enthält daher die Richtcharakteristika-gaben für die 2D-Betriebsart. Der Polarisator **158** löscht den vertikalen Polarisationszustand **170** aus und lässt den horizontalen Polarisationszustand **172** passieren. Die Ausgangswellenplatte **160** modifiziert die Phase des Ausgangspolarisationszustands, da das menschliche Sehen aber nicht polari-sationsempfindlich ist, wird vom Anwender der Wellenplatte **160** keine Wirkung gesehen, was eine 2D-Ausgabe mit der entsprechenden 2D-Richtungs-verteilung ergibt.

[0218] In [Fig. 14](#) ist die Richtungsanzeige **148** gefolgt von der Polarisierung modifizierenden Vorrichtung **146**, die einen Polarisator **158**, ein Substrat **156** und eine Halbwellenplatte **160** umfasst. Das Licht wird sich entlang der Richtung **166** ausbreitend zeigen. Nach dem Ausgangspolarisator wird das Licht **168** bei 45 Grad polarisiert. Nach der doppelbrechenden Linse **138** kann das Licht in zwei Komponenten aufgelöst werden. Die vertikale Komponente **170** sieht die Linsenfunktion und enthält daher die Richtcharakteristika-gaben für die 3D-Betriebsart. Die horizontale Komponente **172** sieht die Linsenfunktion nicht und enthält daher die Richtcharakteristika-gaben für die 2D-Betriebsart. Die Wellenplatte **160** dreht die vertikale Polarisierung **170** zur horizontalen und die horizontale Polarisierung zur vertikalen. Der Polarisator **158** löscht den vertikalen Polarisationszustand **170** aus und lässt den horizontalen Pola-

risationszustand **172** passieren, was eine 3D-Ausgabe ergibt.

[0219] Unter Hinwendung nun zu einer weiteren Ausführung zeigt [Fig. 15a](#) die Richtungsanzeige **148**, gefolgt von einer anderen Form der Implementierung der Polarisation modifizierenden Vorrichtung **146**, die eine schaltbare Wellenplatte **176** und einen Linear-Polarisator **184** umfasst. Diese können in geeigneter Weise strukturell montiert werden, hier werden sie wie folgt strukturell montiert. Die schaltbare Wellenplatte **176** ist zwischen einem Paar transparenter Elektroden **178** sandwichartig eingeschlossen, die an der Anzeige **148** und an einem Elektrodensubstrat **180** angebracht sind. Eine optionale Wellenplatte (oder Folie) **182** zum Vorsehen von Korrektur (die eine Pancharatnam-Korrektur sein kann) der Polarisationsdrehung ist an dem Elektrodensubstrat **180** angebracht; und der Linear-Polarisator **184** ist an der optionalen Wellenplatte (bzw. Folie) **182** angebracht. Dies kann den Betrachtungswinkel der Anzeige vorteilhaft vergrößern.

[0220] Die Ausbreitung des Lichts durch das System wird für die 3D-Betriebsart ebenfalls gezeigt. Das Licht wird sich entlang der der Richtung **166** ausbreitend gezeigt. Nach dem Ausgangspolarisator **82** wird das Licht **168** bei 45 Grad polarisiert. Nach der doppelbrechenden Linse **138** kann das Licht in zwei Komponenten aufgelöst werden. Die vertikale Komponente **170** sieht die Linsenfunktion und enthält daher die Richtcharakteristikangaben (oder Richtungsverteilung) für die 3D-Betriebsart. Die horizontale Komponente **172** sieht die Linsenfunktion nicht und enthält daher die Richtcharakteristikangaben (Richtungsverteilung) für die 2D-Betriebsart. In der 2D-Betriebsart ist die optische Achse der schaltbaren Wellenplatte **176** parallel zur horizontalen Eingangspolarisation ausgerichtet und übt daher keine Drehung auf die von den doppelbrechenden Mikrolinsen ausgegebenen Polarisationszustände aus. Die Funktion der optionalen Wellenplatte **160** dient zum Verbessern der chromatischen Leistung und der Betrachtungswinkel Leistung der Wellenplatte und ihre Funktion ist auf dem Gebiet bekannt und wird daher hier nicht beschrieben. Der horizontale Polarisationszustand (der die 2D-Richtcharakteristikangaben trägt) wird dann durch den Ausgangspolarisator durchgelassen.

[0221] In der 3D-Betriebsart wird die schaltbare Wellenplatte **176** elektrisch gesteuert, so dass ihre optische Achse bei 45 Grad zur Vertikalen ist. Die schaltbare Wellenplatte **160** dreht die vertikale Polarisation **170** zur horizontalen und die horizontale Polarisation **172** zur vertikalen. Der Polarisator **184** löscht den vertikalen Polarisationszustand **172** aus und lässt den horizontalen Polarisationszustand **170** passieren, was eine 3D-Ausgabe ergibt.

[0222] [Fig. 15b](#) zeigt schematisch die Ausbreitung von Licht von dem LCD-Ausgangspolarisator **82** durch die doppelbrechenden Linsen **138**, die schaltbare Wellenplatte **176** und den Ausgang analysierenden Polarisator **184**. Auf die Elektroden und die optionale Wellenplatte (zum Beispiel Pancharatnam-Korrektur) wird der einfacheren Beschreibung wegen verzichtet. In der 3D-Betriebsart weist die Halbwellenplatte **176** eine doppelbrechende optische Achsenrichtung **164** von 45 Grad auf. In der in [Fig. 15c](#) gezeigten 2D-Betriebsart weist die Halbwellenplatte **180** eine doppelbrechende optische Achsenrichtung **164** von 90 Grad auf.

[0223] Somit wurde das mechanisch umgeschaltete Element hier durch eine elektronisch umgeschaltete 90-Grad-Drehfunktion ersetzt, beispielsweise eine Flüssigkristallschicht, die zwischen transparenten Elektroden (z.B. Indiumzinnoxid, ITO) positioniert wurde. In einer Betriebsart wird ein elektrisches Feld über der Vorrichtung angelegt, so dass ihre optische Achse in einer Richtung ist. In einer zweiten Betriebsart wird das Feld geändert oder entfernt und die optische Achse der Vorrichtung wird zu einer anderen Orientierung hin geändert.

[0224] Die 90-Grad-Drehfunktion kann eine schaltbare Halbwellenplatte sein, zum Beispiel eine Ferro-Electric-LC-Zelle oder eine nematische, elektrisch gesteuerte Doppelbrechungszelle. Optional kann die Vorrichtung eine Vorrichtung mit geführtem Modus wie eine TN-Zelle sein. Solche Vorrichtungen sind auf dem Gebiet bekannt.

[0225] Um die spektrale Leistung und/oder die Blickwinkelleistung dieser aktiven Vorrichtung zu verbessern, kann sie mit passiven Wellenplattenkomponenten kombiniert werden, beispielsweise entsprechend ausgerichteten Halbwellenplatten wie bei einer „Pancharatnam“-Konfiguration. Kombinationen aus Wellenplatten für Breitbandleistung werden zum Beispiel in Proc. Ind. Acad. Sci. Band 41, Nr. 4, Abschnitt A, Seiten 130, S. Pancharatnam „Achromatic Combinations of Birefringent Plates“, 1955 offenbart.

[0226] In der folgenden Diskussion wird angenommen, dass die 90-Grad-Drehvorrichtung als Halbwellenplatte arbeitet. In einer Nicht-Pancharatnam-Konfiguration ist die außerordentliche Achsenausrichtung der schaltbaren Wellenplatte 0 oder 45 Grad. In einer Pancharatnam-Konfiguration kann die Ausrichtung der schaltbaren Wellenplatte zum Beispiel $+/ - 22,5$ Grad betragen und die der passiven Wellenplatte zum Beispiel 67,5 Grad.

[0227] In vorbekannten Systemen umfassen die doppelbrechenden Linsen selbst zum Beispiel ein Flüssigkristallmaterial, das zwischen einer Mikrostruktur und einem Ebenensubstrat sandwichartig eingeschlossen ist, wobei an jeder Oberfläche Elek-

troden angebracht sind. Dies erzeugt schaltbare Linsen, um eine elektronisch schaltbare 2D/3D-Anzeige zu ergeben. Diese Linsen weisen jedoch in beiden Betriebsarten eine mangelhafte optische Qualität auf (beispielsweise Disklinationen des Flüssigkristallmaterials) und erfordern das Aufbringen komplexer Elektrodenstrukturen auf der mikrostrukturierten Oberfläche. Diese Linsen weisen aufgrund der temperaturabhängigen Veränderung der Doppelbrechung der Flüssigkristallmaterialindizes auch eine temperaturabhängige Leistung auf. Diese Linsen erzeugen auch aufgrund der Reflexion von Licht von den gekrümmten Linsenoberflächen, die in teils reflektiven Elektrodenmaterial wie ITO beschichtet sind, diffuse frontale Streuwirkungen. Die diffuse Streuung bewirkt eine Verschlechterung des Kontrasts der Anzeige bei Verwendung in hell ausgeleuchteter Umgebung.

[0228] Bei den obigen elektrisch geschalteten Ausführungen der vorliegenden Erfindung umfasst die Einrichtung aber ein separates polarisationsempfindliches Abbildungselement und ein aktives Polarisationschaltungselement. Ein Vorteil davon ist, dass ein standardmäßiges gewerblich bewährtes Dünncellen-Schaltelelement verwendet werden kann, das einen geringen Grad an Komplexität und geringe Herstellungskosten aufweist, was die mit dem direkten Schalten der Linsen verbundenen Probleme abschwächt. Eine solche Vorrichtung kann auch über einem breiten Temperaturbereich arbeiten und weist verringerte Streuung aufgrund von Reflexionen von der gekrümmten Linsenoberfläche auf. Sie kann auch standardmäßige Zellenbeabstandungsverfahren verwenden. Sie muss nicht unterschiedliche elektrische Feldstärke infolge der physikalischen Entlastung der Mikrostruktur berücksichtigen.

[0229] Die passive doppelbrechende Mikrolinse ist einfacher herzustellen und muss nicht mit elektronischen Antriebsschemen, die Elektrodenschichten verwenden, kompatibel sein. Insbesondere können die Brechungseigenschaften des doppelbrechenden Materials im Wesentlichen während des Härtens eingestellt werden, wenn ein gehärtetes LC-Material verwendet wird. Dies bedeutet, dass bei Änderung der Betriebstemperatur der Index des Substrats und des LC-Materials im Wesentlichen gleich gehalten wird. Bei einer Vorrichtung mit nematischem Phasenmaterial (was typischerweise bei dem vorbekannten Vorgehen einer elektrisch geschalteten Linse erforderlich ist) kommt es zu einer temperaturabhängigen Änderung des Brechungsindeks des Materials. Dies führt zu einer temperaturabhängigen Veränderung der Eigenschaft des Linsen, die sich auf eine Indexanpassung zum Verwirklichen einer 2D-Betriebsart und eine festgelegte Brennweite zum Verwirklichen einer 3D-Betriebsart stützt. Somit kann der Verlauf des Betriebs der Linse in den 2D- und 3D-Betriebsarten verglichen mit der vorliegenden Er-

findung beschränkt sein.

[0230] Ein weiterer Vorteil des separaten geschalteten 90-Grad-Drehelements dieser Ausführung ist, dass es mit Hilfe bewährter LC-Zellenbeabstandungsverfahren bei Vergleich mit der Beabstandung der LC-Zelle, wenn ein Substrat hoch strukturiert ist (z.B. eine Mikrolinse), mühelos hergestellt werden kann. Ferner können die elektrischen Kontakte der Mikrostrukturfläche die Zelle anfälliger dafür machen, unerwünschten elektrischen Kontakt über der Zelle herzustellen. Das Anbringen der Elektrodenschicht kann an der gekrümmten Oberfläche weniger haltbar sein, was es anfälliger für Elektrodenabfall macht. Die Veränderung der elektrischen Feldstärke muss eventuell berücksichtigt werden, was die Vorrichtung dicker machen kann. Die Herstellung segmentierter Elemente ist auf einer mikrostrukturierten Oberfläche schwieriger. Dies macht die Herstellung segmentierter Elemente praktikabler.

[0231] [Fig. 16](#) zeigt ein segmentiertes aktives Polarisationsdrehschaltelelement. Die gesamte Anzeigefläche **190** kann in Abschnitte unterteilt werden, in denen die Polarisationsdrehung entweder 0 Grad oder 90 Grad beträgt. Auf diese Weise kann die Anzeige Bereiche **192** mit 2D-Bildern voller Auflösung und Bereiche **194** mit richtungsabhängigen 3D-Bildern aufweisen. Dies kann für das Hinzufügen von 2D-Text um ein 3D-Bild zum Beispiel nützlich sein. In der erfindungsgemäßen Anzeige haben diese Bereiche im Wesentlichen gleiche Helligkeit, was ein besonderer Vorteil dieser Erfindung ist. Die Abschnitte werden durch segmentierte Elektroden mit Spalten dazwischen vorgesehen. Dieses segmentierte Vorgehen kann auf andere elektrisch geschaltete Formen der Polarisierung modifizierenden Vorrichtung **146** übertragen werden.

[0232] [Fig. 17](#) zeigt ein Detail im Querschnitt der Anzeige von [Fig. 16](#) in dem Bereich eines Spalts **196** zwischen zwei segmentierten Elektroden **198** an einem Substrat. Eine gleichförmige transparente Elektrode **200** ist an dem gegenüberliegenden Substrat vorgesehen. Zwischen den beiden segmentierten Elektroden **198** ist ein Spalt **196** ausgebildet, um eine Übertragung zwischen den beiden segmentierten Teilen zu verhindern. Elektrische Feldlinien **197** sind markiert. Ein verzerrter Feldbereich aus Flüssigkristallschaltmaterial ist in dem Bereich **199** des Spalts zwischen den segmentierten Elektroden ausgebildet.

[0233] [Fig. 17](#) zeigt ferner die Wirkung des Spalts **196** auf die Vorrichtungsleistung (d.h. er bildet einen verzerrten Feldbereich **199**). Die Ausgabe der Anzeige ist erwünscht einheitlich, insbesondere in der 3D-Betriebsart. Wenn die Spalte zwischen den segmentierten Elektroden sichtbar sind, erscheinen sie als Gitter von Linien in der Ebene der Anzeigoberfläche und führen zu einem visuell störenden Artefakt

in dem Endbild. Dies liegt daran, dass die Spalte als 2D-Ebenenartefakt erscheinen würden, der die 3D-Tiefenebenen stört und zu visueller Überbeanspruchung führt. In einer weiteren Ausführung wird diese Wirkung durch Orientieren der Ausrichtungsschichten und Schalten der Vorrichtung, so dass in der 3D-Betriebsart die Spalten die gleiche Ausrichtung des Schaltmaterials wie die Elektroden haben, abgeschwächt. Alternativ können die Spalte ausreichend klein gehalten werden, so dass das säumende Feld der Elektroden bedeutet, dass das Material quer über den Spalt geschaltet wird. Eine solche Leistung kann durch Verwenden eines Materials mit einer scharfen Schwelle zwischen den geschalteten Zuständen verbessert werden, beispielsweise binäre Schaltzustandmaterialien (wie ferroelektrische Flüssigkristalle). Die Anzahl an Segmenten kann erhöht werden, um die Flexibilität der Positionierung des 3D-Fensters in einem 2D-Hintergrund zu erhöhen.

Doppelbrechende Mikrolinsenanordnungsstruktur

[0234] **Fig. 18** zeigt ein Detail des Aufbaus einer doppelbrechenden Mikrolinsenstruktur. Auf das LCD-Gegensubstrat **80** folgt der Ausgangspolarisator **82** und das Mikrolinsengegensubstrat **142**. Eine Ausrichtungsschicht **202** ist an dem Mikrolinsengegensubstrat **142** ausgebildet und eine zweite Ausrichtungsschicht **204** auf einer isotropen Linsenmikrostruktur **134**, die wiederum an einem Linsensubstrat **132** angebracht ist. Ein doppelbrechendes Material mit einer Direktorausrichtungsrichtung **140** ist zwischen den Ausrichtungsschichten **202, 204** sandwichartig eingeschlossen und nimmt die Ausrichtung der Ausrichtungsschichten an.

[0235] Somit weist das LCD-Gegensubstrat einen Polarisator (und möglicherweise auf dem Gebiet bekannte Blickwinkelkorrekturfolien) auf, die an dessen Außenfläche angebracht sind. Der doppelbrechende Mikrolinsen-Stack ist an dieser Oberfläche angebracht. Der Stack umfasst ein Mikrolinsengegensubstrat mit einer an einer Seite angebrachten Flüssigkristallausrichtungsschicht.

[0236] Die doppelbrechenden Mikrolinsen umfassen eine Anordnung von Linsen, bei denen mindestens eines der Linsen bildenden Materialien doppelbrechend mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung ist, die für alle Linsen festgelegt ist. Die Linse kann zum Beispiel eine konvexe doppelbrechende Linse sein, die durch Füllen des Spals zwischen einem Ebenensubstrat und einem konkaven geformten Polymersubstrat gebildet wird. Das doppelbrechende Material kann zum Beispiel ein Flüssigkristallmaterial sein, das den Spalt füllt und mittels Ausrichtungsschichten ausgerichtet wird, die an oder auf jedem der Substrate angebracht sind.

[0237] Die Mikrostrukturfläche kann zum Beispiel

als Strukturen verkörpert werden, die einzeln oder in Kombination zylindrische Mikrolinsen, kreisförmige Mikrolinsen, Off-Axis-Linsen, Prismen oder diffraktiven Strukturen einschließen.

[0238] In einer Ausführung ist der Brechungsindex und die Dispersion des Polymers im Wesentlichen gleich mindestens einem Brechungsindex (z.B. der gewöhnlichen Komponente des Brechungsindexes) und/oder der Dispersion für das doppelbrechende Material gesetzt. Das Polymer- und Substratmaterial sind im Wesentlichen nicht doppelbrechend. (somit liegt im geschalteten transparenten Zustand eine nur geringe Sichtbarkeit der Linsenstruktur vor).

[0239] Die doppelbrechenden Linsen können gebildet werden durch:
Anbringen (oder Bilden) einer Ausrichtungsschicht an (oder auf) dem Ebenensubstrat und der replizierten Mikrostrukturfläche
Füllen des Spals zwischen der mikrostrukturierten Fläche und einem Ebenensubstrat bei einer erhöhten Temperatur mit einem Flüssigkristallmaterial Das Material nimmt die Ausrichtung der Ausrichtungsschichten an und die Linse wird entsprechend gebildet.

[0240] Das Füllen kann bei einer erhöhten Temperatur erfolgen. Bei nicht gehärteten Flüssigkristallmaterialien muss die Zelle eventuell mit Hilfe herkömmlicher Verfahren abgedichtet werden, zum Beispiel mit wärmehärtbarem Dichtstoff. Optional kann das doppelbrechende Material in einem Polymernetz gehärtet werden. Das Härteten kann durch bekannte Mittel, zum Beispiel UV-Licht, erfolgen. Das doppelbrechende Material kann ein gehärtetes Flüssigkristall-Polymermaterial sein, wie es im Handel erhältlich ist, zum Beispiel RM257 von Merck Ltd.

[0241] Mit einem festen Polymernetz muss der Ausrichtungszustand nur zum Zeitpunkt der Herstellung richtig sein. Ferner weist ein festes Polymernetzmaterial eine geringere temperaturabhängige Änderung der Brechungsindizes auf als ein ungehärtetes Flüssigkristallmaterial.

[0242] Die Prozesse zum Bewältigen der replizierten Polymermikrostruktur (zum Beispiel durch Laser-scannen von Photoresist, Diamantteilen, Photoresist-strukturierung und Rückfluss) und zum Replizieren von optischen Mikrostrukturen (zum Beispiels mittels Heißprägen, Spritzgießen oder UV-Prägen) sind auf dem Gebiet bekannt. Die verbleibende Doppelbrechung dieses Materials sollte minimiert werden, um eine Polarisationsübersprechung in der Ausgabe des Mikrolinsenstack zu vermeiden. Polarisationsübersprechung würde zu einem Vermischen der 3D- und 2D-Betriebsart führen, wenn ein Ausgang analysierender Polarisator angelegt wird.

[0243] Die Ausrichtungsschicht kann an oder auf

der Ebene und der replizierten mikrostrukturierten Fläche mittels von zum Beispiel Rotationsbeschichtung, Walzenstreichverfahren, Sprühbeschichten oder Verdampfungsbeschichten angebracht oder ausgebildet werden. Jede der Ausrichtungsschichten kann mit Hilfe standardmäßiger auf dem Gebiet bekannter Reibverfahren zum Erzeugen einer homogenen (ebenen) Ausrichtung, bei der die Flüssigkristallmoleküle sich im Wesentlichen parallel zur Oberfläche ausrichten, mit einem kleinen Pretilt zum Beseitigen von Entartung, gerieben werden.

[0244] Wie zum Beispiel in [Fig. 19a](#) gezeigt wird, können die Ausrichtungsschichten homogene geriebene Ausrichtungsschichten sein, wie zum Beispiel gesponnenes Polyimid, das antiparallel zur langen Achse der Mikrolinsen gerieben wird.

[0245] Eine Ausrichtungsschichtrichtung und Pretilteigenschaften können auch mit Hilfe von Photoausrichtungsschichten mit geeigneter Belichtung durch polarisiertes und unpolarisiertes Licht erzeugt werden, wie auf dem Gebiet bekannt ist. Die Mikrolinsengegensubstrat-Ausrichtungsschicht **202** weist eine Ausrichtungsrichtung **206** auf und die Mikrolinsensubstrat-Ausrichtungsschicht **204** weist eine Ausrichtungsrichtung **208** auf, die antiparallel zu **206** ist. Die antiparallele Ausrichtung ergibt einen im Wesentlichen einheitlichen Pretilt durch die Dicke der Zellenstruktur.

[0246] Die Orientierung der Reibrichtung hängt von der Ausgangspolarisation der LCD ab, während die Orientierung der geometrischen Mikrolinsenachse auf die Vertikale gesetzt wird.

[0247] Eine zylindrische Linse beschreibt eine Linse, bei der eine Kante (die einen Krümmungsradius hat) in einer ersten linearen Richtung überstrichen wird. Die geometrische Mikrolinsenachse wird als die Linie entlang der Mitte der Linse in der ersten linearen Richtung definiert, d.h. parallel zur Überstreichungsrichtung der Kante. Bei einer 2D-3D-Anzeige ist die geometrische Mikrolinsenachse vertikal, so dass sie parallel zu den Bildpunktspalten in der Anzeige ist. Bei einer Anzeige mit erhöhter Helligkeit, wie sie hierin beschrieben wird, ist die geometrische Mikrolinsenachse horizontal, so dass sie parallel zu den Bildpunktzeilen der Anzeige ist.

[0248] In einer weiteren Ausführung zeigt [Fig. 19c](#) eine Anordnung für die Konstruktion der doppelbrechenden Linsenanordnung. Eine Ausrichtungsschicht **202** an dem Mikrolinsengegensubstrat **142** ist so angeordnet, dass die Orientierung **207** der doppelbrechenden optischen Achse des Flüssigkristallmaterials 45 Grad zur Vertikale beträgt. An der mikrostrukturierten Linsenflächenausrichtungsschicht **204** ist die Ausrichtungsorientierung **209** parallel zu den Linsen festgesetzt. Die Ausgangspolarisatororientie-

rung beträgt dann bei der 3D-Betriebsart 0 Grad zur Vertikalen und bei der 2D-Betriebsart 90 Grad. Eine solche Konfiguration kann auf die anderen hierin beschriebenen Ausführungen übertragen werden.

[0249] Die Ausführung von [Fig. 19c](#) ist für die Konstruktion der Linsenzelle besonders vorteilhaft. Die üblicherweise verwendete Ausgangspolarisationsrichtung bekannter TFT-LCD-Vorrichtungen wird bei 45 Grad zur Vertikalen festgelegt. Bei Betrieb sollte dieser Polarisationszustand auf die gewöhnliche oder außergewöhnliche optische Achse der doppelbrechenden Mikrolinsenanordnung auftreffen. Eine Konfiguration wäre das Anbringen oder Bilden einer Ausrichtungsschicht an oder auf der mikrostrukturierten Fläche, die parallel oder antiparallel zur Richtung der Ausgangspolarisation der Anzeige ist, d.h. bei 45 Grad zur Vertikalen. Dies ist in einer anderen Richtung zur geometrischen Mikrolinsenachsenrichtung.

[0250] Die Ausrichtung des Flüssigkristallmaterials an der mikrostrukturierten Oberfläche kann sowohl durch die darauf ausgebildete Ausrichtungsschicht als auch durch die mikrostrukturierte Fläche selbst beeinflusst werden. Die Mikrostruktur selbst kann insbesondere dem Flüssigkristallmaterial in den doppelbrechenden Mikrolinsen gewisse bevorzugte Ausrichtungseigenschaften verleihen. Dies kann unerwünschte Artefakte in der doppelbrechenden Mikrolinsenstruktur verursachen, beispielsweise Disklinationen des doppelbrechenden Materials. Solche Artefakte können die optische Leistung der Linse verschlechtern, zum Beispiel durch erhöhte Streuwerte, vermehrte Bildübersprechung und verringerten Bildkontrast.

[0251] Es kann vorteilhaft sein, die Orientierungsrichtung der Ausrichtungsschicht so anzuordnen, dass sie bei zylindrischen Linsen im Wesentlichen parallel zur Richtung der geometrischen Mikrolinsenachse und im Wesentlichen parallel zur langen Achse anderer Arten von asymmetrischen Mikrostrukturen ist. Bei durch einen Reibprozess erzeugten Ausrichtungsschichten kann eine gute Ausrichtungsqualität ferner einfacher zu verwirklichen sein, indem bei zylindrischen Linsen entlang der Richtung der geometrischen Mikrolinsenachse oder im Wesentlichen parallel zur langen Achse anderer Arten von asymmetrischen Mikrostrukturen gerieben wird.

[0252] In einer Ausführung kann eine Wellenplatte zum Drehen der Ausgangspolarisation der Anzeige vor der doppelbrechenden Linse verwendet werden, so dass die Polarisationsrichtung des auf das Mikrolinsengegensubstrat fallenden Lichts vertikal ist und die Ausrichtungsrichtung an beiden Substraten der doppelbrechenden Mikrolinse vertikal ist. Somit tritt die Disklination nicht auf und die Anzeigenleistung kann verbessert werden. Das Integrieren eines solchen Elements erhöht aber die Kosten der Vorrich-

tung und die Komplexität der Herstellung. Zusätzliche Komponenten zwischen der Linse und den Bildpunktebenen vergrößern auch den Betrachtungsabstand der Anzeige, was unerwünscht ist.

[0253] In der in [Fig. 19c](#) beschriebenen Ausführung der Erfindung ist die Ausrichtungsrichtung **207** an der Mikrolinsengegensubstrat-Ausrichtungsschicht **202** parallel oder senkrecht zur Ausgangspolarisationsrichtung der LCD festgelegt, während die Ausrichtungsrichtung **209** an der Ausrichtungsschicht **204** der mikrostrukturierten Fläche parallel zur geometrischen Mikrolinsenrichtung festgelegt ist. Das doppelbrechende Material erfährt so eine Verdrehung von im Wesentlichen 45 Grad durch die Dicke der Linsenzelle. Alternativ könnten zum Beispiel Verdrehungswinkel von im Wesentlichen 135 Grad verwendet werden. Eine solche Verdrehung kann die Polarisationsrichtung des Lichts durch die Zelle lenken, so dass die Eingangspolarisation zur Zelle bei 45 Grad liegen kann und die Ausgangspolarisationsrichtung an der mikrostrukturierten Fläche bei 0 Grad zur Vertikalen liegen kann. Zusätzlich kann es wünschenswert sein, die Dicke der Zelle zu erhöhen, so dass die optische Lenkeigenschicht in der Linsenzelle über die gesamte Linsenfläche erfolgt.

[0254] Daher werden an der mikrostrukturierten Fläche die oben beschriebenen Disklinationen vermieden, da die Ausrichtung der mikrostrukturierten Fläche parallel zur Richtung **209** der Ausrichtungsschicht **204** ist.

[0255] Ein solches Element reduziert vorteilhaft die Kosten und die Komplexität der Herstellung einer Linsenzelle zur Verwendung mit herkömmlichen TFT-TN-LCDs, während die Bildqualität optimiert wird.

[0256] Wie in [Fig. 19d](#) dargestellt ist diese Erfindung nicht auf die Konfigurationen beschränkt, bei denen die Ausrichtungsrichtung **209** an der mikrostrukturierten Fläche parallel zur Achse der Linsenordnung festgelegt ist. Die lineare Ausgangspolarisationszustandsrichtung **211** des Ausgangspolarisators **82** einer TFT-LCD wird parallel zur Ausrichtungsrichtung **207** der Mikrolinsengegensubstrat-Ausrichtungsschicht **202** ausgerichtet. Die Ausrichtungsschicht **204** der mikrostrukturierten Fläche weist eine Ausrichtungsrichtung **213** auf, die antiparallel zur Richtung **207** ist und ist so bei einem Winkel zur geometrischen Mikrolinsenachse der Linsen geneigt.

[0257] In einer alternativen Ausführung können die Mikrolinsen bei einem leicht von der Vertikalen abweichenden Winkel geneigt sein, um den effektiven Betrachtungswinkel der Anzeige durch Erzeugen mehrerer überlappender Fenster an der Betrachtungsebene zu vergrößern. In diesem Fall kann die optische Achse des doppelbrechenden Materials an

der Mikrostrukturfläche parallel zu den Rillen der Linsen ausgelegt werden, so dass eine Verdrehung in der Linsenzelle vorliegt. Das modifizierende Element des Ausgangspolarisators wird dann parallel oder orthogonal zur doppelbrechenden optischen Achse des Materials an der Oberfläche der Mikrostruktur orientiert. Alternativ kann die Ausrichtung des Materials in den Linsen unabhängig von der Achse der Mikrolinsen gemacht werden.

[0258] Alternativ kann der Ausrichtungsmechanismus als gekerbte Mikrostruktur integriert werden, beispielsweise eine diffraktive Reliefstruktur, die auf die linsenförmige Mikrostruktur der Mikrolinsen gesetzt wird, so dass er während der Herstellung der replizierten Mikrostruktur gebildet werden kann. Dies hat den besonderen Vorteil, dass es die Kosten und Komplexität der Fertigung der Zellen senkt. Die Ausrichtung des Flüssigkristalls mit Hilfe gekerbter Mikrostrukturen ist auf dem Gebiet bekannt.

[0259] Das Hinzufügen von diffraktiven Strukturen zu Mikrofinsenanordnungen ist ebenfalls auf dem Gebiet bekannt, zum Beispiel S. Traut, H.P. Herzig „Holographically recorded gratings on microlenses for a miniaturized spectrometer array“, Opt. Eng. Band 39 (1) 290–298 (Januar 2000). Solche Strukturen können für die Ausrichtung der doppelbrechenden Materialien auf der Oberfläche der Mikrolinsen verwendet werden.

[0260] Eine Technik dieser Art, bei der ein Photoresist auf die Oberfläche der Mikrolinsen aufgebracht wird, eine diffraktive Struktur aufgezeichnet und dann ein so genannter Nickel Shim gezüchtet wird, um einen Master für die Replikation zu erzeugen, kann zum Bilden der mikrostrukturierten Ausrichtungsschicht an der Linsenoberfläche verwendet werden. Dies hat den besonderen Vorteil, dass es die Notwendigkeit einer separaten Ausrichtungsschicht behebt. Die diffraktive Struktur hat idealerweise eine Höhe der Wellenlänge sichtbaren Lichts oder weniger, um diffraktive Artefakte in dem Endbild zu vermeiden.

[0261] Eine Ausrichtungsschichtrichtung und Pretilt-Eigenschaften können ebenfalls mit Hilfe der Photoausrichtungsschichten mit geeigneter Belichtung durch polarisiertes oder unpolarisiertes Licht erzeugt werden, wie auf dem Gebiet bekannt ist.

[0262] [Fig. 18a](#) zeigt die Verwendung von zwei homogenen Ausrichtungsschichten (zum Beispiel durch Reiben gebildet). Während der Herstellung kann es wünschenswert sein, das optische Element im Anschluss an die Fertigstellung der Fertigung des Schirms oder im Anschluss an die Fertigung der Farbfilter an der gegenüberliegenden Seite des LCD-Gegensubstrats anzubringen. Die Ausrichtungsschichten können parallel oder antiparallel sein,

um die Blickwinkelleistung des Elements zu optimieren.

[0263] [Fig. 18b](#) zeigt die gleiche Struktur wie [Fig. 18a](#), aber dieses Mal mit einer homeotropen Ausrichtungsschicht **202** und einer homogenen Ausrichtungsschicht **204**. Die doppelbrechenden Moleküle **210** an der Ausrichtungsschicht **202** sind im Wesentlichen senkrecht zur Oberfläche ausgerichtet, während die doppelbrechenden Moleküle **212** an der Ausrichtungsschicht **204** im Wesentlichen parallel zur Oberfläche ausgerichtet sind.

[0264] [Fig. 19b](#) zeigt eine schematische Ansicht der Ausrichtungsschichtrichtungen entsprechend [Fig. 18b](#). Die Mikrolinsengegensubstrat-Ausrichtungsschicht **202** weist eine homeotrope Ausrichtungsrichtung **214** auf, während die Mikrolinsensubstrat-Ausrichtungsschicht **204** eine homogene Ausrichtungsrichtung **216** hat.

[0265] Wie aus [Fig. 18b](#) und [Fig. 19b](#) ersichtlich ist, könnte die Ausrichtungsschicht an dem Gegensubstrat durch eine nicht geriebene Ausrichtungsschicht ersetzt werden, beispielsweise eine homeotrope Ausrichtungsschicht. In diesem Fall ist die Ausrichtung des Flüssigkristalls an dem Gegensubstrat im Wesentlichen vertikal. Die replizierte Mikrostruktur weist eine homogene Ausrichtungsschicht mit einem Pretilt auf, so dass die Flüssigkristallmoleküle im Wesentlichen parallel zu replizierten Fläche ausgerichtet sind. Da der Großteil der Wirkung der Linse in der gekrümmten Fläche liegt, kann ein solches Ausrichtungsverfahren eine ähnliche optische Leistung wie die Vorrichtung von [Fig. 18a](#) liefern, wobei eine gewisse Veränderung des Indexprofils über der Linsenoberfläche erwartet wird. Es sollte sorgfältig sichergestellt werden, dass die optische Achse im Wesentlichen parallel zur erwünschten Ausgangspolarisation bleibt, um unerwünschte Phasendoppelbrechungswirkungen der Linsen zu vermeiden, die eine Störung der Betriebsartegenschaften des Flüssigkristalls verursachen.

[0266] [Fig. 18c](#) zeigt die Verwendung eines elektrischen Felds **218** zum Ausrichten der doppelbrechenden optischen Achsenrichtung **220** der doppelbrechenden Moleküle. Auf in den vorherigen Ausführungen beschriebene Ausrichtungsschichten wird verzichtet.

[0267] [Fig. 18d](#) zeigt die Verwendung einer Kombination aus einer homogenen Ausrichtungsschicht **202** an dem Mikrolinsengegensubstrat **142** und einem elektrischen Feld **218** zum Ausrichten der doppelbrechenden Moleküle.

[0268] Optional kann der Ausrichtungsmechanismus mittels eines elektrischen Felds oder Magnetfelds, das über der Vorrichtung vor und während min-

destens eines Teils des Härtens des Polymernetzes angelegt wird, vorliegen. In diesem Fall können eine oder beide der Ausrichtungsschichten optional weggelassen werden, wie in [Fig. 18c](#) für keine zusätzlichen Ausrichtungsschichten und in [Fig. 18d](#) für eine einzelne weitere homogene Ausrichtungsschicht gezeigt wird, die wie gezeigt an dem Ebenensubstrat oder an der replizierten Mikrostruktur positioniert ist. Das elektrische Feld und/oder das Magnetfeld können durch Außenelektroden an der Struktur angelegt werden, die nicht Teil der Endvorrichtung sind. zu beachten ist, dass bei einem positiven dielektrischen Anisotropiematerial die Richtung des elektrischen Felds entlang statt quer über die Zelle vorliegt. Bei einem negativen dielektrischen Anisotropiematerial kann das Feld quer über die Zelle angelegt werden.

[0269] [Fig. 20a](#) zeigt die Konfiguration, für die die Ausrichtungsschicht **202** direkt an den Ausgangspolarisator **82** der Anzeige gegeben wird. Das Mikrolinsengegensubstrat **142** wurde effektiv entfernt. Die Ausrichtungsschichten **202** und **204** wie zuvor beschrieben ausgebildet oder ausgelassen werden. Eine solche Konfiguration kann den Betrachtungsabstand der Anzeige vorteilhaft verringern.

[0270] [Fig. 20b](#) zeigt eine Konfiguration, bei der die Orientierung der optischen Fläche der Linsenmikrostruktur **134** umgekehrt ist. In diesem Fall hat das isotrope Polymermaterial **134** einen Brechungsindex, der an das höhere von gewöhnlichem und außergewöhnlichem Index des Flüssigkristallmaterials angepasst ist, im Allgemeinen an den außergewöhnlichen Index.

[0271] [Fig. 21](#) zeigt eine weitere Konfiguration, bei der positive Linsen, die in der isotropen Mikrostruktur **134** ausgebildet sind (deren Index dem außergewöhnlichen Index des doppelbrechenden Materials **138** entspricht), auf den Polarisator **82** gegeben werden.

[0272] [Fig. 22](#) zeigt die entsprechende Situation für negative Polymerlinsen, die in der isotropen Mikrostruktur **134** an der Polarisatorfläche **82** ausgebildet sind, wobei der Index des isotropen Materials an den gewöhnlichen Index des doppelbrechenden Materials **138** angepasst ist.

[0273] Es können bei Bedarf in all den beschriebenen Strukturen elektrische Felder und Magnetfelder zum Ausrichten des doppelbrechenden Materials in Kombination mit zusätzlichen Ausrichtungsschichten verwendet werden.

[0274] In jeder der obigen Ausführungen können die Ausrichtungsschichten Photo-Ausrichtungsschichten oder schräg aufgedampftes Siliconoxid oder andere bekannte Ausrichtungsschichten sein.

[0275] Im Allgemeinen kann der Abstand zwischen den Linsen und dem ebenen Substrat zum Festlegen der Trennung der beiden Schichten verwendet werden und kann anschließend mit Flüssigkristallmaterial gefüllt werden. Dies macht die Anforderung der Verwendung eines zusätzlichen Abstandhaltermaterials, wie es in vielen herkömmlichen LC-Zellen erforderlich ist, unnötig. Insbesondere dürfen die Linsen das ebene Substrat **222** oder den Polarisator **82** berühren.

[0276] Die vorstehend beschriebenen Ausführungen, die kein standardmäßiges Hochtemperaturpolyimid als Ausrichtungsschicht auf einem Substrat verwenden, z.B. die in [Fig. 18b](#), [Fig. 18c](#) und [Fig. 19d](#) gezeigten, haben einen Vorteil, da sie bei niedrigen Temperaturen verarbeitet werden können, was den Bereich der Linsenmaterialien, die verwendet werden können, vergrößert. Ein weiterer Vorteil der nicht geriebenen Ausrichtungsschichten ist, dass Reibveränderungen vermieden werden, die leicht eintreten könnten, da die Mikrolinseoberfläche nicht ebene ist.

[0277] Alternativ können Niedrigtemperatur-Ausrichtungsmaterialien verwendet werden, zum Beispiel von Nissan Chemical Industries, Ltd.

Abbildungseigenschaften der Linsen

[0278] Das optische Design der lenticularen doppelbrechenden Linse kann gemäß herkömmlicher Designvorgehen und Anforderungen für Linsenrasterschirme für 3D-Anzeigen implementiert werden, wobei die Anforderungen auf dem Gebiet bekannt sind.

Räumlicher Lichtmodulator

[0279] Die zuvor beschriebene Ausführung kann bei einer Reihe von emissiven Anzeigen neben LCDs implementiert werden, beispielsweise bei einer elektrolumineszenten Anzeige oder einer Plasmaanzeige. In den meisten Fällen erfordert die Ausgabe der Anzeige das Einbauen eines Polarisators, gefolgt von der doppelbrechenden Mikrolinse und dem analysierenden Polarisator der Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung.

[0280] Wenn die emissive Technologie an sich polarisiert ist, kann es möglich sein, auf den Polarisator zu verzichten oder einen Säuberungspolarisator hoher Transmissionsleistung zu verwenden.

[0281] Die Erfindung kann auch auf reflektive und translektive Anzeigen wie Flüssigkristallanzeigen übertragen werden.

Beschränkungen einer doppelbrechenden Mikrolinseanzeige mit zwei Polarisatoren

[0282] Die zuvor beschriebenen Ausführungen, die zwar (verglichen mit vorbekannten Vorrichtungen) die Notwendigkeit des Schaltens der doppelbrechenden Linse vorteilhaft vermeiden, haben dennoch bestimmte Eigenschaften, die unter einigen folgende Umständen nachteilig sein können.

[0283] Die vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungen geben schaltbare Linsenraster-Anzeigen an die Hand, bei denen jede der 2D- und 2D-Betriebsarten nur eine Helligkeit aufweist, deren Sollwert 50% beträgt, typischerweise 40–45% der Helligkeit der unmodifizierten Anzeige.

[0284] Ferner wird die Sollbetrachtungsentfernung einer solchen Anzeige durch die Trennung der Flüssigkristallanzeigenschicht und des parallaxen optischen Elements bestimmt.

[0285] Um ein veranschaulichendes Beispiel zu geben, sind bei kleinen handgehaltenen Anzeigen die Betrachtungsentfernungen in der Größenordnung von 400 mm oft erwünscht. Eine 4,7-Zoll VGA-Streifenbildpunktikonfigurationsanzeige (640 × 3 horizontale × 480 vertikale Farbbildpunkte) hat zum Beispiel einen Farbsubbildpunktkeabstand in der Seitenrichtung von 50 Mikron und eine Höhe von 150 Mikron. Eine typische 3D-Anzeige ist mit Fenstern der Größe 65 mm erforderlich (entsprechend dem menschlichen Sollaugenabstand). In diesem Fall ergibt der Abstand zwischen der Bildpunktebene und der Apertur der parallaxen Optik (mit einem Brechungsindex gleich 1,5) einen Betrachtungsabstand von 430 mm, wenn ein 0,5 mm dickes Gegensubstrat verwendet wird.

[0286] Bei solchen Anordnungen muss der Abstand zwischen der Bildpunktebene und der optischen Apertur der doppelbrechenden Mikrolinsen die Polarisatordicke und die Dicke des LCD-Gegensubstrats einschließen. Somit muss bei einem Polarisator der Dicke 0,2 mm das LCD-Gegensubstrat eine Dicke von 0,3 mm haben. Standardgegensubstratdicken liegen bei 1,1 mm und 0,7 mm, wobei eine Berücksichtigung von 0,5 mm wahrscheinlich ist. Somit ist es bei kleinen Anzeigen wahrscheinlich, dass das Gegensubstratglas zu dünn wäre, um derzeit erhältliche Massenproduktionsmaterialien zu verwenden. Dünneres Glas oder geeignete Kunststoffsubstrate können aber in Zukunft wirtschaftlich erhältlich sein. Weiterhin werden andere Substrate, die sehr dünne Trennungen zulassen, die verwendet werden könnten, im Gebiet der LCD-Projektoren entwickelt, die Mikrolinsen enthalten, die Trennungen zwischen der Bildpunktebene und den optischen Aperturen der Mikrolinsen in der Größenordnung von 50 Mikron zulassen. Die Gegensubstrate werden vor der Verarbei-

tung von Ausrichtungsschichten und Anbringen und er LCD in Glas und replizierten Photopolymeren hergestellt und müssen daher den Verarbeitungstemperaturen standhalten. Selbst dieses Verfahren kann aber nicht immer auf die vorherigen Ausführungen der Erfindung mit den Gegensubstraten anwendbar sein, da bekannte Polarisatoren, die in der Massenfertigung verwendet werden, nicht ausreichend stabil sind. Dieses Problem mit diesem letzten Aspekt wird durch die folgenden Ausführungen behoben.

Ausführungen mit einem Ausgangspolarisator

[0287] Nun werden weitere Ausführungen beschrieben, bei denen die oben beschriebenen Beschränkungen abgeschwächt werden. Diese weiteren Ausführungen lassen eine Helligkeit der Anzeige von nominell 100% der Helligkeit des Grundsirms sowohl für die 2D- als auch die 3D-Betriebsart zu. Ferner können die Vorrichtungen dieser Ausführungen kurze Betrachtungsentfernnungen mit Hilfe bekannter Herstellungsprozesse liefern. Im Grunde wird die doppelbrechende Mikrolinsenanordnung innerhalb oder als Zusatz zum Gegensubstrat der LCD positioniert, d.h. zwischen der Phasenmodulationsschicht (d.h. der Flüssigkristallschicht) und einem einzigen analysierenden Polarisator. Somit werden die Rollen des Ausgangspolarisators (analysierend) der Grundanzeige und des Ausgangspolarisators (analysierend) der Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung gemeinsam übernommen.

[0288] [Fig. 23](#) zeigt eine solche weitere Ausführung einer Anzeige, die eine Hintergrundbeleuchtung **60**, die eine Lichtausgabe **62** erzeugt, die auf einen LCD-Eingangspolarisator **64** fällt, ein LCD-TFT-Substrat **66**, eine LCD-Bildpunktebene **67** mit einer Anordnung von Bildpunkten, die in Spalten und Zeilen angeordnet sind, gefolgt von einem LCD-Gegensubstrat **80**, eine Anordnung von doppelbrechenden Linsen **138**, gefolgt von einer isotropen Linsenmikrostruktur **134** gefolgt von einem Linsensubstrat **132** umfasst. Die vorherigen Elemente können als richtungsabhängige Anzeigevorrichtung **236** gruppiert werden. Nach der richtungsabhängigen Anzeigevorrichtung **236** ist eine Polarisation modifizierende Vorrichtung **146** positioniert. Vergleichen mit den vorher beschriebenen Ausführungen mit zwei Ausgangspolarisatoren wird auf den LCD-Ausgangspolarisator **82** verzichtet.

[0289] Eine veranschaulichende Konfiguration des Betriebs der Anzeige in der 2D-Betriebsart wird ebenfalls zusammen mit der Ausbreitungsrichtung **238** gezeigt. Die Polarisation modifizierende Vorrichtung **146** überträgt horizontales, linear polarisiertes Licht und löscht vertikal polarisiertes Licht aus. Die LCD-Eingangspolarisation **240** erfolgt bei 90 Grad und wird durch den EIN-Zustand des Flüssigkristallmaterials in den Bildpunktaperturen **78** auf eine hori-

zontale Polarisation (Winkel 0 Grad) **242** durch die verdrehte nematische Schicht gedreht, wodurch ein normalerweise weißer (NW) Modus vorgesehen wird. Im EIN-Zustand der NW-Betriebsart wird an der Flüssigkristallschicht keine Spannung angelegt. Spannung wird angelegt, um den Ausgang zu einem AUS-Zustand oder auf Zwischenwerte zu schalten. Die doppelbrechenden Mikrolinsen **138** sind in dieser Polarisation indexangepasst und üben daher keine Direktionalität auf die Beleuchtung aus. Der Ausgang der die Polarisation modifizierenden Vorrichtung **146** ist eine horizontale lineare Polarisation **244**.

[0290] [Fig. 24](#) zeigt die Konfiguration für den 3D-Betrieb der Anzeige zusammen mit der Ausbreitungsrichtung **238**. In diesem Fall ist die die Polarisation modifizierende Vorrichtung **146** so angeordnet, dass sie das vertikal linear polarisierte Licht überträgt und horizontal polarisiertes Licht löscht. Die LCD-Eingangspolarisation **240** liegt bei 90 Grad und wird nicht durch den EIN-Zustand des Flüssigkristallmaterials zu einer horizontalen Polarisation (Winkel 0 Grad) **242** durch die verdrehte nematische Schicht gedreht, wodurch ein EIN-Zustand eines normalerweise schwarzen (NB) Modus vorgesehen wird, wobei Spannung an der Flüssigkristallschicht angelegt wird. Das Verringern von Spannung wird ausgeführt, um den Ausgang in einen AUS-Zustand oder auf Zwischenwerte zu schalten. Der Polarisationszustand **246**, der auf die doppelbrechenden Mikrolinsen **138** auftrifft, erhält durch die doppelbrechende Linse **138** Direktionalität. In diesem Fall ist die die Polarisation modifizierende Vorrichtung **146** so konfiguriert, dass sie den vertikalen linearen Polarisationszustand **248** überträgt, so dass die 3D-Betriebsart-Beleuchtungsstruktur übertragen wird.

[0291] [Fig. 25](#) zeigt schematisch den Betrieb dieser Ausführung in der 2D-Betriebsart. Bei den meisten Standard-TFT-TN-LCDs ist der Eingangspolarisator **64** mit einer Richtung **250** maximaler Transmission von -45 Grad konfiguriert, so dass die Phasen modulierende Schicht mit einem linearen Polarisationszustand bei -45 Grad beleuchtet wird. Die Ausgangspolarisation **252** in dem Gegensubstrat **80** nach der LC-Schicht wird für den EIN-Zustand der NW-Betriebsart um 90 Grad auf +45 Grad (Betrieb mit null Spannung) gedreht. Dieser Polarisationszustand trifft auf die doppelbrechende Linsenanordnung **138** auf, deren optische Achse bei -45 Grad ist. Der Ausgangslinearpolarisator **258** ist mit einer Transmissionsrichtung **256** von polarisiertem Licht bei +45 Grad orientiert, so dass die Beleuchtungsstruktur der 2D-Betriebsart übertragen wird.

[0292] Der Betrieb dieser Einrichtung wird in [Fig. 25](#) für veranschaulichende Zwecke mit einer TFT-TN-LCD gezeigt, wenngleich andere phasenmodulierende LC-Wirkungen verwendet werden können. In diesem Fall wird der Betrieb der Anzeige am

besten verstanden, wenn man mit dem Anzeigeeingangspolarisator beginnt, der die phasenmodulierende Schicht mit einem linearen Polarisationszustand bei -45 Grad beleuchtet. Bei einer standardmäßigen normalerweise weißen TFT-TN-LCD ergibt der null Volt Betrieb der Anzeige eine Solldrehung von 90 Grad dieses Polarisationszustands (wenngleich im Allgemeinen eine gewisse Ellipsenform im Polarisationszustand vorliegt), die dann auf einen bei +45 Grad orientierten Ausgangspolarisator auffällt und so übertragen wird. Wenn eine Spannung zunehmender Stärke an den Bildpunkten der LCD angelegt wird, wird die Phase der phasenmodulierenden Schicht angepasst, so dass die auftreffende Polarisation zunehmend weniger gedreht wird, bis bei einer ausreichender Spannung die Polarisation des Lichts im Wesentlichen nicht gedreht wird und somit am Ausgangspolarisator ausgelöscht wird (der orthogonal zum Eingangspolarisator ist).

[0293] In der Anzeige dieser Ausführung sind die doppelbrechenden Mikrolinsen so orientiert, dass die Richtung ihrer doppelbrechenden optischen Achse parallel zur Polarisationsachse der Anzeige ausgerichtet ist, in diesem Fall bei -45 Grad.

[0294] Beim EIN-Zustand ist der Polarisationszustand des auf die doppelbrechenden Mikrolinsen auftreffenden Lichts so, dass die Linsen keine optische Funktion haben. Dies liegt daran, dass die gewöhnliche Achse des doppelbrechenden Materials an das Polymermaterial indexangepasst ist. Der Polarisationszustand wird dann durch den Ausgangspolarisator bei +45 Grad orientiert übertragen, wie bei der Standard-LCD.

[0295] Die Polarisationszustandskomponente, die zum Bilden der AUS-Intensitätsstärke aufgelöst wird, wird von der phasenmodulierenden Schicht nicht gedreht. Die entstehende Polarisation sieht somit die Linsenfunktion. Der Ausgangspolarisator ist aber so orientiert, dass er dieses Licht auslöscht, so dass die Linsenfunktion in der endgültigen Anzeigenausgabe nicht sichtbar ist. Somit werden die Helligkeit und die Schalteigenschaften der Anzeige durch das Hinzufügen des doppelbrechenden Elements und der polarisationsmodifizierenden Vorrichtung der Standardanzeigenkonfiguration in dieser Betriebsart nicht wesentlich geändert.

[0296] [Fig. 26](#) zeigt schematisch den Betrieb der Einrichtung dieser Ausführung in der 3D-Betriebsart. Der Eingangspolarisator **64** ist mit einer Richtung **250** maximaler Transmission von -45 Grad konfiguriert. Die Ausgangspolarisationsrichtung **253** in dem Gengensubstrat **80** nach der LC-Schicht wird für den EIN-Zustand der NB-Betriebsart nicht gedreht. Dieser Polarisationszustand fällt auf die doppelbrechende Mikrolinsenanordnung **138** auf, deren optische Achse **254** sich bei -45 Grad befindet. Der Aus-

gangslinearpolarisator **258** ist mit einer Richtung **260** der Transmission polarisierten Lichts bei 45 Grad orientiert, so dass die Beleuchtungsstruktur (Richtungsverteilung) der 3D-Betriebsart übertragen wird. Der Polarisator **258** kann um eine horizontale Achse **262** oder eine vertikale Achse **264** gedreht werden.

[0297] Somit wird unter Zusammenfassung des vorstehenden Absatzes der Ausgangspolarisator auf -45 Grad eingestellt, parallel zum Eingangspolarisator und der doppelbrechenden optischen Achse der doppelbrechenden Mikrolinsenanordnung. Damit lässt sich der Polarisator zum Beispiel durch dessen Abnehmen, Drehen um eine horizontale oder vertikale Achse und dessen Austauschen rekonfigurieren. Da seine Polarisation bei 45 Grad liegt, ist keine weitere Drehfunktionsvorrichtung (zum Beispiel eine Wellenplatte) erforderlich, um den richtigen Polarisationszustand zu erreichen.

[0298] Wie an anderer Stelle beschrieben kann die Orientierung der optischen Achse der Linsen alternativ so konfiguriert werden, dass die Ausrichtungsrichtung des Mikrolinsengegensubstrats bei -45 Grad liegt, während die Ausrichtungsrichtung an der mikrostrukturierten Fläche 0 Grad beträgt, d.h. parallel zur geometrischen Mikrolinsenachse ist. In dieser Ausführung hat der Ausgangspolarisator **258** eine Richtung maximaler Transmission **260**, die parallel oder orthogonal zur doppelbrechenden optischen Achse der Linsen **138** ist.

[0299] Wenn an den Bildpunkten kein Feld angelegt wird, wird die Polarisation nominell auf +45 Grad gedreht und sieht somit die an das Polymermaterial indexangepassten doppelbrechenden Linsen. Der Ausgangspolarisator löscht diesen Polarisationszustand aus. Daher wird die Anzeige in der 3D-Betriebsart eine normalerweise schwarze (NB) Anzeige. Der Ein-Zustand der Vorrichtung wird durch das Anlegen einer Spannung an den Bildpunkten verwirklicht. Dies bewirkt eine Phasenmodulation der Eingangspolarisation und erzeugt eine Polarisationskomponente bei -45 Grad. Dies sieht dann die doppelbrechende Mikrolinsenfunktion und es werden Fenster erzeugt. Dieser Polarisationszustand wird dann durch den Ausgangspolarisator übertragen.

[0300] Somit ermöglicht diese Konfiguration ein Bild voller Helligkeit sowohl für die 2D- als auch die 3D-Betriebsart. Die Verwendung einer passiven doppelbrechenden Mikrolinse bedeutet, dass in den Linsen keine Disklinationen aufgrund von Schaltartefakten vorliegen und die Vorrichtungen kostengünstiger und weniger komplex in der Herstellung aus die schaltenden doppelbrechenden Mikrolinsen sind. Ferner sind die Linsen gegenüber Änderungen der Betriebstemperatur der Vorrichtung verglichen mit Flüssigkristallmaterial in einer (nicht gehärteten) nematischen Phase stabiler.

[0301] Die passiven doppelbrechenden Linsen können auch mechanisch stabiler als schaltende doppelbrechende Mikrolinsen sein, zum Beispiel durch Verwendung eines optionalen härtbaren Flüssigkristallmaterials. Dies bedeutet, dass diese Ausführung nicht unter spannungsinduziertem Flüssigkristallfließen oder Doppelbrechungsveränderungen leidet, wenn an der Anzeige Druck angelegt wird, zum Beispiel bei Zusammenbauen und bei Verwendung als Touchscreen-Anzeigevorrichtung.

[0302] Die Linsen haben vorteilhafterweise keine teilweise reflektiven leitenden Beschichtungen auf der gekrümmten Oberfläche aufgebracht und weisen daher verringerte diffuse Streuung aufgrund von Reflexionen an der Linsenfläche auf.

[0303] Ferner ist kein Polarisator zwischen den Mikrolinsen und der Bildpunktebene der Anzeige vorhanden. Daher können die Mikrolinsen innerhalb des Gegensubstrats der Anzeige positioniert werden, wodurch die Trennung der Linsen und der Bildpunktebene verkürzt wird. Dies ermöglicht das Verwirklichen einer kurzen Betrachtungsentfernung. Diese Ausführung ist daher besonders für kleine Anzeigen wie handgehaltene Anzeigen brauchbar, bei denen ein kurzer Betrachtungsabstand bevorzugt ist. Ein 4,7-Zoll VGA-Streifenschirm weist zum Beispiel einen Bildpunktabstand von 50 Mikron auf und würde einen Betrachtungsabstand von 430 mm bei einem 0,5 mm dicken Gegensubstrat ergeben.

[0304] Das LCD-Gegensubstrat kann vor der Montage der LCD hergestellt werden, wobei es die doppelbrechende Mikrolinsenanordnung umfasst. Ein solcher Prozess ist für die Montage nicht doppelbrechender Mikrolinsenanordnungen für die verschiedenen Anwendungen von LDC-Projektionssystemen bekannt. Das doppelbrechende Material vor der Montage der LCD hinzugegeben werden kann, wenn Materialien verwendet werden, die den Temperatur- und chemischen Kompatibilitätsanforderungen der LCD-Montage standhalten können, oder wird andernfalls nach der Montage eingefüllt. Im Allgemeinen ist die Fertigung vereinfacht, da in dem Gegensubstrat während der Montage der Komponente kein Polarisator erforderlich ist.

[0305] [Fig. 27a](#) zeigt ein Beispiel der geriebenen (oder Orientierungs-)Richtungen der Ausrichtungsschichten, die an einer Seite der doppelbrechenden Schicht in dieser Ausführung verwendet werden. Die Ausrichtungsschicht 202 des Mikrolinsengegensubstrats weist eine homogene Ausrichtungsrichtung 268 auf und die mikrostrukturierte Fläche 204 weist eine antiparallele homogene Ausrichtung 270 auf.

[0306] [Fig. 27b](#) zeigt alternative Ausrichtungsschichten, die in dieser Ausführung verwendet werden können. An dem Mikrolinsengegensubstrat 202

wird eine homeotrope Ausrichtungsschicht 276 verwendet, um einen Reibeschritt an dem Mikrolinsengegensubstrat der Vorrichtung zu vermeiden, die das LCD-Gegensubstrat 80 sein kann. An der Ausrichtungsschicht 204 der mikrostrukturierten Fläche wird eine homogene Ausrichtung 276 verwendet.

[0307] [Fig. 28a](#) zeigt eine weitere Ausführung mit einem Ausgangspolarisator, bei der die Ausgangspolarisation für den EIN-Zustand so eingestellt wird, dass die doppelbrechende optische Achse der doppelbrechenden Mikrolinsenanordnung parallel zur geometrischen Mikrolinsenachse der zylindrischen Linsen der Linsenanordnung ist. Es kann praktisch sein, eine Ausrichtungsschicht zu erzeugen, die parallel zur geometrischen Mikrolinsenachse der zylindrischen Mikrolinsen der Anzeige ist. Dies wird durch Verwenden einer geeigneten Polarisationsdrehungsfunktion zwischen der Bildpunktebene und der Linsenanordnung verwirklicht. Die Drehfunktion kann zum Beispiel von einer Halbwellenplatte oder einem TN-Führungselement erzeugt werden. Im Einzelnen zeigt [Fig. 28a](#) ein Schaubild der Funktion der Elemente in einer Anzeige der Erfindung, wobei eine Halbwellenplatte 278 zwischen der LCD-Bildpunktebene 67 und der doppelbrechenden Mikrolinsenanordnung 138 eingesetzt ist. Auf einen LCD-Eingangspolarisator 64, dessen Transmissionsachse 250 bei -45 Grad zur Vertikale gesetzt ist, folgt eine LC-Schicht, die im NW-EIN-Zustand das LCD-Gegensubstrat 80 mit einem 45-Grad-Polarisationszustandsrichtung 252 beleuchtet. Eine Halbwellenplatte 278 ist mit einer Richtung 280 der doppelbrechenden optischen Achse bei 67,5 Grad angeordnet. Darauf folgt eine doppelbrechende Mikrolinsenanordnung 138 mit einer Richtung 282 der doppelbrechenden optischen Achse bei 0 Grad zur Vertikale und ein linearer Ausgangspolarisator 258 mit einer Transmissionsachsenrichtung 284 von 90 Grad zur Vertikalen.

[0308] Alternativ kann zum Beispiel wie in [Fig. 28b](#) für die 2D-Betriebsart dargestellt eine Verdrehung des doppelbrechenden Materials in der doppelbrechenden Linse 138 vorliegen. Auf einen LCD-Eingangspolarisator 64, dessen Transmissionsachse 250 bei 45 Grad zur Vertikalen festgelegt ist, folgt eine LC-Schicht, die im NW-EIN-Zustand das LCD-Gegensubstrat 80 mit einer Polarisationszustandsrichtung 252 von 45 Grad beleuchtet. Die Ausrichtungsschicht 202 des Mikrolinsengegensubstrats weist bei 45 Grad eine Ausrichtungsrichtung 253 auf. Darauf folgt eine Ausrichtungsschicht 204 einer mikrostrukturierten Oberfläche mit einer Richtung 282 der doppelbrechenden optischen Achse bei 0 Grad zur Vertikale und ein linearer Ausgangspolarisator 258 mit einer Transmissionsachsenrichtung 284 von 90 Grad zur Vertikalen für die 2D-Betriebsart. In der 3D-Betriebsart wird der Polarisator um 90 Grad gedreht und die TFT-TN-Anzeige in der NB-Betriebsart konfiguriert.

[0309] [Fig. 29](#) zeigt eine weitere Ausführung mit einem Ausgangspolarisator, die gleich der in [Fig. 24](#) gezeigten Ausführung ist, lediglich die polarisations-modifizierende Vorrichtung **146** ist hier aus einem schaltbaren 90-Grad-Polarisationsrotator **176**, z.B. einer Halbwellenplatte, und einem (linearen) Polarisator **184** gebildet. Diese können in geeigneter Weise physikalisch montiert werden, hier werden sie an einer beliebigen Seite eines Elektrodensubstrats **180** gebildet, wie in [Fig. 29](#) gezeigt wird. Das Elektrodensubstrat **180** trägt an einer Oberfläche eine transparente Elektrode **178** des schaltbaren Rotators **176**. Eine zweite transparente Elektrode **178** des schaltbaren Rotators **176** ist an der Außenfläche des Linsensubstrats **132** getragen. Der Polarisator **184** ist an der anderen Oberfläche des Elektrodensubstrats **180** positioniert. Geeignete (nicht dargestellte) Ausrichtungsschichten können an der Oberfläche der Elektroden **178** positioniert sein, um das Flüssigkristallmaterial der schaltbaren Wellenplatte **176** auszurichten.

[0310] Somit wird in dieser Ausführung wie in [Fig. 29](#) gezeigt ein 90-Grad-Polarisationsrotator, beispielsweise eine schaltbare Wellenplatte, verwendet, um elektrisches Schalten zwischen 2D- und 3D-Betriebsarten zu ermöglichen. In der 2D-Betriebsart weist die schaltbare Wellenplatte eine doppelbrechende optische Achse auf, die parallel zur Ausgangspolarisator-Transmissionsachse ausgerichtet ist, so dass die Ausgangspolarisation nicht beeinträchtigt wird. In der 3D-Betriebsart ist die Wellenplatte bei 45 Grad zum Ausgangspolarisator orientiert, so dass der Polarisationszustand, der die Mikrolinsenfunktion sieht, um 90 Grad gedreht und durch den Ausgangspolarisator übertragen wird. Wie zuvor arbeitet die Anzeige in der 2D-Betriebsart in dem normalerweise weißen Modus und in der 3D-Betriebsart in dem normalerweise schwarzen Modus. Die schaltbare Wellenplatte kann auch mit einer zusätzlichen passiven Wellenplatte kombiniert werden, um eine Pancharatnam-Breitbandkonfiguration vorzusehen.

[0311] Alternativ kann die schaltbare Wellenplatte durch einen Polarisationsrotator mit geführtem Modus, wie er auf dem Gebiet bekannt ist, ersetzt werden.

[0312] Trotz der früher beschriebenen Vorteile der obigen Ausführungen mit einem Ausgangspolarisator ist ihnen allen ein Merkmal gemein, nämlich dass sie in der 2D-Betriebsart in dem normalerweise weißen Modus arbeiten, wohingegen sie in der 3D-Betriebsart in dem normalerweise schwarzen Modus arbeiten. Alternativ kann die 3D-Betriebsart als NW und die 2D-Betriebsart als NB konfiguriert werden.

[0313] Im Allgemeinen arbeiten die meisten TFT-TN-Anzeigen in einem normalerweise weißen Modus. Dies hat Vorteile für den Blickwinkel und die

Helligkeitsgleichmäßigkeit bei der Konstruktion und dem Betrieb der Anzeige. Für diese LC-Wirkung haben normalerweise schwarze Modi im Allgemeinen kleinere Blickwinkeleigenschaften und schlechtere Gleichmäßigkeit als normalerweise weiße Modi.

[0314] Weitere Ausführungen (nachstehend als „duale normalerweise weiße“ Ausführungen bezeichnet) werden nun beschrieben, die ein Implementieren sowohl der 2D- als auch der 3D-Betriebsart als normalerweise weiße Modi zulassen.

[0315] In [Fig. 30a](#) wird eine erste „duale normalerweise weiße“ Ausführung gezeigt und diese ist gleich der in [Fig. 29](#) gezeigten Ausführung, es ist lediglich ein weiterer schaltbarer 90-Grad-Polarisationsrotator **290** zwischen dem LCD-Eingangspolarisator **64** und dem LCD-TFT-Substrat **66** vorgesehen. Dieser kann in geeigneter Weise physikalisch montiert werden, hier wird er durch eine erste transparente Elektrode **288** des schaltbaren Rotators **290**, die an der Außenfläche des LCD-TFT-Substrats **66** vorgesehen ist, und ein weiteres Elektrodensubstrat **286**, das zwischen dem LCD-Eingangspolarisator **64** und dem LCD-TFT-Substrat **66** vorgesehen ist, implementiert, wobei das weitere Elektrodensubstrat **286** eine transparente Elektrode **288** eines zweiten Rotators an einer Oberfläche und den LCD-Eingangspolarisator **64** an der anderen Oberfläche trägt.

[0316] In [Fig. 30b](#) wird eine zweite „duale normalerweise weiße“ Ausführung gezeigt und diese ist gleich der in [Fig. 30](#) gezeigten ersten „dualen normalerweise weißen“ Ausführung, wobei lediglich die polarisierende Anordnung mit dem schaltbaren 90-Grad-Polarisationsrotator **176**, der transparenten Elektrode **178**, dem Elektrodensubstrat **180** und dem Polarisator **184** durch den Polarisator **184** allein ersetzt ist. Somit umfasst diese zweite „duale normalerweise weiße“ Ausführung von [Fig. 20b](#) insgesamt eine richtungsabhängige Anzeigevorrichtung **236** mit einem einzigen Polarisator, bei der ein Elektrodensubstrat **286** und ein Paar transparente Elektroden, die eine zweite schaltbare 90-Grad-Polarisationsdrehschicht **290** zwischen den Elektrodenschichten sandwichartig eingeschlossen aufweisen, zwischen dem LCD-Eingangspolarisator **64** und dem LCD-TFT-Substrat **66** angebracht sind. Nach den doppelbrechenden Mikrolinsen **138** folgt auf ein Linsensubstrat eine polarisationsmodifizierende Vorrichtung **146**, die in dieser Ausführung ein Polarisator **186** ist.

[0317] Somit zeigen die [Fig. 30a](#) und [Fig. 30b](#) jeweils Anzeigen, bei denen die Betriebsart sowohl für die 2D- als auch für die 3D-Betriebsart normalerweise weiß ist. Für diese LC-Wirkung ermöglicht der normalerweise weiße Modus höheren Kontrast und eine ausgezeichnete Blickwinkeleistung verglichen mit dem normalerweise schwarzen Modus. In diesem Fall wird die Eingangspolarisation durch eine einge-

gebene schaltbare Wellenplatte für die 3D-Betriebsart gedreht und die Ausgangspolarisation wird für den normalerweise weißen Modus entsprechend ausgerichtet.

[0318] Der Ausgangspolarisator kann wie in [Fig. 30a](#) gezeigt eine aktive Vorrichtung oder wie in [Fig. 30b](#) gezeigt eine passive Vorrichtung sein, bei der die aktive Polarisationsrotatorvorrichtung entfernt und durch einen Polarisator 292 ersetzt wurde, der mechanisch umkonfiguriert wurde, um zwischen den Betriebsarten synchron mit der eingangschaltbaren Wellenplatte zu wechseln.

[0319] [Fig. 31a](#) zeigt den Betrieb der Anzeige von [Fig. 30a](#) für ihre 2D-Betriebsart. Die Transmissionsachsenrichtung 250 eines LCD-Eingangspolarisators wird als -45 Grad festgelegt. Die optische Achsenrichtung 293 der schaltbaren Halbwellenplatte 290 ist mit der Eingangspolarisationsrichtung 250 ausgerichtet und hat daher keine Wirkung darauf. In dem EIN-Zustand der NW-Betriebsart dreht die LCD-Schicht an der Bildpunktebene 67 die Polarisation um 90 Grad, um eine Polarisationsrichtung 294 in dem LCD-Gegensubstrat 80 von 45 Grad zu ergeben. Die doppelbrechende optischen Achsenrichtung 296 der doppelbrechenden Mikrolinse 138 wird bei -45 Grad festgelegt, so dass der Zustand der auftreffenden Polarisation an das isotrope Material indexangepasst ist und keine Linsenwirkung eintritt. Die schaltbare Wellenplatte 176 weist eine doppelbrechende optische Achsenrichtung 298 auf, die bei 45 Grad ausgerichtet ist, so dass wiederum keine Wirkung auf die Polarisation erfolgt. Der Ausgangspolarisator 184 weist eine Transmissionsachsenrichtung 300 auf, die bei 45 Grad angeordnet ist, um das 2D-polarisierte Licht zu übertragen.

[0320] [Fig. 31b](#) zeigt den Betrieb der Anzeige von [Fig. 30a](#) für ihre 3D-Betriebsart. Die optische Achsenrichtung 293 der ersten schaltbaren Halbwellenplatte ist bei 45 Grad zur Eingangspolarisationsrichtung 250 ausgerichtet, so dass der Polarisationszustand um 90 Grad auf +45 Grad gedreht wird. Die verdrehte nematische Zelle im EIN-Zustand der NW-Betriebsart dreht die Eingangspolarisation um 90 Grad, um einen Polarisationszustand bei -45 Grad zu ergeben, der auf die doppelbrechende Mikrolinse 138 mit einer optischen Achsenrichtung 296 von -45 Grad auffällt. Dadurch wird eine Linsenfunktion erzeugt. Das Licht wird durch eine zweite Wellenplatte 176 mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung 298 bei 0 Grad gedreht, so dass das Licht durch einen Endausgangspolarisator 184 mit einer Polarisationsrichtung 300 bei 45 Grad übertragen wird.

[0321] Der Betrieb der Anzeige von [Fig. 30b](#) ist identisch.

[0322] [Fig. 32](#) zeigt eine weitere Ausführung, bei der sowohl die 2D- als auch die 3D-Betriebsart in der NW-Betriebsart sind. Eine Hintergrundbeleuchtung 60 beleuchtet einen LCD-Eingangspolarisator 64, der im Wesentlichen linear polarisiertes Licht in dem LCD-TFT-Substrat 66 erzeugt. Die Polarisierung des Lichts wird durch jeden Bildpunkt an der LCD-Bildpunktebene 67 moduliert und das Licht wird durch das LCD-Gegensubstrat 80 zu einem Ausgangspolarisator 184 übertragen. Ein Elektrodensubstrat 180 ist angebracht. Transparente Elektroden 178 schließen einen schaltbaren 90-Grad-Polarisationsrotator 176 sandwichartig ein. Eine doppelbrechende Linse 138 ist an dem Ausgang des Polarisationsrotators 176 ausgebildet, welche ein doppelbrechendes Material mit einem der Brechungsindexen umfasst, der im Wesentlichen an den Brechungsindeks einer isotropen Linsenmikrostruktur 134 angepasst ist. Die isotrope Linsenmikrostruktur ist an einem Linsensubstrat 132 angebracht.

[0323] Bei Betrieb arbeitet die Flüssigkristallanzeigenvorrichtung 60, 64, 66, 67, 80, 184 in einem herkömmlichen, normalerweise weißen Modus. Die Polarisatoren 64, 184 können zusätzlich Breitwinkelbeobachtungsfolien, wie sie auf dem Gebiet bekannt sind, umfassen.

[0324] Das Betriebsverfahren der Vorrichtung in der 2D-Betriebsart wird in [Fig. 32b](#) dargestellt. Der LCD-Ausgangspolarisator 184 erzeugt einen linearen Polarisationszustand 295, der bei +45 Grad zur Vertikalen geneigt ist. Dieser fällt auf eine schaltbare Wellenplatte 176 mit einer optischen Achsenrichtung 297, die bei 45 Grad zur Vertikalen geneigt ist. Die Wellenplatte 176 hat somit keine Wirkung auf den Polarisationszustand, der auf die doppelbrechende Linse 138 mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung 299 von -45 Grad auftrifft. Der Polarisationszustand sieht den gewöhnlichen Index der Linse, die an das isotrope Material des Linsensubstrats angepasst ist, und somit wird keine Linsenfunktion gesehen.

[0325] Wie in [Fig. 32c](#) gezeigt weist die Wellenplatte 176 in der 3D-Betriebsart eine optische Achsenrichtung 297 parallel zur Vertikale auf und verursacht so eine Drehung der Eingangspolarisation um 90 Grad. Die auf die doppelbrechende Linsenanordnung 138 auftreffende Polarisierung ist somit parallel zur außergewöhnlichen Achse des doppelbrechenden Materials und die Linsenwirkung wird erzeugt. Somit werden die Betrachtungsfenster in dieser Betriebsart erzeugt.

[0326] Wie an anderer Stelle beschrieben wird, kann die schaltbare Platte 176 durch andere bekannte Arten von Polarisationsdrehelementen erzeugt werden. Ferner können die doppelbrechenden Linsen 138 eine Verdrehung enthalten, so dass die Aus-

richtung des doppelbrechenden Materials an der mikrostrukturierten Oberfläche parallel zur Linsenachse ist.

[0327] Diese Konfiguration hat den Vorteil, dass sie eine 2D-3D-schaltbare Anzeige voller Helligkeit erzeugen kann, bei der beide Betriebsarten normalerweise weiß sind. Die große Anzahl an Komponenten zwischen der Bildpunktschicht und den Linsenaperturen bedeutet aber, dass der Betrachtungsabstand der Anzeige wahrscheinlich relativ groß ist, was bei einer Reihe von Anwendungen unerwünscht sein kann. Alternativ können dünne Materialschichten bei ihrer Konstruktion verwendet werden. Zum Beispiel Mikrosheet-Glas oder Polymerfolie. Ferner können Polarisatorelemente, die der Bearbeitungstemperatur des LC-Gegensubstrats standhalten können, erforderlich sein.

Reflektive doppelbrechende Mikrolinsenanzeige mit einem Polarisator

[0328] Die vorstehend beschriebenen Ausführungen umfassen alle transmissive oder emissive Anzeigen. Nun werden weitere Ausführungen (nachstehend als „reflektive Ausführungen“ bezeichnet), bei denen reflektive Anzeigen implementiert sind. [Fig. 33a](#) zeigt eine erste reflektive Ausführung. Diese funktioniert auch für eine transflektive Anzeige, bei der transmissive und reflektive Teile der Anzeige vorhanden sind.

[0329] Wie in [Fig. 33a](#) gezeigt umfasst diese erste reflektive Ausführung ein LCD-TFT-Substrat **66** gefolgt von einer LCD-reflektiven Bildpunktebene **302** mit einer Anordnung von Spiegeln mit einer schaltbaren LC-Schicht, die jeweils eine reflektive Bildpunktapertur **304** bildet. Ein LCD-Gegensubstrat **80** wird über die Bildpunktebene gegeben, und ein folgender Wellenplatten-Stack **306** wird üblicherweise bei dieser Art von reflektiver Anzeige verwendet, um die Polarisationseigenschaften der Anzeige abzustimmen. Ein Mikrolinsengegengesubstrat **142** wird über den Wellenplatten-Stack gegeben, wobei eine Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen **138** an dessen Außenfläche positioniert wird, der einer isotropen Linsenmikrostruktur **134** zugeordnet ist. Ein Linsensubstrat wird zum Stützen der Schicht **134** verwendet. Eine polarisationsmodifizierende Vorrichtung **146**, die in dieser Ausführung einen Linearpolarisator **308** umfasst, ist am Ausgang des Anzeigesystems positioniert.

[0330] [Fig. 33b](#) zeigt den Betrieb dieser Ausführung in einer 2D-Betriebsart. Der Linearpolarisator **308** weist eine Transmissionsachsenrichtung **310** von 90 Grad auf. Dieses Licht fällt auf den gewöhnlichen Index der doppelbrechenden Mikrolinsen **138** auf, die eine doppelbrechende optische Achsenrichtung **312** bei 0 Grad haben. Das Licht passiert den Wellenplat-

ten-Stack **306** und fällt auf die reflektive Bildpunktschicht **302**. Das Licht wird reflektiert, wird aber der Klarheit der Erläuterung halber als durch die Schicht **302** übertragen gezeigt (d.h. es wird „entfaltet“ gezeigt, d.h. es werden die Ein- und Ausgangsstrecken nacheinander gezeigt, wie es auf dem Gebiet üblich ist). Das Licht passiert zurück durch den Wellenplatten-Stack **306**, die doppelbrechende Mikrolinse **138** und den Polarisator **308**. Da das Licht auf die indexangepasste Linse **138** fiel, wurde keine Richtungsabhängigkeit ausgeübt und die Anzeige ist eine 2D-Anzeige, d.h. die Ausgangsbeleuchtung sieht die gewöhnliche Achse des doppelbrechenden Materials und sieht somit nicht die Linsen, und wird dann zum Polarisator übertragen. Somit wird ein Bild voller Helligkeit und voller Auflösung gesehen.

[0331] [Fig. 33c](#) zeigt den Betrieb dieser Ausführung in einer 3D-Betriebsart. Der Linearpolarisator **308** wird verglichen mit seiner Drehausrichtung in der 2D-Betriebsart um 90 Grad gedreht, so dass er jetzt eine Transmissionsachsenrichtung **310** von 0 Grad hat. Dieses Licht trifft auf den außergewöhnlichen Index der doppelbrechenden Mikrolinsen **138**, die eine doppelbrechende optische Achsenrichtung **312** von 0 Grad haben. Das Licht passiert den Wellenplatten-Stack **306** und fällt auf die reflektive Bildpunktschicht **302**. Das Licht wird reflektiert, wird aber der Klarheit der Erläuterung halber als durch die Schicht **302** übertragen gezeigt (d.h. entfaltet gezeigt). Das Licht passiert zurück durch den Wellenplatten-Stack **306**, die doppelbrechende Mikrolinse **138** und den Polarisator **308**. Da das Licht auf die nicht indexangepasste Linse **138** fiel, wird eine 3D-Richtungsabhängigkeit verliehen und die Anzeige ist eine 3D-Anzeige.

[0332] Dies bedeutet auch, dass das auftreffende Licht durch die Mikrolinsenanordnungsfunktion auf die Bildpunktebene abgebildet wird, da die auftreffende Polarisation parallel zum außergewöhnlichen Index ist, der nicht an die Polymernikrostruktur indexangepasst ist. Somit werden Lichtquellen in der Außenwelt auf die Bildpunkte der Anzeige abgebildet.

[0333] Dies dann dazu dienen, die Helligkeit der Anzeige zu erhöhen, wenn sie korrekt gegen die Lichtquelle orientiert ist, wie in [Fig. 33d](#) gezeigt wird. [Fig. 33d](#) zeigt, dass in der 3D-Betriebsart eine externe Lichtquelle **314** durch die doppelbrechende Linsenanordnung **138** fokussiert wird, um ein Bild **316** an dem Bildpunktebenenreflektor **302** zu bilden. Dann wird das Licht zurück reflektiert, um ein Bild **318** der Quelle in dem Bereich der Betrachtungsfenster **37, 40** zu bilden.

[0334] Eine Umgebungslichtquelle wird auf die Bildpunktebene abgebildet und hin zur Betrachterfensterebene gestreut. Wenn die Anzeige richtig positioniert ist, kann dies für eine definierte Quelle zum Erhö-

hen der Helligkeit der Anzeige verwendet werden.

[0335] Insgesamt kann eine Anzeige nach dieser Ausführung volle Helligkeit in den 2D- und 3D-Betriebsarten zeigen, was für Anzeigensysteme mit niedrigem Stromverbrauch und für Anzeigen, die bei Umgebungsbeleuchtung arbeiten, besonders vorteilhaft ist.

[0336] Diese Ausführung kann an verschiedene Basis-LCD-Polarisationskonfigurationen angepasst werden, indem die doppelbrechende optische Achse und die Achsen der polarisationsmodifizierenden Vorrichtung entsprechend geändert werden.

[0337] [Fig. 33e](#) zeigt eine zweite reflektive Ausführung, bei der der schaltbare Polarisator elektrisch schaltbar ist. Diese Ausführung ist gleich der in [Fig. 33a](#) gezeigten Ausführung, lediglich die polarisationsmodifizierende Vorrichtung **146** wird hier aus einem schaltbaren 90-Grad-Polarisationsrotator **176**, z.B. einer Halbwellenplatte, und einem (Linear)Polarisator **184** gebildet. Diese können in geeigneter Weise physikalisch angebracht werden, hier werden sie an einer beliebigen Seite eines Elektrodensubstrats **180** gebildet, wie in [Fig. 33e](#) gezeigt wird. Das Elektrodensubstrat **180** trägt an einer Oberfläche eine transparente Elektrode **178** des schaltbaren Rotators **176**. Eine zweite transparente Elektrode **178** des schaltbaren Rotators **176** ist an der Außenfläche des Linsensubstrats **132** getragen. Der Polarisator **184** ist an der anderen Fläche des Elektrodensubstrats **180** positioniert.

[0338] [Fig. 33f](#) zeigt den Betrieb der Vorrichtung von [Fig. 33e](#) in der 2D-Betriebsart. Der Polarisator **184** weist eine lineare Polarisationstransmissionsrichtung **320** von 90 Grad zur Vertikalen auf, die auf den schaltbaren Polarisationsrotator **176** mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung **322** von 90 Grad auftrifft, so dass keine Polarisationsdrehung erfolgt. Das Licht fällt auf die doppelbrechende Mikrolinse **138** mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung **324** von 0 Grad, so dass die auftreffenden Polarisation indexangepasst wird und keine Linsenfunktion zu sehen ist. Das Licht passiert den Wellenplatten-Stack **306** und wird an der Bildpunktebene **302** zurück durch den Wellenplatten-Stack **306** reflektiert (in [Fig. 33f](#) in der ungefalteten Darstellung gezeigt). Die Polarisation, die durch den Endpolarisator **184** ausgegeben wird, sieht die gewöhnliche Achsenrichtung der doppelbrechenden Mikrolinse und ist parallel zur optischen Achsenrichtung **322** des schaltbaren Polarisationsrotators **176**, wobei sie schließlich durch den Polarisator **184** übertragen wird. Somit wird zusammenfassend in der 2D-Betriebsart die 90-Grad-Polarisationseingabe durch die schaltbare Wellenplatte nicht gedreht und die Linsen sind indexangepasst, so dass keine richtungsabhängige Ausgabe erzeugt wird.

[0339] [Fig. 33g](#) zeigt den Betrieb der Vorrichtung von [Fig. 33e](#) in der 3D-Betriebsart. Der Polarisator **184** weist eine lineare Polarisationstransmissionsrichtung **320** von 90 Grad auf, die auf den schaltbaren Polarisationsrotator **176** mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung **322** von 45 Grad auftrifft, so dass eine 90-Grad-Polarisationsdrehung erfolgt und die Ausgangspolarisation von dem Rotor bei 0 Grad zur Vertikalen liegt. Das Licht trifft auf die doppelbrechende Mikrolinse **138** mit einer doppelbrechenden optischen Achsenrichtung **324** von 0 Grad auf, so dass die auftreffende Polarisation nicht indexangepasst ist und eine Linsenfunktion erzeugt wird. Das Licht passiert den Wellenplatten-Stack **306** und wird an der Bildpunktebene **302** zurück durch den Wellenplatten-Stack **306** reflektiert. Die Polarisation, die durch den Endpolarisator **184** ausgegeben wird, sieht die außergewöhnliche Achsenrichtung der doppelbrechenden Mikrolinse **138**. Dieser Polarisationszustand ist bei 45 Grad zur optischen Achsenrichtung **322** des schaltbaren Polarisationsrotators **176**, wird daher um 90 Grad parallel zur Transmissionsachsenrichtung **320** des Polarisators **184** gedreht, wird daher übertragen. Somit wird zusammenfassend in der 3D-Betriebsart der Eingangspolarisationszustand um 90 Grad gedreht und die Ausgangspolarisation trifft auf die Mikrolinsen bei 0 Grad auf, was die Linsenfunktion einsatzbereit macht.

[0340] Die obige Ausführung kann alternativ in einer transflektiven Anzeige implementiert werden. [Fig. 45](#) zeigt Einzelheiten beispielhafter Bildpunkte einer transflektiven Anzeige. Ein roter Bildpunkt **326**, ein blauer Bildpunkt **328** und ein grüner Bildpunkt **330** werden durch einen kleinen Spalt **332** getrennt gezeigt. Jeder Bildpunkt umfasst einen so angeordneten reflektiven Bereich **336**, dass er Licht von der Vorderseite der Anzeige reflektiert, und einen so angeordneten Aperturbereich **462** (z.B. transparente Bildpunktapertur), dass er Licht von einer Hintergrundbeleuchtung überträgt.

[0341] Bei der transflektiven Anzeige arbeitet die Anzeige sowohl im Reflexions- als auch im Transmissionsmodus. Die Bildpunkte sind allgemein reflektiv und weisen mindestens ein Loch auf oder übertragen teilweise, um das Licht einer Hintergrundbeleuchtung den Anwender erreichen zu lassen. Somit kann die Anzeige in einem breiten Bereich von Lichtbedingungen arbeiten. Dies ist insbesondere bei Anwendungen wie Kraftfahrzeuganwendungen und Kameras nützlich, bei denen die Beleuchtung von hellem Sonnenlicht zu dunklen Innenräumen und Nachtaufnahmen wechseln kann. Um in ähnlichen Bedingungen zu arbeiten, kann eine autostereoskopische Anzeige erforderlich sein.

[0342] Bei 3D-Betrieb oder Betrieb mit mehreren Anwendern ist es erforderlich, dass die Betrachtungsfenster sowohl im Transmissions- als auch im

Reflexionsmodus ähnlich sind. Somit kann die Transmissionsapertur so ausgelegt werden, dass sie im Wesentlichen die gleiche Breite wie der reflektive Bildpunkt aufweist, wie zum Beispiel in [Fig. 45](#) gezeigt wird. Die Ausgabe der Fenster wird dann im reflektiven und transmissiven Betriebsmodus im Wesentlichen das gleiche Profil haben.

[0343] In einer translektiven Anzeige können sich die Ebenen des reflektiven und des transmissiven Modus aufgrund Konstruktionsanforderungen der Mikrolinsen leicht unterscheiden. Der Unterschied bei der Trennung ist aber allgemein ein ausreichend kleiner Anteil der Brennweite der Mikrolinsen.

Korrektur von Graustufenreaktion in dem normalerweise schwarzen Modus

[0344] In manchen der oben beschriebenen Ausführungen wird ein normalerweise schwarzer Modus für die 3D-Betriebsart verwendet. Dies kann einen Mangel an Einheitlichkeit der Graustufe zwischen verschiedenen Farben mit sich bringen, was wie folgt behoben werden kann.

[0345] [Fig. 34a](#) zeigt eine Kurve des normalisierten Durchlässigkeitsgrads für jede Farbe **338** gegen die Eingangsspannung **340** für eine schematische Bildpunktreaktion **342** einer normalerweise weißen Anzeige TFT-TN-LCD. Bei niedriger Spannung weist die Vorrichtung eine maximale Transmission auf, somit ist die Vorrichtung normalerweise weiß (NW).

[0346] Dies kann mit der schematischen Graustufenreaktion für den normalerweise schwarzen Modus verglichen werden, wie in [Fig. 34b](#) gezeigt wird.

[Fig. 34b](#) zeigt eine Kurve des ausgegebenen Grauwerts **344** gegen die Eingangsspannung **340** bei einem normalerweise schwarzen (NB) TN-LCD-Bildpunkt bei einer roten Wellenlänge **346**, einer grünen Wellenlänge **348** und einer blauen Wellenlänge **350**.

[0347] In diesem Fall haben die drei Farben eine unterschiedliche Reaktion, insbesondere bei niedrigen Graustufen.

[0348] Die folgende Beschreibung nimmt an, dass eine TN-Zelle eine optische Dicke gleich einer Abstimmungswellenlänge (zum Beispiel der Wellenlänge, bei der das Erzeugnis der Doppelbrechung und der physikalischen Dicke die halbe Wellenlänge beträgt) zwischen den roten und grünen Kanälen aufweist. Für den roten Kanal kann das Zellendesign bedeuten, dass in dem nicht angetriebenen Zustand zu wenig Retardanz vorliegt, um eine voll gedrehte Ausgabe zu erhalten und somit der Kontrast des Rot beschränkt ist. Für den nicht angetriebenen Zustand des grünen Kanals ist die Retardanz der Zelle zu groß, so dass das Erhöhen der Spannung die Retardanz der Zelle verringert und somit das Grün ein Re-

tardanzminimum passiert, und analog für den blauen Kanal. Wenn Zelle in den Ein-Zustand getrieben wird, ist der Durchlässigkeitsgrad in den drei Kanälen nominal gleich. Für den normalerweise schwarzen Betrieb kann der Ausgabekontrast des roten Kanals durch Anpassen der Orientierung des Ausgangspolarisators für den Aus-Zustand und Umkehren der Datensignale durch ein Graustufenkorrekturschema optimiert werden. Die Ausgabe der grünen und blauen Kanäle kann durch Umkehren und Ausgleichen der Signale durch ein Graustufenkorrekturschema angepasst werden.

[0349] Zum Optimieren der Farbleistung der Anzeige in dieser Betriebsart können Farbkorrekturalgorithmen verwendet werden. Dies wird in [Fig. 35](#) gezeigt. Die Bilddateneingabe **352** wird von der Graustufenkorrekturseinheit **354** verarbeitet, um die geeignete endgültige Graustufenreaktion basierend auf der Betriebsart der Vorrichtung zu geben, die durch die Einstellung der polarisationsmodifizierenden Vorrichtung **146** festgelegt ist. Das entsprechend korrigierte Datensignal **358** wird an die Anzeige **360** gesendet. Die Implementierung der Graustufenkorrekturseinheit **356** kann entweder per Hardware oder Software vorgenommen werden oder zwischen den beiden aufgeteilt werden.

[0350] Es muss dafür gesorgt werden, dass die Anzeige für die erforderlichen Kontrastveränderungen bei einem achsenfernen Betrachtungswinkel optimiert ist. Die doppelbrechende optische Achsenrichtung der Linsen sollte eng an den Ausgangsanalysator angepasst werden, um die Wirkung der Wellenplatte variabler Dicke der doppelbrechenden Mikrolinsen zu minimieren.

[0351] Weiterhin wird angemerkt, dass die 2D-Betriebsart zwar in einigen der eingangs beschriebenen Ausführungen in dem normalerweise weißen Modus arbeitet und die 3D-Betriebsart in dem normalerweise schwarzen Modus arbeit, dies aber durch Veränderung der relativen Orientierung des Ausgangspolarisators und der Mikrolinsenanordnung umgekehrt werden kann (d.h. so dass die 2D-Betriebsart in dem normalerweise schwarzen Modus und die 3D-Betriebsart in dem normalerweise weißen Modus arbeitet).

[0352] Die Erfindung kann Grundschrime verwenden, die andere Wirkungen als die TN-Wirkung einsetzen, in welchem Fall die Ausrichtungskonfigurationen angepasst werden können, um die Leistung abhängig von der Ausgangspolarisation und den Betrachtungseigenschaften der Wirkung zu optimieren.

Betrachterverfolgung und Betrachterortung

[0353] In allen obigen Ausführungen kann durch Vorsehen, dass sich die Mikrolinsenanordnung syn-

chron mit einem Signal des zum Messen der Betrachterposition verwendeten Detektors bewegt, Betrachterverfolgung implementiert werden. Auf diese Weise sieht der Betrachter ein 3D-Bild aus einem breiten Bereich von Betrachtungsposition weiter. Bei einer Anzeige mit einer horizontalen Parallaxe kann die Bewegung nur in einer einzigen horizontalen Achse vorliegen.

[0354] Bei Systemen, die keinen Betrachterverfolgungssensor aufweisen, kann eine Anzeige, die dem Anwender sagt, ob er sich in der besten Betrachtungsposition befindet, oder ein 'Sweet Spot' implementiert werden. Wenn sich der Betrachter in der richtigen (orthoskopischen) Sweet-Spot-Position befindet, sieht er ein linkes Bild im linken Auge und ein rechtes Bild im rechten Auge. Wenn er sich zu der inkorrekt (pseudoskopischen) Position bewegt, werden die Bilder vertauscht und der Anwender erfährt im Allgemeinen visuelle Überbeanspruchung.

[0355] In einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung kann eine Sweet-Spot-Anzeige **366** als separate Vorrichtung zur Anzeige konfiguriert sein (d.h. sie verwendet keinen der SLM-Bildpunkte).

[0356] Die Sweet-Spot-Anzeige kann mit der optischen Ausgabe der schaltbaren 2D-3D-Anzeige kompatibel sein.

[0357] [Fig. 36](#) zeigt den allgemeinen Betrieb der Sweet-Spot-Anzeige. Eine 3D-Anzeige ist so angeordnet, dass sie in einer Fensterebene **42** der Anzeige Fenster **362** für das rechte Auge und Fenster **364** für das linke Auge erzeugt. Ein Betrachter, der sein rechtes Auge **374** in ein Fenster **362** für das rechte Auge und sein linkes Auge **376** in ein Fenster **364** für das linke Auge setzt, sieht ein 3D-Bild über der gesamten Anzeige. Der Indikator **366** ist so angeordnet, dass er eine wiederholende Serie von Fenstern in einer Sweet-Spot-Fensterebene **368** erzeugt, die mit der Anzeigefensterebene **42** zusammenfällt (aber in [Fig. 36](#) für die Zwecke der Darstellung separat gezeigt wird). Die Sweet-Spot-Fensterebene **368** umfasst eine sich wiederholende Anordnung von schwarzen Fenstern **370** und farbigen Fenstern **372**. Jedes Fenster **370**, **372** ist im Wesentlichen doppelt so breit wie das Anzeigefenster **362**, **364**.

[0358] Sowohl der Indikator als auch das Anzeigebild können in dem gleichen Anzeigegehäuse untergebracht sein. Der Indikator kann bei Ausrichtung zum 3D-Sehen über oder unter der Anzeige positioniert sein.

[0359] [Fig. 37](#) zeigt die Verwendung von Licht von der Hintergrundbeleuchtung der LCD zum Beleuchten der Hinterseite des Indikatoreils. Im Einzelnen zeigt [Fig. 37b](#) dieses Beleuchtungsverfahren für einen Sweet-Spot-Indikator **366**, bei dem Licht von ei-

ner Kaltkathoden-Leuchtstoffröhre **382** von einem Reflektor **386** und einem Lichtleiter **384** zur Beleuchtung der Anzeige **380** gesammelt wird, und das Hintergrundbeleuchtungssystem wird auch zum Beleuchten des Sweet-Spot-Indikators **366** verwendet. Alternativ kann sich der Hintergrundbeleuchtungslichtleiter **384** zu dem Bereich unter dem Sweet-Spot-Indikator **366** erstrecken.

[0360] Weitere Ausführungen, die Sweet-Spot-Indikatoren enthalten, sind wie folgt.

[0361] Eine parallaxe Optik ist so angeordnet, dass sie eine Lichtquelle und eine Maskenanordnung auf die Ebene abbildet, die mit der Ebene der Fenster der 3D-Anzeige gemeinsam positioniert ist. Wenn ein Betrachter bei einer orthoskopischen Position der Anzeige positioniert ist, erscheint der Indikator schwarz, und in einer pseudoskopischen Position der Anzeige erscheint der Indikator farbig zu sein, zum Beispiel rot. Die parallaxe Optik für die Sweet-Spot-Anzeige ist von der für die Bildanzeige verwenden parallaxen Optik getrennt, um vorteilhafterweise die Verwendung der gesamten Bildfläche der Anzeige für das 3D-Sehen zu ermöglichen. Die parallaxe Optik für die Sweet-Spot-Anzeige kann zum Beispiel ein Linsenrasterschirm, ein Hologramm oder eine parallaxe Barriere sein.

[0362] [Fig. 38](#) zeigt eine Ausführung der Erfindung, bei der die für den Indikator verwendete parallaxe Optik einen Linsenrasterschirm und eine so ausgerichtete Maske umfasst, dass das Licht von abwechselnden Linsen verdunkelt wird. Insbesondere ist eine Hintergrundbeleuchtung **388** so ausgelegt, dass sie ein im Wesentlichen diffuse Beleuchtung **390** erzeugt, die eine Fenster erzeugende Maske **392** beleuchtet. Ein Abstandsmaterial **394** trennt die Fenster erzeugende Maske **392** von einer Linsenanordnung **396**, wobei sie mikrostrukturierte Materialien aus hochbrechendem Material **398** und niedrigbrechendem Material **440** umfasst. Eine an einem Substrat **404** angebrachte Linsen blockierende Maske **402** ist so angeordnet, dass sie das Licht von abwechselnden Linsen der Linsenanordnung **396** blockiert. Die Linse ist mit einem nicht doppelbrechenden Polymermaterial mit im Wesentlichen dem gleichen Brechungsindex und den gleichen Dispersionseigenschaften wie der außergewöhnliche Index des doppelbrechenden Materials, das in der doppelbrechenden Mikrolinsenanordnung des Bildteils der Anzeige verwendet wird, gefüllt. Die Linsen haben somit im Wesentlichen die gleiche optische Leistung wie die in der Anzeige, erfordern aber keine Polarisatoren. Die Linsen blockierende Maske ist im Wesentlichen an der Ebene der optischen Apertur der Linse positioniert und kann zwischen der Bildpunktebene und der Linse oder zwischen der Linse und dem Betrachter sein (wie dargestellt).

[0363] In einer weiteren in [Fig. 39](#) gezeigten Ausführung wird die gleiche doppelbrechende parallaxe Optik für den Sweet-Spot-Indikator verwendet wie in dem Bildteil der Anzeige, mit einer weiteren Maske **402** zum Abschirmen der dazwischenliegenden Linsen und einem geeigneten Polarisator **406**, um die parallaxe Optikfunktion zu erzeugen. Im Einzelnen ist eine Hintergrundbeleuchtung **388** so angeordnet, dass sie eine im Wesentlichen diffuse Beleuchtung **390** erzeugt, die einen Polarisator **406** und eine Fenster erzeugende Maske **392** beleuchtet. Ein Abstandsmaterial **394** trennt die Fenster erzeugende Maske **392** von einer doppelbrechenden Linsenanordnung **138** und einer isotropen Linsenmikrostruktur. Eine Linsen blockierende Maske **402**, die an einem Substrat **404** angebracht ist, ist so angeordnet, dass sie das Licht von abwechselnden Linsen der Linsenanordnung **138** blockiert. Alternativ könnte ein Indikator die Maske umfassen, die die abwechselnden Mikrolinsen der Bildanzeige-Mikrolinsenanordnung abschirmt, wobei die Bildpunkte Anzeigedaten enthalten, um die geeignete Fensterstruktur zu erzeugen.

[0364] Vorteilhafterweise kann die Hintergrundbeleuchtung eine Schmalband-Lichtquelle sein, beispielsweise eine LED oder elektrolumineszente Anzeige, so dass die Sichtbarkeit des Indikators maximiert wird und eine effiziente Nutzung des Lichts in dem System vorliegt. Optional kann Licht von der vorhandenen Hintergrundbeleuchtung verwendet werden, in welchem Fall auf Polarisatoren, Bildpunktaperturen und transparentes Elektrodenmaterial (z.B. ITO) verzichtet werden kann. Die Indikatorbeleuchtung kann während des 2D-Betriebs der Anzeige abgeschaltet werden.

[0365] Die vorstehend beschriebenen Ausführungen beziehen sich auf autostereoskopische 3D-Anzeigen, bei denen Sichtfenster der Größenordnung der Größe des mittleren Augenabstands erzeugt werden. Die Anzeige erzeugt ein Stereopaar und ein korrekt positionierter Betrachter sieht ein Bild mit Tiefenwirkung. Es versteht sich aber, dass die vorliegende Erfindung nicht auf das Schalten zwischen 2D- und 3D-Bildern beschränkt ist, vielmehr kann die vorliegende Erfindung in jeder Anwendung verkörpert werden, bei der eine Lichtausgabe von einer Position oder Richtungsverteilung zu einer anderen geschaltet wird.

[0366] Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist in einer so genannten Multiuser-Anzeige, wo identisch zu der oben beschriebenen 3D-Betriebsart verschiedene Bilder verschiedenen Betrachtern gezeigt werden müssen (wobei die verschiedenen Positionen jedes Betrachters im Verhältnis zur Anzeige genutzt werden). Weiterhin ist die Anzeige des gleichen Bildes für alle Betrachter identisch mit der vorstehend beschriebenen 2D-Betriebsart.

[0367] Eine erste Ausführung für mehrere Anwender wird in [Fig. 40](#) gezeigt. [Fig. 40](#) zeigt in Draufsicht eine doppelbrechende Mikrolinsenanzeige **406** zur Verwendung zum Beispiel auf dem Armaturenbrett eines Kraftfahrzeugs, die Betrachtungsfenster **408**, **410**, **412**, **414** erzeugt. Die Fenstergröße ist größer als der Augenabstand der Betrachter ausgelegt. Der Fahrer platziert sein rechtes Auge **416** im Fenster **408** und auch sein linkes Auge **418** im gleichen Fenster **408**. Analog platziert der Beifahrer sein linkes Auge **422** und sein rechtes Auge **420** in einem einzigen Fenster **414**. Für eine Anzeige mit zwei Ansichten enthalten die Fenster **408** und **412** die gleichen Informationen und die Fenster **410** und **414** enthalten die gleichen Informationen. Für Aberrationsgestaltungszwecke kann es praktisch sein, die Fenster **410** und **412** zwischen dem Beifahrer und dem Fahrer der Anzeige zu haben. Wenn ein erstes Bild **426** und ein zweites Bild **428** eingegeben werden, dann setzt ein Bildsignal-Interlacer **424** das Bild **426** zum Beispiel auf die geraden Spalten der Anzeige und das Bild **428** zum Beispiel auf die ungeraden Spalten der Anzeige. Die optischen Elemente der Anzeige leiten das Bild **426** zum Fahrer im Fenster **408** und das Bild **428** zum Beifahrer in das Fenster **414**. Die Anzeige arbeitet in gleicher Weise wie die zuvor beschriebenen 2D-3D-Anzeigen, die Betrachtungsfenster sind aber erheblich größer, so dass verschiedene Betrachter in verschiedenen Fenstern positioniert sein können. Eine solche Anzeige kann für Kraftfahrzeuganwendungen geeignet sein, beispielsweise bei Unterhaltungs-, Navigations- und Informationssystemen in Autos oder Flugzeugen.

[0368] Diese Anzeige kann zwei simultane Bildkanäle, zum Beispiel TV und Navigation, zeigen. Die Fenster sind so angeordnet, dass von der Position des Fahrers dieser nur den Navigationskanal sieht. Der Beifahrer bzw. die Beifahrer können den TV-Kanal sehen. Die gleiche Anzeige kann für Rechtslenkungs- oder Linkssenkungskonfigurationen elektrisch konfiguriert werden. Der Unterhaltungskanal könnte für alle Betrachter elektrisch eingeschaltet werden, wenn das Fahrzeug steht.

[0369] Die Anzeige umfasst die passiven Mikrolinsenkonfigurationen, wie sie in allen vorstehenden Ausführungen beschrieben werden, und arbeitet in einer ersten Betriebsart, die mit der Standard-2D-Anzeige identisch ist, d.h. das gleiche Bild wird in allen Betrachtungsfenstern präsentiert, d.h. alle Insassen können das gleiche Bild auf der Anzeigefläche sehen.

[0370] In einer zweiten Betriebsart ist die Anzeige mit einer Anordnung von Ausgabefenstern konfiguriert, die mindestens zwei Gruppen von verschiedenen Bildern enthalten.

[0371] [Fig. 41](#) zeigt schematisch die Konfiguration

der Fenster für die Anzeige von [Fig. 40](#). Die Intensität **430** ist gegen die Position **432** für idealisierte Fenster aufgetragen. Die Augen **416, 418** des Fahrers sind in dem Fenster **408** positioniert, wo sie das Bild **426** sehen können. Die Augen **420, 422** des Beifahrers sind in einem anderen Fenster positioniert, wo er das Bild **428** sehen. Die Betrachter müssen nicht unbedingt in benachbarten Fenstern der Anzeige sein.

[0372] Um zum Beispiel den Fall einer 4,7-Zoll VGA-Anzeige mit einem Bildpunktabstand von 50 Mikron zu nehmen, die 250 mm breite Betrachtungsfenster bei einem Abstand von 1000 mm von der Anzeige haben muss, liegt die Gegensubstrattrennung der Mikrolinsen und der Bildpunktebene in der Größenordnung von 0,3 mm. Dies ist daher wie vorstehend beschrieben für die interne Mikrolinsenkonfiguration geeignet, bei der ein zusammengesetztes Gegensubstrat für die Fertigung konfiguriert wird.

[0373] Auf gleiche Weise wie für die oben beschriebenen 2D-3D-Ausführungen werden die Daten in den Spalten über der Anzeige verknüpft. In dem dargestellten Beispiel würden die geraden Spalten Daten des Bilds 1 zeigen, während die ungeraden Spalten Daten des Bilds 2 zeigen würden.

[0374] In einer Betriebsart kann es wünschenswert sein, dass der Fahrer des Fahrzeugs nicht das Unterhaltungsbild sehen darf, selbst wenn er seine Kopfposition bewegt. Es könnte ein weiterer Sensor so implementiert werden, dass die Anzeige abgeschaltet wird, wenn der Fahrer versucht, sich in die falsche Betrachtungsposition zu bewegen.

[0375] In einer anderen Ausführung einer Anzeige für mehrere Anwender kann ein Ampelanzeigesystem wie in [Fig. 42](#) gezeigt konfiguriert werden. [Fig. 42](#) zeigt in Draufsicht eine doppelbrechende Mikrolinsenanzeige **406** der Erfindung zur Verwendung zum Beispiel bei einem Fahrspursignalisierungssystem, das Betrachtungsfenster **434, 436, 438, 440** erzeugt. Die Fenstergröße ist so angeordnet, dass sie größer als der Augenabstand der Betrachter ist. Ein Fahrer in einer Fahrspur positioniert sein rechtes Auge **442** in das Fenster **434** und sein linkes Auge **444** in das Fenster **434**. Analog positioniert der Fahrer in einer anderen Spur sein linkes Auge **448** und sein rechtes Auge **446** in das Fenster **440**. Werden ein erstes Bild **450** und ein zweites Bild **454** eingegeben, dann bringt ein Bildsignal-Interlacer **424** ein zusammengesetztes verknüpftes Bild auf die Anzeige **406**, so dass die richtigen Bilder in die richtigen Richtungen geschickt werden. Die optischen Elemente der Anzeige lenken das Bild **450** zum Fahrer in Fenster **440** und das Bild **454** zum Fahrer in Fenster **434**, z.B. separate Anweisungen für separate Spuren. Zu anderen Zeiten zeigt die Anzeige durch Schalten zu einem richtungsunabhängigen Ausgabemodus (entsprechend der 2D-Betriebsart in den 2D-3D-Ausfüh-

rungen) die gleichen Anweisungen für beide Spuren an.

[0376] Die Anzeige kann auch mit verschiedenen Daten in verschiedenen Fenstern für die Zwecke des Erregens von Aufmerksamkeit eines an der Anzeige vorbeigehenden Anwenders konfiguriert sein. Eine solche Anzeige kann zum Beispiel an Informationsständen, Verkaufsmaschinen oder öffentlichen Anzeigeeinformationssystemen anwendbar sein.

[0377] Die doppelbrechende Mikrolinsenanordnung **406** kann aus jeder geeigneten Anzeige gebildet werden, die eine Lichtrichtung umschaltende Einrichtung gemäß dieser Erfindung enthält, d.h. der räumliche Lichtmodulator kann zum Beispiel eine LED-Anzeige sein. In einer Betriebsart zeigt das Signal für alle Betrachter das gleiche Bild, während in einer zweiten Betriebsart die Betrachter in einer Verkehrsspur das Signal nur aus einem beschränkten Bereich von Richtungen sehen können. Dies zum Beispiel dafür Anwendung finden, dass nur Betrachter, die sich nahe der Ampel befinden, auf deren Anweisung hin weiter können.

Schaltbares transflektives Anzeigesystem+

[0378] In weiteren Ausführungen kann eine Lichtrichtungsverteilung schaltende Einrichtung dieser Erfindung als Helligkeitsverstärkungshilfe für eine transflektive oder reflektive Anzeige verwendet werden.

[0379] Unter erneutem Bezug auf [Fig. 33d](#) kann eine Lichtquelle **314** durch die Linsenanordnung **138** auf die Bildpunktreflektorebene **302** einer 3D-Anzeige abgebildet werden, um die Helligkeit des 3D-Bilds an den Betrachtungsfenstern **37, 40** zu erhöhen.

[0380] [Fig. 43](#) zeigt eine Seitenansicht einer transflektiven Anzeige einer Ausführung einer ersten schaltbaren Helligkeitshilfe. Eine Hintergrundbeleuchtung **60** beleuchtet einen LCD-Eingangspolarisator **64**, auf den ein LCD-FTF-Substrat **66** und eine transflektive Bildpunktebene **468** folgt. Ein LCD-Gegensubstrat **80** wird vorgesehen, gefolgt von einer doppelbrechenden Mikrolinsenanordnung **138**, einer isotropen Linsenmikrostruktur **134**, einem Linsensubstrat **132** und einer polarisationsmodifizierenden Vorrichtung, die einen Linearpolarisator **466** und einen schaltbaren 90-Grad-Polarisationsrotator **176** umfasst.

[0381] Diese transflektive LCD ist zum Modulieren von durchgelassenem und reflektiertem Licht ausgetragen.

[0382] [Fig. 44](#) zeigt eine Bildpunktkonfiguration eines transflektiven 2D-Anzeigesystems mit einem verbesserten Helligkeitsmodus. Die Bildpunkte sind als

Spalten roter Bildpunkte **326**, blauer Bildpunkte **328** und grüner Bildpunkte **330** angeordnet, die durch vertikale Bildpunktspalten **332** und horizontale Bildpunktspalten **333** getrennt sind. Die transparente Bildpunktapertur ist in diesem Fall in zwei Bereiche **456, 458** mit der verbleibenden Fläche des Bildpunkts reflektiv **460** unterteilt. Somit umfassen die Bildpunkte jeweils Bereich mit reflektiven Elektroden mit Löchern, in denen Licht von einer Hintergrundbeleuchtung übertragen werden kann.

[0383] [Fig. 45](#) zeigt eine andere Bildpunktkonfiguration, bei der die Anordnung der reflektiven und transmissiven Bereiche mit einer einzigen Bildpunktapertur **462** verändert wird, die im Wesentlichen die Hälfte des Bildpunkts **326** bedeckt, wobei der Rest die reflektive Bildpunktapertur **336** ist.

[0384] Die doppelbrechende Mikrolinsenstruktur der Anzeige arbeitet in ähnlicher Weise wie für [Fig. 33e](#) beschrieben. In der vorliegenden Ausführung sind die Linsen aber in Zeilen statt in Spalten angeordnet, so dass jedes Auge das gleiche Bild mit der gleichen Helligkeit auf der Anzeige sieht. Der Abstand der Linsen ist im Wesentlichen gleich der Abstand der Bildpunktzeilen.

[0385] Die durch die Anzeige in dieser Ausführung erzeugten Fenster haben nicht den Zweck ein 3D-Bild für einen Betrachter vorzusehen, sondern sind stattdessen Bereiche erhöhter Anzeigehelligkeit, wie nun beschrieben wird.

[0386] [Fig. 46](#) zeigt die Anordnung doppelbrechender Linsen **138**, die über die reflektive Rückebene mit der transflektiven Bildpunktstruktur **333, 460, 456, 458** platziert sind. Licht von einer externen Lichtquelle **468** wird durch die Linsen **38** auf die reflektiven Teile der Rückebene fokussiert, von wo es zurück zum Betrachter **472** gestreut wird. Licht von einer Hintergrundbeleuchtung passiert die transmissiven Bereiche **456, 458** der Bildpunkte und wird ebenfalls hin zum Betrachter fokussiert.

[0387] In einer ersten Betriebsart ist die polarisationsmodifizierende Vorrichtung so konfiguriert, dass die Linsen keine optische Wirkung aufweisen, und somit arbeitet die Vorrichtung als standardmäßige transflektive Vorrichtung. In einer zweiten Betriebsart ist die polarisationsmodifizierende Vorrichtung so konfiguriert, dass die Linsen optische Wirkung haben und eine externe Lichtquelle als Anordnung von Bildern auf den reflektiven Teil der Bildpunktebene abbilden, wie in [Fig. 46](#) dargestellt wird. Die reflektiven Teile der Bildpunktebene sind im Wesentlichen in der Bildebene der Anordnung von Bildern der externen Lichtquelle, wenngleich es eine gewisse relative Versetzung geben kann, um die Bilder zu defokussieren, um die Fleckengröße der Bilder auf den reflektiven Teilen zu steigern.

[0388] Das Licht wird von dem Reflektor gestreut und ein Teil davon fällt auf eine Mikrolinse, die als andere Mikrolinse als die Eingangslinse gezeigt wird, aber die gleiche Linse sein kann. Die Linse sammelt das Licht von dem Bildpunkt und verteilt es hin zum Betrachter, wobei es ein Bild verbesserter Helligkeit gibt. Jede der Linsen der Anordnung erzeugt im Wesentlichen die gleiche Richtungsverteilung aus dem jeweiligen Bild der Anordnung von Bildern. Diese Richtungsverteilung legt die Betrachtungszonen fest. In der Praxis kann es aber kleine Unterschiede in der Richtungsverteilung des Lichts von jedem der Bilder der Anordnung von Bildern geben. Dies könnte zumindest aus folgenden Gründen der Fall sein:

- die relative Position des Bilds bezüglich der optischen Achse der jeweiligen Ausgabelinse kann über der Anzeige variieren, zum Beispiel wenn dies zum Erzeugen der Betrachtungsfenster erforderlich ist. Dies könnte zum Beispiel durch eine nah positionierte externe Lichtquelle verursacht werden, bei der der Abstand der Anordnung von Bildern etwas anders vom Abstand der Anordnung von Linsen ist;
- die Aberrationseigenschaften der Linsen können mit der relativen Position des Flecks bezüglich der optischen Achse der Mikrolinsen anordnung variieren;
- die Winkelverteilung des Lichts aus der Reflexion am Reflektor kann für verschiedene Bilder verschieden sein (zum Beispiel bei einem Zufallsdifusor, der im Wesentlichen am Bild positioniert ist).

[0389] Wie nachstehend eingehender besprochen wird, unterscheidet sich die Richtung **471** des erforderlichen Lichts, das zum Betrachter abgebildet wird, von der Richtung **469** der Spiegelungsreflexion von Licht von den ebenen Flächen in der Anzeige, und somit wird der Anzeigenkontrast vorteilhafterweise nicht durch die Spiegelungsreflexion von Licht von den ebenen Flächen in der Vorrichtung verschlechtert.

[0390] Die Linsen können auch zum effizienten Sammeln des Lichts von den transmissiven Teilen des Bildpunkts und zum Verteilen derselben hin zum Betrachter bei verbesserter Helligkeit dienen.

[0391] Der Vorteil dieses Systems besteht darin, dass die Anzeigehelligkeit verbessert werden kann, indem die Wirkung der Linse fokussiert wird, wenngleich der Bereich verbesserter Helligkeit vom Umfang her beschränkt sein kann, was vom Anwender die richtige Ausrichtung der Anzeige erfordert. Wenn Umgebungslicht nicht geeignet ist, dann kann der Anwender wählen, die Anzeige in ihrer herkömmlichen Breitwinkel-Betriebsart zu verwenden. Dies kann bei handgehaltenen batteriebetriebenen Vorrichtungen, bei denen eine Betriebsart mit hoher Helligkeit und niedrigem Stromverbrauch konfiguriert ist, besonders

effektiv sein. Die Helligkeitserhöhung ist Vollfarbe und somit kann die Einrichtung in Vollfarbe- oder Monochromanzeigen verwendet werden.

[0392] In einer anderen Ausführung der Erfindung kann die reflektive Schicht an der Rückseite einer transmissiven Anzeige positioniert werden, die in einer reflektiven Konfiguration arbeitet, wie in [Fig. 47](#) gezeigt wird. Eine externe Lichtquelle **500** beleuchtet die Vorderseite der Anzeige, die an ihrer Vorderfläche einen schaltbaren Polarisator **502** und eine doppelbrechende Mikrolinsenanordnung **138** umfasst, die in einer ersten Betriebsart zum Fokussieren des auftreffenden Lichts durch die Anzeige dient. Jede einzelne Linse der Linsenanordnung umfasst eine abbildende optische Apertur **541**.

[0393] Das Licht von der Apertur **541** einer ersten Linse passiert ein LCD-Substrat **504** und eine phasenmodulierende LC-Schicht **506**, die Bildpunktaperaturbereiche **508** und Bildpunktspaltbereiche **510** umfasst. Dann passiert das Licht ein zweites LCD-Substrat **512** und einen hinteren Polarisator **514**, fällt auf eine strukturierte ablenkende Reflektorschicht **516**, die an einem Substrat **520** angebracht ist. Die strukturierte ablenkende Reflektorschicht **516** umfasst reflektive Bereiche **518** und Aperturbereiche **519**. Der Abstand der reflektiven Bereiche **518** ist im Wesentlichen der gleiche wie der Abstand der Linsen **138**.

[0394] Das Licht von der Umgebungslichtquelle **500**, das die Aperturbereiche **519** passiert, trifft auf eine Hintergrundbeleuchtungseinheit **522**, die dafür ausgelegt ist, Licht von dem Eingang zu reflektieren. Bei einer transflektiven Vorrichtung kann die Hintergrundbeleuchtungseinheit **522** auch Beleuchtung von der Rückseite der Anzeige mittels einer zusätzlichen (nicht dargestellten) Lichtquelle liefern.

[0395] Der Lichtstrahl **524**, der von der Hintergrundbeleuchtung auftrifft, wird durch die Aperturbereiche **519** durchgelassen, wogegen das auf die reflektiven Bereiche **518** fallende Licht **526** zurück hin zur Hintergrundbeleuchtungseinheit **522** auch Beleuchtung von der Rückseite der Anzeige mittels einer zusätzlichen (nicht dargestellten) Lichtquelle liefern.

[0396] Bei Betrieb in der ersten Betriebsart wird die externe Lichtquelle im Wesentlichen von den Linsen **138** als Anordnung von Bildern auf die ablenkenden Reflektorbereiche **518** im Wesentlichen in der Bildebene der Anordnung von Bildern fokussiert. Diese Bereiche können zum Beispiel einen streuenden Reflektor, zum Beispiel eine aufgerauta metallisierte Oberfläche, umfassen, um eine Ablenkung der Lichtquelle vorzusehen. Insbesondere kann der Deflektor lediglich horizontale Ablenkungseigenschaften aufweisen, während die Linsen eine Streuung in der vertikalen Richtung vorsehen. Der ablenkende Reflektor **518** hat somit die Funktion des Ablenkens von Licht von der ersten Linsenapertur **541** zu einer zweiten

Linsenapertur **543**, die sich von der Linsenapertur unterscheidet, zu der die das Bild bildende erste Linsenapertur **541** durch einen sich entlang der Bildebene erstreckenden ebenen Reflektor abgebildet würde. Dies wird nachstehend unter Bezug auf [Fig. 49a](#) und [Fig. 49b](#) eingehender beschrieben.

[0397] Das von den ablenkenden reflektiven Bereichen reflektierte Licht **528** wird somit von der benachbarten Linsenapertur **543** aufgefangen und hin zu einem Betrachter **530** abgebildet, der in einem Kegel vor der Anzeige positioniert ist. Jedes Bild der externen Lichtquelle wird durch eine jeweilige zweite Linsenapertur **513** in im Wesentlichen die gleiche Richtungsverteilung geleitet. Die Richtung **528** ist von der Richtung **529** getrennt, um das Kontrastverhältnis der Anzeige zu erhöhen.

[0398] Der ablenkende Reflektor **518** dient daher zum Lenken von Licht von der ersten Apertur zu einer zweiten Apertur der Linsenanordnung. In der in [Fig. 47](#) und [Fig. 48](#) gezeigten Orientierung sind die erste und die zweite Linsenapertur **541** und **543** unterschiedliche Linsen der Anordnung, dies trifft aber nicht für alle Positionen der Umgebungslichtquelle **500** zu. Bei manchen Umgebungslichtquellenpositionen kann es möglich sein, dass verschiedene Teile der gleichen Linse (d.h. eine anderen Linsenapertur) die erfundungsgemäße Helligkeitsverstärkung erzeugen. Die Anzeige kann zum Beispiel als Anordnung **138** zylindrischer Linsen angeordnet sein, bei der die geometrische Mikrolinsenachse der zylindrischen Linsen horizontal ist. In der Standardbetriebsart ist die Lichtquelle **500** über der Anzeige positioniert, so dass Licht durch eine erste Linse **541** eindringt und durch eine zweite Linse **543** zur ausgegebenen Richtungsverteilung abgebildet wird, wie in [Fig. 47](#) dargestellt wird. In diesem Fall wird das jeweilige Bild eindeutig durch eine andere Linse als von der das jeweilige Bild bildenden Linse reflektiert. Alternativ könnte die Lichtquelle **500** an einer Seite der Anzeige positioniert sein, aber an der optischen Achse der zylindrischen Linsen der Anordnung **138**. Die Linsenanordnung **138** würde dann die Lichtquelle **500** zu einer ersten Anordnung von Bildern abbilden, die im Wesentlichen an der Ebene des Reflektors sind. Die gleiche Linse könnte dann das Licht von dem Reflektor sammeln und eine ausgegebene Richtungsverteilung mit dem Helligkeitsverstärkungsvorteil erzeugen. Durch die Verwendung des Lichts ablenkenden Reflektors würde aber jeder jeweilige endliche Teil des Bilds zu einem Bereich der Linse reflektiert (d.h. der Linsenapertur), der sich von dem Teil der Linse unterscheidet (d.h. der Linsenapertur), an dem der Teil der Linse (d.h. die Linsenapertur), der den endlichen Teil des Bilds bildet, durch einen sich entlang der Bildebene erstreckenden ebenen Reflektor reflektiert würde. Daher ist es besser, den ablenkenden Reflektor **518** als die Linsenapertur verschiebend oder ändern zu sehen, durch welche Licht gelenkt

wird, statt ihn als die Linse verschiebend oder ändernd zu sehen. Dies gilt für alle hierin beschriebenen Ausführungen.

[0399] Vorteilhafterweise sind die Linsen der Anordnung **138** Relieflinsen mit durchgehender Oberfläche ohne Facetten. Die Möglichkeit der Verwendung von Linsen ohne Facetten lässt das Verwirklichen der Helligkeits- und Kontrastverbesserungsvorteile zu, ohne unter unerwünschten Bildartefakten und Lichtverlust zu leiden.

[0400] Die Breite der ablenkenden Reflektorbereiche **518** verglichen mit der Breite der Aperturbereiche **519** kann erhöht werden, um die Betrachtungsfreiheit der Anzeige im verbesserten reflektiven Modus zu verbessern, oder kann reduziert werden, um die Betrachtungsfreiheit der Anzeige im Hintergrundbeleuchtungsmodus zu verbessern.

[0401] Auf diese Weise können externe Lichtquellen verwendet werden, um die Anzeige effizient zu beleuchten und eine Betriebsart höherer Helligkeit bei einem Bereich von Betrachtungspositionen zu bieten. Von besonderem Vorteil für diese Ausführung ist, dass keine Abwandlung des Innenaufbaus der Anzeigenvorrichtung erforderlich ist; die Helligkeitserhöhungselemente werden an den Außenflächen der Anzeige hinzugefügt. Dies verringert die Kosten des Systems durch Minimieren der Änderungen der bestehenden Fertigungsverfahren für den Grund-LCD-Schirm.

[0402] Die Anzeige kann zum Beispiel in einer normalerweise schwarzen Konfiguration in einer ersten Betriebsart und einer normalerweise weißen Konfiguration in einer zweiten Betriebsart arbeiten. Die Linsen **138** können in Zeilen angeordnet sein und die optimale Helligkeit kann durch Neigen der Anzeige bezüglich einer horizontalen Achse vorgesehen werden.

[0403] In einer zweiten Betriebsart kann die optische Wirkung der Linsen aufgehoben werden, wie an anderer Stelle beschrieben wird, zum Beispiel durch Umkonfigurieren des Polarisators **502**. Dies dient dazu, die Wirkung der doppelbrechenden Linsen **138** aufzuheben. In diesem Fall hat die Anzeige einen im Wesentlichen gleichmäßigen Betrachtungsbereich mit reduzierter Helligkeit im Vergleich zu den besten Betrachtungspositionen der ersten Betriebsart. Alternativ können die Linsen **138** und der schaltbare Polarisator **502** durch Linsen ersetzt werden, die eine feste Brennweite haben, so dass die Anzeige ständig in der fokussierenden Konfiguration betrieben wird.

[0404] Es ist ersichtlich, dass die passiven doppelbrechenden Linsen und der schaltende Polarisator dieser Ausführung durch nicht schaltende Linsen oder aktive schaltende Linsen ersetzt werden kön-

nen. Dies gilt für die hierin beschriebenen Ausführungen.

[0405] [Fig. 48](#) zeigt ein alternatives Helligkeit verstärkendes Anzeigesystem, das sich von der Ausführung von [Fig. 47](#) dahingehend unterscheidet, dass die gesamten zusätzlichen Komponenten an der Rückseite der Anzeige positioniert sind. In diesem Fall ist die Anzeige eine transmissive Anzeige, die einen vorderen Polarisator **532**, eine phasenmodulierende Bildpunktschicht **534** und einen hinteren Polarisator **536** umfasst. In einer ersten Betriebsart passt Licht von einer Umgebungslichtquelle **500** die Anzeige und wird an dem hinteren Anzeigepolarisator **536** polarisiert. Ein schaltbarer 90-Grad-Polarisationsrotator, beispielsweise eine Halbwellenplatte, ist angeordnet, um die Polarisation des auf eine Anordnung von doppelbrechenden Linsen **138** fallenden Lichts so zu orientieren, dass diese eine fokussierende Wirkung haben. Das Licht wird dann zu einem strukturierten ablenkenden Reflektor **516** fokussiert, der auf einem Substrat **520** ausgebildet ist, der reflektive Bereiche **518** und Aperturbereiche **519** umfasst. Das Licht von der ersten Apertur **541**, das von dem ablenkenden Reflektor **518** zu der zweiten Apertur **543** reflektiert wird, wird hin zur Betrachtungszone der Anzeige abgebildet, in der die Augen **530** des Beobachters positioniert sind. Bereiche erhöhter Helligkeit werden wiederum wie zuvor beschrieben erzeugt.

[0406] In einer zweiten Betriebsart ist der schaltbare Polarisationsrotator **538** so konfiguriert, dass die Ausgangspolarisationsrichtung, die auf die Linsen **138** fällt, so ausgelegt ist, dass die Linsen im Wesentlichen keine Fokussierwirkung zeigen. Das Licht fällt dann auf das strukturierte reflektive Element **516**. Ein Teil des Lichts wird reflektiert, während der Rest zu der Hintergrundbeleuchtung durchgelassen wird, wo es gestreut und zurück reflektiert wird. Eine ganze Zahl von Abständen der reflektiven Elemente **518** kann im Wesentlichen gleich dem vertikalen Abstand der Bildpunkte der Anzeige gesetzt werden, um eine Moire-Wirkung in dieser Betriebsart zu vermeiden.

[0407] Die relative Position der ablenkenden Reflektoren bezüglich der Linsen wird so festgelegt, dass der Ausgang der Reflektoren **518** von der Spiegelungsreflexion der Lichtquelle **529** an den Ebenenflächen der Vorrichtung getrennt wird. Vorteilhafterweise könnte ein solches Element mit einer Reihe von verschiedenen Schirmbildpunktabständen verwendet werden.

[0408] Die Vorrichtung kann mit dem schaltbaren Rotator **538** konfiguriert und die doppelbrechenden Linsen **138** können durch Linsen fester Brennweite ersetzt werden. In diesem Fall muss der Abstand der Reflektoren nicht auf dem vertikalen Abstand der Bildpunkte des Schirms beruhen, um Moire zu ver-

meiden.

[0409] Vorteilhafterweise kann das zusätzliche Element als separates Element an der Anzeige montiert werden, was die Montagezeit und somit die Anzeigekosten senkt. Von besonderem Vorteil ist, dass ein solches Element mit einer Reihe von verschiedenen Schirmdesigns verwendet werden könnte, was zum Reduzieren von Lager und zum Senken nicht wiederkehrender Entwicklungskosten dient.

[0410] [Fig. 49a](#) zeigt die Wirkung des ablenkenden Reflektors der Erfindung. Die Linsenanordnung 540 ist so ausgelegt, dass sie die Umgebungslichtquelle 500 durch einen Anzeigenschirm 539 abbildet, der die Bilddaten-Bildpunkte umfasst. Das Licht wird von einer ersten Linsenapertur 541 abgebildet und wird auf das ablenkende reflektive Element fokussiert, das zum Beispiel einen Diffusor 542 und einen strukturierten Ebenenreflektor 544 umfassen kann. Die Verteilung des reflektierten Lichts von dem Reflektor für den einzelnen Eingangsstrahl 547 wird zum Beispiel durch den Kegel 546 gezeigt.

[0411] Somit wird Licht von dem ablenkenden Reflektor 542, 544 zu einer zweiten Linsenapertur 543 gelenkt. Die zweite Linsenapertur kann eine separate Linse oder kann Teil der gleichen Linse sein. An der zweiten Linsenapertur wird Licht von dem ablenkenden Reflektor im Wesentlichen kollimiert und hin zu einem Betrachter 530 gelenkt.

[0412] [Fig. 49b](#) zeigt die Wirkung eines Ebenenreflektors verglichen mit einem ablenkenden Reflektor der Erfindung. Die Linse an der Apertur 541 fokussiert das Licht von der Lichtquelle 500 auf die reflektierende Ebene. Ein Ebenenreflektor, wie er zum Beispiel aufgrund von ebenen Fresnelschen Reflexionen an der Grenze des Diffusors 54 zum Linsensubstrat gebildet werden könnte, reflektiert einen Strahl 547 zu einem Strahl 549, und der zugehörige Lichteingabe-Lichtkegel wird von der Linse an der Apertur 545 kollimiert. Die Richtung des Ausgangsstrahls 549 von dem Ebenenreflektor ist aber parallel zu der Richtung der Spiegelungsreflexion 529 von den anderen Ebenenflächen des Systems, wie sie zum Beispiel markiert sind. Daher lenkt das System ohne die Wirkung des ablenkenden Reflektors Licht in die spiegelnde Richtung. Daher wird das erforderliche modulierte Licht zu der Spiegelungsreflexion addiert und der Kontrast des Bilds wird verringert. Ferner wird in der orthogonalen Richtung (aus der Seite heraus) dem Lichtkegel keine Richtungsabhängigkeit durch den Reflektor verliehen, und somit ist der Beleuchtungsbereich in dieser Richtung beschränkt. Der ablenkende Reflektor dient somit der Vergrößerung der Betrachtungsfreiheit der Anzeige in der Richtung parallel zu den geometrischen Lisenachsen der zylindrischen Mikrolinsen.

[0413] Alternativ können Linsen mit optischer Wirkung in der zweiten Richtung verwendet werden, um die Betrachtungsfreiheit der Anzeige zu erhöhen.

[0414] [Fig. 49c](#) zeigt die Verwendung eines strukturierten ablenkenden Reflektors, wie er zum Beispiel durch eine raue Oberfläche mit einer strukturierten metallisierten Struktur 552 gebildet wird. Alternativ könnte die Oberfläche des ablenkenden Reflektors die Form mindestens einer Feinabstand-Mikrolinsenanordnung haben. Der ablenkende Reflektor kann aus holographischen Elementen entweder einzeln oder in Kombination mit refraktiven optischen Komponenten gebildet werden.

[0415] [Fig. 49d](#) zeigt eine alternative Konfiguration, bei der die ablenkenden Reflektoren an einer strukturierten metallisierten geneigten Oberfläche 554 ausgebildet sind, um den Lichtkegel zum Betrachter und weg von der Richtung der Spiegelungsreflexion von Ebenenflächen in dem Rest der Anzeige zu lenken. Eine solche Konfiguration würde die Anzeigehelligkeit durch Verringern der Größe des ausgegebenen gestreuten Kegels 556, der zum Füllen der erforderlichen Linsenapertur benötigt wird, vorteilhaft erhöhen. Im Allgemeinen würde erwartet werden, dass die Lichtquelle bezüglich der Anwenderposition über der Anzeige positioniert würde, so dass die Orientierung der Ablenkung angepasst werden kann, um die Anwendergeometrie zu erfüllen. Die strukturierten ablenkenden Reflektoren 554 können auch aus Anordnungen von Mikroprismen in jedem strukturierten Bereich gebildet werden, um vorteilhafterweise die Höhe der Prismen zu reduzieren und die Herstellungstoleranzen zu senken.

[0416] Das Reflektorelement 544 kann als strukturierte Schicht einer polarisationsempfindlichen reflektiven Folie, beispielsweise DBEF™ von 3M Corporation, konfiguriert sein.

[0417] [Fig. 50](#) zeigt eine Ausführung der Erfindung, bei der ein transmissiver räumlicher Lichtmodulator mit einem vorderen Polarisator 532, einer phasenmodulierenden Bildpunktschicht 534 und einem hinteren Polarisator 536 von einer (nicht dargestellten) Umgebungslichtquelle beleuchtet wird. Auftreffende Lichtstrahlen 558 werden durch die transmissive Anzeige 532, 534, 536 moduliert und mit einer Polarisationsrichtung 560 polarisiert. In einer ersten Betriebsart ist ein schaltbarer Polarisationsrotator 561 so ausgelegt, dass er die Polarisationsrichtung 560 so dreht, dass der Polarisationszustand 562 parallel zum außergewöhnlichen Index einer Anordnung passiver doppelbrechender Linsen 138 ist. Die Linsen haben somit eine fokussierende Wirkung und dienen im Wesentlichen zum Erzeugen eines Bilds der Lichtquelle an der Ebene eines reflektierenden Elements, das einen Diffusor 564 und eine Schicht aus polarisationsempfindlicher reflektierender Folie 566 umfasst. Die

Folie **566** kann zum Beispiel DBEF™ von 3M Corporation sein. Das Licht, das von der Folie **566** reflektiert wird, wird in einen Kegel **568** gestreut, so dass ein Teil des Lichts weg von der Spiegelungsreflexionsrichtung gelenkt wird. Das polarisierte reflektierte Licht wird von den Linsen **138** kollimiert und durch den Polarisationsrotator **561** durchgelassen, so dass der Polarisationszustand **570** parallel zur Transmissionsrichtung des hinteren Anzeigepolarisators **536** ist. Das Licht wird dann entlang zum Beispiel des Strahls **571** hin zu dem Betrachter gelenkt.

[0418] Ein transflektives Anzeigesystem umfasst auch eine Lichtquelle **572** und ein Lichtrohr **574**. Ein Lichtstrahl **577** von der Quelle **572** wird mit einer Polarisationsrichtung **576** von der Folie **566** polarisiert und fällt auf den hinteren Polarisator **536** der Anzeige orthogonal zu dessen Transmissionsrichtung auf und wird dadurch absorbiert.

[0419] Die zweite Betriebsart wird in [Fig. 51](#) beschrieben. Der schaltbare Polarisationsrotator **561** ist so konfiguriert, dass der Ausgangspolarisationszustand **578** parallel zum gewöhnlichen Index der doppelbrechenden Linse **138** ist und somit mit im Wesentlichen keiner Fokussierwirkung durchgelassen wird. Das Licht passiert den Diffusor **564** und die Polarisierung reflektierende Folie **566**, wo es auf das Lichtrohr **574** auftrifft. Das Licht wird von dem Lichtrohr reflektiert und wird mit einem Polarisationszustand zurück zum hinteren Polarisator der Anzeige **536** durchgelassen, wo es zu einem Betrachter durchgelassen wird.

[0420] Ein Lichtstrahl **577** von der Lichtquelle **572** wird von dem Lichtrohr **574** durch die Folie **566** hin zur Anzeige gelenkt, wo es durch den Polarisator **536** übertragen wird.

[0421] Auf diese Weise kann eine schaltbare Anzeige hoher Helligkeit des reflektiven Modus konfiguriert werden. Vorteilhafterweise kann das reflektierende Element eine durchgehende Schicht statt einer strukturierten Schicht sein, was die Kosten für die Herstellung und die Ausrichtung einer strukturierten reflektierenden Schicht senkt.

[0422] Um die Dicke des Systems zu senken, kann der schaltbare Polarisationsrotator **561** zwischen der Linse **138** und dem Reflektor **566** positioniert sein. Der Polarisationsrotator kann ein elektronischer Polarisationsrotatorschalter sein, beispielsweise eine phasenmodulierende Flüssigkristallschicht.

[0423] In der Konfiguration von [Fig. 50](#), bei der die Anzeige sich im verstärken Helligkeitsmodus befindet, wird das Licht von der Hintergrundbeleuchtung am Eingangspolarisator der Anzeige ausgelöscht. Es ist möglich, zusätzlich die Hintergrundbeleuchtung für diesen Modus zu nutzen, wie in [Fig. 54](#) gezeigt

wird. Das polarisierte Licht von dem Polarisator **536** fällt auf einen schaltbaren Polarisationsrotator **561** auf. Der Polarisationszustand wird um 90 Grad gedreht und fällt auf den außergewöhnlichen Index der doppelbrechenden Mikrolinse **138** auf. Das Licht wird dann auf den Reflektor fokussiert, der einen Diffusor **564** und ein Spiegelement **580** umfasst. Das Licht wird dann in einen Kegel zurück zur Linsenanordnung reflektiert, wo es erneut kollimiert und hin zur Betrachtungszone der Anzeige durch den Schirm **536, 534, 532** entlang zum Beispiel des Lichtstrahls **571** gelenkt wird.

[0424] Ein Lichtstrahl **582** von der Hintergrundbeleuchtungslichtquelle **572** wird von dem diffusen Reflektor **564, 580** reflektiert und passiert die Linsenanordnung **138** und den Polarisationsrotator **561**. Das Licht fällt dann auf den Polarisator **536**, wo ein linearer Polarisationszustand übertragen wird. Die Anzeige arbeitet in einer zweiten Betriebsart, mit im Wesentlichen unmodifizierter Richtungsverteilung, durch Schalten des schaltbaren Polarisationsrotators **561**, wie es vorstehend beschrieben wurde. Wie in all den vorangehenden Ausführungen können der schaltbare Polarisationsrotator **561** und die Linse **138** durch eine elektronisch schaltbare Linse oder eine Linse fester Brennweite ersetzt werden.

[0425] Es versteht sich, dass die vorstehend beschriebenen Ausführungen lediglich beispielhaft sind und dass die vorliegende Erfindung in jede Einrichtung, Vorrichtung, jedes System oder jede Anordnung oder dergleichen übernommen werden kann, um Licht zwischen verschiedenen Richtungsverteilungen zu schalten.

[0426] Die in dieser Erfindung beschriebene Vorrichtung verweist zum Beispiel im Allgemeinen auf eine der ersten oder zweiten Betriebsarten, in der die ausgegebene Richtungsverteilung im Wesentlichen gleich der eingegebenen Richtungsverteilung ist. Dies kann zum Beispiel durch Festlegen des gewöhnlichen Brechungsexponenten des doppelbrechenden Materials im Wesentlichen gleich dem Index des isotropen Materials, das zum Bilden der mikrostrukturierten Fläche verwendet wird, verwirklicht werden. Innerhalb des Schutzmangels dieser Erfindung können sowohl die erste als auch die zweite Betriebsart so ausgelegt werden, dass die eingegebene Richtungsverteilung modifiziert wird. Dies kann zum Beispiel durch Festlegen sowohl des außergewöhnlichen als auch des gewöhnlichen Brechungsexponenten des doppelbrechenden Materials bei einem anderen Wert als der Brechungsexponent des benachbarten Materials, zum Beispiel des zum Bilden der mikrostrukturierten Fläche verwendeten isotropen Materials oder von Luft, wenn kein isotropes Material vorgesehen ist, verwirklicht werden. Die erste und die zweite ausgegebene Richtungsverteilung unterscheiden sich dann voneinander und von der eingegebenen

Richtungsverteilung.

Patentansprüche

1. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung zur Verwendung in einer richtungsabhängigen Anzeigeeinrichtung, die die folgenden, zur Reihenanordnung mit einem räumlichen Lichtmodulator geeigneten Elemente umfasst:

einen schaltbaren Polarisator, der zwischen einer ersten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer ersten Polarisationskomponente durchlässt, und einer zweiten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer zweiten Polarisationskomponente durchlässt, schaltbar ist; und

eine Anordnung von doppelbrechenden Mikrolinsen mit solcher Doppelbrechung, dass bei Betrieb die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen Licht der ersten Polarisationskomponente im Wesentlichen in eine erste Richtungsverteilung und Licht der zweiten Polarisationskomponente im Wesentlichen in eine sich von der ersten Richtungsverteilung unterscheidende zweite Richtungsverteilung lenkt,

wobei der schaltbare Polarisator und die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen in Reihe angeordnet und so ausgelegt sind, dass bei Anordnung in Reihe mit einem räumlichen Lichtmodulator zum Empfangen von von dem räumlichen Lichtmodulator abgegebenen Licht das von der Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung abgegebene Licht im Wesentlichen von der ersten Polarisationskomponente ist und im Wesentlichen in die erste Richtungsverteilung gelenkt wird, wenn der schaltbare Polarisator in die erste Polarisationsbetriebsart gesetzt ist, wogegen von der Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung abgegebenes Licht im Wesentlichen von der zweiten Polarisationskomponente ist und im Wesentlichen in die zweite Richtungsverteilung gelenkt wird, wenn der Polarisator in die zweite Polarisationsbetriebsart gesetzt ist.

2. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 1, welche so ausgelegt ist, dass eingegebenes Licht die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen vor dem schaltbaren Polarisator passiert.

3. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 1, welche so ausgelegt ist, dass eingegebenes Licht den schaltbaren Polarisator vor der Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen passiert.

4. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Doppelbrechung der Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen so ausgelegt ist, dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen auf eine der ersten oder zweiten Polarisationskomponenten im Wesentlichen keine optische Wirkung hat, so dass die entsprechende erste oder zweite Richtungsverteilung im Wesentlichen gleich einer

eingegebenen Richtungsverteilung ist.

5. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart mechanisch schaltbar ist.

6. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator einen ersten Polarisator für die erste Polarisationsbetriebsart und einen zweiten Polarisator für die zweite Polarisationsbetriebsart umfasst und die Vorrichtung so ausgelegt ist, dass der erste und der zweite Polarisator durch einen Bediener der Einrichtung getauscht werden können, um das Schalten der Polarisationsbetriebsarten vorzusehen.

7. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung so ausgelegt ist, dass der schaltbare Polarisator zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart schaltbar ist, indem er mit einer ersten Drehausrichtung in einer Position und Ebene im Verhältnis zur Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen positioniert ist, um die erste Polarisationsbetriebsart vorzusehen, und mit einer zweiten Drehausrichtung in der gleichen Position und Ebene im Verhältnis zur Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen positioniert ist, um die zweite Polarisationsbetriebsart vorzusehen.

8. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator ein linearer Polarisator ist und die zweite Drehausrichtung im Wesentlichen bei 90 Grad zur ersten Drehausrichtung in der Hauptebene des schaltbaren Polarisators vorliegt.

9. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator so ausgelegt ist, dass die zweite Drehausrichtung durch Drehen des schaltbaren Polarisators um 180 Grad von der ersten Drehausrichtung um eine in der Hauptebene des schaltbaren Polarisators liegende Achse erreicht wird.

10. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator einen linearen Polarisator in Reihe mit einem 90-Grad-Polarisationsrotator umfasst, so dass in der ersten Drehausrichtung die Einrichtung passierendes Licht den linearen Polarisator vor dem 90-Grad-Polarisationsrotator passiert, wodurch die erste Polarisationsbetriebsart vorgesehen wird, wogegen in der zweiten Drehausrichtung die Einrichtung passierendes Licht den 90-Grad-Polarisationsrotator vor dem linearen Polarisator passiert,

wodurch die zweite Polarisationsbetriebsart vorgesehen wird.

11. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart elektrisch schaltbar ist.

12. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator einen festen linearen Polarisator und eine schaltbare Wellenplatte oder einen schaltbaren Polarisationsrotator umfasst.

13. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator segmentiert ist, so dass Segmente gezielt zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart geschaltet werden können.

14. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator Segmentelektroden mit Abständen dazwischen umfasst und ein polarisationsmodulierendes Material des elektrisch schaltbaren Polarisators in den Abständen in gleicher Weise wie die Segmente für eine von erster und zweiter Polarisationsbetriebsart ausgerichtet ist.

15. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator Elektrodensegmente mit Abständen dazwischen umfasst und die Abstände klein genug sind, dass umsäumende Felder ein polarisationsmodulierendes Material in den Abständen schalten.

16. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das polarisationsmodulierende Material zwischen Schaltzuständen eine scharfe Grenze aufweist.

17. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrolinsen zylindrisch sind, so dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen ein Linsenraster-Bild bildet.

18. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen ein Linsensubstrat, ein ebenes Substrat und ein zwischen dem Linsensubstrat und dem ebenen Substrat sandwichartig eingeschlossenes doppelbrechendes Material umfasst und dass der Brechungsindex und/oder die Dispersion des Materials des Linsensubstrats jeweils im Wesentlichen gleich dem mindestens einen Brechungsindex

und/oder der Dispersion des doppelbrechenden Materials sind.

19. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen ein durch ein Ausrichtungsmittel ausgerichtetes doppelbrechendes Material umfasst.

20. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausrichtungsmittel durch einen oder mehrere der folgenden Prozesse vorgesehen wird:

- (i) Verwendung einer Ausrichtungsschicht;
- (ii) Verwendung eines elektrischen Felds;
- (iii) Verwendung eines Magnetfelds.

21. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausrichtungsmittel mindestens eine Ausrichtungsschicht umfasst, die durch eines oder mehrere der folgenden vorgesehen wird:

- (i) eine geriebene Polyimidschicht;
- (ii) eine Photoausrichtungsschicht;
- (iii) eine mikrogekerbte Oberfläche.

22. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein doppelbrechendes Material der Anordnung der doppelbrechenden Mikrolinsen einen Flüssigkristall umfasst.

23. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der von der Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen umfasste Flüssigkristall ein ausgehärtetes Polymernetz umfasst.

24. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nur Licht entweder der ersten oder der zweiten Polarisationskomponente ein reelles Bild im Wesentlichen in einer Fensterebene bildet.

25. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtrichtung umschaltende Einrichtung zum Schalten eines ebenen Bilds ausgelegt ist und der schaltbare Polarisator so angeordnet ist, dass er über der Fläche des ebenen Bilds gleichmäßig entweder in die erste Polarisationsbetriebsart oder die zweite Polarisationsbetriebsart geschaltet wird.

26. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen ein Linsensubstrat, ein ebenes Substrat und eine zwischen dem Linsensubstrat und dem

ebenen Substrat sandwichartig eingeschlossene Flüssigkristallschicht umfasst, wobei die Flüssigkristallschicht mit einer verhältnismäßigen Verdrehung zwischen der Ausrichtung des Flüssigkristalls an dem Linsensubstrat und der Ausrichtung des Flüssigkristalls an dem ebenen Substrat ausgerichtet ist.

27. Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach Anspruch 26 bei Abhängigkeit von Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkristall an dem Linsensubstrat im Wesentlichen parallel zur geometrischen Mikrolinsenachse der zylindrischen Mikrolinsen ausgerichtet ist.

28. Zwischen einer zweidimensionalen Betriebsart und einer dreidimensionalen autostereoskopischen Betriebsart schaltbare Anzeigeeinrichtung, welche eine Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Schalten zwischen der zweidimensionalen Betriebsart und der dreidimensionalen Betriebsart umfasst.

29. Anzeigesystem für mehrere Anwender, welches eine Lichtrichtung umschaltende Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 26 zum Schalten zwischen einer ersten und einer zweiten Anzeigebetriebsart umfasst, die so ausgelegt sind, dass in der ersten Anzeigebetriebsart verschiedenen Betrachtern verschiedene Bilder an verschiedenen Betrachtungsfenster gezeigt werden, die durch die erste Richtungsverteilung gebildet werden, und in der zweiten Anzeigebetriebsart den verschiedenen Betrachtern ein gleiches Bild gezeigt wird.

30. Anzeigesystem für mehrere Anwender nach Anspruch 29, welches weiterhin einen Sensor für das Erfassen einer Position oder Bewegung eines bestimmten Anwenders umfasst, damit das Anzeigesystem so steuerbar ist, dass der bestimmte Anwender daran gehindert wird, ein Bild in einem Betrachtungsfenster zu betrachten, das nicht zur Verwendung durch den bestimmten Anwender gedacht ist.

31. Anzeigesystem für mehrere Anwender nach Anspruch 29 oder 30, welches für den Einsatz in einem Fahrzeug so ausgelegt ist, dass einem Fahrer des Fahrzeugs in der ersten Anzeigebetriebsart andere Bilder als einem Beifahrer gezeigt werden.

32. Anzeigesystem für mehrere Anwender nach Anspruch 29, welches für den Einsatz in einem Verkehrssteuerungs-Anzeigesystem so ausgelegt ist, dass Fahrern in verschiedenen Fahrspuren in der ersten Anzeigebetriebsart verschiedene Bilder gezeigt werden.

33. Anzeigesystem für mehrere Anwender nach Anspruch 29, welches für den Einsatz in einem Verkehrssteuerungs-Anzeigesystem so ausgelegt ist, dass Fahrern bei verschiedenen Abständen von dem

Verkehrssteuerungs-Anzeigesystem in der ersten Anzeigebetriebsart verschiedene Bilder gezeigt werden.

34. Transflektive Anzeigevorrichtung mit einem Helligkeitsverstärker mit einer Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 27 zum Schalten zwischen einer ersten Helligkeitsbetriebsart und einer zweiten Helligkeitsbetriebsart, welche so ausgelegt ist, dass in der ersten Helligkeitsbetriebsart externes Licht gemäß der ersten Richtungsverteilung zu den reflektiven Abschnitten von Bildpunkten der transflektiven Anzeigevorrichtung gelenkt wird.

35. Reflektive Anzeigevorrichtung mit einem Helligkeitsverstärker mit einer Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 27 zum Schalten zwischen einer ersten Helligkeitsbetriebsart und einer zweiten Helligkeitsbetriebsart, welche so ausgelegt ist, dass in der ersten Helligkeitsbetriebsart externes Licht gemäß der ersten Richtungsverteilung zu Bildpunkten der reflektiven Anzeigevorrichtung gelenkt wird.

36. Verwendung einer Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 27 zum schaltbaren Vorsehen mehrerer Richtungsverteilungen von Licht in einer der folgenden Vorrichtungen:

- (i) einer zwischen einer zweidimensionalen Betriebsart und einer dreidimensionalen autostereoskopischen Betriebsart schaltbaren Anzeigeeinrichtung;
- (ii) einem Anzeigesystem für mehrere Anwender;
- (iii) einer transflektiven Anzeigevorrichtung, bei der die Lichtrichtung umschaltende Einrichtung eine schaltbare Helligkeitsverstärkung liefert; oder
- (iv) einer reflektiven Anzeigevorrichtung, bei der die Lichtrichtung umschaltende Einrichtung eine schaltbare Helligkeitsverstärkung liefert.

37. Verfahren zum Richtungsschalten von Licht in einer richtungsabhängigen Anzeigeeinrichtung, welches umfasst:

Eingeben von Licht von einem räumlichen Lichtmodulator zu einer Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung, die einen schaltbaren Polarisator und eine Anordnung von in Reihe angeordneten doppelbrechenden Mikrolinsen umfasst; und

Schalten des schaltbaren Polarisators zwischen einer ersten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer ersten Polarisationskomponente durchlässt, und einer zweiten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer zweiten Polarisationskomponente durchlässt, so dass Licht von der Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung mit einer ersten Richtungsverteilung abgegeben wird, wenn der schaltbare Polarisator in die erste Polarisationsbetriebsart gesetzt ist, und mit einer zweiten Richtungsverteilung abgegeben wird, wenn der schaltbare Polarisator in die zweite Polari-

sationsbetriebsart gesetzt ist, wobei sich die zweite Richtungsverteilung von der ersten Richtungsverteilung unterscheidet.

38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Eingebens von Licht zur Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung so ausgeführt wird, dass das Licht die Anordnung doppelbrechender Linsen vor dem schaltbaren Polarisator passiert.

39. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Eingebens von Licht zur Lichtrichtung umschaltenden Einrichtung so ausgeführt wird, dass das eingegebene Licht den schaltbaren Polarisator vor der Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen passiert.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 39, welches weiterhin das dergestalte Auslegen der Doppelbrechung der Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen umfasst, dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen auf eine der ersten oder zweiten Polarisationskomponenten im Wesentlichen keine optische Wirkung hat, so dass die entsprechende erste oder zweite Richtungsverteilung im Wesentlich gleich einer eingegebenen Richtungsverteilung ist.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart mechanisch geschaltet wird.

42. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator einen ersten Polarisator für die erste Polarisationsbetriebsart und einen zweiten Polarisator für die zweite Polarisationsbetriebsart umfasst und der Schritt des Schaltens des schaltbaren Polarisators zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart das Tauschen des ersten und des zweiten Polarisators umfasst.

43. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Schaltens des schaltbaren Polarisators zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart das Positionieren des schaltbaren Polarisators mit einer ersten Drehausrichtung in einer Position und Ebene im Verhältnis zur Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen zum Vorsehen einer ersten Polarisationsbetriebsart und das Positionieren des schaltbaren Polarisators mit einer zweiten Drehausrichtung in der gleichen Position und Ebene im Verhältnis zur Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen zum Vorsehen der zweiten Polarisationsbetriebsart umfasst.

44. Verfahren nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator ein linearer Polarisator ist und die zweite Drehausrichtung

im Wesentlichen bei 90 Grad zur ersten Drehausrichtung in der Hauptebene des schaltbaren Polarisators vorliegt.

45. Verfahren nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator so ausgelegt ist, dass die zweite Drehausrichtung durch Drehen des schaltbaren Polarisators um 180 Grad von der ersten Drehausrichtung um eine in der Hauptebene des schaltbaren Polarisators liegende Achse erreicht wird.

46. Verfahren nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator einen linearen Polarisator in Reihe mit einem 90-Grad-Polarisationsrotator umfasst, so dass in der ersten Drehausrichtung die Einrichtung passierendes Licht den linearen Polarisator vor dem 90-Grad-Polarisationsrotator passiert, wodurch die erste Polarisationsbetriebsart vorgesehen wird, wogegen in der zweiten Drehausrichtung die Einrichtung passierendes Licht den 90-Grad-Polarisationsrotator vor dem linearen Polarisator passiert, wodurch die zweite Polarisationsbetriebsart vorgesehen wird.

47. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart elektrisch geschaltet wird.

48. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator einen festen linearen Polarisator und eine schaltbare Wellenplatte oder einen schaltbaren Polarisationsrotator umfasst.

49. Verfahren nach Anspruch 47 oder 48, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator segmentiert ist und das Verfahren weiterhin das gezielte Schalten von Segmenten zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart umfasst.

50. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 49, welches das Schalten des schaltbaren Polarisators umfasst, so dass nur Licht einer der ersten oder zweiten Polarisationskomponenten ein reelles Bild im Wesentlichen in einer Fensterebene bildet.

51. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Richtung umgeschaltete Licht ein ebenes Bild umfasst und der Schritt des Schaltens des schaltbaren Polarisators das gleichmäßige Schalten des schaltbaren Polarisators über der Fläche des ebenen Bilds umfasst.

52. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung, welche umfasst:
einen räumlichen Lichtmodulator mit einer Bildpunkt-

matrix; und eine Anordnung von doppelbrechenden Mikrolinsen, die mit der Bildpunktmatrix ausgerichtet sind, dadurch gekennzeichnet, dass:

die richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung weiterhin einen schaltbaren Polarisator umfasst, der zwischen einer ersten Polarisationsbetriebsart, die Licht einer ersten Polarisationskomponente durchlässt, und einer zweiten Polarisationskomponente, die Licht einer zweiten Polarisationskomponente durchlässt, schaltbar ist,

die doppelbrechenden Mikrolinsen von solcher Doppelbrechung sind, dass die doppelbrechenden Mikrolinsen bei Betrieb direktes Licht der ersten Polarisationskomponente im Wesentlichen in eine erste Richtungsverteilung und Licht der zweiten Polarisationskomponente im Wesentlichen in eine sich von der ersten Richtungsverteilung unterscheidende zweite Richtungsverteilung lenken, und

die Bildpunktmatrix, die Anordnung von doppelbrechenden Mikrolinsen und der schaltbare Polarisator in Reihe angeordnet und so ausgelegt sind, dass bei Betrieb von dem räumlichen Lichtmodulator abgegebenes Licht durch die doppelbrechenden Mikrolinsen gelenkt und durch den schaltbaren Polarisator gezielt durchgelassen wird, um richtungsmoduliertes abgegebenes Licht von der richtungsabhängigen Anzeigeeinrichtung vorzusehen, wobei das richtungsmodulierte abgegebene Licht mit einer ersten Richtungsverteilung abgegeben wird, wenn der schaltbare Polarisator in die erste Polarisationsbetriebsart gesetzt ist, und mit einer sich von der ersten Richtungsverteilung unterscheidenden zweiten Richtungsverteilung abgegeben wird, wenn der schaltbare Polarisator in die zweite Polarisationsbetriebsart gesetzt ist.

53. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass der räumliche Lichtmodulator einen Abgabe analysierenden Polarisator umfasst, so dass das von dem räumlichen Lichtmodulator abgegebene Licht im Wesentlichen linear mit einer ersten linearen Polarisationsrichtung polarisiert wird.

54. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, dass die Doppelbrechung der Mikrolinsen so ausgelegt ist, dass die doppelbrechende optische Achse jeder der Mikrolinsen im Wesentlichen bei 45 Grad zur ersten linearen Polarisationsrichtung liegt; und der schaltbare Polarisator so angeordnet ist, dass die erste Polarisationskomponente im Wesentlichen parallel zur doppelbrechenden optischen Achse jeder der Mikrolinsen ist und die zweite Polarisationskomponente im Wesentlichen bei 90 Grad zur doppelbrechenden optischen Achse jeder der Mikrolinsen liegt, wodurch die erste Richtungsverteilung eine Verteilung umfasst, die im Wesentlichen durch die Linsenfunktion der doppelbrechenden Mikrolinsen vorgese-

hen wird, wogegen die zweite Richtungsverteilung eine Verteilung umfasst, die im Wesentlichen ohne Linsenfunktion der doppelbrechenden Mikrolinsen vorgesehen wird.

55. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass der räumliche Lichtmodulator eine phasenmodulierte Abgabe vorsieht und der schaltbare Polarisator so ausgelegt ist, dass er zusätzlich zum Vorsehen eines Schaltens zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart eine Ausgangspolarisationsanalyse der phasenmodulierten Abgabe liefert.

56. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 55, welche eine Flüssigkristallanzeige mit einer Bildpunktmatrix, die zwischen einem ersten und einem zweiten Flüssigkristallanzeigesubstrat ausgebildet ist, umfasst; wobei ein Eingabepolarisator an einer äußeren Fläche des ersten Flüssigkristallanzeigesubstrats vorgesehen ist, wobei die Anordnung von doppelbrechenden Mikrolinsen zwischen einer äußeren Fläche des zweiten Flüssigkristallanzeigesubstrats und dem schaltbaren Polarisator vorgesehen ist.

57. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 55 oder 56, dadurch gekennzeichnet, dass der räumliche Lichtmodulator eine Flüssigkristallvorrichtung ist und die richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung so ausgelegt ist, dass sie eine normalerweise schwarze Betriebsart für die erste oder zweite Richtungsverteilung vorsieht; wobei sie weiterhin Graustufenkorrekturmittel für verschiedene Anzeigefarben in der normalerweise schwarzen Betriebsart umfasst.

58. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 55 oder 56, dadurch gekennzeichnet, dass der räumliche Lichtmodulator eine Flüssigkristallvorrichtung ist und die richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung so ausgelegt ist, dass sie eine normalerweise weiße Betriebsart für die erste Richtungsverteilung und die zweite Richtungsverteilung vorsieht.

59. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, dass die normalerweise weiße Betriebsart sowohl für die erste als auch die zweite Richtungsverteilung durch einen schaltbaren 90-Grad-Polarisationsrotator, der zwischen einem Eingabepolarisator des räumlichen Lichtmodulators und der Bildpunktmatrix des räumlichen Lichtmodulators vorgesehen ist, vorgesehen wird.

60. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildpunktmatrix einen Reflektor im Wesentlichen in der Bildpunktebene umfasst, um eine reflektive oder transflektive richtungsabhängige Anzeigeein-

richtung vorzusehen.

61. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 60, welche so ausgelegt ist, dass eine oder mehrere externe Lichtquellen durch die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen gebündelt werden, um für eine der Richtungsverteilungen ein Bild im Wesentlichen an dem Bildpunktebenenreflektor zu bilden.

62. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 61, die zum Betreiben als reflektive richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung ausgelegt ist, wobei sie weiterhin dafür ausgelegt ist, folgendes vorzusehen:

eine Standardhelligkeitsbetriebsart, in der keine Abbildung externer Lichtquellen durch die doppelbrechenden Mikrolinsen erfolgt; und
eine verbesserte Helligkeitsbetriebsart, in der externe Lichtquellen auf die Bildpunkte abgebildet werden.

63. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 61, welche zum Betreiben als transflektive richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung ausgelegt ist, wobei sie weiterhin dafür ausgelegt ist, folgendes vorzusehen:

eine Standardhelligkeitsbetriebsart, in der im Wesentlichen keine Abbildung externer Lichtquellen durch die doppelbrechenden Mikrolinsen und im Wesentlichen keine Abbildung transmissiver Abschnitte des Bildpunkts durch die doppelbrechenden Mikrolinsen erfolgt; und
eine verbesserte Helligkeitsbetriebsart, in der externe Lichtquellen mit einer abgeänderten Richtungsverteilung auf die reflektiven Abschnitte der Bildpunkte oder die transmissiven Abschnitte der Bildpunkte abgebildet werden.

64. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 63, welche weiterhin eine Anzeige für den optimalen Wahrnehmungsbereich (Sweet Spot) umfasst.

65. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeige für den optimalen Wahrnehmungsbereich und eine Anzeigefläche voneinander getrennt und so ausgelegt sind, dass sie eingegebenes Licht von einer gemeinsamen Hinterleuchtungsanordnung empfangen.

66. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 64 oder 65, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeige für den optimalen Wahrnehmungsbereich eine weitere Mikrolinsenanordnung und eine so ausgerichtete Maske umfasst, dass Licht von abwechselnden Mikrolinsen der weiteren Mikrolinsenanordnung verdunkelt wird.

67. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 64 oder 65, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeige für den optimalen Wahrnehmungsbereich die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen verwendet und weiterhin eine Maske zum Abschirmen abwechselnder Mikrolinsen der Anordnung umfasst.

68. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 52, welche so ausgelegt ist, dass eingegebenes Licht die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen vor dem schaltbaren Polarisator passiert.

69. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 52, welche so ausgelegt ist, dass eingegebenes Licht den schaltbaren Polarisator vor der Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen passiert.

70. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 69, dadurch gekennzeichnet, dass die Doppelbrechung der doppelbrechenden Mikrolinsen so ausgelegt ist, dass die doppelbrechenden Mikrolinsen auf eine von erster oder zweiter Polarisationskomponente im Wesentlichen keine optische Wirkung haben, so dass die entsprechende erste oder zweite Richtungsverteilung im Wesentlichen gleich einer eingegebenen Richtungsverteilung ist.

71. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 70, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart mechanisch schaltbar ist.

72. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 71, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator einen ersten Polarisator für die erste Polarisationsbetriebsart und einen zweiten Polarisator für die zweite Polarisationsbetriebsart umfasst und die Vorrichtung so ausgelegt ist, dass der erste und der zweite Polarisator durch einen Anwender der Einrichtung getauscht werden können, um das Schalten der Polarisationsbetriebsarten vorzusehen.

73. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 71, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung so ausgelegt ist, dass der schaltbare Polarisator durch Positionieren mit einer ersten Drehausrichtung in einer Position und Ebene im Verhältnis zu den doppelbrechenden Mikrolinsen zum Vorsehen der ersten Polarisationsbetriebsart und durch Positionieren mit einer zweiten Drehausrichtung in der gleichen Position und Ebene im Verhältnis zu den doppelbrechenden Mikrolinsen zum Vorsehen der zweiten Polarisationsbetriebsart zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart schaltbar ist.

74. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator ein linearer Polarisator ist und die zweite Drehausrichtung im Wesentlichen bei 90 Grad zur ersten Drehausrichtung in der Hauptebene des schaltbaren Polarisators liegt.

75. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator so ausgelegt ist, dass die zweite Drehausrichtung durch Drehen des schaltbaren Polarisators um 180 Grad von der ersten Drehausrichtung um eine in der Hauptebene des schaltbaren Polarisators liegende Achse erreicht wird.

76. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 75, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator einen linearen Polarisator in Reihe mit einem 90-Grad-Polarisationsrotator umfasst, so dass bei der ersten Drehausrichtung die Einrichtung passierendes Licht den linearen Polarisator vor dem 90-Grad-Polarisationsrotator passiert, wodurch die erste Polarisationsbetriebsart vorgesehen wird, wogegen bei der zweiten Drehausrichtung die Einrichtung passierendes Licht den 90-Grad-Polarisationsrotator vor dem linearen Polarisator passiert, wodurch die zweite Polarisationsbetriebsart vorgesehen wird.

77. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 70, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart schaltbar ist.

78. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 77, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator einen festen linearen Polarisator und eine schaltbare Wellenplatte oder einen schaltbaren Polarisationsrotator umfasst.

79. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 77 oder 78, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator segmentiert ist, so dass Segmente gezielt zwischen der ersten und der zweiten Polarisationsbetriebsart geschaltet werden können.

80. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 79, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch schaltbare Polarisator Segmentelektroden mit Abständen dazwischen umfasst und ein polarisationsmodulierendes Material des elektrisch schaltbaren Polarisators in den Abständen in gleicher Weise wie die Segmente für eine von erster und zweiter Polarisationsbetriebsart ausgerichtet ist.

81. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 79, dadurch gekennzeichnet, dass

der elektrisch schaltbare Polarisator Elektrodensegmente mit Abständen dazwischen umfasst und die Abstände klein genug sind, dass umsäumende Felder ein polarisationsmodulierendes Material in den Abständen schalten.

82. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 81, dadurch gekennzeichnet, dass das polarisationsmodulierende Material zwischen Schaltzuständen eine scharte Grenze aufweist.

83. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 82, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrolinsen zylindrisch sind, so dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen ein Linsenraster-Bild ist.

84. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 83, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen ein Linsensubstrat, ein ebenes Substrat und ein zwischen dem Linsensubstrat und dem ebenen Substrat sandwichartig eingeschlossenes doppelbrechendes Material umfasst und dass der Brechungsindex und/oder die Dispersion des Materials des Linsensubstrats jeweils im Wesentlichen gleich dem mindestens einen Brechungsindex und/oder der Dispersion des doppelbrechenden Materials sind.

85. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 84, dadurch gekennzeichnet, dass die doppelbrechender Mikrolinsen ein durch ein Ausrichtungsmittel ausgerichtetes doppelbrechendes Material umfassen.

86. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 85, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausrichtungsmittel durch einen oder mehrere der folgenden Prozesse vorgesehen wird:

- (i) Verwendung einer Ausrichtungsschicht;
- (ii) Verwendung eines elektrischen Felds;
- (iii) Verwendung eines Magnetfelds.

87. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 85 oder 86, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausrichtungsmittel mindestens eine Ausrichtungsschicht umfasst, die durch eines oder mehrere der folgenden vorgesehen wird:

- (i) eine geriebene Polyimidschicht;
- (ii) eine Photoausrichtungsschicht;
- (iii) eine mikrogekerbte Oberfläche.

88. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 87, dadurch gekennzeichnet, dass ein doppelbrechendes Material der doppelbrechenden Mikrolinsen einen Flüssigkristall umfasst.

89. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung

nach Anspruch 88, dadurch gekennzeichnet, dass der von den doppelbrechenden Mikrolinsen umfasste Flüssigkristall ein ausgehärtetes Polymernetz umfasst.

90. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 89, welche so ausgelegt ist, dass:
die erste Richtungsverteilung dank des Aufweisens einer optischen Wirkung der doppelbrechenden Mikrolinsen auf das in der ersten Polarisationsbetriebsart abgegebene Licht abgegebenes Licht vorsieht, das mehrere Betrachtungsfenster in einer Betrachtungsebene bildet, wobei Licht von einer ersten Gruppe der Bildpunkte in einem Betrachtungsfenster ist und Licht von einer zweiten Gruppe von Bildpunkten in einem anderen Betrachtungsfenster ist, wobei die zweite Gruppe von Bildpunkten die verbleibenden Bildpunkte umfasst, so dass durch Bilden verschiedener Bilder mit Hilfe der ersten Gruppe von Bildpunkten bzw. den zweiten mehreren Bildpunkten verschiedene Bilder in den verschiedenen Betrachtungsfenster vorgesehen werden können; und
die zweite Richtungsverteilung dank des fehlenden Aufweisens einer optischen Wirkung der doppelbrechenden Mikrolinsen auf das in der zweiten Polarisationsbetriebsart abgegebene Licht keine getrennten Betrachtungsfenster vorsieht.

91. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass die Betrachtungsfenster in der Betrachtungsebene so ausgelegt sind, dass den verschiedenen Augen eines Betrachters verschiedene Bilder geboten werden können, wodurch in der ersten Polarisationsbetriebsart ein autostereoskopisches 3D-Bild vorgesehen wird, wodurch eine zwischen einer 2D-Betriebsart und einer autostereoskopischen 3D-Betriebsart umschaltbare Einrichtung vorgesehen wird.

92. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass die Betrachtungsfenster in der Betrachtungsebene so ausgelegt sind, dass in der ersten Polarisationsbetriebsart verschiedenen Betrachtern verschiedene Bilder geboten werden können, wodurch eine zwischen einer Betriebsart, die verschiedenen Anwendern verschiedene Bilder zeigt, und einer Betriebsart, die verschiedenen Anwender ein gleiches Bild zeigt, umschaltbare Einrichtung vorgesehen wird.

93. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 92, welche weiterhin einen Sensor für das Erfassen einer Position oder Bewegung eines bestimmten Anwenders umfasst, damit das Anzeigesystem so steuerbar ist, dass der bestimmte Anwender daran gehindert wird, ein Bild in einem Betrachtungsfenster zu betrachten, das nicht zur Verwendung durch den bestimmten Anwender gedacht ist.

94. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 92 oder 93, welche dergestalt für den Einsatz in einem Fahrzeug ausgelegt ist, dass einem Fahrer des Fahrzeugs in einer verschiedenen Anwendern verschiedene Bilder zeigenden Betriebsart andere Bilder als einem Beifahrer gezeigt werden.

95. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 92, welche dergestalt für den Einsatz in einem Verkehrssteuerungs-Anzeigesystem ausgelegt ist, dass Fahrern in verschiedenen Fahrspuren in der verschiedenen Anwendern verschiedene Bilder zeigenden Betriebsart verschiedene Bilder gezeigt werden.

96. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 92, welche dergestalt für den Einsatz in einem Verkehrssteuerungs-Anzeigesystem ausgelegt ist, dass Fahrern bei verschiedenen Abständen von dem Verkehrssteuerungs-Anzeigesystem in der verschiedenen Anwendern verschiedene Bilder zeigenden Betriebsart verschiedene Bilder gezeigt werden.

97. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 96, dadurch gekennzeichnet, dass nur Licht einer von erster oder zweiter Polarisationskomponente ein reelles Bild im Wesentlichen in einer Fensterebene bildet.

98. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 97, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Polarisator so ausgelegt ist, dass er in einer zwei oder mehr der Bildpunkte entsprechenden Fläche gleichmäßig geschaltet wird.

99. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach einem der Ansprüche 52 bis 98, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung doppelbrechender Mikrolinsen ein Linsensubstrat, ein ebenes Substrat und eine zwischen dem Linsensubstrat und dem ebenen Substrat sandwichartig eingeschlossene Flüssigkristallschicht umfasst, wobei die Flüssigkristallschicht mit einer verhältnismäßigen Verdrehung zwischen der Ausrichtung des Flüssigkristalls an dem Linsensubstrat und der Ausrichtung des Flüssigkristalls an dem ebenen Substrat ausgerichtet ist.

100. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 99, dadurch gekennzeichnet, dass die verhältnismäßige Verdrehung dergestalt ist, dass die Ausgangspolarisation des räumlichen Lichtmodulators mit der Ausrichtung des Flüssigkristalls an dem ebenen Substrat ausgerichtet ist.

101. Richtungsabhängige Anzeigeeinrichtung nach Anspruch 99 oder 100 bei Abhängigkeit von Anspruch 77, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkristall an dem Linsensubstrat im Wesentlichen

parallel zur geometrischen Mikrolinsenachse der zylindrischen Mikrolinsen ausgerichtet ist.

Es folgen 36 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

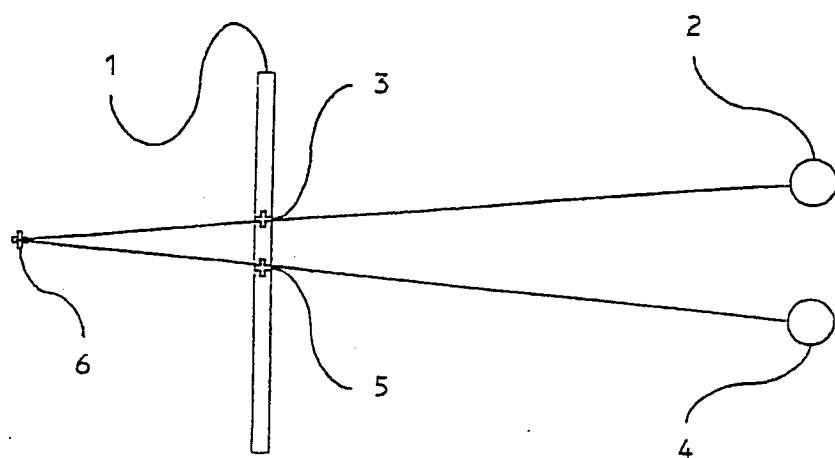


FIG. 1a

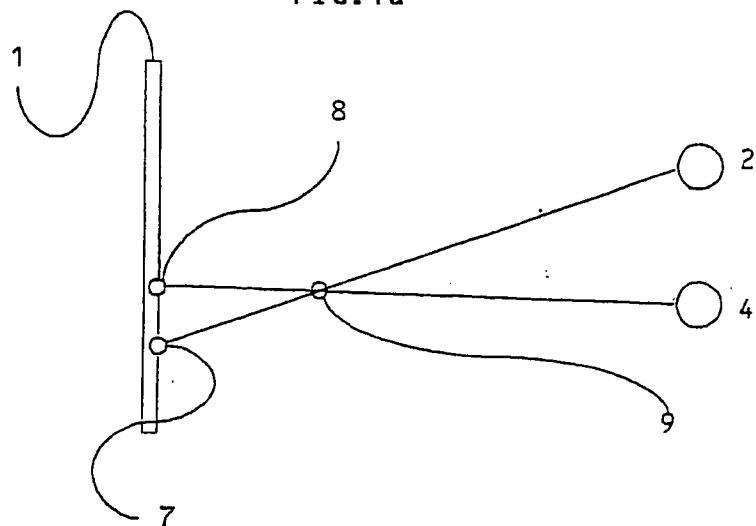


FIG. 1b

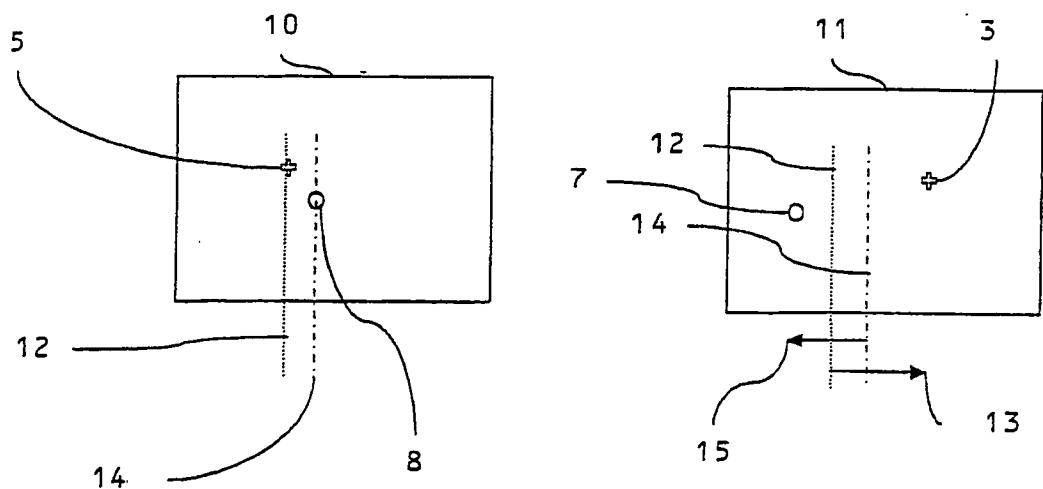
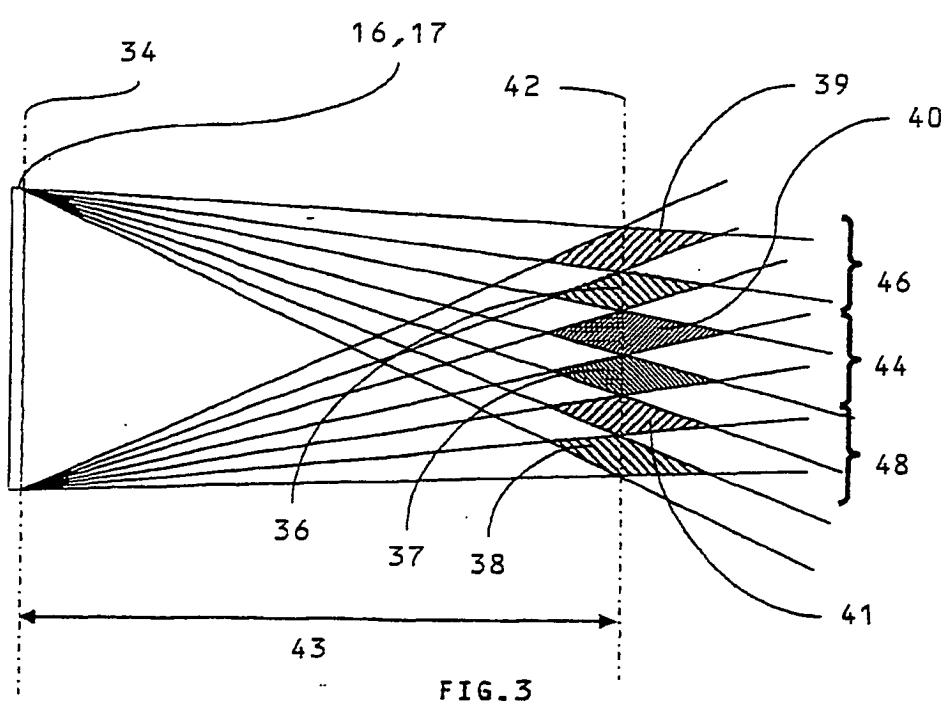
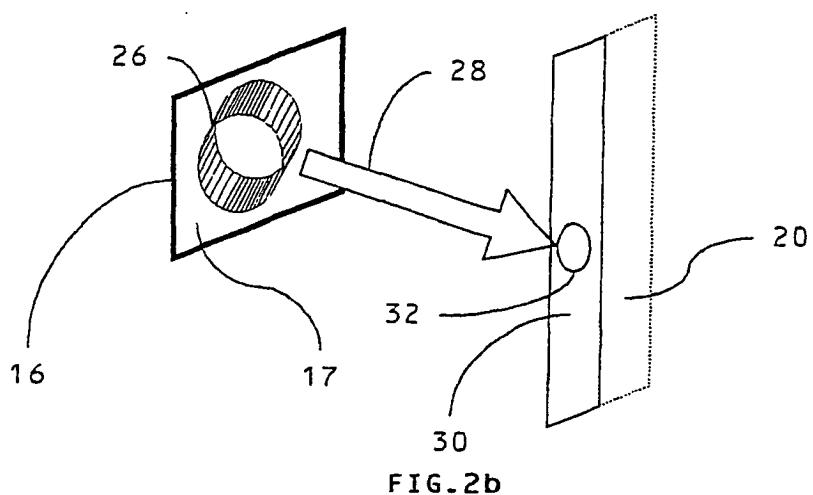
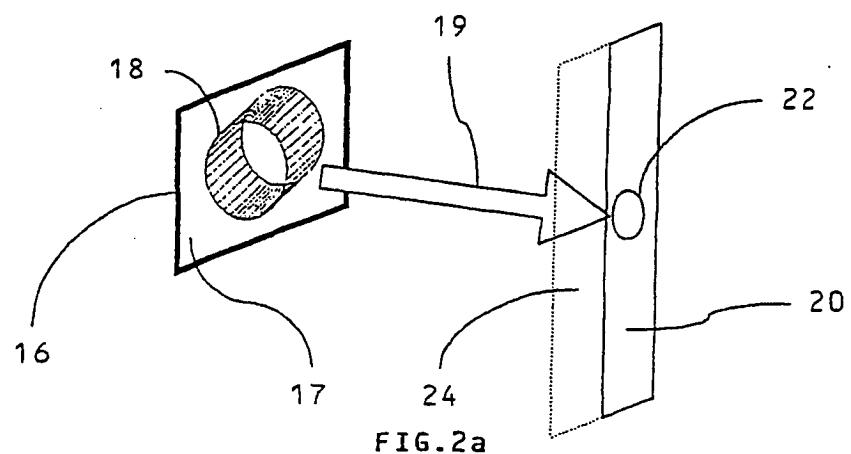
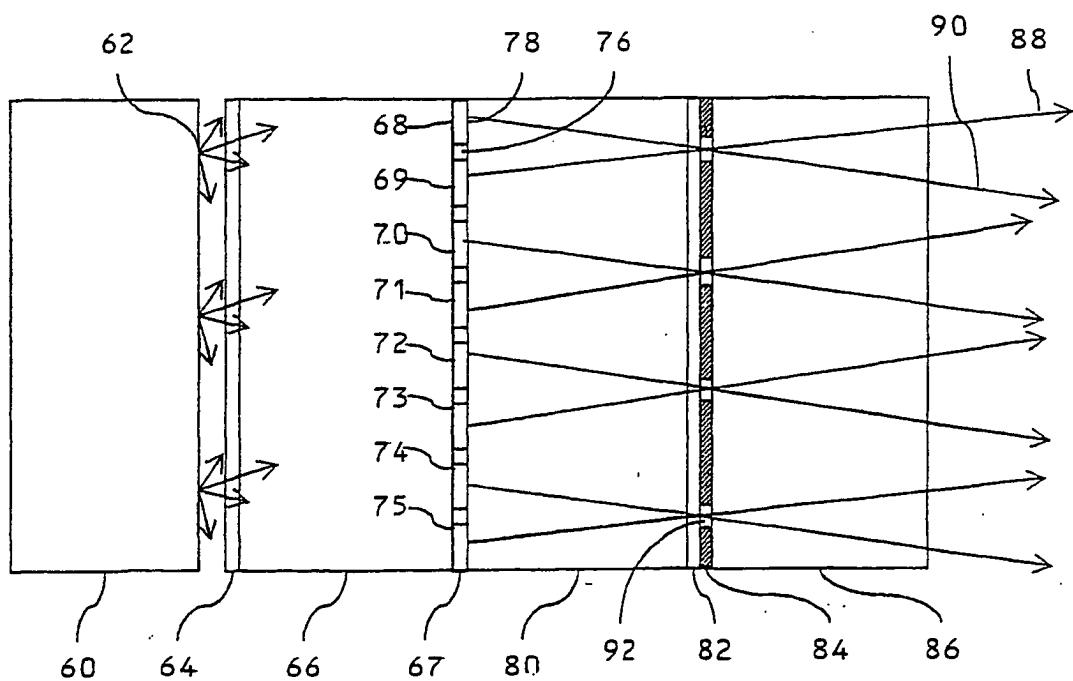
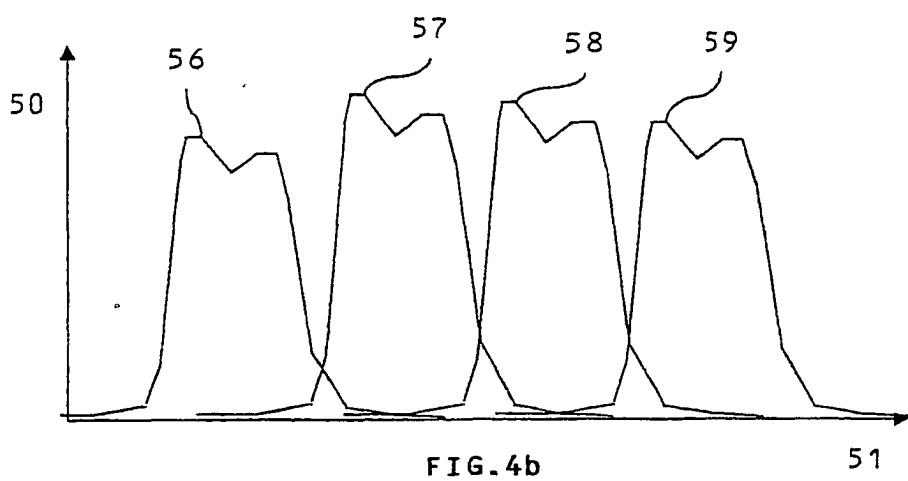
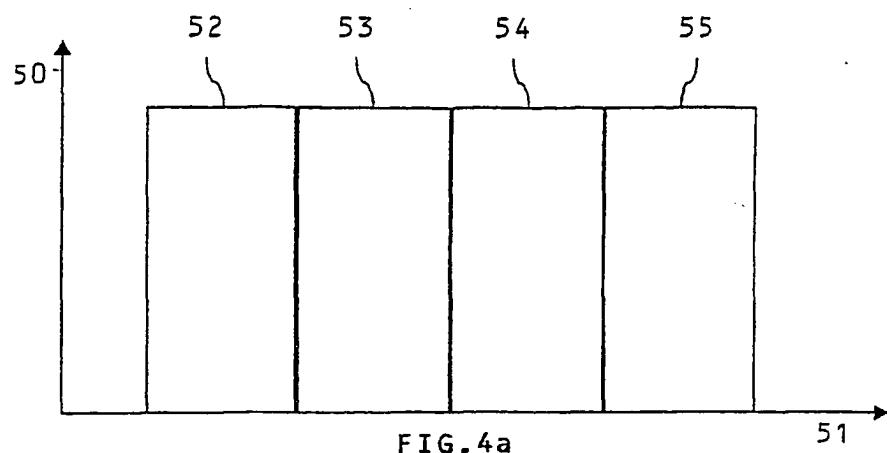


FIG. 1c





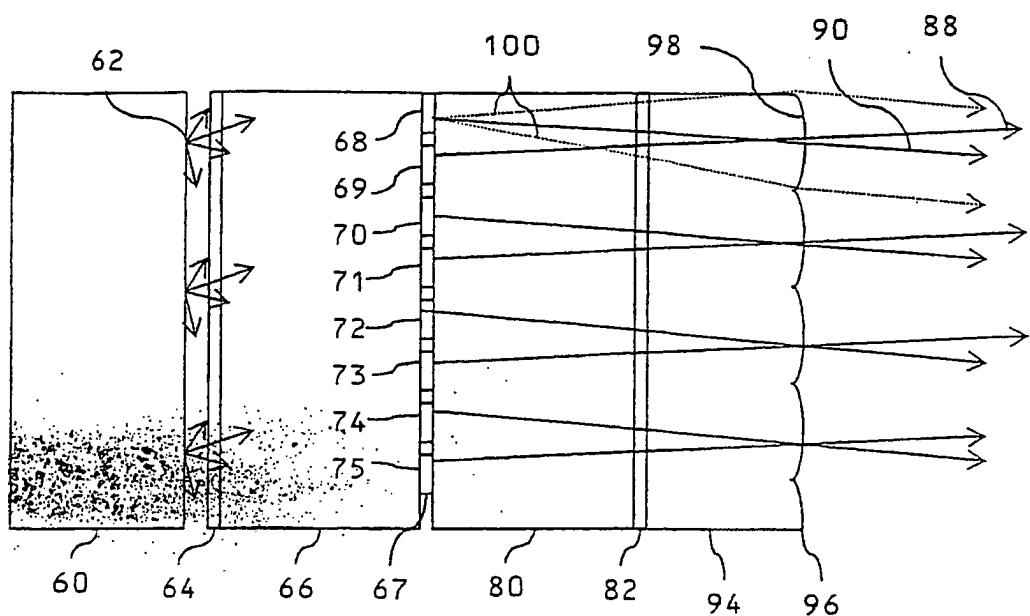


FIG. 6

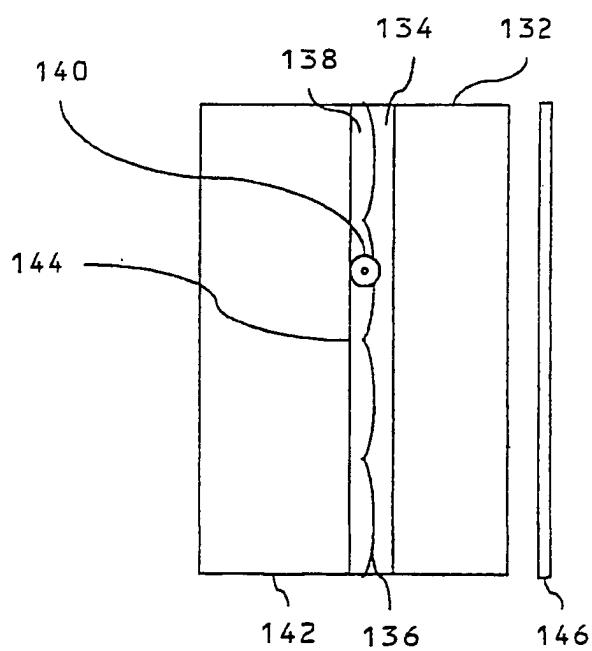


FIG. 9a

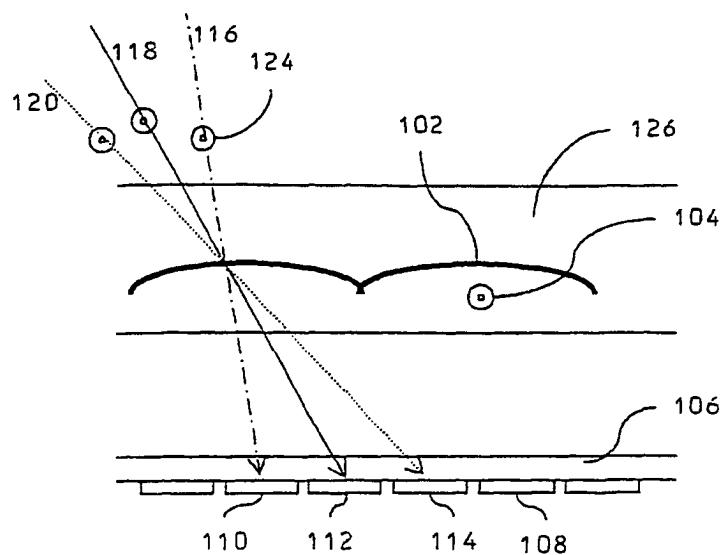


FIG. 7

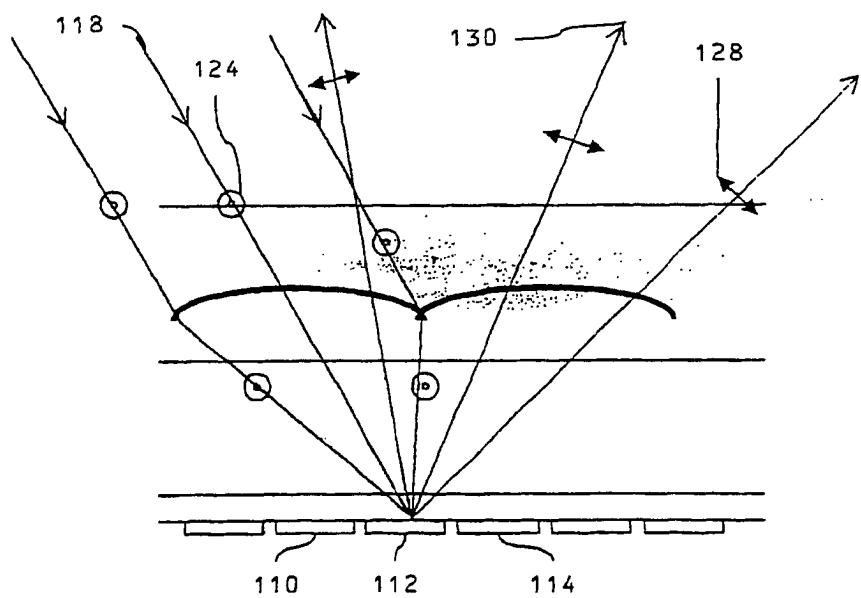
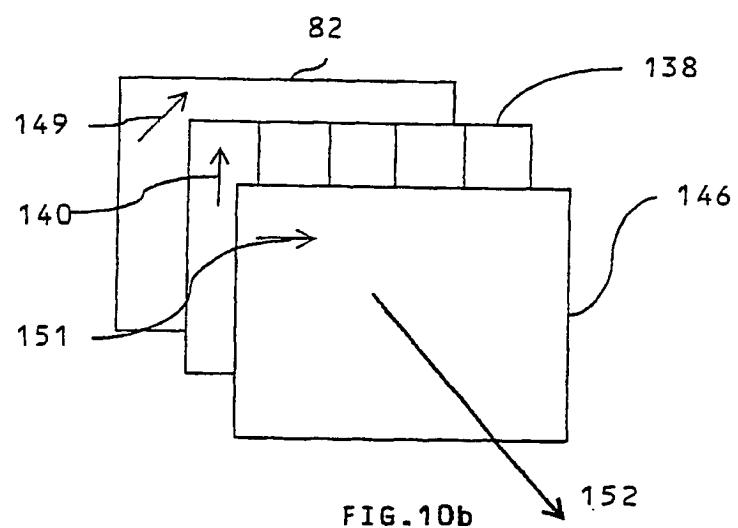
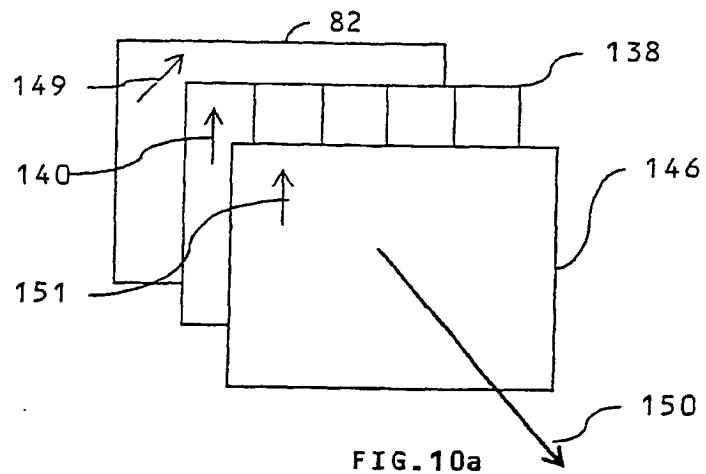
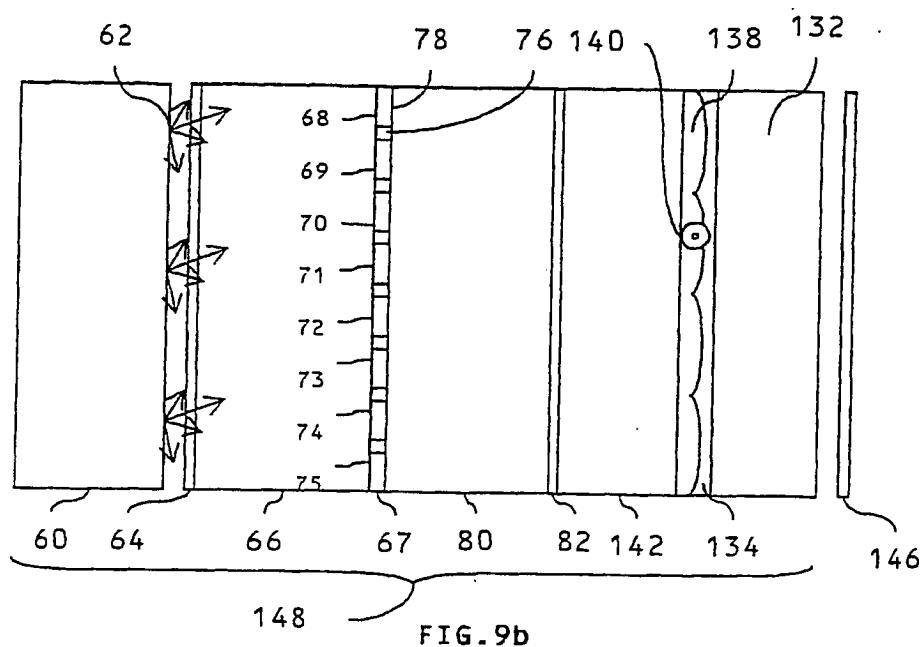


FIG. 8



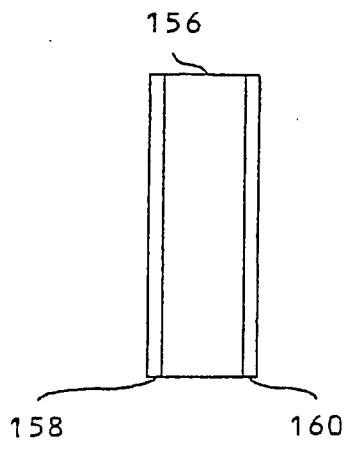


FIG. 11a

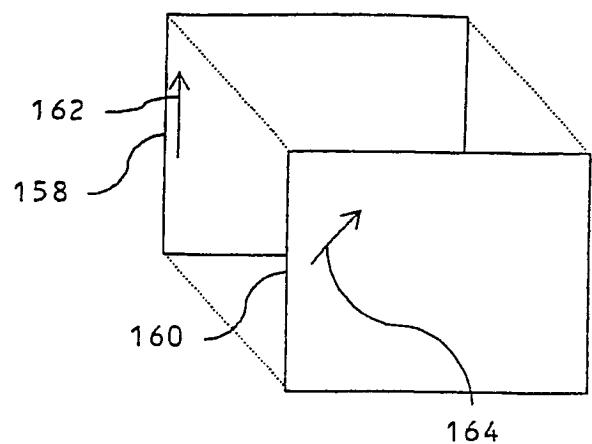


FIG. 11b

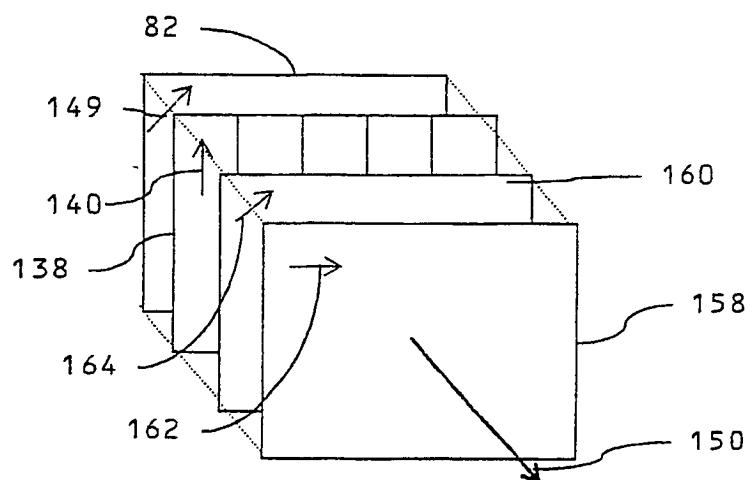


FIG. 12a

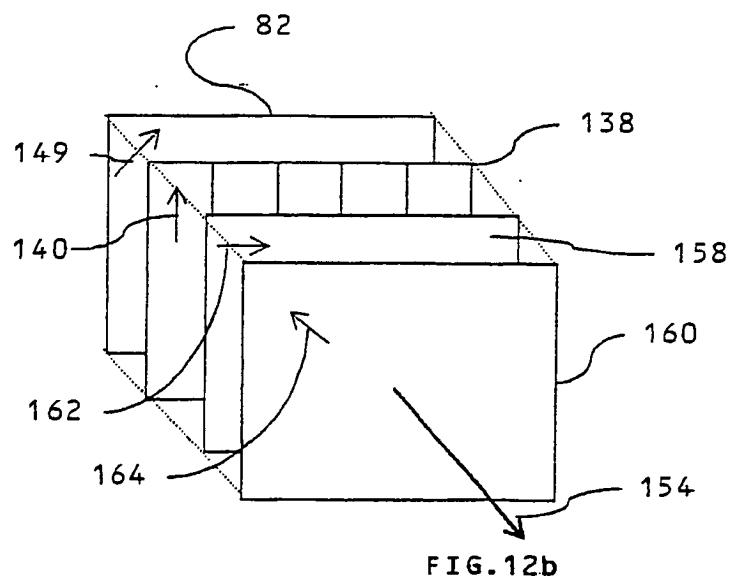


FIG. 12b

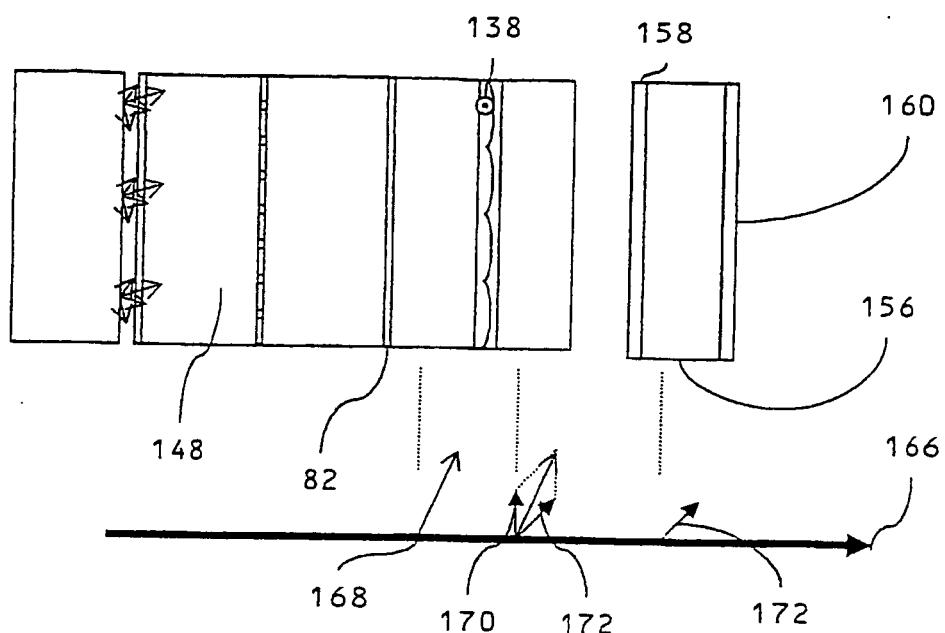


FIG. 13

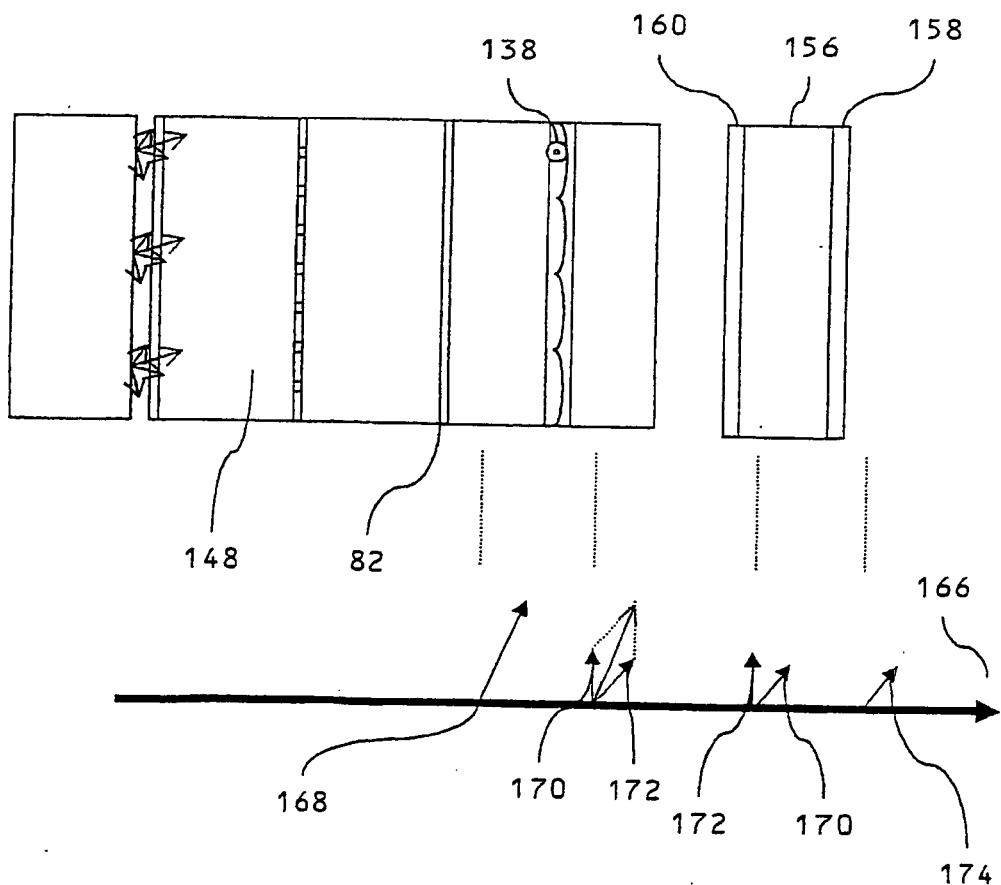


FIG. 14

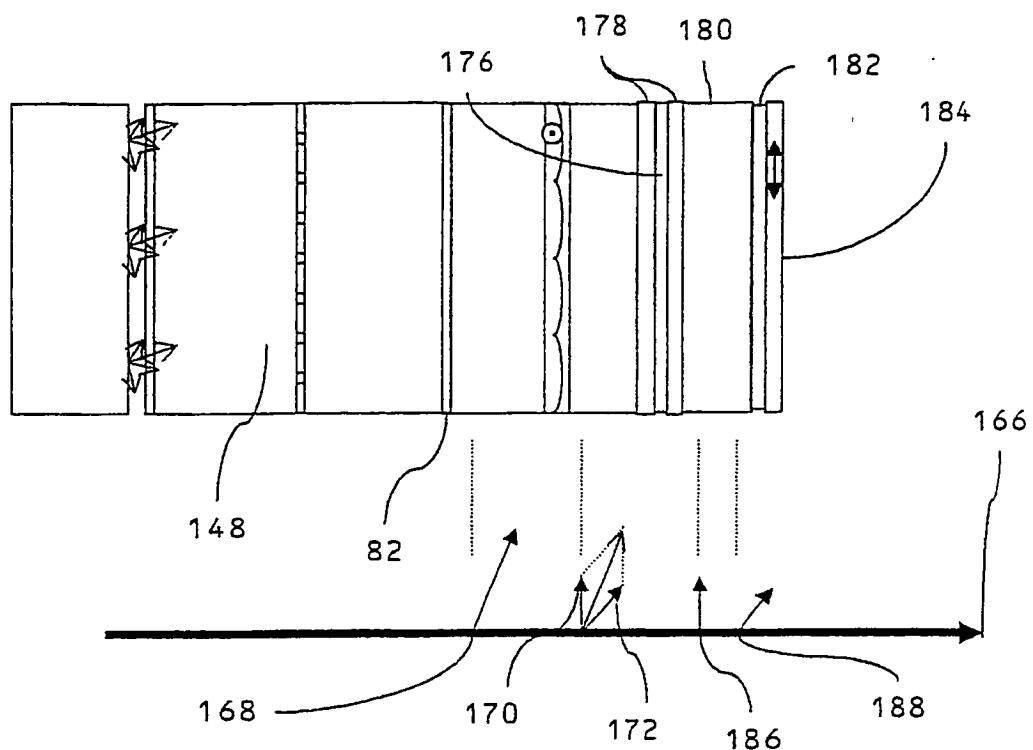


FIG. 15a

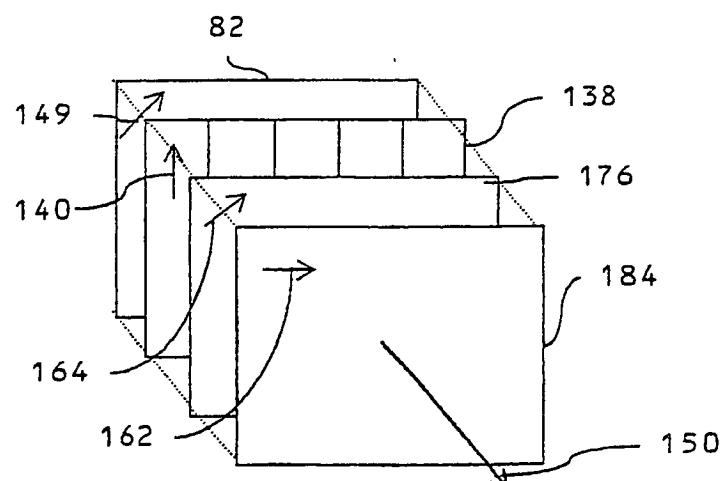
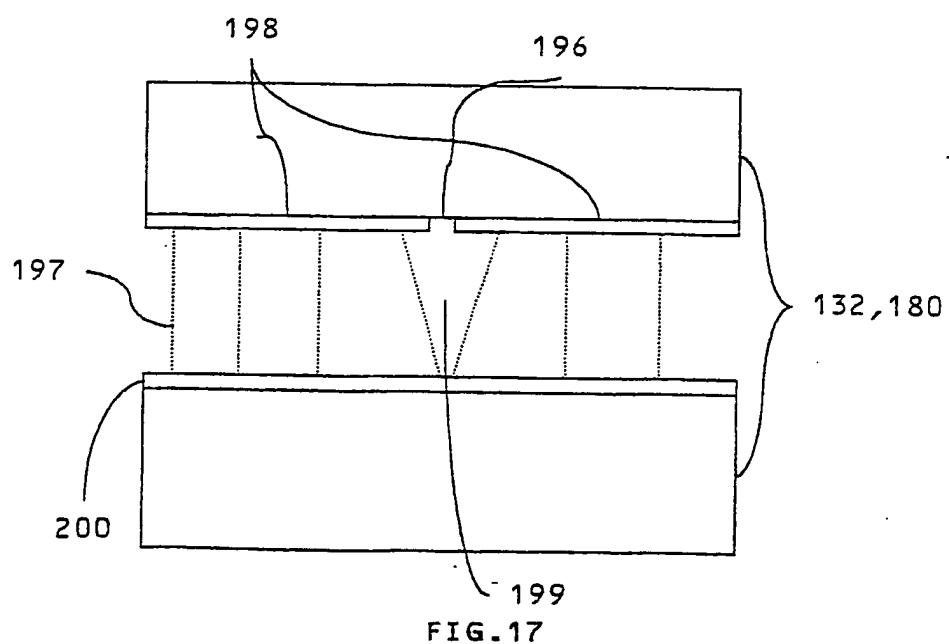
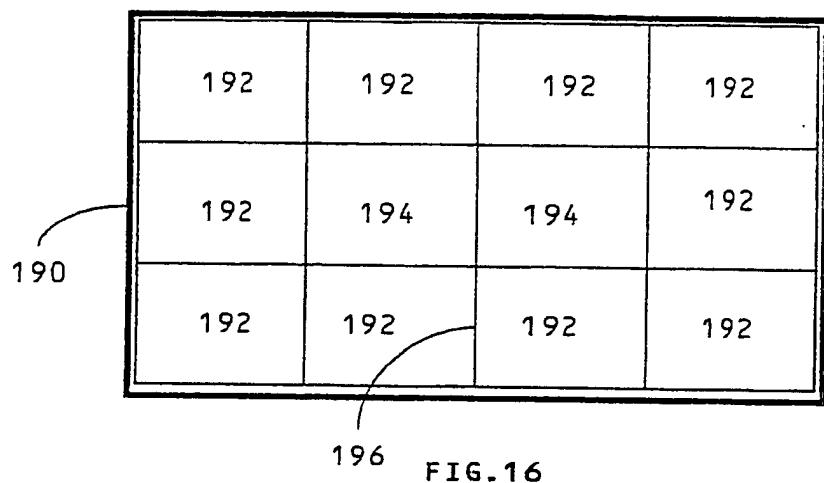
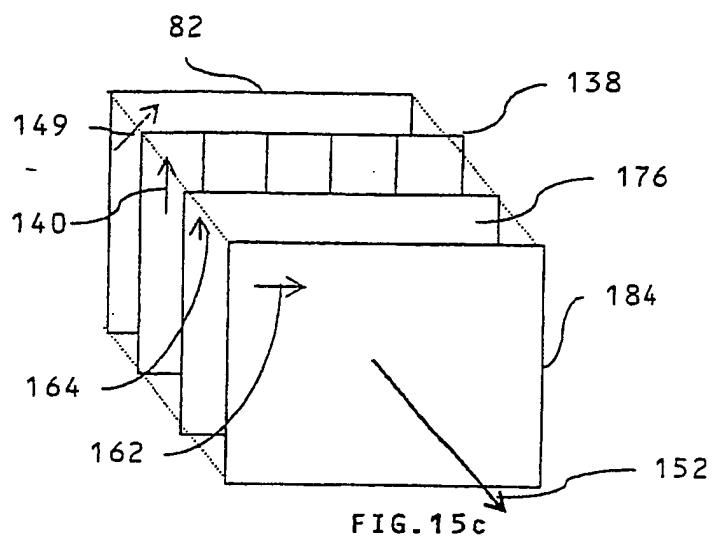


FIG. 15b



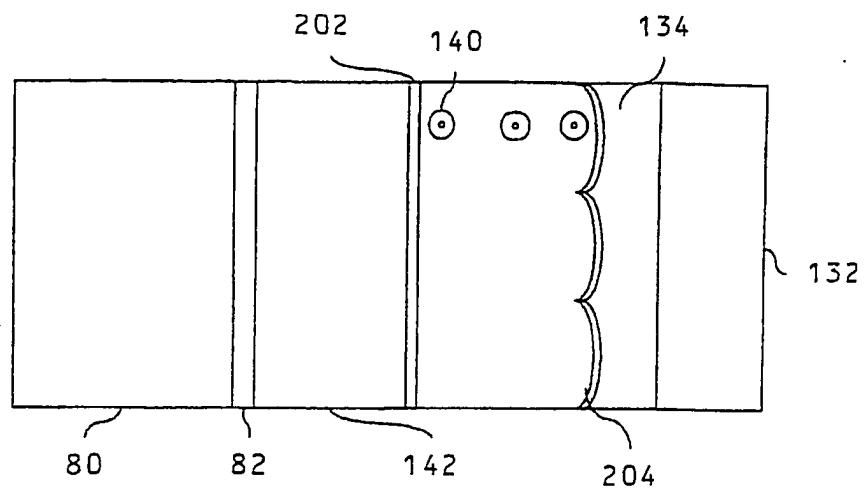


FIG. 18a

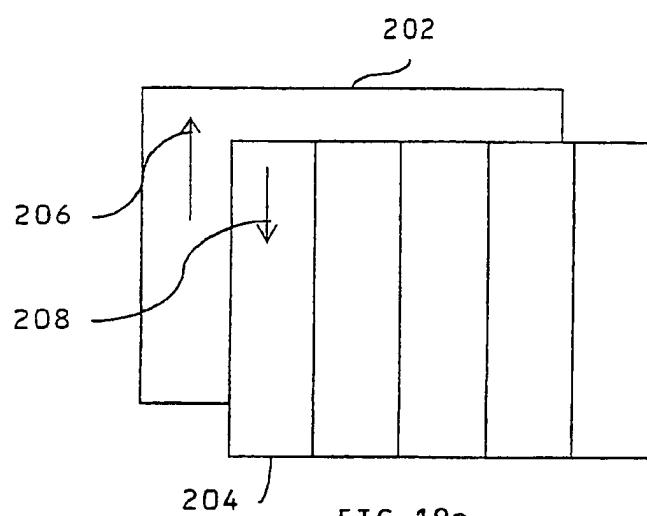


FIG. 19a

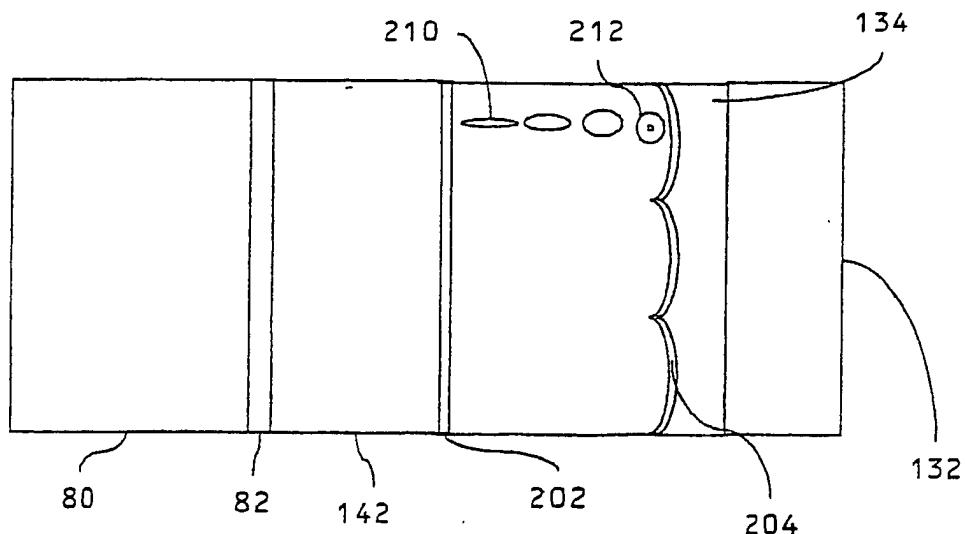
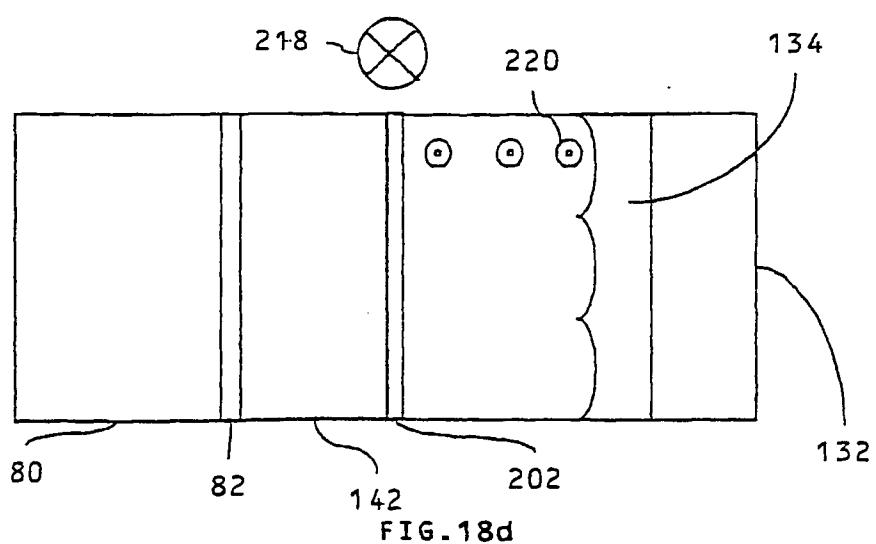
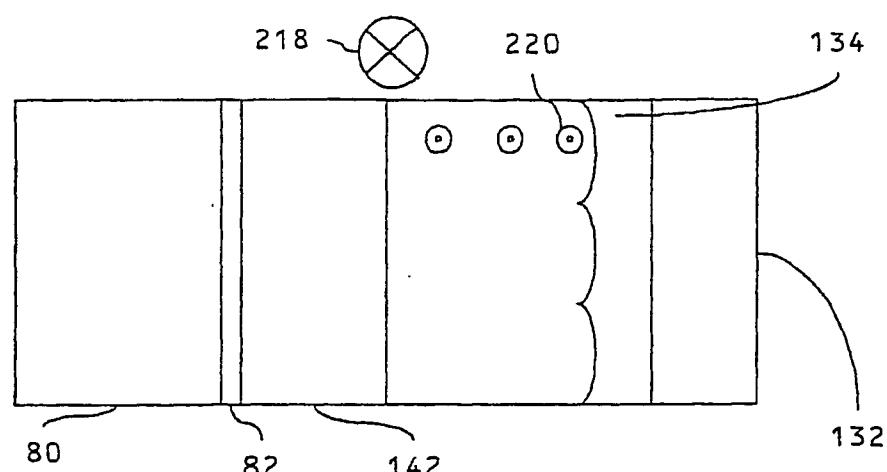
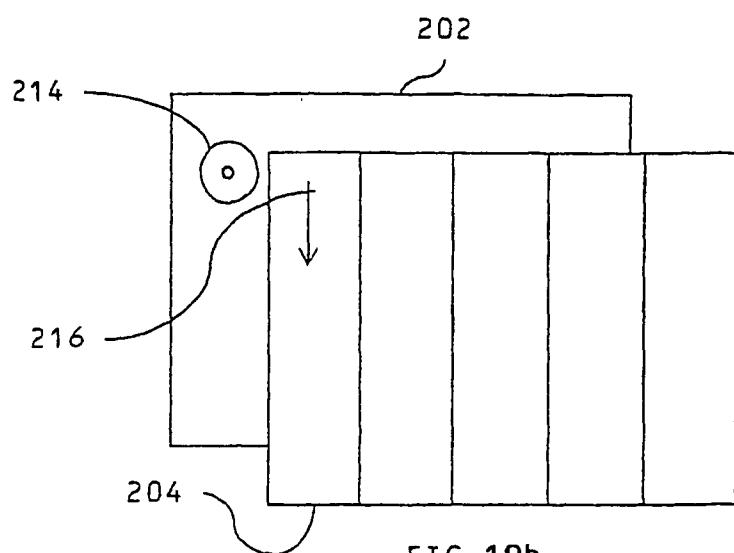
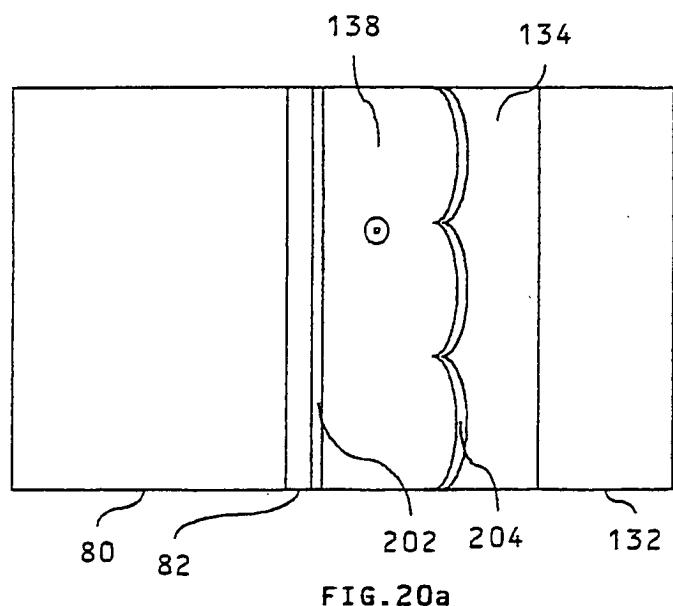
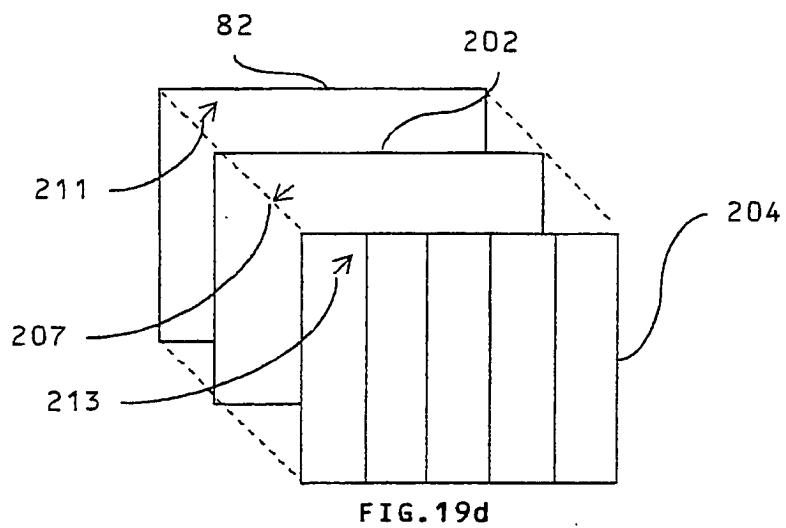
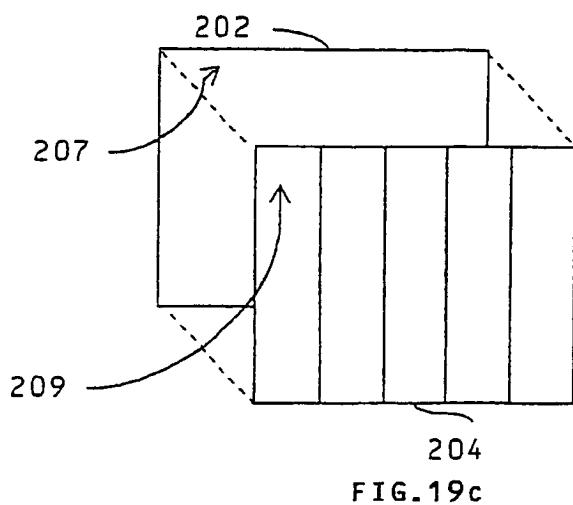


FIG. 18b





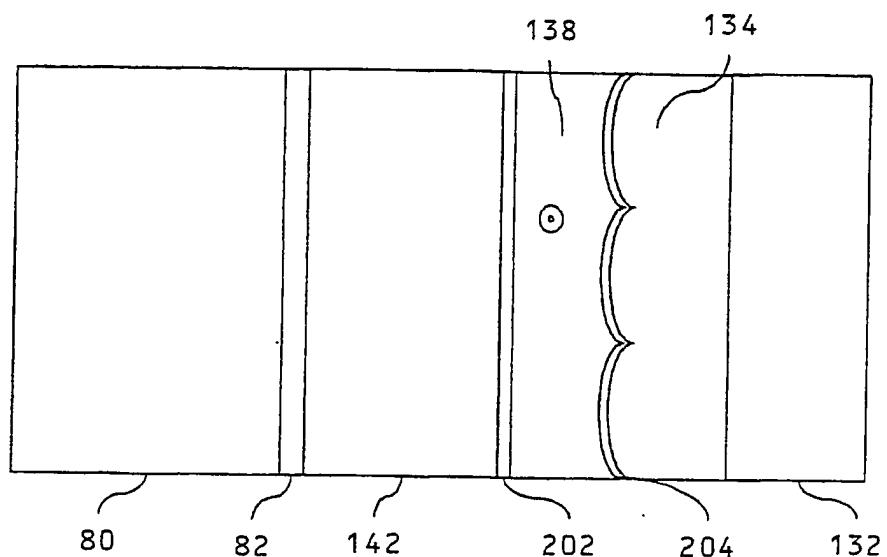


FIG. 20b

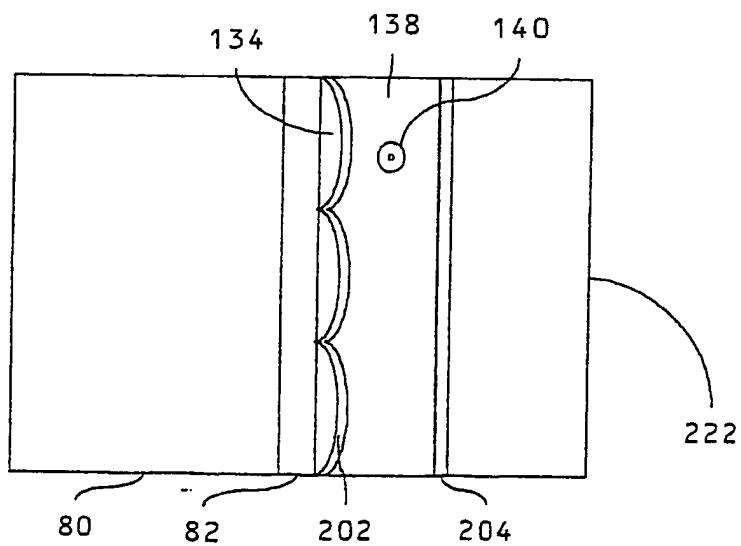


FIG. 21

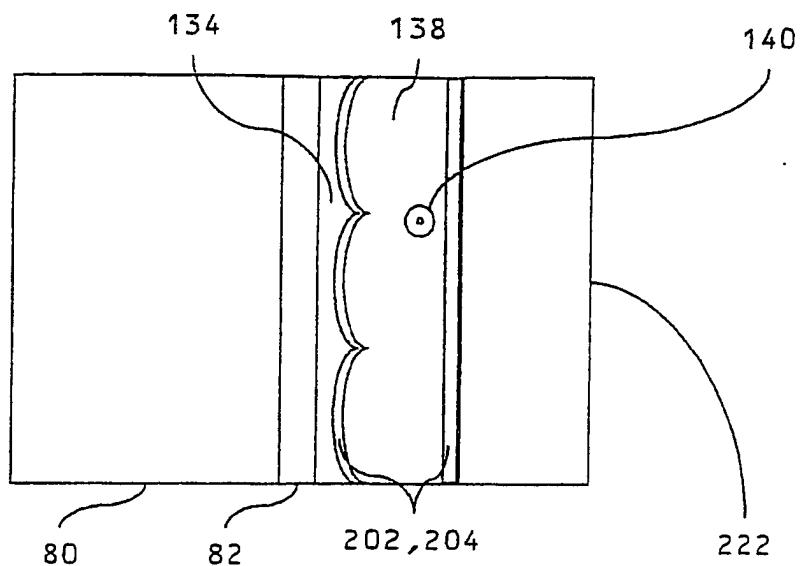


FIG. 22

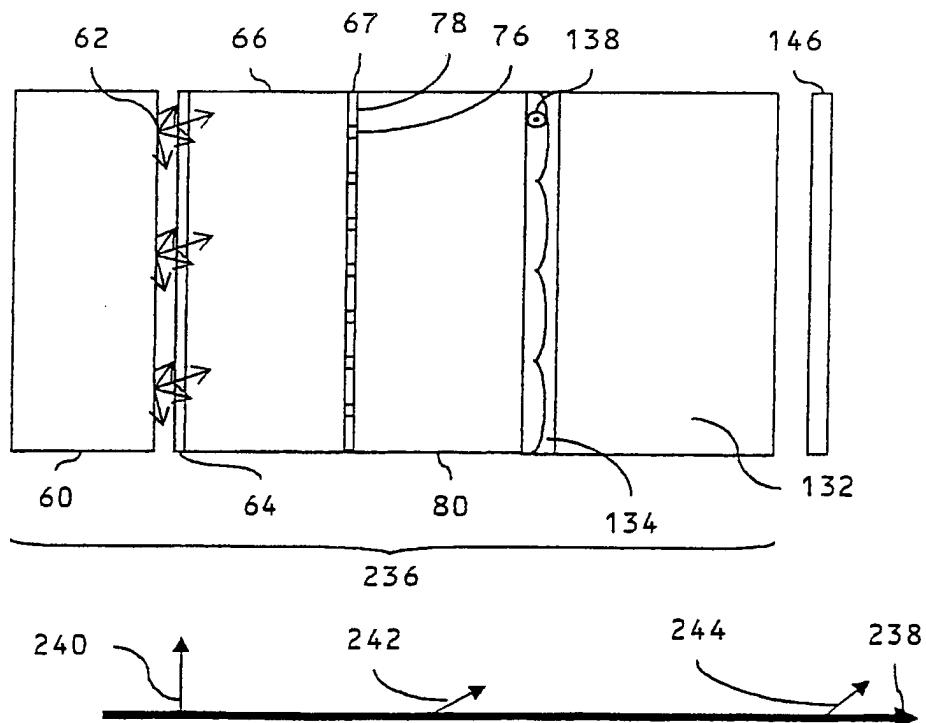
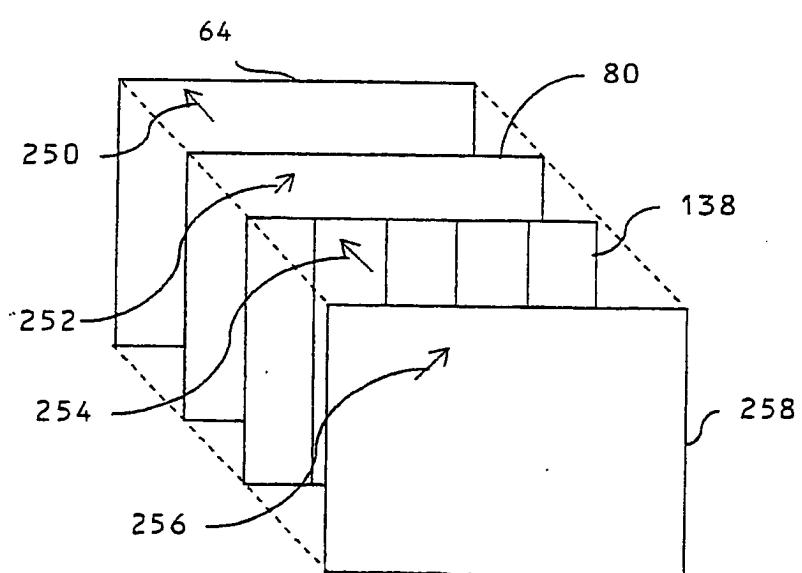
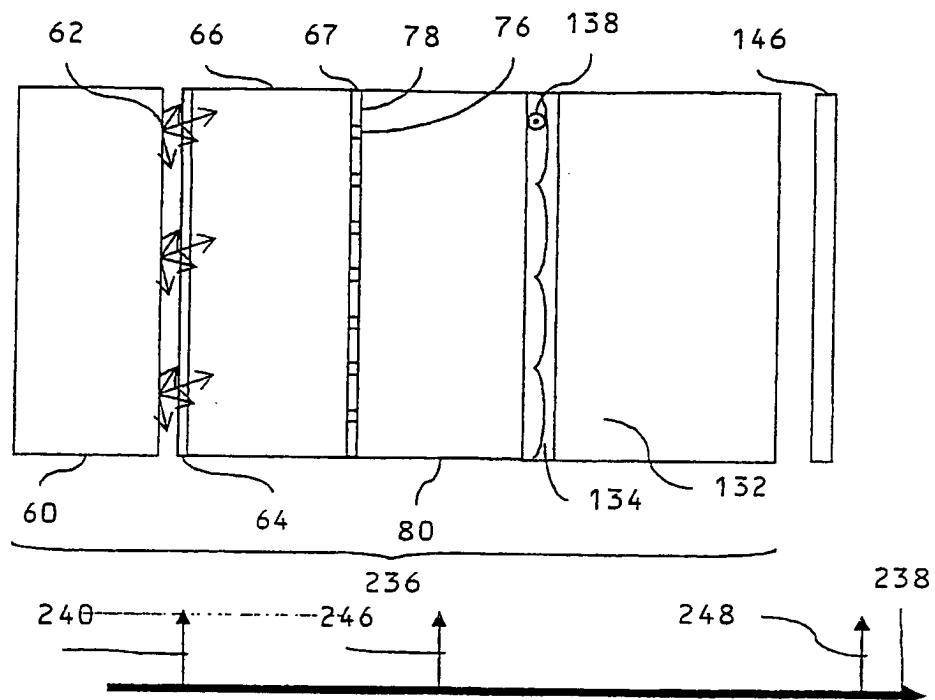
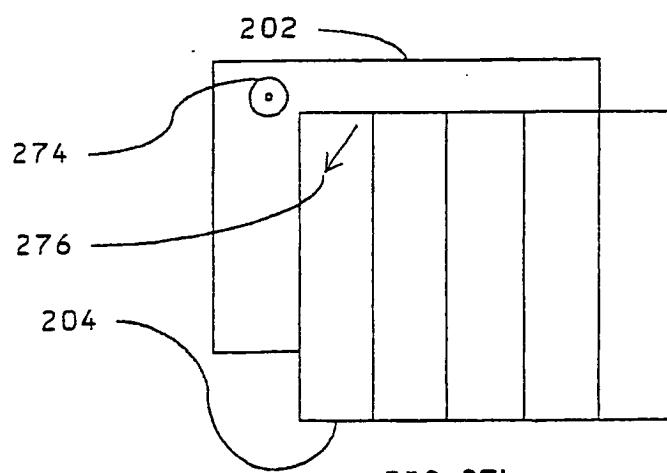
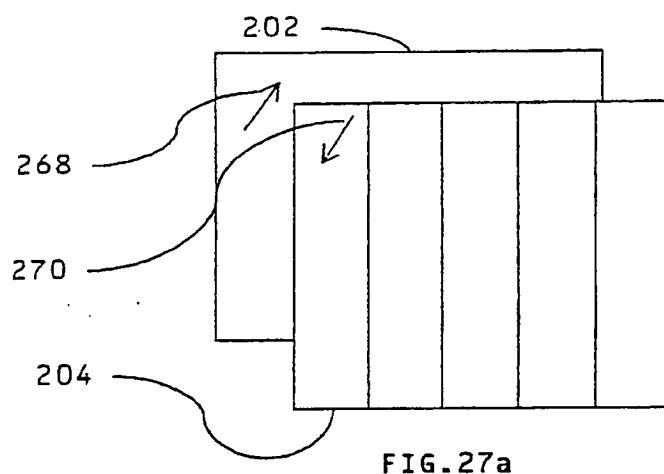
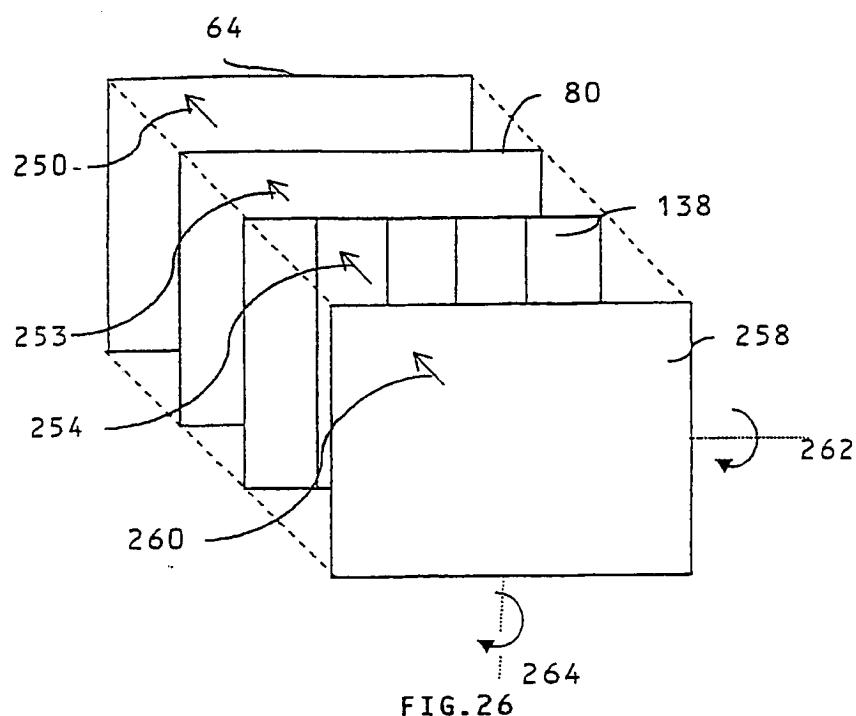


FIG. 23





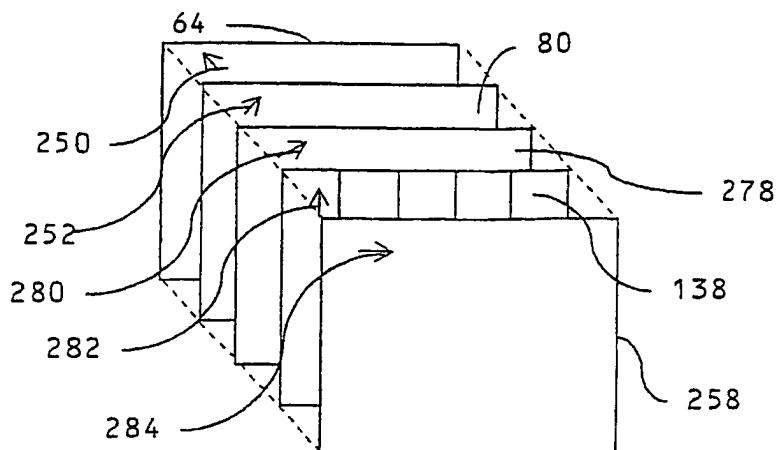


FIG. 28a

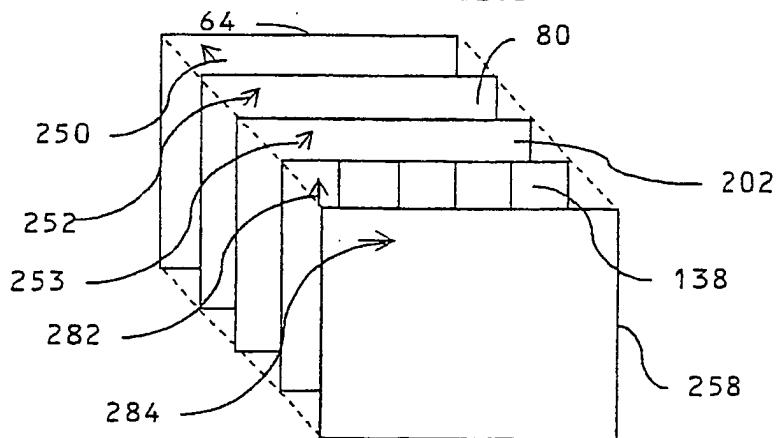


FIG. 28b

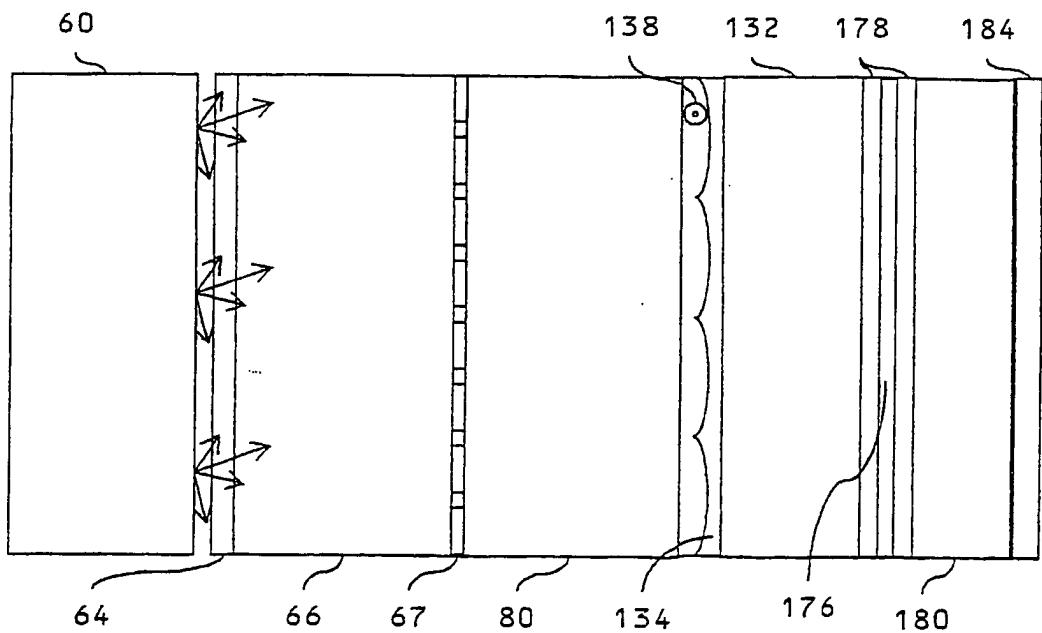


FIG. 29

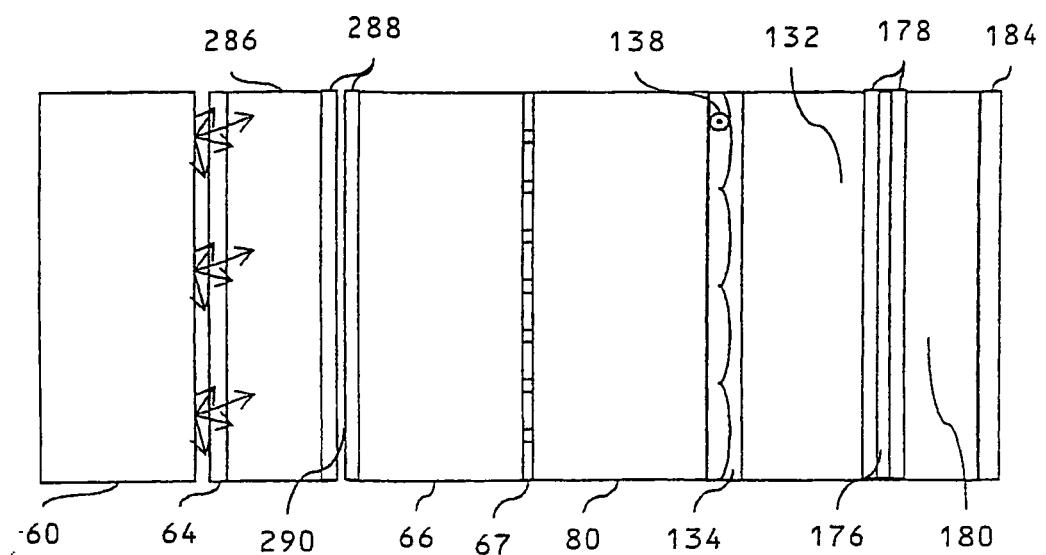


FIG. 30a

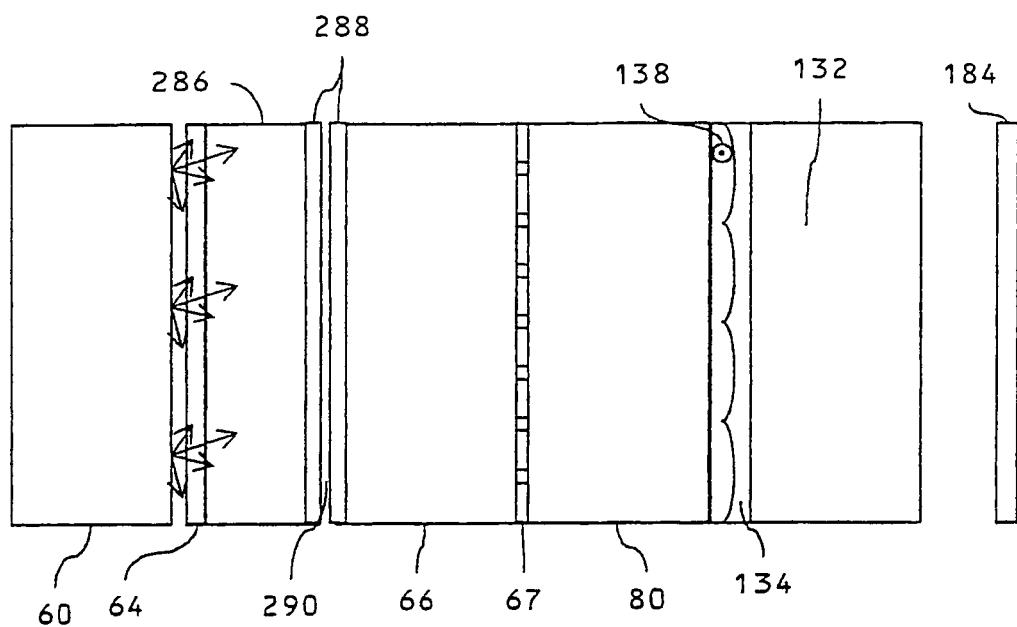
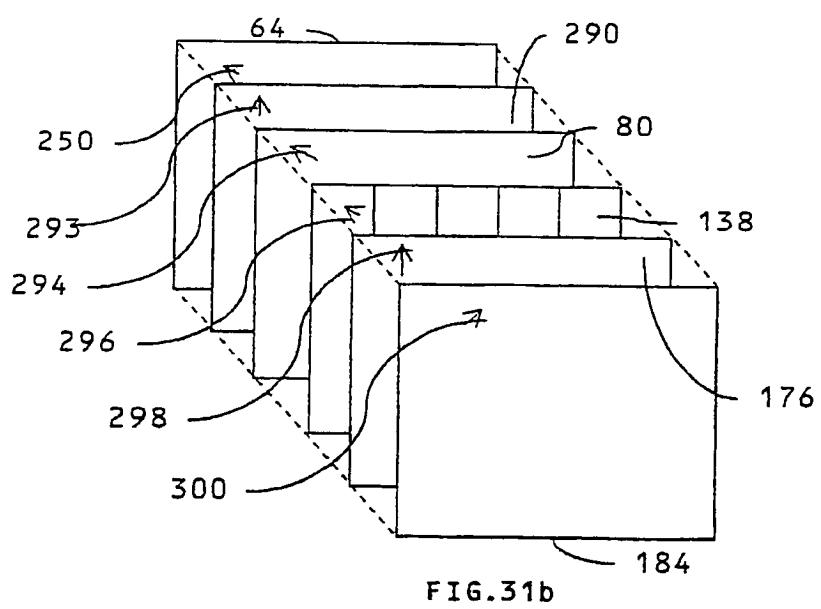
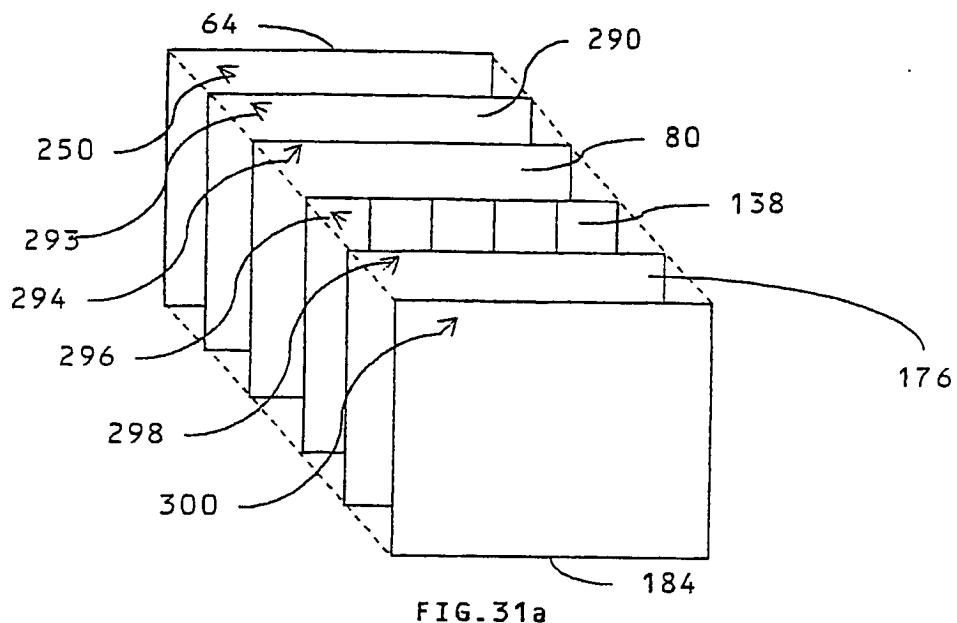


FIG. 30b



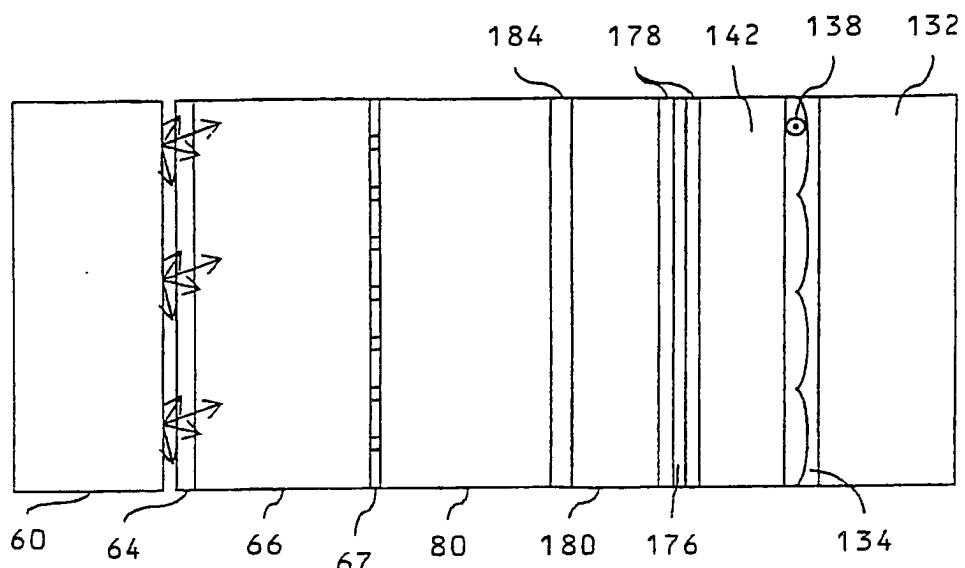


FIG. 32a

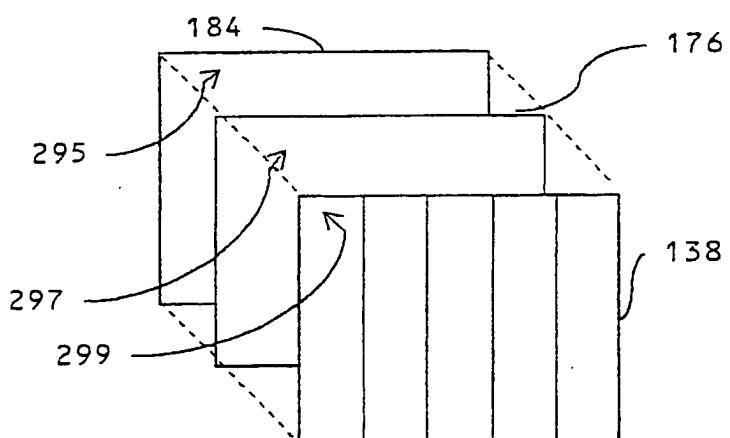


FIG. 32b

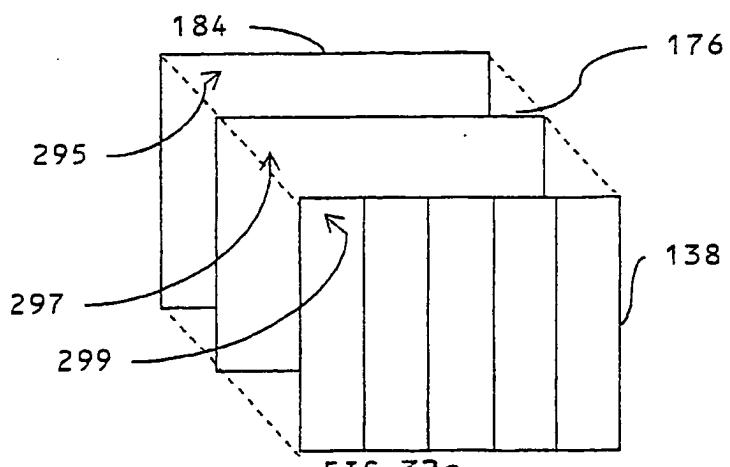


FIG. 32c

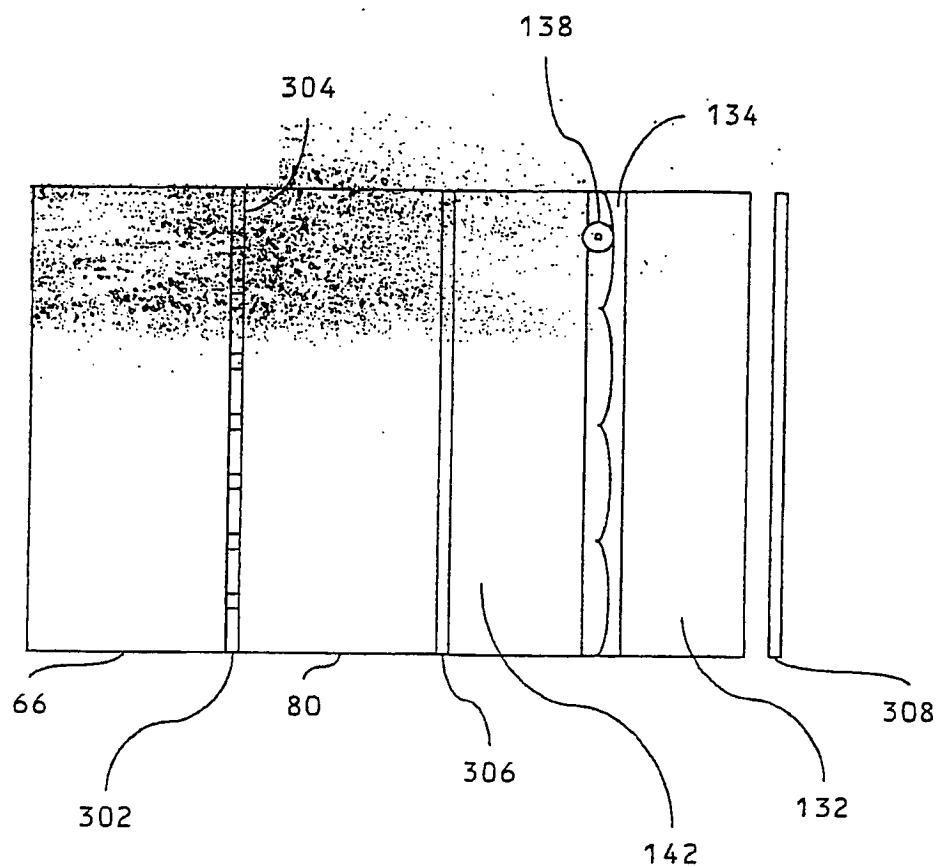


FIG. 33a

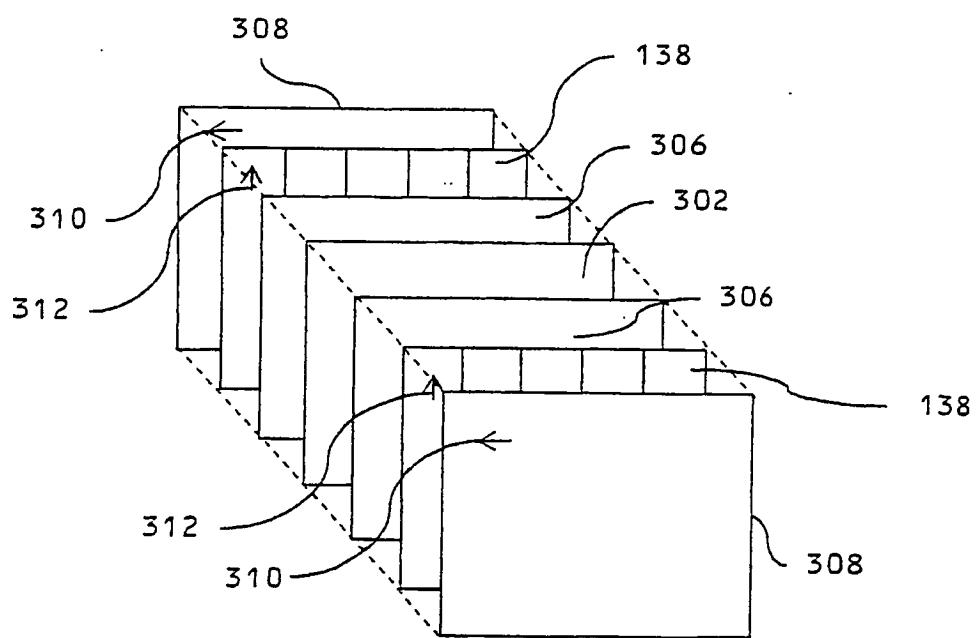


FIG. 33b

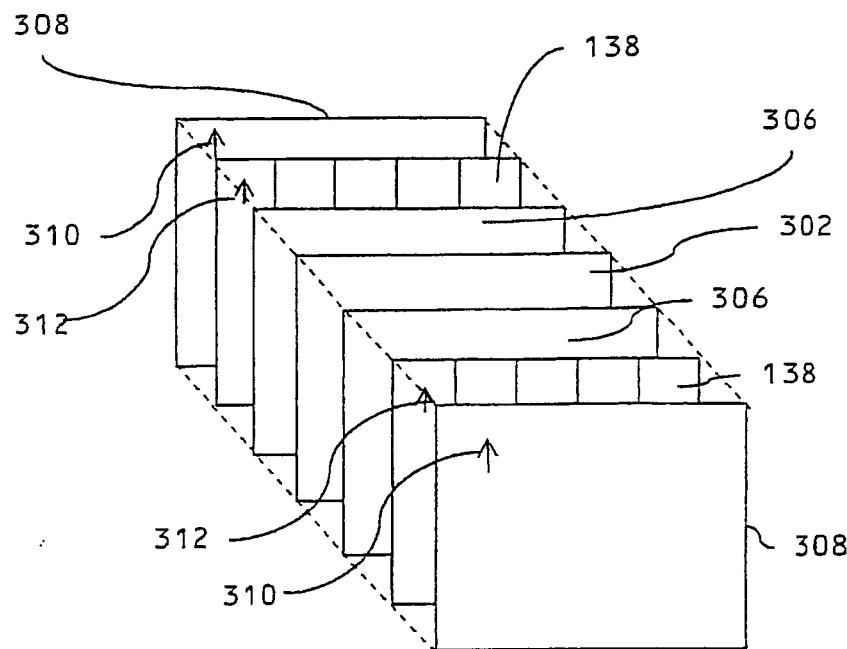


FIG. 33c

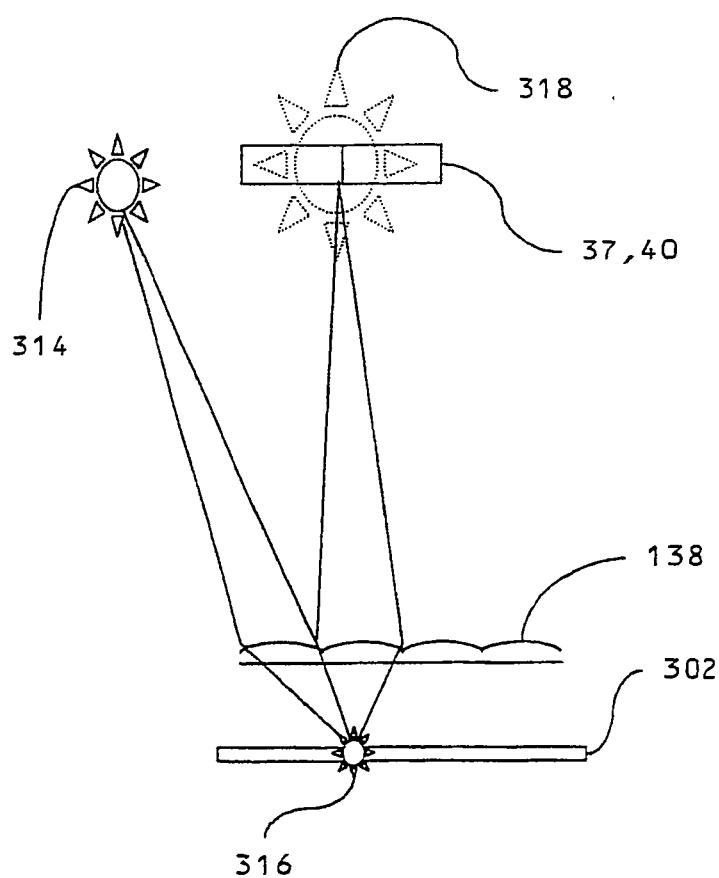


FIG. 33d

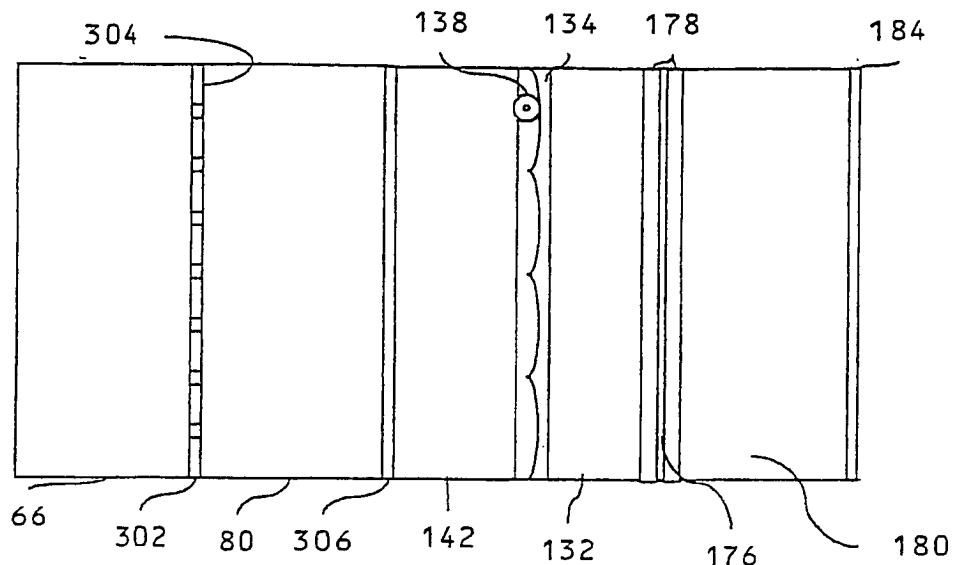


FIG. 33e

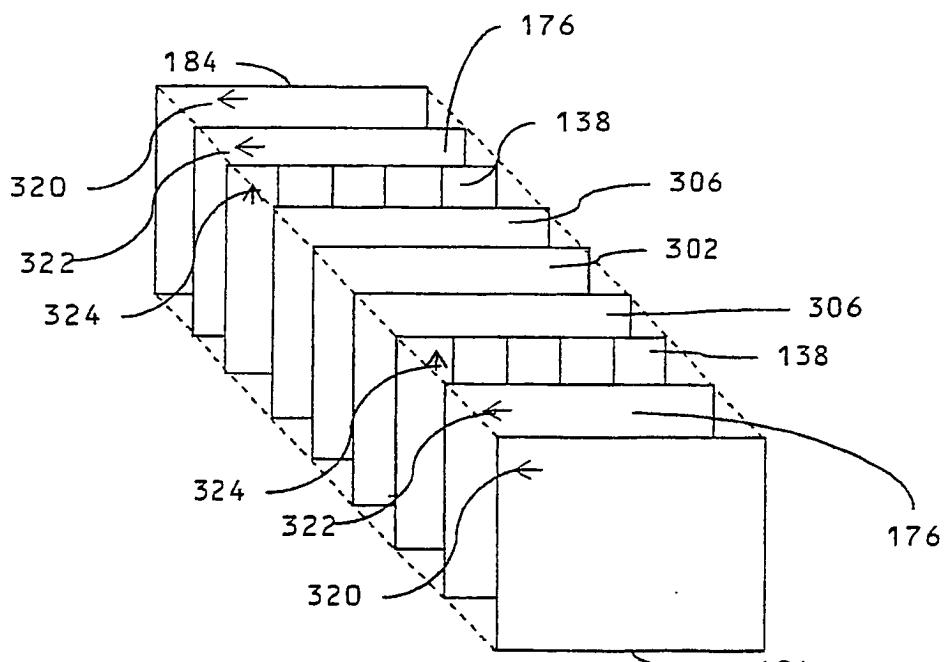


FIG. 33f

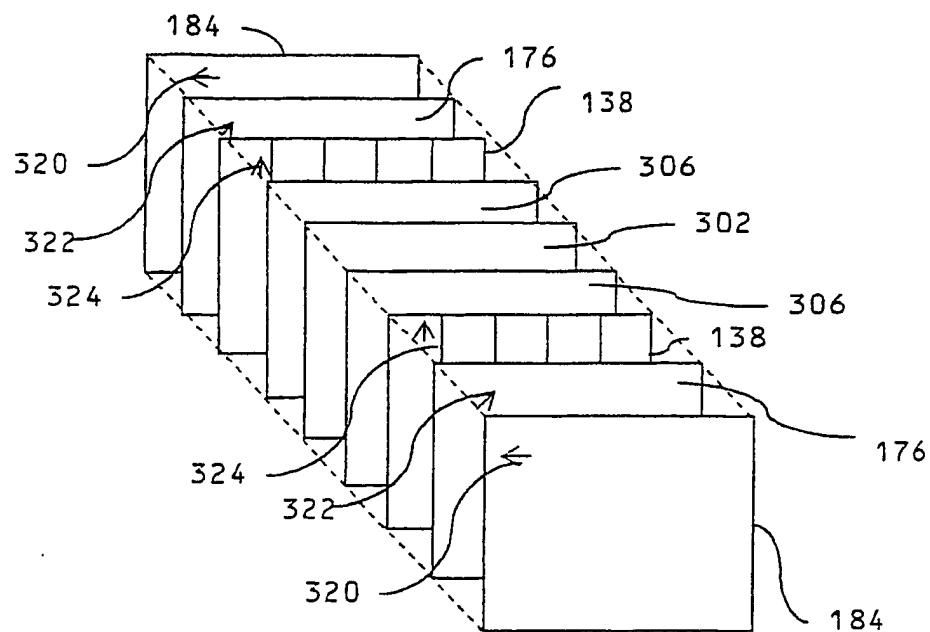


FIG. 33g

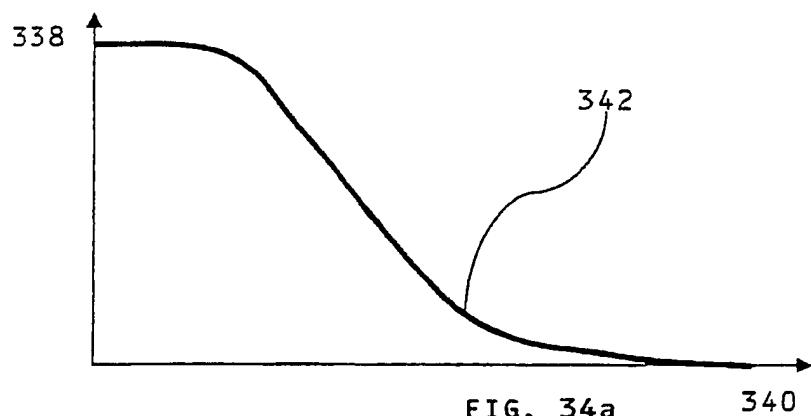


FIG. 34a 340

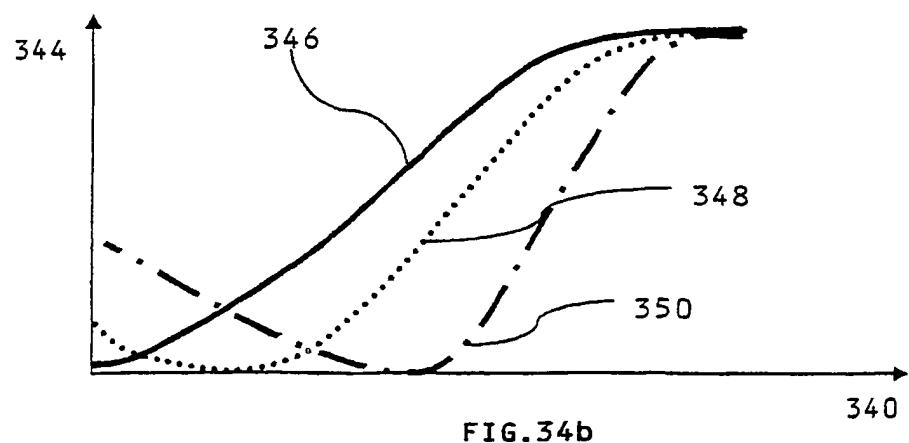


FIG. 34b 340

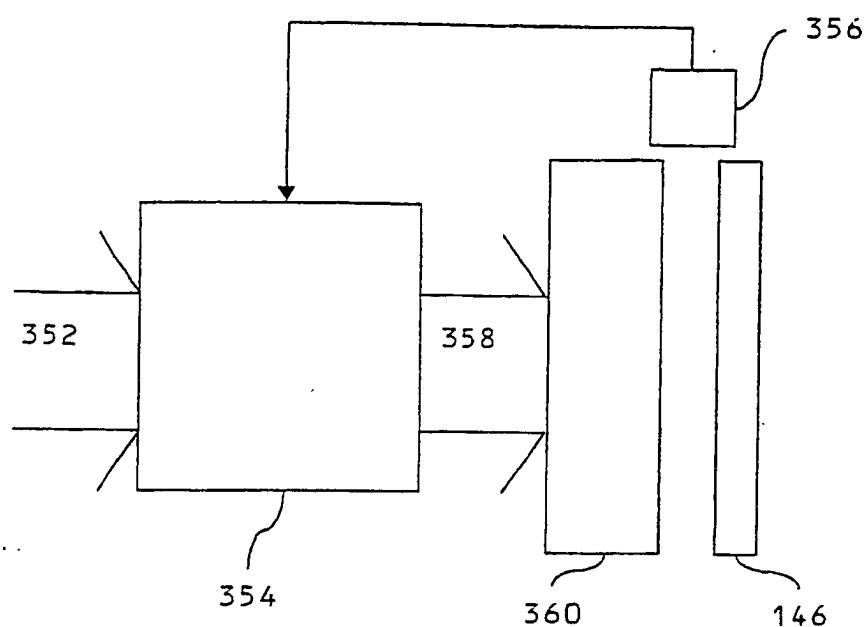


FIG. 35

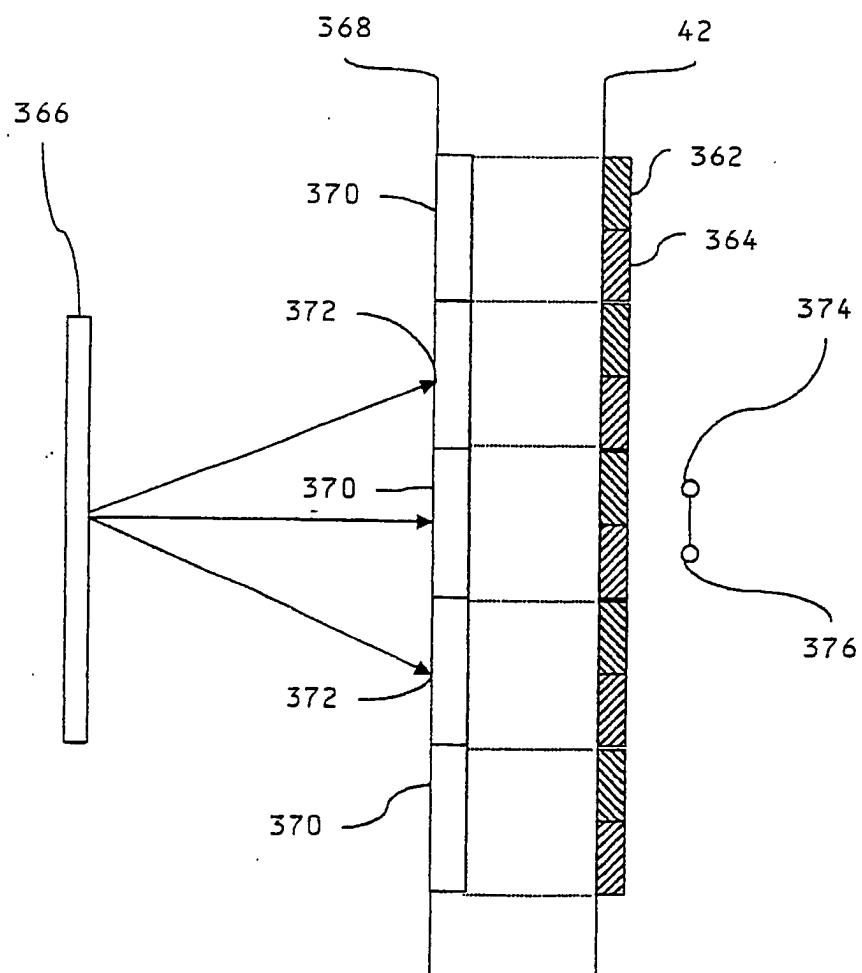


FIG. 36

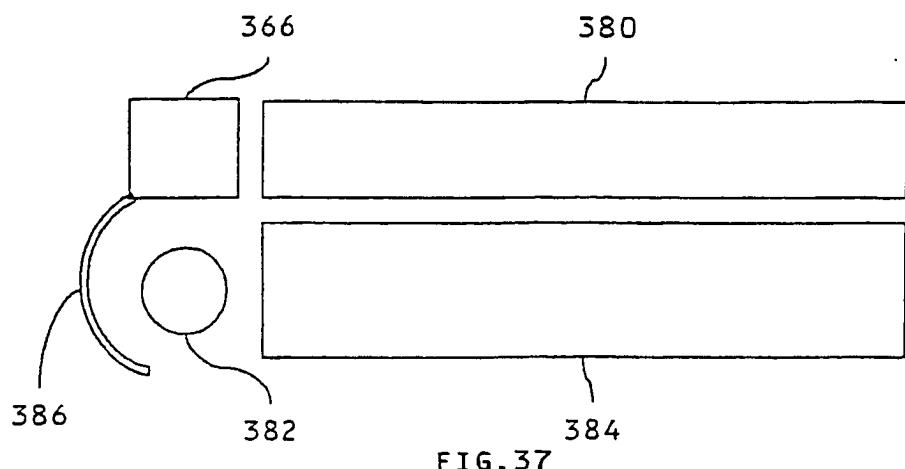


FIG. 37

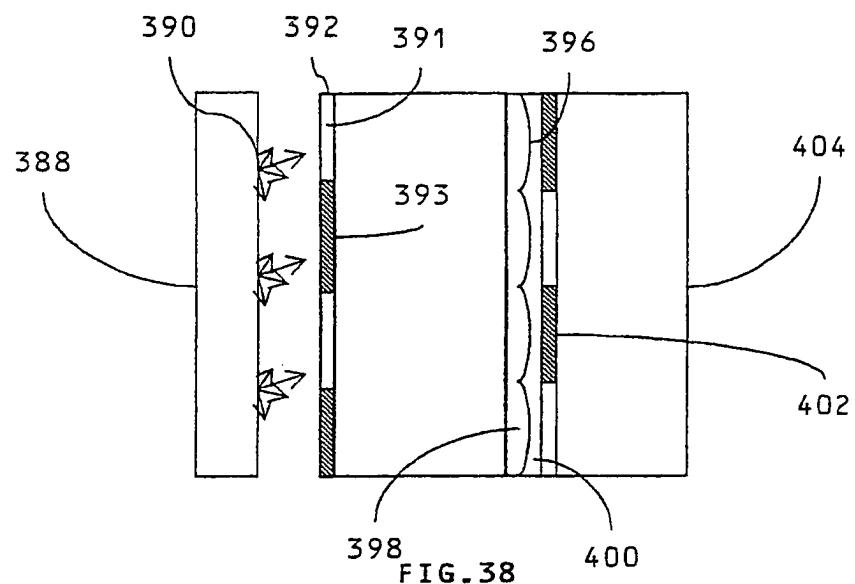


FIG. 38

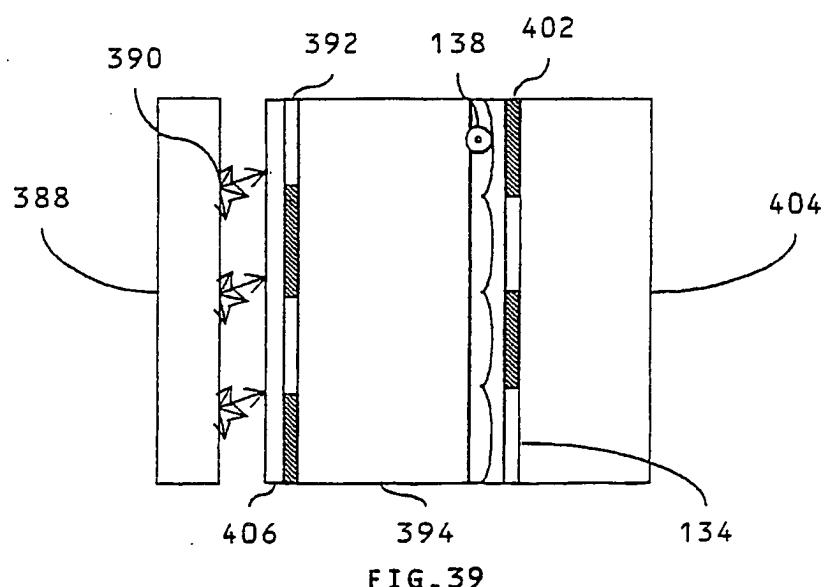


FIG. 39

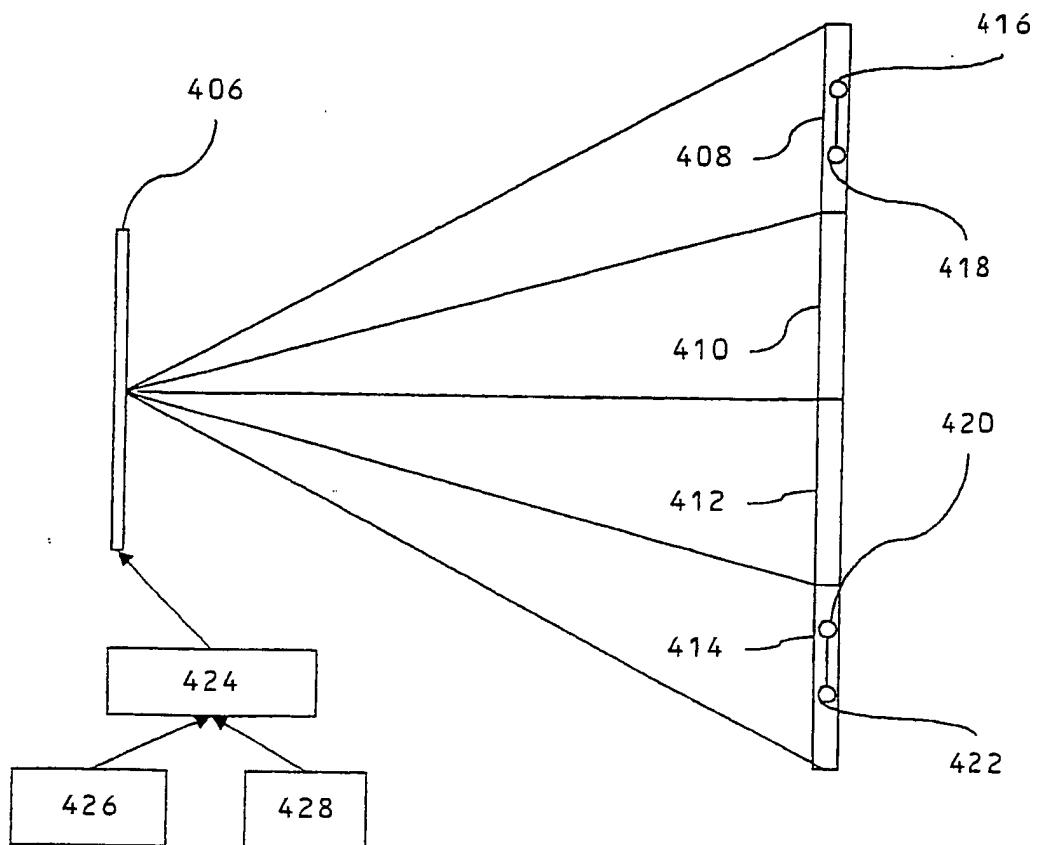


FIG. 40

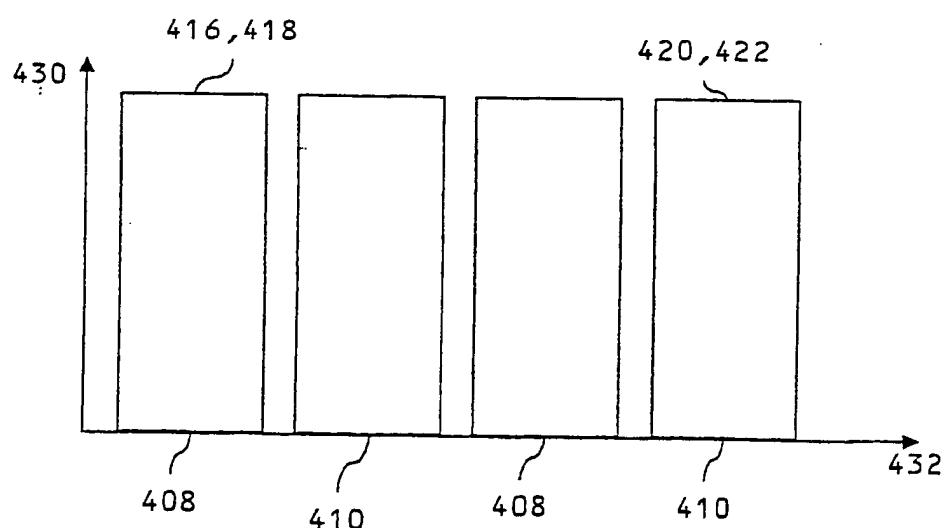


FIG. 41

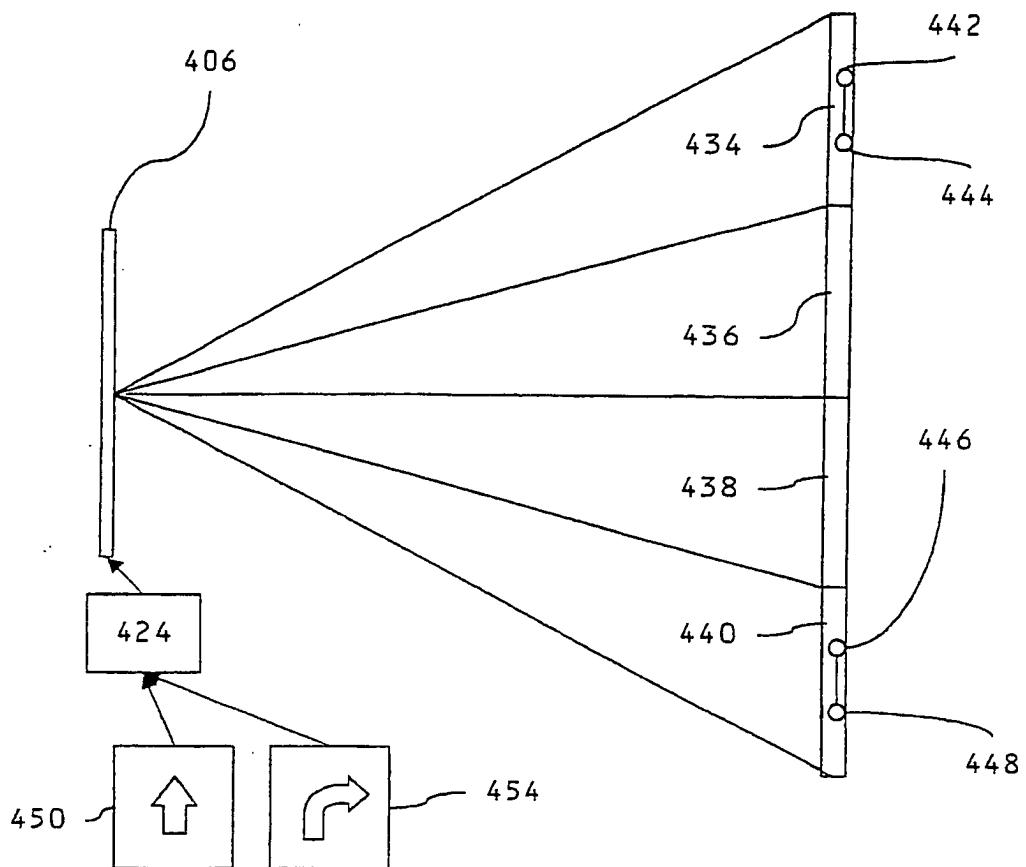


FIG. 42

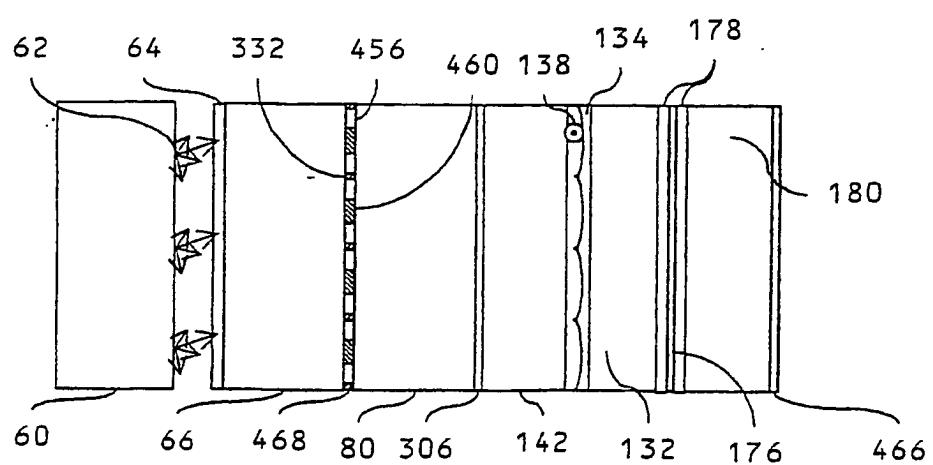


FIG. 43

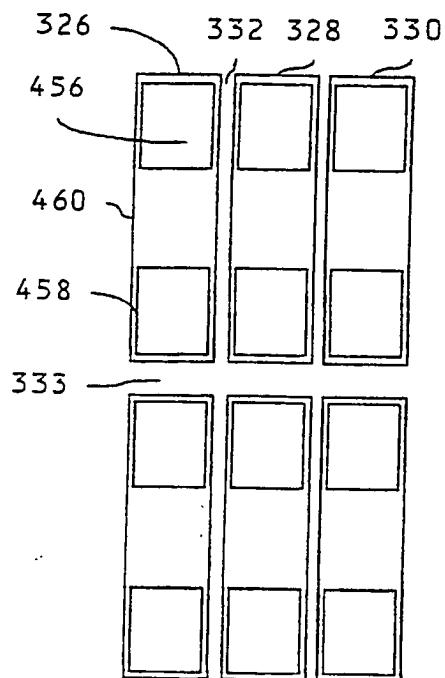


FIG. 44

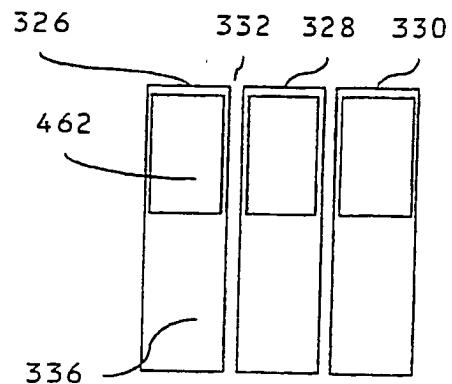


FIG. 45

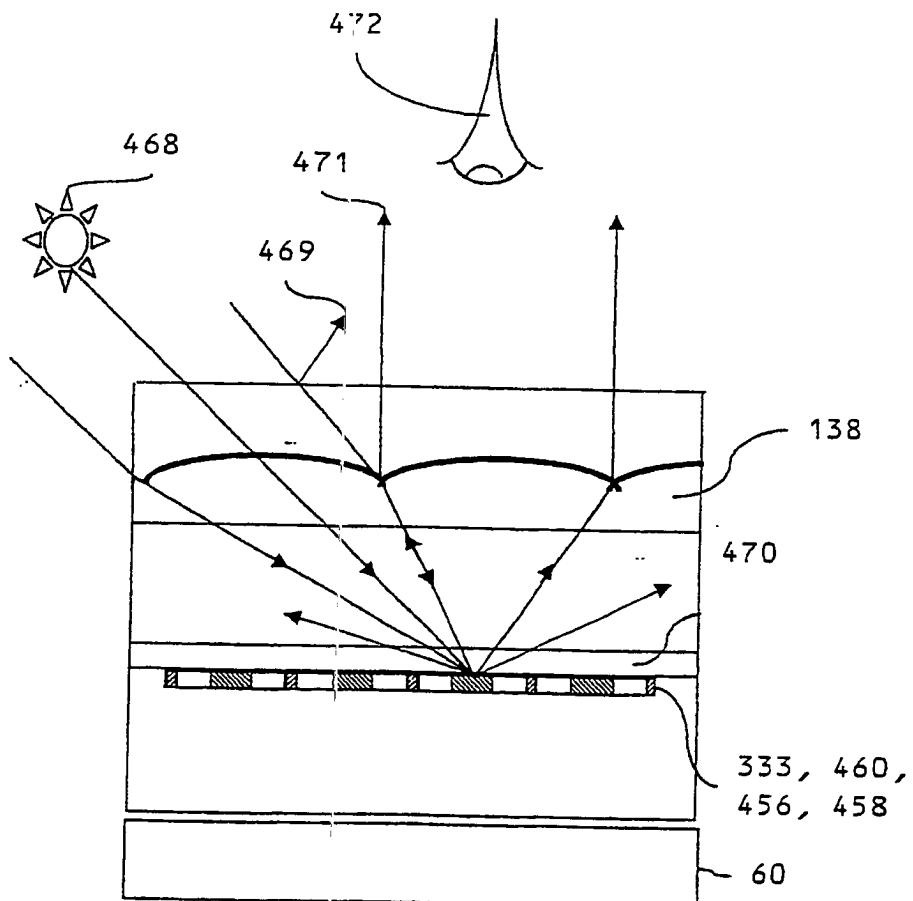


FIG. 46

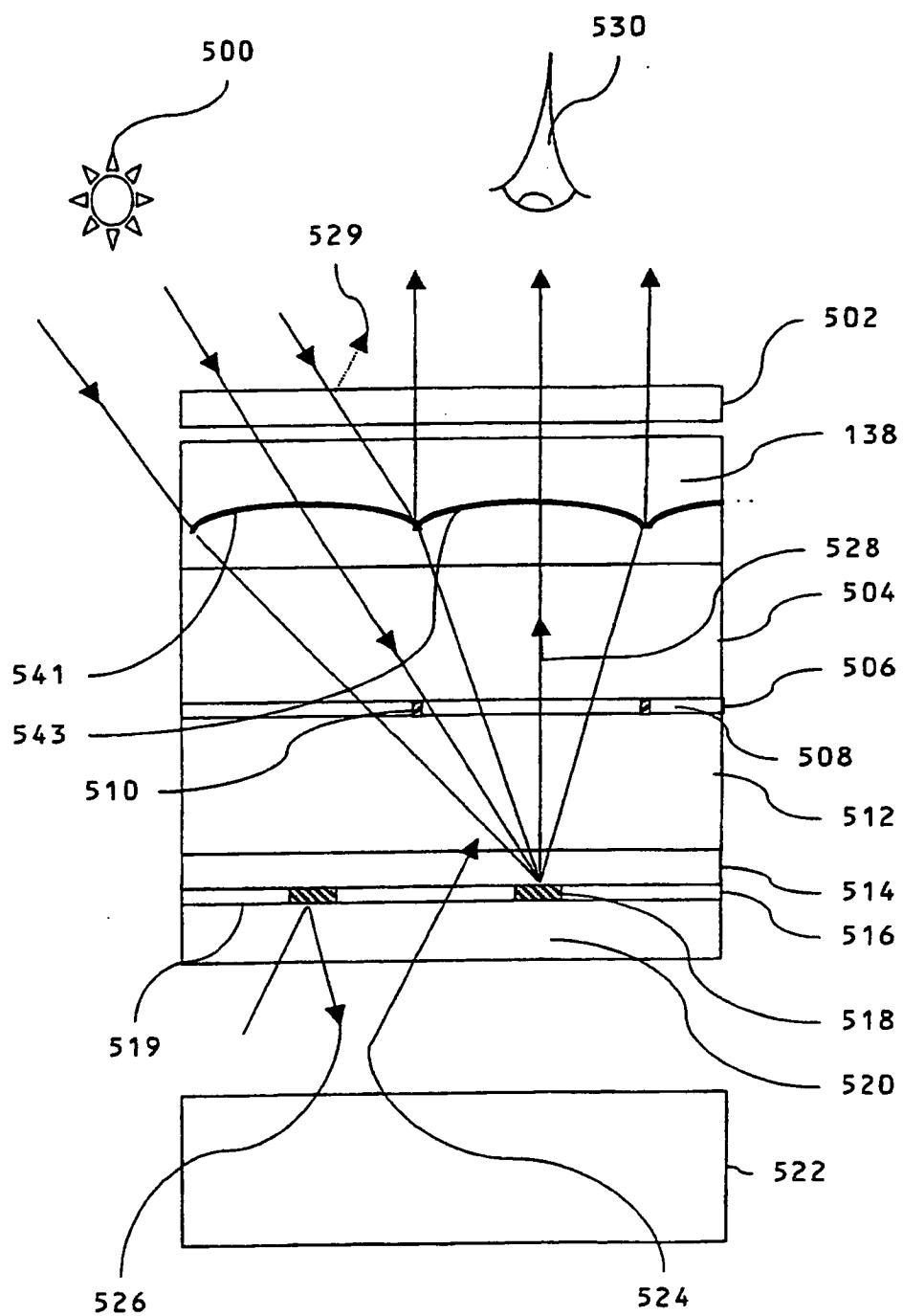


FIG. 47

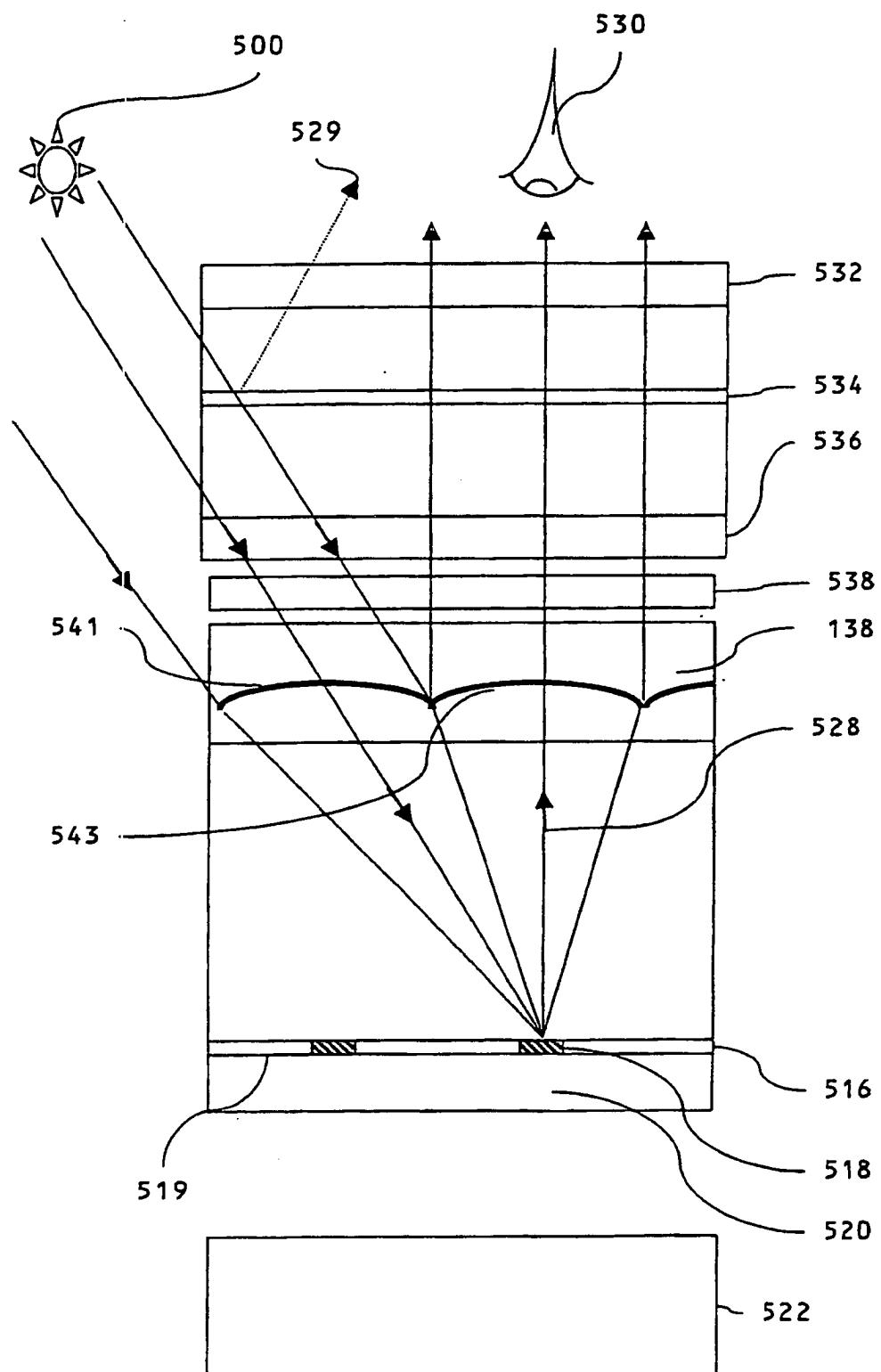


FIG. 48

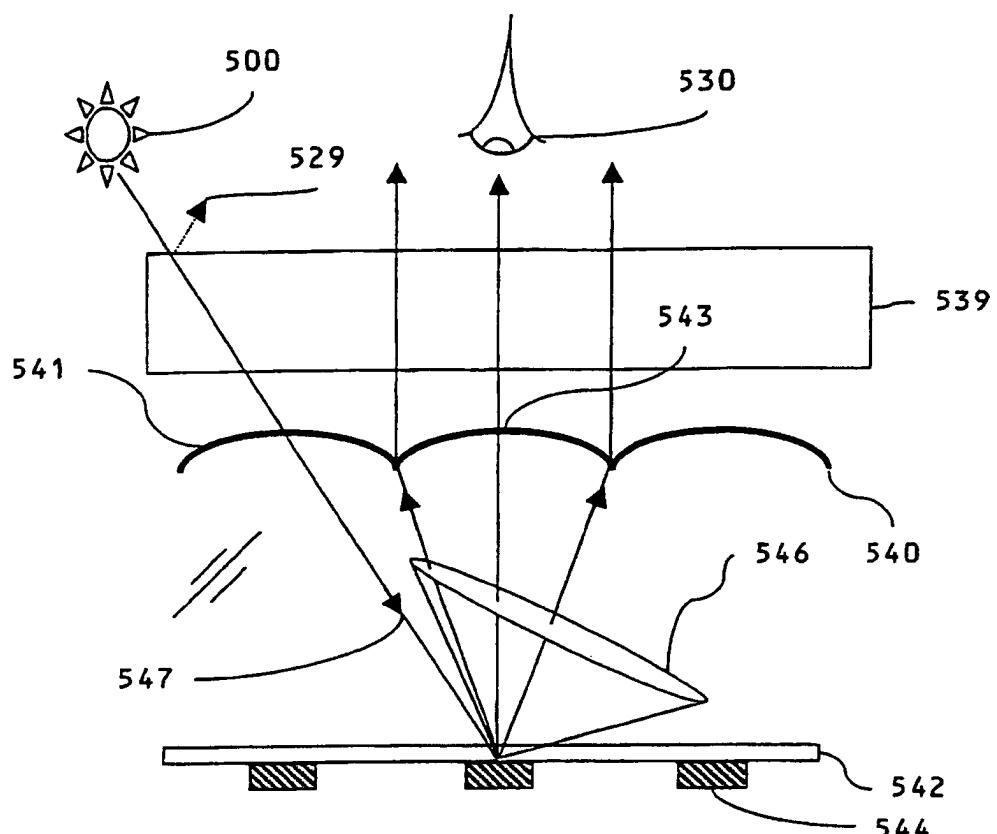


FIG. 49a

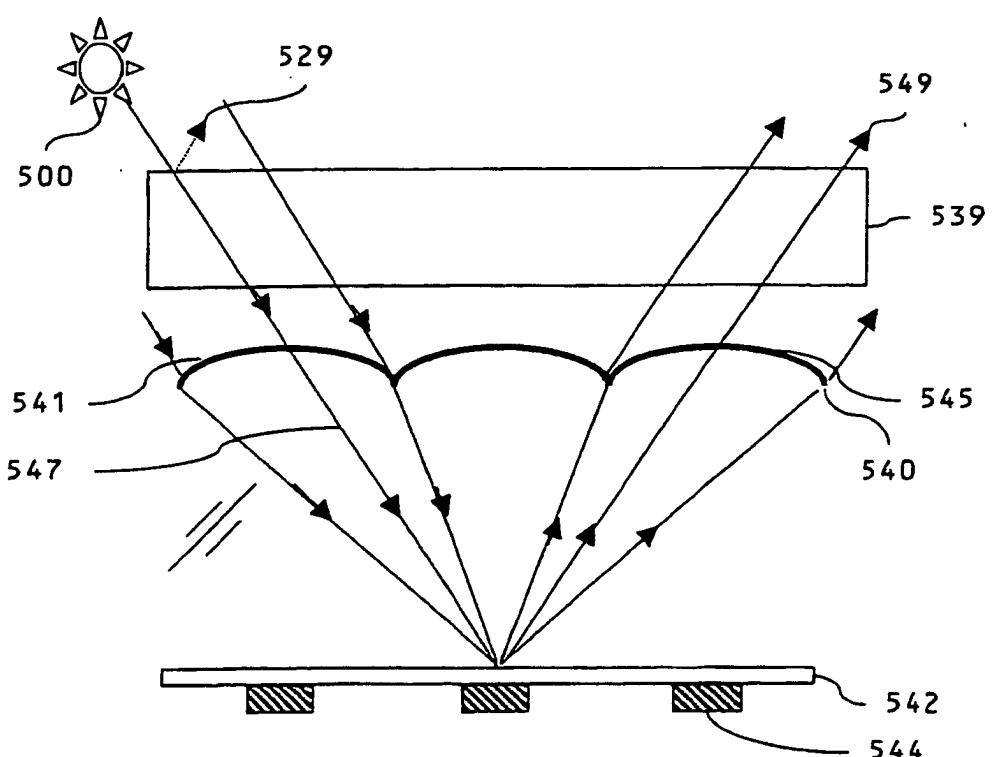


FIG. 49b

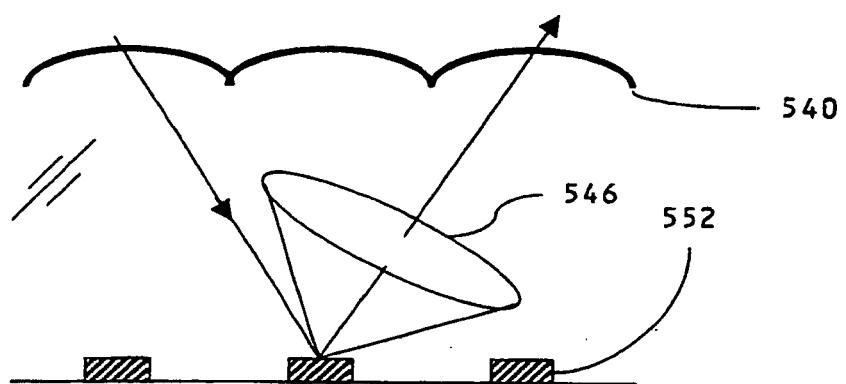


FIG. 49c

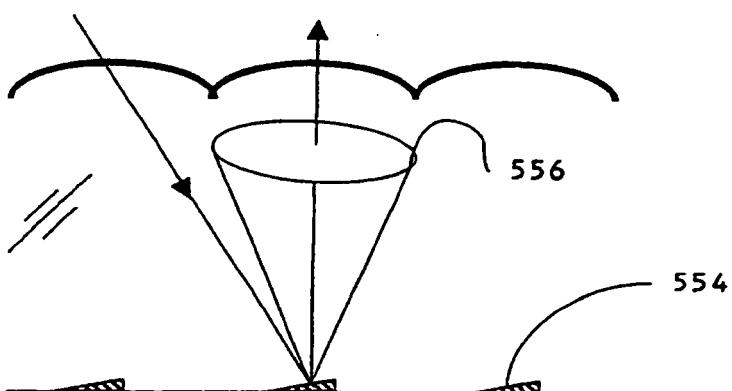


FIG. 49d

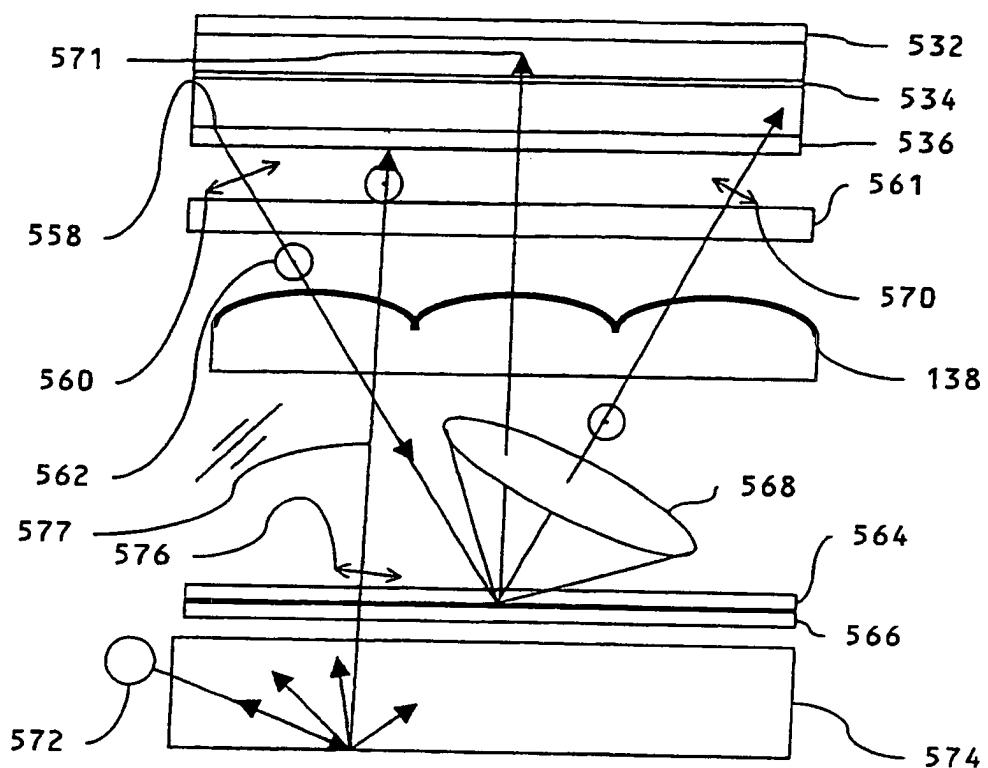


FIG. 50

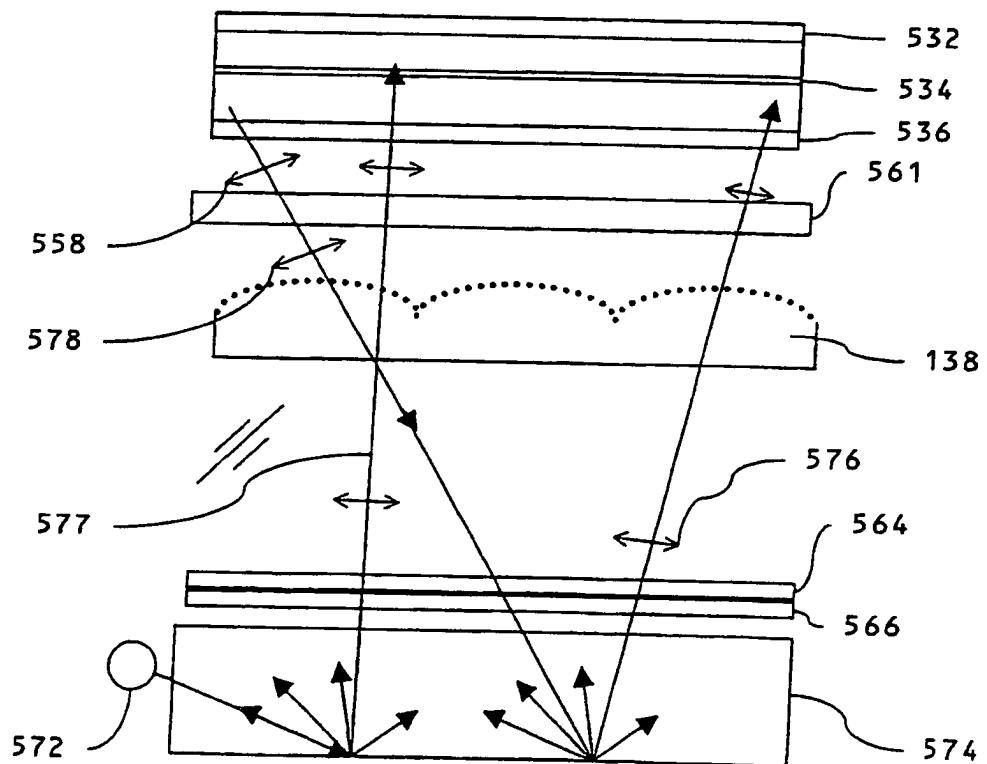


FIG. 51

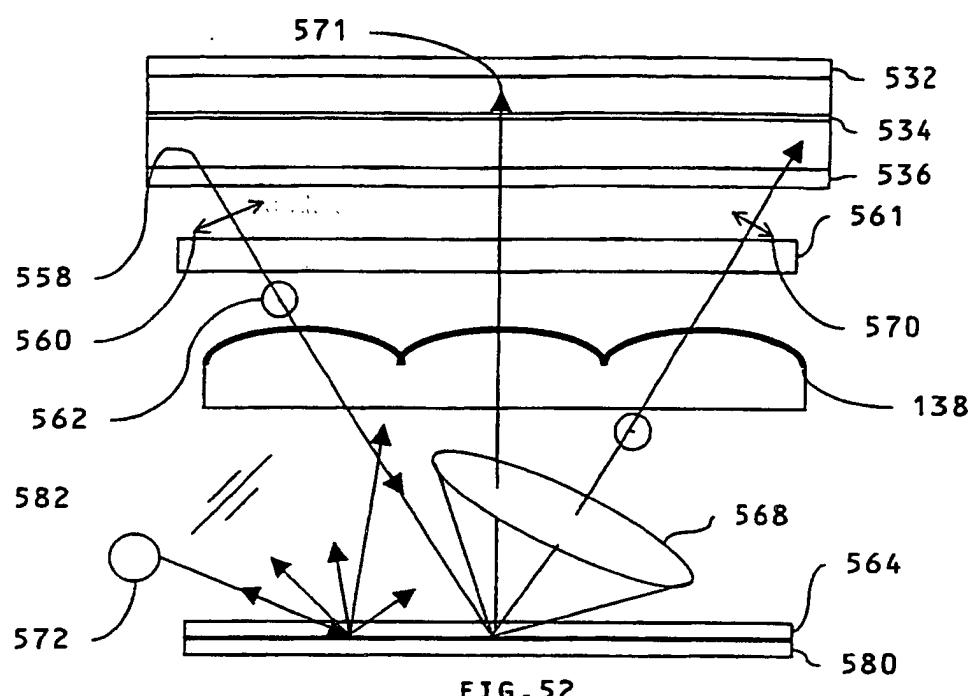


FIG. 52