



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 37 426 T2 2009.02.05**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 258 746 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 5/30 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 37 426.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 078 461.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **28.03.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.11.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.02.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.02.2009**

(30) Unionspriorität:  
**418981                      07.04.1995                      US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB, IT**

(73) Patentinhaber:  
**Honeywell Inc., Minneapolis, Minn., US**

(72) Erfinder:  
**Larson, Brent D., Cave Creek, Arizona 85331, US**

(74) Vertreter:  
**derzeit kein Vertreter bestellt**

(54) Bezeichnung: **Polarisierte Anzeige mit hohem Wirkungsgrad**

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

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

**Beschreibung**

## ERFINDUNGSGEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet polarisierter Projektionsdisplays.

## ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

**[0002]** Das Leistungspotential und die Flexibilität polarisierter Displays, insbesondere jener, die die elektrooptischen Eigenschaften eines flüssigkristallinen Materials verwenden, hat zu einem dramatischen Wachstum bei dem Einsatz dieser Displays für eine große Vielzahl von Anwendungen geführt. Flüssigkristalldisplays (LCDs) bieten den ganzen Bereich von extrem preiswert und leistungsarmer Leistung (z. B. Displays für Armbanduhren) bis sehr hohe Leistung und hohe Helligkeit (z. B. AMLCDs für Avionikanwendungen, Computermonitore und HDTV-Projektoren). Vieles von dieser Flexibilität rührt von der Lichtventilnatur dieser Einrichtungen her, weil der Abbildungsmechanismus von dem Lichterzeugungsmechanismus entkoppelt ist. Wenngleich dies ein immenser Vorteil ist, ist es oftmals erforderlich, einen Kompromiß bei der Leistung in bestimmten Kategorien wie etwa Luminanzfähigkeit oder Lichtquellenstromverbrauch einzugehen, um die Bildqualität oder die Erschwinglichkeit zu maximieren. Diese reduzierte optische Effizienz kann auch zu Leistungseinschränkungen bei starker Beleuchtung aufgrund von Erhitzen oder Verblässen der üblicherweise in den Displays verwendeten lichtabsorbierenden Mechanismen führen.

**[0003]** Bei tragbaren Displayanwendungen wie etwa hintergrundbeleuchteten Laptopcomputermonitoren oder anderen Instrumentendisplays wird die Lebensdauer der Batterie durch die Leistungsanforderungen der Displayhintergrundbeleuchtung stark beeinflusst. Somit muß die Funktionalität eingeschränkt werden, um Größe, Gewicht und Kosten zu minimieren. Avionikdisplays und andere Hochleistungssysteme erfordern eine hohe Luminanz, legen jedoch aufgrund von Beschränkungen hinsichtlich Wärme und Zuverlässigkeit dem Stromverbrauch Einschränkungen auf. Projektionsdisplays sind extrem hohen Beleuchtungspegeln ausgesetzt, und sowohl Erwärmung als auch Zuverlässigkeit müssen verwaltet werden. Am Kopf angebrachte Displays, die Ventile für polarisiertes Licht verwenden, sind gegenüber Leistungsanforderungen besonders empfindlich, da die Temperatur des Displays und der Hintergrundbeleuchtung auf akzeptablen Niveaus beibehalten werden müssen.

**[0004]** Displays nach dem Stand der Technik unterliegen einer geringen Effizienz, schlechter Luminanzgleichförmigkeit, unzureichender Luminanz und übermäßigem Stromverbrauch, der inakzeptabel

hohe Wärmemengen in dem Display und um dieses herum erzeugt. Displays nach dem Stand der Technik weisen auch aufgrund der Abführung von Energie in temperaturempfindlichen Komponenten einen nicht-optimalen Umgebungsbereich auf. Hintergrundbeleuchtungsbaugruppen sind oftmals übermäßig groß, um die Gleichförmigkeit und Effizienz des Systems zu verbessern.

**[0005]** Für die Effizienzverbesserung lassen sich ohne weiteres mehrere Bereiche identifizieren. Erhebliche Bemühungen sind für das Verbessern der Effizienz der Lichtquelle (z. B. Fluoreszenzlampen) und Optimieren des Reflexionsvermögens und der Lichtverteilung von Hintergrundbeleuchtungshohlräumen aufgewendet worden, um hinter dem Display eine räumlich gleichförmige Lichtquelle mit hoher Luminanz bereitzustellen. Pixelöffnungsverhältnisse werden so hoch ausgelegt, wie es der jeweilige LCD-Ansatz und das jeweilige LCD-Herstellungsverfahren wirtschaftlich gestatten. Wenn Farbfilter verwendet werden, sind diese Materialien optimiert worden, um einen Kompromiß zwischen Effizienz und Farbumfang zu liefern. Es sind reflektierende Farbfilter vorgeschlagen worden, um unbenutzte Spektralkomponenten zu einem Hintergrundbeleuchtungshohlraum zurückzuführen. Wenn die Displayanforderungen dies gestatten, kann man eine gewisse Verbesserung auch dadurch erreichen, daß der Bereich von Beleuchtungswinkeln für die Displays über Richttechniken eingeschränkt wird.

**[0006]** Selbst bei dieser Optimierung nach dem Stand der Technik müssen Lampenleistungspegel unerwünscht hoch sein, damit man die erwünschte Luminanz erzielt. Wenn Fluoreszenzlampen bei ausreichend hohen Leistungspegeln betrieben werden, damit man einen hohen Grad an Helligkeit beispielsweise für eine Cockpitumgebung erhält, kann die erzeugte überschüssige Hitze das Display beschädigen. Um eine derartige Beschädigung zu vermeiden, muß diese überschüssige Hitze abgeleitet werden. Wärme wird in der Regel abgeleitet, indem ein Luftstrom so gerichtet wird, daß er auf die Komponenten in dem Display auftrifft. Leider enthält die Cockpitumgebung Schmutz und andere Verunreinigungen, die mit dieser auftreffenden Luft ebenfalls in das Display getragen werden, falls solche Zwangsbelüftung überhaupt zur Verfügung steht. Gegenwärtig erhältliche LCD-Displays können das Einströmen von Staub nicht tolerieren und sind bald zu trübe und zu schmutzig, um effektiv zu arbeiten.

**[0007]** Ein weiterer Nachteil beim Erhöhen der Leistung zu einer Fluoreszenzlampe liegt darin, daß die Langlebigkeit der Lampe dramatisch abnimmt, wenn immer noch höhere Niveaus an Oberflächenluminanz gefordert werden. Das Ergebnis davon ist, daß die Alterung beschleunigt wird, was einen abrupten Ausfall in kurzen Zeitperioden verursachen kann,

wenn die Arbeitseinschränkungen überschritten werden.

**[0008]** Eine erhebliche Betonung wurde auch auf das Optimieren der Polarisatoren für diese Displays gelegt. Indem die Transmittanz der Durchlaßachse verbessert wird (unter Annäherung an die theoretische Grenze von 50%), wurden die Leistungsanforderungen reduziert, doch wird der größte Teil des zur Verfügung stehenden Lichts immer noch absorbiert, was die Effizienz beschränkt und zu Problemen hinsichtlich Polarisatorzuverlässigkeit bei Systemen mit hohem Durchsatz sowie potentiellen Bildqualitätsbedenken führt.

**[0009]** Polarisationsmittel nach dem Stand der Technik beinhalten die Verwendung von Brewster-Winkel-Reflexionen, Dünnschichtpolarisatoren, doppelbrechenden Kristallpolarisatoren und cholesterischen Zirkularpolarisatoren. Diese Ansätze nach dem Stand der Technik sind zwar etwas effektiv, doch sind sie hinsichtlich Beleuchtungs- oder Betrachtungswinkel sehr beschränkt, wobei mehrere auch eine signifikante Wellenlängenabhängigkeit aufweisen. Durch viele von diesen werden die Komplexität, die Größe oder die Kosten des Projektionssystems erheblich erhöht, und sie sind bei Direktbetrachtungssystemen unpraktisch. Keine dieser Lösungen nach dem Stand der Technik läßt sich ohne weiteres auf Hochleistungsdirektbetrachtungssysteme anwenden, die eine breite Betrachtungswinkelleistung erfordern.

**[0010]** EP 0 573 905 beschreibt einen Overheadprojektor, der in Verbindung mit einem LCD-Panel verwendet werden kann. Ein System, das einen retroreflektierenden Polarisator umfaßt, ist zum Polarisationsrecycling vorgesehen.

**[0011]** US 2,180,114 beschreibt ein optisches System, das in einem Kraftfahrzeugscheinwerfer verwendet werden kann. Das System kann ein Blatt aus Material umfassen, das eine erstarrte Suspension aus doppelbrechenden Kristallen in einer transparenten Matrix mit einem Brechungsindex umfassen kann, im wesentlichen gleich einem der Brechungsindizes der Kristalle und ausgelegt, einen einfallenden Lichtstrahl gewöhnlichen Lichts in zwei Komponenten zu zerlegen: eine im wesentlichen nicht-diffundierte Komponente und eine diffundierte Komponente. Weitere Komponenten, einschließlich linsenförmiger Elemente und einem Element mit Bereichen unterschiedlicher Verzögerung sind vorgesehen, um sicherzustellen, daß sowohl die nicht-diffundierte Komponente als auch die diffundierte Komponente das System mit im wesentlichen gleichen Polarisationscharakteristiken verlassen.

**[0012]** Ebenfalls im Stand der Technik (US-Patent 4,688,897) wird der Austausch der hinteren Pixele-

lektrode in einem LCD mit einem Drahtgitterpolarisator gelehrt, um die effektive Auflösung von reflektierenden TN-Displays (twisted nematic) zu verbessern, wenngleich es dieser Literaturstelle nicht gelingt, das reflektierende polarisierende Element auf die Polarisationskonversion und das Wiedereinfangen anzuwenden. Die Vorteile, die durch den Ansatz erzielt werden können, wie in dem Stand der Technik verkörpert, sind recht begrenzt. Er gestattet prinzipiell, daß der Spiegel in einem reflektierenden LCD zwischen dem LC-Material und dem Substrat plaziert wird, wodurch der TN-Modus im reflektierenden Modus mit einem Minimum an Parallaxeproblemen verwendet werden kann. Wenngleich dieser Ansatz auch als eine transflektive Konfiguration vorgeschlagen worden ist, wobei der Drahtgitterpolarisator anstelle des teilweise versilberten Spiegels oder eines vergleichbaren Elements verwendet wird, stellt der Stand der Technik kein Mittel bereit, um einen hohen Kontrast über normale Beleuchtungskonfigurationen für transflektive Displays aufrechtzuerhalten, weil der Displaykontrast in dem hintergrundbeleuchteten Modus in dem entgegengesetzten Sinne dessen für Umgebungsbeleuchtung ist. Folglich wird es einen erheblichen Bereich an Umgebungsbeleuchtungsbedingungen geben, bei denen sich die beiden Lichtquellen gegenseitig aufheben und das Display unlesbar sein wird. Ein weiterer Nachteil bei dem Stand der Technik besteht darin, daß es überhaupt nicht einfach ist, auf diese Weise einen diffus reflektierenden Polarisator zu erhalten, und somit läßt sich der reflektierende Modus am meisten auf Systeme vom spiegelnden Projektionstyp anwenden.

#### KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0013]** Die vorliegende Erfindung liefert eine Polarisationsprojektionsdisplayvorrichtung wie in Anspruch 1 definiert.

**[0014]** Bevorzugt umfaßt die Vorrichtung die Merkmale von Anspruch 2.

**[0015]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann in der Verbesserung der optischen Effizienz von polarisierten Projektionsdisplays liegen, insbesondere von jenen, die Flüssigkristalldisplays (LCDs) verwenden.

**[0016]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann in der Bereitstellung dieser Effizienzsteigerung unter gleichzeitiger Beibehaltung einer breiten Betrachtungswinkelfähigkeit und dem Minimieren der Einführung chromatischer Verschiebungen oder räumlicher Artefakte liegen.

**[0017]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann darin bestehen, die Absorption von Licht durch polarisierte Displays zu reduzieren, wodurch die Erwärmung der Displays und die Degradation der

Displaypolarisatoren auf ein Minimum reduziert wird.

**[0018]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann darin bestehen, ein LCD mit vergrößerter Displayhelligkeit bereitzustellen.

**[0019]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann darin bestehen, die Leistungsanforderungen für LCD-Hintergrundbeleuchtungssysteme zu reduzieren.

**[0020]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann darin bestehen, die Displayhintergrundbeleuchtungsgleichförmigkeit zu verbessern, ohne die Leistung in anderen Bereichen zu opfern.

**[0021]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann darin bestehen, diese Aufgaben auf kosteneffektive und kompakte Weise mit nur einem nominalen Redesign des Displaysystems in den meisten Fällen auf eine Weise zu lösen, die mit einer großen Vielfalt von Beleuchtungsquellen vereinbar ist, und ohne die Notwendigkeit zur Modifikation der Lichtventile.

**[0022]** Diese und weitere Aufgaben können durch die vorliegende Erfindung gelöst werden, indem die Absorption optischer Energie innerhalb des polarisierten Projektionsdisplaysystems verwaltet wird. Insbesondere werden die Verluste und Nebeneffekte, die mit dem Polarisieren des Lichts assoziiert sind, über die vernünftige Verwendung von spezialisierten nicht-absorbierenden Polarisationsmechanismen insbesondere mikrostrukturellen Verbundwerkstoffen aus Materialien mit unterschiedlicher Doppelbrechung, im weiteren als polarisationsempfindliche Streuelemente (PSSE – polarization sensitive scattering elements) bezeichnet.

**[0023]** In dem Fall einer weitwinkligen diffusen Hintergrundbeleuchtung wird eine volle Betrachtungswinkelkompatibilität beibehalten, indem die Symmetrie des PSSEs an die Symmetrie des herkömmlichen absorbierenden Polarisators angepaßt wird. Freiheit von chromatischen Verschiebungen mit sich änderndem Winkel erhält man durch Vermeiden kohärenter Strukturen mit Periodizitäten in der Nähe der Wellenlänge von sichtbarem Licht.

**[0024]** Die Absorption von Licht durch das Display wird minimiert, indem das PSSE benutzt wird, um das normalerweise von einem herkömmlichen Polarisator polarisierte Licht zu polarisieren oder zu vorpolarisieren.

**[0025]** Kosteneffektivität erhält man durch Einführen einer Reihe kompatibler PSSE-Strukturen und Variationen davon, in vielen Fällen als ein einfaches Zusatz- oder Austauschelement für herkömmliche Ansätze.

**[0026]** Diese PSSE-Konfigurationen werden in einer Reihe neuartiger und nicht-offensichtlicher Ausführungsformen angewendet, um die Leistung von hintergrundbeleuchteten Direktbetrachtungsdisplays, reflektierenden Displays und Projektionsdisplays zu verbessern.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0027]** [Fig. 1](#) zeigt die erste Ausführungsform.

**[0028]** [Fig. 2](#) zeigt vorhergesagte Verbesserungen, die sich aus der ersten Ausführungsform ergeben.

**[0029]** [Fig. 3a–h](#) zeigen auseinandergezogene Ansichten mehrerer infrage kommender Elemente.

**[0030]** [Fig. 4](#) zeigt die zweite Ausführungsform.

**[0031]** [Fig. 5](#) zeigt die dritte Ausführungsform.

**[0032]** [Fig. 6](#) zeigt die vierte Ausführungsform.

**[0033]** [Fig. 7](#) zeigt die fünfte Ausführungsform.

**[0034]** [Fig. 8](#) zeigt die sechste Ausführungsform.

**[0035]** [Fig. 9](#) zeigt die siebte Ausführungsform.

**[0036]** [Fig. 10](#) zeigt die achte Ausführungsform, die einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entspricht.

**[0037]** [Fig. 11](#) zeigt eine Nahansicht des Polarisationskonverters von [Fig. 10](#).

**[0038]** [Fig. 12](#) zeigt die neunte Ausführungsform.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0039]** Die vorliegende Erfindung wendet die neuartigen Polarisationssteuereigenschaften der nicht-absorbierenden Polarisatorelemente, insbesondere von polarisationsempfindlichen Streuelementen (PSSE) darauf an, die Leistung von polarisierten Displays auf Weisen signifikant zu verbessern, die bisher nicht möglich waren oder nicht in Betracht gezogen wurden. Es werden hierin Ausführungsformen für jede dieser Displaysystemarten beschrieben, um die Vielseitigkeit solcher Anordnungen zu veranschaulichen.

**[0040]** Das Grundkonzept wird am besten durch eine erste bevorzugte Ausführungsform dargestellt, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Die erste Ausführungsform enthält eine innerhalb eines diffus reflektierenden Hohlraums **11** angeordnete Lichtquelle **13**. Licht von der Lichtquelle tritt durch den Diffusor **14** sowie durch ein polarisationsempfindliches Streuelement (PSSE) **17** hindurch. Licht von dem PSSE **17** läuft dann zum

LCD-Plattenabschnitt des Displays, das aus der LCD-Platte **10**, einem hinteren Polarisator **16** und einem vorderen Polarisator **15** besteht. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird mit dem PSSE das Licht vorpolarisiert, bevor es den hinteren Displaypolarisator erreicht. Andere Ausführungsformen bauen auf diesen Prinzipien auf und werden durch dieses erste Beispiel gut eingeführt. Die polarisierte Displayplatte **10** ist beispielsweise ein monochromes oder vollfarbiges AMLCD, STNLC, ferroelektrisches LCD oder ein anderer Lichtmodulator, der dahingehend funktioniert, daß die Polarisation des ankommenden Lichts zwischen dem hinteren und vorderen Polarisator **16** und **15** manipuliert wird. Die Hintergrundbeleuchtung ist in Form eines diffus reflektierenden Hohlraums **11**, der aus weißen Wänden besteht und eine oder mehrere Fluoreszenzlampen **13** enthält. Das einzigartige Attribut dieser Ausführungsform ist der Zusatz des polarisationsempfindlichen Streuelements (PSSE) **17**. Bei diesem handelt es sich um ein flaches, dünnes optisches Element, das bei dieser Ausführungsform als ein nicht-absorbierender Vorpolarisator dient. Das PSSE läßt den größten Teil des entlang einer optischen Achse polarisierten Lichts durch und schickt den größten Teil des Lichts mit der orthogonalen Polarisation zu dem Hintergrundbeleuchtungshohlraum zurück, wo sein Polarisationszustand geändert wird, wodurch er eine weitere Gelegenheit erhält, zur Ausgabe der ersten Polarisation beizutragen. PSSE-Strukturen mit diesen Eigenschaften sind unten beschrieben.

**[0041]** Es ist günstig, zum Verstehen dieser Konfiguration ein einfaches Modell zu errichten. Es wird ohne weiteres gezeigt, daß unter der Annahme einer gleichförmigen Intensität in dem Hintergrundbeleuchtungshohlraum die abgegebene Intensität  $I_{out}$  (z. B. Watt/cm<sup>2</sup>, Foot-Lambert, Candela/m<sup>2</sup>, je nach der Wahl der Einheiten und der Gewichtungsfunktionen) ungefähr gegeben ist durch

$$I_{out} = \frac{P_{in} \cdot T_{port}}{L_{box} + (1 - R_{port}) \cdot A_{port}} \quad (1)$$

wo  $P_{in}$  die (in der entsprechenden Form) eingegebene optische Leistung,  $T_{port}$  die Transmittanz des oder der Elemente ist, die den Port des Hohlraums bedecken (üblicherweise die Displayplatte),  $R_{port}$  das Reflexionsvermögen des oder der den Port bedeckenden Elemente ist,  $A_{port}$  die Fläche des Ports ist und  $I_{box}$  die äquivalente Schwarzverlustfläche des Rests des Hohlraums ist. Die Größe von  $I_{box}$  im Vergleich zu  $A_{port}$  liefert eine nützliche Charakterisierung der Verlustbehaftetheit des Hintergrundbeleuchtungshohlraums.  $I_{box}$  ist die gewichtete Summe aller Oberflächeninhalte in dem Hohlraum mal ihrem jeweiligen Verlust (Absorptionsvermögen plus Transmittanz, wenn das durchgelassene Licht den Hohlraum verläßt) und stellt somit den Flächeninhalt eines äquivalenten schwarzen Flecks dar, wenn alle Hohlraumverluste in einem Gebiet zusammengefaßt würden.

**[0042]** Der Diffusor und das PSSE können natürlich so angesehen werden, daß sie entweder zu dem Hohlraum gehören oder den Port bedecken, und zwar mit identischen Ergebnissen. Dazu ist es erforderlich zu erkennen, daß Verluste effektiv weiter durch das Verhältnis der lokalen Intensität an dem Fleck mit der an dem Port einfallenden Intensität gewichtet werden, wodurch sowohl die Dämpfung durch den Diffusor als auch die unvermeidbare Ungleichförmigkeit innerhalb der meisten Hohlräume in der Praxis berücksichtigt werden.

**[0043]** Es sei beispielsweise angenommen, daß die Transmittanz der Platte 3% beträgt und sie ein Reflexionsvermögen von 0% aufweist, und daß der Diffusor als Teil des Hohlraums angesehen wird, aber ein PSSE zwischen dem Diffusor und der Platte zu den Portparametern (Plattenparametern) in der Gleichung beiträgt. Wenn man annimmt, daß das PSSE die Form eines rückstreuenden Polarisators aufweist (Durchlaßachsentransmittanz von  $T_{pass}$  und Gesamtreflexionsvermögen von  $R_{total}$ ), führt dies zu einer direkten Verbesserung von

$$\frac{I_{with}}{I_{without}} = \frac{T_{pass}}{1 - \frac{R_{total}}{1 + \frac{L_{box}}{A_{port}}}} \quad (2)$$

**[0044]** **Fig. 2** zeigt diese Beziehung für mehrere Vorpolarisatorleistungspegel. Bei idealen Komponenten existiert das Potential für eine Verbesserung um 100%. Wir haben (unten beschriebene) PSSE mit  $T_{pass}$  und  $R_{total}$  in der Umgebung von 90% bzw. 45% hergestellt und tatsächlich eine Zunahme der Durchlaßachsenausgabe gemessen, die sich bei Hohlraumdesigns mit einem sehr niedrigen Verlust 40% annähern, ohne daß die chromatische oder Winkelgleichförmigkeit des Lichts beeinträchtigt wird. Dies bestätigt die Gültigkeit des Modells und demonstriert zum ersten Mal ein durchführbares Verfahren zum Wiedereinfangen eines signifikanten Teils der Polarisation, der normalerweise bei dem Direktbetrachtungssystem mit breitem Betrachtungswinkel verloren geht.

**[0045]** Der Schlüssel dazu, diesen Ansatz durchführbar zu machen, ist die Anwendung eines nicht-absorbierenden polarisierenden Mechanismus mit geeigneten Eigenschaften. Zu den idealen Eigenschaften zählen eine sehr geringe Absorption, eine sehr hohe Durchlaßachsentransmittanz, ein signifikantes Gesamtreflexionsvermögen, eine minimale Winkelabhängigkeit, eine spektrale Breitbandigkeit, eine vergleichbare optische Achsensymmetrie mit einem parallel ausgerichteten absorbierenden Polarisator und Freiheit von anderen Artefakten. Außerdem sollte der Vorpolarisator das Potential haben, dünn, großflächig, leicht, robust und preiswert zu sein. Im Stand der Technik beschriebene Polarisatoren für den Einsatz in Polarisationskonversionsverfahren erfüllen diese umfangreiche Liste von Anfor-

derungen nicht.

**[0046]** Als Teil der vorliegenden Erfindung wird eine Klasse von polarisierenden Strukturen vorgelegt, die die oben aufgeführten Anforderungen erfüllt, wodurch die Effizienzverbesserungen und andere Leistungsverbesserungsverfahren der vorliegenden Erfindung auf effektive und praktische Weise implementiert werden können. Die neuen Polarisatoren und Anwendungen, die hierin beschrieben werden, werden unter Verwendung von polarisationsempfindlichen Streuelementen erzielt, die in Form von mikrostrukturellen Verbundwerkstoffen aus Materialien mit Differenzen bei der Doppelbrechung hergestellt werden. Materialien, die statische Streueigenschaften besitzen, die polarisationsabhängig sind, sind seit Jahrzehnten bekannt, haben jedoch wenig Aufmerksamkeit erhalten. Land beschrieb 1951, daß eine Suspension aus ausgerichteten doppelbrechenden Kristallen, die in eine Polymermatrix eingebettet sind, für eine Polarisation diffus und für die andere klar ist. Das US-Patent 4,685,771 beschreibt eine PDLC-Struktur (polymer dispersed liquid crystal), und andere haben über damit verwandte Polymernetz-LC-Strukturen mit ähnlichen polarisationsempfindlichen Streueigenschaften berichtet.

**[0047]** Es sei angemerkt, daß das Vorliegen von polarisationsempfindlichen Streueigenschaften nicht von sich aus ausreicht, um in dem Display eine Polarisation oder sogar eine Vorpolarisation zu erhalten. Die meisten PSSE-Strukturen sind von Natur aus vorwärtsstreuend und besitzen einen gewissen Grad an Streuung für beide Polarisationsachsen, wenngleich mit einer Differenz bei der Größe. Es ist erforderlich, eine der Polarisierungen bezüglich der anderen irgendwie physisch zu trennen oder auszuschließen. Bei den Ausführungsformen erfolgt dies durch Kombinationen aus drei verschiedenen Mechanismen. Diese sind hoch-multiple Streuung, Totalreflexion (TIR – total internal reflection) und Öffnungseffekte (zum Beispiel räumliche Filtrierung).

**[0048]** Die [Fig. 3a–h](#) zeigen eine Vielfalt von PSSE-Ausführungsformen, die als Teil der vorliegenden Erfindung nützlich sind. Während einige der hierin beschriebenen PSSE-Strukturen oder Herstellungsverfahren bekannt sind, werden andere hier zum ersten Mal vorgestellt. Zusätzliche Verfahren und verwandte Strukturen sind möglich, ohne von dem Gedanken der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0049]** Das PSSE **20** in [Fig. 3a](#) ist eine uniaxiale homogen ausgerichtete PDLC-Struktur **20**. LC-Tröpfchen **22** werden in einer Polymermatrix **21** eingebettet unter Verwendung von in der Technik wohlbekannten Verfahren ausgebildet. Dazu zählen polymerisationsinduzierte Phasentrennungs- und Emulgierungs-/Verkapselungsverfahren, und sie können auch die Form einer Polymernetz-/LC-Struktur an-

nehmen, in denen die "Tröpfchen" nicht ausgeprägt, sondern vielmehr miteinander verbunden sind. Bei diesen Strukturen wird der LC aufgrund des mit der Dehnung des Tröpfchens oder Netzes assoziierten Zustands geringster freier Energie ausgerichtet. Die Dehnung wird beispielsweise induziert, indem der Film entlang einer Achse **23** nach dem Ausbilden der Tröpfchen und mit der Polymermatrix in einem thermisch aufgeweichten Zustand physisch gereckt wird. Die Brechungsindizes der LC werden derart ausgewählt, daß entweder der ordentliche oder der außerordentliche Index der LC dem entsprechenden Index des Polymers entspricht und derart, daß der andere Index in hohem Maße fehlangepaßt ist. Es sei angemerkt, daß das Polymer, insbesondere wenn er gereckt wird, auch doppelbrechend sein kann, daß aber die Doppelbrechung der beiden Materialien unterschiedlich sein sollte, um eine Fehlanpassung bei der Streueffizienz für die beiden Polarisationsachsen sicherzustellen.

**[0050]** Dieser gereckte PDLC ist die weiter oben bezüglich der Demonstration eines effektiven Polarisationswiedereinfangungsverfahrens für Weitwinkel-Direktbetrachtungsdisplays erörterte Struktur. Ein geeigneter LC mit starker Doppelbrechung wurde in einer PVA-Wasser-Lösung emulgiert. Ein Film wurde hergestellt, indem die emulgierte Lösung auf ein Substrat aufgebracht und getrocknet wurde. Der entstehende Film wurde unter Wärmeeinwirkung gereckt und danach zwischen tragenden Substraten laminiert, um die Ausrichtungsgeometrie aufrechtzuerhalten.

**[0051]** Die Verwendung typischer PDLC-Filmbeschichtungsdicken führt zu einer relativ geringen Rückstreuung, insbesondere nach dem zum Maximieren der Ausrichtung der LC verwendeten hohen Reckverhältnis. Um die optischen Parameter in Richtung derer für ein effektives polarisierendes Element für die Konfiguration in [Fig. 1](#) zu treiben, wurde ein stark mehrfachstreuendes Design implementiert. Die Fehlanpassung beim außerordentlichen Brechungsindex wurde maximiert, und die Fehlanpassung beim ordentlichen Index wurde minimiert, während immer noch ein akzeptabler Nutztemperaturbereich beibehalten wurde. Die Dicke des gereckten Films wurde vergrößert, bis die Reststreuung durch die relativ gut angepaßten ordentlichen Achsen die (gering streuende) Transmission der Durchlaßachse bei Anwesenheit des diffusen Hintergrundbeleuchtungshohlraums zu reduzieren begann. Um diesen Verlust bei Transmittanz der Durchlaßachse weiter zu minimieren, wurde ein hohes Reckverhältnis verwendet, um die Ausrichtung der LC zu maximieren. Die Rückstreuung wurde weiter verbessert, indem ein Luftspalt nach dem PSSE-Substrat aufrechterhalten wurde, der ausreicht, um die Totalreflexion vieler der vorwärts gestreuten außerordentlichen Strahlen zu unterstützen. Nach der internen Reflexion werden

diese Strahlen wieder von der PSSE-Schicht gestreut, wobei eine signifikante Wahrscheinlichkeit besteht, daß sie von der Baugruppe heraus und zurück in Richtung der Quelle nach einer einzelnen Totalreflexion gestreut werden.

**[0052]** Photopische Messungen mit einer diffusen integrierenden Kugellichtquelle haben gezeigt, daß frühe Prototypen (auf der Achse gemessen) etwa 90% bzw. 30% der Polarisationskomponenten auf der Durchlaßachse und der Zurückweisungsachse übertragen. Das typische Gesamtreflexionsvermögen wurde als etwa 45% von den gleichen Elementen gemessen. Wie oben angedeutet, reichte dies aus, um bei Hohlräumen mit sehr geringem Verlust Verbesserungen von annähernd 40% zu erreichen. Tests, die diese frühen Prototypen mit weniger optimierten Hohlraumdesigns verwendeten, führten zu geringfügig niedrigeren, aber immer noch signifikanten Gewinnen.

**[0053]** Diese Daten zeigen auch, daß zusätzlich zu der Effizienzverbesserung das so demonstrierte rückstreuende PSSE die von dem hinteren absorbierenden Polarisator absorbierte optische Energie um einen Faktor von etwa 3 reduziert, wodurch die optische Erwärmung des Displays und etwaige assoziierte Effekte auf die Bildqualität oder Zuverlässigkeit stark reduziert werden.

**[0054]** Freiheit von Farbverschiebungen erhält man, weil die Mikrostruktur nicht kohärent periodisch ist. Die aus dem Einsetzen des Elements in das Display-system resultierende Farbverschiebung war klein, wengleich die Transmittanz in den tiefblauen Wellenlängen geringfügig niedriger war. Was jedoch noch wichtiger ist: über den ganzen Betrachtungswinkelbereich von  $\pm 60^\circ$  und darüber hinaus wurde so gut wie keine Farbverschiebung und nur eine minimale Durchlaßachsen-Transmittanzvariation beobachtet, wenn die polarisierenden Effekte von Oberflächenreflexionen mit geeigneten Antireflexbeschichtungen eliminiert wurden. Dies bestätigt leicht die Nützlichkeit der vorliegenden Erfindung für die Effizienzverbesserung in den schwierigen Anwendungen mit breitem Betrachtungswinkel im Gegensatz zu Polarisationskonversionsverfahren des Standes der Technik, die auf eine stark gerichtete Beleuchtung beschränkt sind.

**[0055]** Diese Kompatibilität mit einem breiten Betrachtungswinkel wird in dem beschriebenen Fall erwartet, da die Wellenlängenabhängigkeit der Streuung stetig variiert und die Symmetrie der optischen Achse identisch zu der des entsprechenden Polarisators auf der Rückseite der LCD-Platte ist, vorausgesetzt der Polymermatrixindex ist dem ordentlichen Index des LC in den ausgerichteten Tröpfchen angepaßt.

**[0056]** Die zweite PSSE-Struktur **30** in [Fig. 3b](#) ist ebenfalls eine PDLC-Struktur. In diesem Fall wird die LC-Ausrichtung in den Tröpfchen **32** durch angelegte seitliche elektrische Felder anstatt durch ein physisches Mittel wie etwa Recken induziert. Da die Feldrichtung orthogonal zu herkömmlichen angelegten Feldern in LCDs verläuft, ist eine spezielle Ansteuerkonfiguration erforderlich. Eine Möglichkeit, um eine derartige mittlere Feldverteilung durch die Matrix **31** und Tröpfchen **32** zu erzielen, besteht in dem Anlegen einer ersten Spannung an Elektroden **33** und einer zweiten Spannung an Elektroden **35**, wodurch die richtige Feldausrichtung in dem Volumen zwischen dem Elektrodenpaar **34** induziert wird. Dieses angelegte Spannungsmuster wird unter Verwendung von Elektroden **34** und **36** mit einem ähnlichen Muster abgewechselt, um das Gebiet zwischen dem Elektrodenpaar **35** auszurichten. Das Muster wird über die ganze Polarisatorfläche hinweg beispielsweise unter Verwendung von Sätzen von verzahnten Elektroden auf jedem Substrat wiederholt. Wengleich der mit einer Ansteuerelektronik assoziierte Overhead unerwünscht sein kann, ist unter Einsatz dieses Verfahrens ein effektives Element möglich.

**[0057]** Die PSSE-Struktur **40** stellt einen verwandten Ansatz ohne Ansteueranforderungen dar. Bei diesem Beispiel werden wieder nematische LC-Tröpfchen **42** innerhalb der Polymermatrix **41** ausgebildet. Ein ausrichtendes Feld wird angelegt, doch dieses Mal durch einen Felderzeugungsmechanismus außerhalb der Baugruppe. Feldpole **43** bis **46** stellen Elektroden dar, die paarweise angesteuert werden, um ein ausrichtendes Feld adäquater Größe innerhalb der PDLC-Schicht zu erzeugen. Das Gebiet kann gegebenenfalls in ein geeignetes dielektrisches Fluid eingetaucht werden, damit eine ausreichende Feldstärke angelegt werden kann. In dem Gebiet mit gleichförmigem seitlichen Feld wird die induzierte Ausrichtung über einen von mehreren Mechanismen fixiert. Zu diesen kann das Anwenden von lokalisiertem UV-Licht **47** zählen, maskiert durch eine Öffnung **48**, vorausgesetzt der verwendete LC ist UV-härtbar. Solche polymerisierbaren LC-Materialien existieren im Stand der Technik. Alternativ ist über LC-Polymer-Netze berichtet worden, bei denen die UV-Exposition einen UV-härtbaren Monomerdotierstoff polymerisiert, um ein offenes Netz auszubilden, das eine Ausrichtung effektiv beibehalten kann, nachdem das Feld entfernt worden ist. Als noch weitere Option existieren polymere LC, die bei Erwärmung über den Glasübergang feldausgerichtet werden können, aber die induzierte Ausrichtung beibehalten können, wenn sie bei angelegtem Feld gekühlt werden. In diesem Fall würde ein Wärmeimpuls anstelle der UV-Exposition angelegt werden. Noch eine weitere Variation zu diesem Verfahren ist die Verwendung von smektischen LC-Mischungen, die ausgerichtete Orientierungsgeometrien beim Kühlen von der nematischen zu der niedrigeren Temperatur und einer oder mehre-

ren geordneten smektischen Phasen fixieren können.

**[0058]** Die Ausrichtung in **40** könnte alternativ magnetisch induziert werden, vorausgesetzt eine adäquate Feldstärke steht zur Verfügung. Für sinnvolle Tröpfchengrößen und diamagnetische Anisotropie könnten die Elektroden **43–46** durch starke Magnete ersetzt werden, die derart ausgerichtet sind, daß die jeweiligen Nordpole von allen Magneten identisch nach rechts oder links ausgerichtet sind. Es könnten ohne weiteres auch Elektromagnete verwendet werden. Bei allen diesen Verfahren würde die relative Position des Ausrichtungsmechanismus entlang der Achse **49** parallel verschoben werden, damit der ganze Elementbereich ausgerichtet werden kann.

**[0059]** Die Struktur **50** in [Fig. 3d](#) zeigt eine weitere allgemeine Möglichkeit, wie PSSE konstruiert werden können. In diesem Fall werden einen kleinen Durchmesser aufweisende doppelbrechende (z. B. gezogene oder gereckte) Polymerfasern **52** auf eine Form aufgewickelt oder anderweitig miteinander ausgerichtet und in eine Polymermatrix **51** eingebettet. Das Streuprofil hängt von dem Faserdurchmesser und der Anzahl von Fasern sowie von anderen Parametern ab, doch ist die Symmetrie ähnlich zu der von Element **20**. Ein signifikanter Unterschied ist die größere Länge der Fasern, was die Symmetrie der Streuung ändert. Zu Variationen bei diesem Ansatz würden Fasern mit wenig oder keiner Doppelbrechung (z. B. Glas oder viele Polymere) in einer doppelbrechenden Matrix (z. B. polymerer Flüssigkristall oder ähnlich ausgerichtetes Material) zählen. Dieser Ansatz kann so erweitert werden, daß er drei Arten von Domänen beinhaltet, wo die gereckten Fasern selbst Dotierstoffteilchen oder -tröpfchen (z. B. Glas oder LC) mit einer Indexanpassung für eine Polarisation, aber nicht die andere enthalten.

**[0060]** Die in [Fig. 3e](#) gezeigte analoge Struktur **60** ist von der Form her ähnlich der von Land beschriebenen, bei der doppelbrechende Kristalle (oder ähnliche Teilchen) **62** entlang einer Achse **63** ausgerichtet und in einer nicht-doppelbrechenden Matrix **61** eingebettet sind. Das Element **60** könnte auch die Form eines homogen ausgerichteten Polymers wie etwa eines UV-härtbaren LCs, polymeren LCs oder gereckten Polymerfilms annehmen, in das oder in den nicht-doppelbrechende Teilchen wie etwa Glas eingebettet worden sind.

**[0061]** Ein vorteilhaftes Verfahren zum Herstellen eines derartigen Elements besteht in der Herstellung eines Films mit Domänen von zwei Polymerarten. Diese Polymerdomänen teilen sich einen gemeinsamen ordentlichen Index und eine gemeinsame ordentliche Dispersion, besitzen aber unterschiedliche oder entgegengesetzte Doppelbrechung, bevorzugt eine hohe. Die Doppelbrechung wird während der

Filmherstellung oder Filmverarbeitung wie etwa durch Extrudieren, Ziehen oder Recken induziert, wobei der entstehende Film entsprechende Eigenschaften für die vorliegenden Displayverbesserungen besitzt.

**[0062]** Element **70** in [Fig. 3f](#) zeigt noch eine weitere Konfiguration. Bei diesem Beispiel werden die Domänen in der Mikrostruktur aus einem einzelnen Material wie etwa einem UV-härtbaren LC erzeugt. Abwechselnde Domänen **72** und **71** werden durch lokales Polymerisieren der separaten Gebiete ausgebildet, wobei ein querverlaufendes ausrichtendes Feld angelegt bzw. nicht angelegt ist. Die UV-Exposition kann unter Verwendung eines abgetasteten Lasers oder durch Exposition durch eine Maske **73** erfolgen und die Ausrichtung kann bei Abwesenheit des Feldes mit standardmäßigen Ausrichtungsschichtverfahren stabilisiert werden.

**[0063]** Ein Spezialfall der PSSE-Struktur ist ein in [Fig. 3g](#) gezeigtes Element **80**. Hier sind vergleichbare Materialien und eine vergleichbare Physik involviert, doch nehmen die Domänen die Form von abwechselnden Schichten an, wo nur ein Index angepaßt ist. Beispielsweise bestehen bei dem gezeigten Beispiel die Schichten **81** aus dünnen Folien aus gerecktem oder anderweitig doppelbrechendem Polymer. Diese sind durch Klebeschichten **82** zusammengebondet, wobei der Brechungsindex des Klebers nur einem Brechungsindex für die Folien **81** entspricht. Wenngleich das Ergebnis eine spiegelnde Reflexion ist, werden wir zu Zwecken der vorliegenden Erfindung dies aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit mit den anderen Verfahren als ein PSSE ansehen, jedoch in dem Verständnis, daß die "Streuung" wohldefiniert ist. Die für eine effiziente Polarisation erforderliche Anzahl von Schichten kann je nach der Doppelbrechung, der relativen Kohärenzlänge des Lichts und des Einfallswinkels recht groß sein.

**[0064]** Das in [Fig. 3h](#) gezeigte Element **90** stellt einen weiteren Ansatz zu einem nicht-zufälligen polarisationsempfindlichen "Streuer" dar. Hier wird ein Array aus Linsen oder Mikrolinsen **91** (als eine Zylinderlinse gezeigt, aber optional linsenförmig in beiden Achsen) oder anderen linsenförmigen Mikrostrukturen aus einem doppelbrechenden Material und bevorzugt indexangepaßt zwischen nicht-doppelbrechenden Substraten **92** und **93** ausgebildet. Bei der gezeigten Ausführungsform ist **91** aus einem Polymer mit einer hohen Doppelbrechung konstruiert, wobei die optische Achse des Polymers entlang der Linsenachse verläuft. Der Nettoeffekt besteht darin, daß jede Linse **91** eine Brennpunktposition aufweist, die mit der Polarisationsachse variiert. Zusätzlich zu der variablen Fokussierung der beiden Polarisationen kann es zu Reflexionen wie etwa Totalreflexionen an den Grenzflächen kommen. Ein Beispiel für eine derartige Struktur ist ein ausgerichtetes LC-Material zwi-

schen einem flachen Substrat und einem strukturierten Substrat. Eine weitere Herstellungsoption ist das Bonden eines gereckten geprägten Films an einen zweiten Film, wobei die linsenförmige Oberfläche Bestandteil einer der Substrate ist. Dieses Beispiel eignet sich besonders gut für leicht streuende (diffuse) Konfigurationen, wo ein bekanntes Diffusionsprofil erwünscht ist.

**[0065]** Zahlreiche Variationen zu der Ausführungsform von [Fig. 1](#) sind möglich. Wenn die Lichtquelle zu dem Hohlraum wenig absorbierenden Verlust beiträgt, wie etwa der Fall mit Miniaturglühlampen, Laserdioden oder LEDs wäre, kann das rückstreuende PSSE **17** vollständig ausgenutzt werden. Der Diffusor, falls verwendet, kann zwischen dem PSSE und der Displayplatte platziert werden, vorausgesetzt, sie entpolarisiert nicht. Viele Richtmechanismen können verwendet werden, wie etwa der von 3M hergestellte prismatische Brightness Enhancing Film. Oftmals können abwechselnde Diffusoren verwendet werden, da das von dem Vorpolarisator rückgestreute Licht eine Tendenz besitzt, die Gleichförmigkeit des Displays zu verbessern. Wenn von dem Diffusor diese Bürde genommen wird, kann dies zumindest in einem gewissen Ausmaß die Verwendung eines Diffusors mit höherer Transmission gestatten. Das Ergebnis ist, daß es durch Justieren des Systems in Richtung auf maximalen Vorteil oftmals möglich ist, die durch das einfache Modell in [Fig. 3](#) vorhergesagte direkte Leistung signifikant zu übertreffen. Das PSSE kann auch direkt auf eine Fluoreszenzlampe oder über eine der gegenwärtig erhältlichen flachen Fluoreszenzlampen angewendet werden, wodurch man optimalen Vorteil erzielt, wenn die Lampenoberfläche eine sehr weiße Erscheinung aufweist.

**[0066]** [Fig. 4](#) zeigt eine zweite Ausführungsform. Hier ist eine kompakte Hintergrundbeleuchtungskonfiguration integriert, wie sie etwa in einem tragbaren Computermonitor verwendet werden könnte. Die Displaytafel **101** wird einschließlich vorderem und hinterem Polarisator von der Hintergrundbeleuchtung **100** beleuchtet, wobei das rückstreuende PSSE **109** zwischen der Tafel und dem effektiven Lichthohlraum dieser Ausführungsform platziert ist. Die Fluoreszenzlampe **103** koppelt Licht in die Enden des Lichtleiters **102** ein. Das Licht wird durch Totalreflexion (TIR) innerhalb von **102** gehalten, ausgenommen dort, wo die TIR durch diffundierende Gebiete **104** vereitelt wird. Diese diffundierenden Gebiete können zahlreiche Formen annehmen, die alle das Licht derart effektiv streuen oder ablenken, daß ein Teil davon die Winkelanforderungen für TIR übersteigt. Dieses gestreute Licht, von dem ein Teil vom Spiegel **105** umgelenkt wird, tritt aus dem Lichtleiter **102** durch die Fläche **106** aus und tritt durch den Diffusor **107** und durch eine Viertelwellenplatte **108** hindurch, bevor es das PSSE **109** erreicht. Die Viertelwellenplatte **108** ist bevorzugt eine achromatische Viertelwellenplatte,

wie in der Technik bekannt ist, und ist derart orientiert, daß von dem PSSE Vorpolarisator rückgestreutes oder reflektiertes Licht in Zirkularpolarisation konvertiert wird. Bei dieser Ausführungsform sind die Elemente **102**, **104**, **105** und **107** alle so ausgewählt, daß sie nicht-entpolarisierend sind. Somit wird vom PSSE rückgestreutes Licht durch **108** in Zirkularpolarisation umgewandelt, tritt durch **107**, **106**, **102** und möglicherweise Gebiete **104** hindurch, bevor es den Spiegel **105** erreicht. Nach Reflexion bei **105** wird die Zirkularhändigkeit der Polarisation umgekehrt und wird danach so konvertiert, daß sie der Durchlaßachse des PSSEs beim nächsten Durchlauf durch die Viertelwellenplatte **108** entspricht. Auf diese Weise wird das rückgestreute Licht noch effektiver ausgenutzt als bei der ersten Ausführungsform, was zu noch höheren Gewinnen führt als durch das einfache Modell vorhergesagt, das einen voll entpolarisierten Hohlraum annahm. Zusätzliche Elemente, die nicht gezeigt sind, können ebenfalls beibehalten werden, wie etwa ein richtungsinduzierendes Element (z. B. linsenförmiges oder prismatisches Array) vor oder bevorzugt hinter dem PSSE **109**. Wenn die Viertelwellenplatte **108** entfällt, sollten andere Entpolarisierungs- oder Polarisierungsdrehungsmittel bereitgestellt werden.

**[0067]** Die in [Fig. 5](#) gezeigte dritte Ausführungsform nutzt die einzigartigen Eigenschaften des PSSEs auf verwandte, aber etwas andere Weise. Hier ist die Totalreflexion der Hauptmechanismus, der verwendet wird, um ein moderat (z. B. vorwärts) streuendes PSSE zu einem effektiven nicht-absorbierenden Polarisator zu machen, wobei eine potentielle Verbesserung sich sogar ohne ein stark rückstreuendes PSSE einer Verbesserung von Faktor 2 annähert. Die Displaytafel **111** wird einschließlich vorderem und hinterem Polarisator durch Hintergrundlicht **110** beleuchtet. Die Fluoreszenzlampe **113** koppelt unpolarisiertes Licht in das Ende des Lichtleiters **112** ein. Das Licht wird durch Totalreflexion (TIR) innerhalb **112** gehalten, außer dort, wo die TIR durch diffundierende Gebiete **114** vereitelt wird. In dieser Ausführungsform nehmen diese diffundierenden Gebiete die Form eines für eine Polarisation, aber nicht für die orthogonale Polarisation angepaßten PSSE-Indexes an. Das Ergebnis ist, daß die TIR für nur eine ausgewählte Polarisation vereitelt wird, aber nicht für die andere. Dieses im wesentlichen linear polarisierte gestreute Licht, ein Teil dessen vom Spiegel **115** umgeleitet wird, tritt aus dem Lichtleiter **112** durch die Fläche **116** aus und läuft durch den polarisationsbewahrenden Diffusor **117** zur Displaytafel **111**. Die Achse der selektiv gestreuten Polarisation ist derart ausgewählt, daß sie der Durchlaßachse des hinteren Polarisators der Displaytafel **111** entspricht. Man beachte, daß dies die umgekehrte Situation wie bei den vorausgegangenen Ausführungsformen ist. Aus diesem Grund kann ein Vorteil darin bestehen, eine Indexanpassung des außerordentlichen Indexes in

dem PSSE **114** vorzunehmen anstelle des ordentlichen Indexes, wie in dem ersten PSSE-Beispiel oben beschrieben wurde. Die ungestreute Polarisation bleibt in dem Lichtleiter gefangen, bis seine Polarisation gedreht wird, wie etwa durch die Viertelwellenplatte **118** und den Spiegel **119** am fernen Ende des Lichtleiters. Alternativ könnten andere polarisationsbeeinflussende Mittel an anderer Stelle im Lichtleiter bereitgestellt werden. Natürlich können mehrere Lampen verwendet werden, auch kann ein stark rückstreuendes PSSE verwendet werden und das PSSE braucht sich nicht an der hinteren Oberfläche zu befinden. Zu relevanten PSSE-Konfigurationen zählen die Ansätze mit doppelbrechender Faser und Linsenform, als Elemente **50** und **90** in **Fig. 3** gezeigt, zwischen transparente Substrate gebondet, um den Lichtleiter **112** auszubilden.

[0068] Eine in **Fig. 6a** und **Fig. 6b** gezeigte vierte Ausführungsform kombiniert eine Reihe von Versuchen nach dem Stand der Technik hinsichtlich hoher Flachbildschirmeffizienz zusammen mit dem vorliegenden Verfahren, um zum ersten Mal eine integrierte Lösung für das LCD-Effizienzproblem zu ermöglichen. Mit typischen Farb-AMLCD-Transmittanzwerten in der Größenordnung von 3% ist leicht aus dem weiter oben vorgestellten einfachen Modell zu ersehen, daß eine Verbesserung um eine Größenordnung erzielt werden könnte, wenn die äquivalente schwarze Fläche für den Hohlraum und die Platte zusammen um einen Faktor von etwa 10 reduziert würden. Bei Abwesenheit der vorliegenden Erfindung war dies nicht möglich, da zum Wiedereinfangen des Polarisationsverlustes in einem diffus hintergrundbeleuchteten Display dieser Art kein effektives Verfahren bekannt war. Das Beste, was erreicht werden konnte, war somit eine Verlustfläche äquivalent mehr als der Hälfte der Plattengröße. Somit waren die Effektivität aller Effizienzverbesserungsverfahren nach dem Stand der Technik bisher stark eingeschränkt. Die vorliegende Erfindung dient als ein Ermöglicungsverfahren, durch das der volle Vorzug der ganzen Menge von Verfahren erzielt werden kann. Diese Verfahren nach dem Stand der Technik können individuell in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung oder in Kombination wie etwa in der Konfiguration von **Fig. 6** verwendet werden.

[0069] Bei der Ausführungsform der **Fig. 6a** ist ein Lichtkasten **140** aus einer gekrümmten Innenwand **143** und zwei Endwänden (nicht gezeigt) konstruiert. Diese bestehen aus Materialien mit einem sehr hohen diffusen Reflexionsvermögen wie etwa Spectralon (erhältlich von Labsphere). Eine Lichtquelle **144** mit geringer Absorption, beispielsweise eine Fluoreszenzlampe oder ein Satz von Glühbirnen, ist hinter einem Lichtblock **145** derart positioniert, daß die inneren Oberflächen relativ gleichförmig beleuchtet werden, aber **144** nicht direkt sichtbar ist bei Betrachtung durch den Port des Hohlraums. Ein rückstreuendes

vorpolarisierendes Element **141** ist beispielsweise ein PSSE mit verbesserter Rückstreuung wie weiter oben beschrieben, das dazu dient, die unerwünschte Polarisation effizient zum Hintergrundbeleuchtungshohlraum zurückzuführen und dabei die gewünschte Polarisation an die polarisierte Displayplatte **120** weiterzuleiten. Die erweiterte Ansicht zeigt, wie das Gesamtreflexionsvermögen des Vorpolarisators und der Displayplatte noch weiter erhöht werden. Wie in dem Querschnitt von **Fig. 6b** gezeigt, ist **120** ein Farb-AMLCD, wobei sich Flüssigkristallmaterial **123** zwischen parallelen transparenten Substraten **121** und **122** befindet. Farbe wird durch Filtern benachbarter Gebiete der Displayplatte mit Rot, Grün und Blau absorbierenden Filtern **125**, **127** bzw. **129** bereitgestellt, wie gezeigt. Um die Absorption von Licht durch diese Filter herabzusetzen, sind reflektierende Farbvorfilter **124**, **126** und **128** zwischen den absorbierenden Farbfiltermitteln und der Hintergrundbeleuchtung angeordnet. Wenngleich die Filter so gezeigt sind, daß sie sich bei dieser Ausführungsform auf gegenüberliegenden Substraten befinden, könnten sie gewiß zusammen auf einem der Substrate konfiguriert sein. Jeder reflektierende Farbfilter, beispielsweise in Form eines mehrschichtigen dielektrischen Filters konstruiert, wie in der Technik wohlbekannt ist, läßt die gewünschten Spektralkomponenten für diesen Bereich über den erforderlichen Betrachtungswinkel hindurch und schickt dabei so viel wie möglich von dem ungenutzten Spektralbereich zurück. Beispielsweise läßt der reflektierende Filter **124**, entsprechend dem Rot absorbierenden Filter **125**, Rot durch und reflektiert dabei Grün und Blau. Analog läßt **126** Grün durch und reflektiert dabei Rot und Blau, und **128** läßt Blau durch und reflektiert dabei Grün und Rot. Das Durchlaßband jedes Filters kann auf der langwelligen Seite erweitert werden, um gegebenenfalls breite Betrachtungswinkel zu berücksichtigen. Zudem sind das Gebiet zwischen den aktiven Matrixpixeln von einem Rückreflektor **130** auf der hinteren Seite sowie einer schwarzen Matrix **131** auf der vorderen Seite bedeckt. Das Display wird durch den Zusatz eines effizienten hinteren und vorderen Polarisators **132** und **133** sowie die aktive Matrix adressierende Struktur, die nicht gezeigt ist, vervollständigt. Diese Konfiguration maximiert die zum Hohlraum zurückgeschickte Lichtmenge. Die Effektivität dieser Verfahren nach dem Stand der Technik wie etwa den reflektierenden Farbfiltern ist signifikant verbessert. Beispielsweise könnte im Stand der Technik das maximale Reflexionsvermögen eines idealen roten Punkts bis zu 33% betragen, was die Rückkehr von 2/3 des Lichts (Grün und Blau, aber nicht Rot) sowie die Dämpfung um 50% durch den absorbierenden Polarisator darstellt. Der Zusatz des Vorpolarisators gestattet, daß dieses ideale Reflexionsvermögen 83% beträgt (die gleichen 33% plus die von dem Vorpolarisator zurückgeschickten 50%) mit einem entsprechend signifikanten Potential zur Effizienzverbesserung.

**[0070]** Wenngleich die absorbierenden Elemente **125**, **127**, **129**, **131** und **132** wegen der Leistung in dieser Ausführungsform enthalten sind, können diese gewiß entfallen, wenn sie aufgrund eingeschränkter Betrachtungswinkel oder einer geringen Vorderbeleuchtung wie etwa am Kopf angebrachten oder Projektionsanwendungen nicht benötigt werden. Außerdem könnte gegebenenfalls ein Diffusor hinzugefügt werden, um Gleichförmigkeit sicherzustellen, und es können noch Richtungssteuerelemente hinzugefügt werden, wodurch das Gesamtreflexionsvermögen des Ports noch weiter erhöht wird.

**[0071]** Die Polarisationssteuerung der diffus hintergrundbeleuchteten Ausführungsformen erhöhen inhärent die Gleichförmigkeit dieser Systeme. Diese Gleichförmigkeitsverbesserung kann gegen noch weitere Effizienzgewinne eingetauscht werden durch Erhöhen der diffusen Transmittanz des traditionellen Diffusorelements, selbst zu dem Punkt, daß überhaupt kein Diffusor vorliegt, wie in **Fig. 6**. Eine noch größere Gleichförmigkeitsverbesserung kann durch Verwendung einer zusätzlichen Polarisationssteuerung in dem Hintergrundbeleuchtungshohlraum bereitgestellt werden.

**[0072]** **Fig. 7** zeigt eine fünfte Ausführungsform, bei der eine noch größere Gleichförmigkeitsverbesserung durch die Verwendung zusätzlicher Polarisationssteuermechanismen bereitgestellt wird. Der Lichtkasten **150** enthält Lampen **151**, und sein Port ist von einem PSSE-Vorpolarisator **152** und Diffusor **153** (bevorzugt nicht-polarisierend) bedeckt, wodurch man eine Hintergrundbeleuchtung für die Displaytafel **160**, einschließlich vorderer und hinterer Polarisatoren, erhält. Diese Konfiguration unterstützt Anwendungen mit starker Helligkeit, was die effiziente Verwendung von relativ großen Fluoreszenzlampe gestattet, zum Beispiel. Das Optimieren der Effizienz dieses Systems impliziert, in **153** gerade ausreichende Diffusion zu haben, damit sich die erforderliche Gleichförmigkeit ergibt. Eine ergänzende Lampe **157** wird verwendet, um Licht unter alternativen Beleuchtungsbedingungen bereitzustellen, beispielsweise bei Nacht, wenn eine sehr geringe Luminanz erforderlich ist, oder wenn spektrale Einschränkungen gelten. In diesem Fall wird die Beleuchtung von der Lampe **157** vor dem Eintritt in den Haupthohlraum vorpolarisiert. Bei der gezeigten Ausführungsform erfolgt dies, indem **157** in einem separaten Hohlraum **154** plaziert und sie mit dem rückstreuenden PSSE **155** teilweise polarisiert wird. Die Polarisation könnte alternativ durch andere Mittel erzielt werden, wie durch die Verwendung einer inhärent polarisierten Quelle oder durch Verwendung eines absorbierenden Polarisators anstelle von **155**. Die Achse von **155** ist so orientiert, daß sie die Achse des Vorpolarisators **152** kreuzt. Der Nettoeffekt besteht darin, daß eine sehr hohe Diffusion (Verdunkelung) für eine direkte Betrachtung der ergänzenden Lampe

**157** bereitgestellt wird, aber eine geringe Diffusion für die Displaydurchlaßachsenpolarisation in allen anderen Fällen, einschließlich indirektes (und deshalb gleichförmigeres) Licht von der ergänzenden Lampe. Das von **155** bereitgestellte Polarisationsniveau kann so ausgewählt werden, daß man die maximale Gleichförmigkeit erhält, so daß der Bereich der ergänzenden Lampe weder zu hell noch zu dunkel ist. Auf diese Weise wurde ein Hohlraum entworfen, der hinsichtlich Effizienz in dem Modus mit hoher Helligkeit optimiert ist und gleichzeitig für Gleichförmigkeit in dem alternativen Beleuchtungsmodus optimiert ist und auf eine Weise, daß die ergänzende Lampe die Effizienz des Modus mit hoher Helligkeit nicht signifikant stört.

**[0073]** Eine sechste Ausführungsform ist in **Fig. 8** gezeigt.

**[0074]** Hier ist ein stark rückstreuendes polarisationsempfindliches Streuelement als ein Vorpolarisator in einem leistungsstarken Projektionssystem wie etwa einem Diaprojektorsystem oder einem anderen Einzeldisplaytafelprojektor verwendet. Ein Ventil **170** für polarisiertes Licht mit einem vorderen und hinteren absorbierenden Polarisator wird von einer Hochintensitätslichtquelle **173** beleuchtet. Das von dem Lichtventil modulierte und durchgelassene Licht wird von einer Optik **174** auf einen nichtgezeigten Schirm projiziert. Der Vorpolarisator **175** ist zwischen der Lichtquelle und der Displaytafel positioniert und dient dazu die von dem hinteren Polarisator der Displaytafel absorbierte Lichtmenge stark zu reduzieren. Der Vorpolarisator ist bevorzugt ein für signifikante Rückstreuung optimiertes PSSE, wie weiter oben beschrieben, wenngleich weniger Rückstreuung erforderlich ist, wenn der Abstand zwischen **175** und **170** größer gemacht wird. Wenngleich diese Ausführungsform kein signifikantes Wiedereinfangen der ausgeschlossenen Polarisation bereitstellt, gestattet sie eine indirekte Luminanzverbesserung, weil stärkere Lichtquellen und potentiell effizientere Polarisatoren verwendet werden können. Wenigstens wird eine Reduzierung der Displayerwärmung die Zuverlässigkeit verbessern. Dieser Ansatz besitzt deutliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik, weil er flach, frei von Artefakten und relativ achromatisch ist und so gut wie keine Absorption besitzt, leicht in den Lichtweg eingesetzt wird, eine sehr hohe Transmission aufweisen kann und weiterhin die unerwünschte Polarisation breit diffundiert, wodurch thermische Probleme in nahegelegenen Komponenten auf ein Minimum reduziert werden.

**[0075]** Eine in **Fig. 9** gezeigte siebte Ausführungsform verwendet die Polarisationsmanagementverfahren zu noch größerem Nutzen in einem polarisierten Projektionsdisplay. Hier wird die Displaytafel **180** durch Lampe **183**, Reflektor **184** und Linse **185** beleuchtet. Das Erwärmen des Lichtventils wird redu-

ziert, indem einer oder bei dieser Ausführungsform beide der Displaypolarisatoren **181** und **182** durch PSSEs ersetzt werden. Eine Projektionsoptik **186** wird verwendet, um die Displaytafel auf den Schirm **188** abzubilden. Die Projektionsoptik **186** enthält eine effektive Öffnung **187**, die den größten Teil des von einem oder beiden der PSSE **181** und **182** gestreuten Lichts ausschließt. Auf diese Weise ist das einzige von der Displaytafel absorbierte Licht das, das von der Lichtventilmatrixstruktur selbst absorbiert wird.

**[0076]** Sowohl die sechste als auch die siebte Ausführungsform lassen sich ohne weiteres auf Mehrfachplattenprojektoren anwenden, wie sie oftmals verwendet werden, um eine Vollfarbleistung bereitzustellen. Die Effektivität der hier gelehnten streuenden Projektionsdisplaypolarisatoren sind von dem Abstand zwischen ihnen und den anderen Elementen wie etwa der Projektionslinsenöffnung abhängig.

**[0077]** [Fig. 9](#) zeigt auch noch ein weiteres Merkmal der siebten Ausführungsform. Um die Effizienz zu maximieren und gleichzeitig einen hohen Kontrast, eine hohe Auflösung und einen sehr breiten Betrachtungswinkel bei dem gezeigten Frontprojektionsschirm aufrechtzuerhalten wird ein rückstreuendes PSSE als der Schirm **188** verwendet. Dies bietet ein recht hohes diffuses Reflexionsvermögen, vorausgesetzt die projizierte Polarisation entspricht der Streuachse des Schirms. Dennoch wird die Reflexion für Umgebungslicht dramatisch reduziert, indem nur eine Polarisation durch das PSSE durchgelassen wird, möglicherweise zu einem nicht gezeigten schwarzen Hintergrund. Der Horizontalbetrachtungswinkel ist von Natur aus sehr breit, und die Auflösung wird hoch gehalten, indem die Schicht relativ dünn gehalten wird. Das Ausmaß an Streuung in der vertikalen Achse kann durch Oberflächentextur gesteuert werden oder durch Steuern der Längenskala der Tröpfchen oder einer anderen Brechungsindexvariation in der vertikalen Achse. Ähnliche Strukturen können für Rückprojektionsschirme verwendet werden, wodurch viele mit linsenförmigen Ansätzen bei hoher projizierter Auflösung assoziierte Schwierigkeiten überwunden werden, und in diesem Fall wäre keine starke Rückstreuung erforderlich.

**[0078]** Eine achte Ausführungsform, die eine die vorliegende Erfindung darstellende Ausführungsform ist, ist in [Fig. 10](#) gezeigt. Diese Ausführungsform geht einen Schritt weiter als vorherige Projektionsdisplayausführungsformen, weil sie eine Polarisationskonversion (Wiedereinfangen) für gerichtetes Licht zusätzlich dazu bereitstellt, daß die von dem absorbierenden Displaypolarisator absorbierte Leistung reduziert wird. Die Lichtquelle **190** ist eine Quelle von kollimierten oder teilweise kollimierten Strahlen **191** mit einem Kegelwinkel oder einer Divergenz des Winkels **192**. Diese Strahlen fallen auf den Polarisationskonverter **193** ein, der unpolarisiertes Licht mit wenig

Verlust in hauptsächlich polarisiertes Licht konvertiert. Wie aus Polarisationskonversionsverfahren für Projektionsdisplays nach dem Stand der Technik ohne weiteres zu verstehen ist, impliziert eine effektive Polarisationskonversion entweder eine Verbreiterung des Divergenzwinkels oder eine Vergrößerung der Querschnittsgröße des Beleuchtungsstrahls oder beides. In dem vorliegenden Fall verbreitert der Polarisationskonverter **193** den Divergenzwinkel von Winkel **192** zu Winkel **194** in mindestens einer Achse. Dieses größtenteils polarisierte Licht beleuchtet dann das Ventil **195** für polarisiertes Licht, wobei die Ausgangspolarisation von **193** der Durchlaßachse des hinteren Polarisators **198** entspricht. Das modulierte Licht wird dann nach dem Durchlaufen des vorderen Polarisators **199** von einer Optik **196** auf einen nicht gezeigten Schirm projiziert oder zur direkten Betrachtung wie etwa mit einem kollimierten, am Kopf angebrachten Display. Um den maximalen Effizienzvorteil zu erhalten, liefert die Optik **196** einen ausreichenden Sammelwinkel, um den größten Teil der von dem Lichtventil modulierten Strahlen zu enthalten.

**[0079]** Die erweiterte Ansicht von Element **193** in [Fig. 11](#) zeigt wie die vorliegende Erfindung in dieser Ausführungsform konfiguriert ist. Das gerichtete Licht **201** fällt auf die linsenförmige Oberfläche **210** des Substrats **211** auf. Dieses Substrat ist an ein Substrat **203** gebondet, wobei eine dazwischenliegende PSSE-Schicht **202**, wobei die PSSE-Schicht nur geringfügig vorwärts streut, wie weiter oben beschrieben konstruiert ist. Strahlen, die das PSSE durchlaufen haben, ohne gestreut zu werden, durchlaufen die Löcher **205** in der Halbwellenplatte **204**, wobei sich die Löcher dort befinden, wo die Strahlen von den individuellen kleinen Linsen fokussiert werden. Die meisten der Strahlen, die von der orthogonalen Polarisation sind und die vorwärts gestreut werden, verfehlen die Löcher und laufen durch die Halbwellenplatte **204** und werden so gedreht, daß sie die gleiche Polarisation wie die fokussierten Strahlen besitzen. Die Konversionseffizienz kann je nach der f-Zahl und der optischen Qualität der kleinen Linsen und dem Grad an ankommender Kollimation sowie der Höhe von Reflexionsverlusten durch das Element recht hoch sein. Zahlreiche alternative Formen werden ohne weiteres in Betracht gezogen, wie etwa die Aufnahme eines polarisationsbewahrenden Diffusors zwischen **203** und **204**, wie in einer kollimierten Displayanwendung erforderlich sein könnte. Zahlreiche Strukturen aus kleinen Linsen und Halbwellenplatten können verwendet werden, einschließlich zusätzlicher kleiner Linsen hinter der Halbwellenplatte. Eine linsenförmige PSSE-Struktur, wie etwa Element **90** in [Fig. 3h](#), könnte sowohl als die linsenförmige Struktur als auch das polarisationsempfindliche Element fungieren lediglich durch Fokussieren einer Polarisation und nicht der anderen.

**[0080]** Wie bei den anderen Ausführungsformen lie-

fert das PSSE nicht von sich aus einen effektiven polarisierenden Mechanismus. Auch hier wird die Polarisation erzielt, indem das PSSE mit einem geeigneten und neuartigen Öffnungsmechanismus kombiniert wird.

**[0081]** Eine neunte Ausführungsform, [Fig. 12](#), veranschaulicht, wie die von dem PSSE angebotene einzigartige Polarisationssteuerung angewendet werden kann, um die Effizienz und Leistung von reflektierenden LCDs wie etwa üblichen segmentierten Displays, wo Umgebungslicht als die Lichtquelle verwendet wird, zu verbessern. Bei diesem einfachen Beispiel wird ein LCD, die aus einem vorderen und hinteren transparenten Substrat **220** und **221**, einer LC-Schicht **222** und nicht gezeigten elektrisch adressierenden Strukturen besteht, durch vordere Lichtstrahlen wie etwa Strahl **225** beleuchtet wird. Eine Modulation des Lichts erfolgt durch selektive Modifikation des Polarisationszustands der Strahlen in Anwesenheit eines vorderen und hinteren absorbierenden Polarisators **223** und **224**. Bei herkömmlichen Displays dieser Art ist der hinter dem hinteren Polarisator angeordnete Reflektor entweder polarisationsbewahrend oder vollständig diffus, aber nicht beides. Bei dieser Ausführungsform wird ein PSSE **226** hinter dem hinteren Polarisator plaziert und wird gefolgt von einem Spiegel **227** (nur erforderlich, wenn das PSSE nicht stark rückstreuend ist). Die Streuachse des PSSEs ist auf die Durchlaßachse von **224** ausgerichtet. Dadurch erhält man das stark diffuse Streuprofil, das in vielen Anwendungen erwünscht ist, ohne Einführen der mit einer Entpolarisation assoziierten Verluste, da das PSSE die Polarisation recht gut beibehält. Wenn ein PSSE mit ausreichender Rückstreuung gegeben ist, können die Elemente **224** und **227** entfallen und eine hinter **226** plazierte schwarze Schicht zum Absorbieren der unerwünschten Polarisation. Wenngleich dieser Ansatz in gewisser Weise Drahtgitterpolarisatorverfahren für reflektierende Displays nach dem Stand der Technik ähnlich ist, besitzt er erhebliche Vorteile für den Direktbetrachtungsfall wegen seines diffusen Reflektanzprofils und seiner hohen Effizienz.

**[0082]** Das oben Gesagte ist eine Beschreibung eines neuartigen und nicht-offensichtlichen High-Efficiency-Polarized-Display-Verfahrens. Der Anmelder beabsichtigt nicht, die Erfindung durch die vorausgegangene Beschreibung zu beschränken, sondern vielmehr die Erfindung durch die hieran angehängten Ansprüche zu definieren.

### Patentansprüche

1. Polarisationsprojektionsdisplayvorrichtung, die zur Polarisationssteuerung ein polarisationempfindliches Streuelement (PSSE – polarization-sensitive scattering element) verwendet, wobei die Vorrichtung folgendes umfaßt:

einen Polarisationskonverter (**193**), der folgendes enthält: ein PSSE-Element (**202**), wobei das PSSE-Element ein mikrostrukturelles Verbundmaterial aus Materialbereichen mit unterschiedlicher Doppelbrechung ist mit einer ersten Streuverteilung für Lichtstrahlen einer ersten Polarisation, die gering nach vorne streut; und mit einer zweiten Streuverteilung für Lichtstrahlen einer zweiten Polarisation, die im wesentlichen transparent ist; und weiterhin umfassend linsenförmige Fokussierungsmittel (**210**) bei dem PSSE-Element; und räumlich modulierte Verzögerungsmittel (**204**, **205**), wobei eine erste Menge für Lichtstrahlen mit der ersten Polarisation und eine zweite Menge von Lichtstrahlen mit der zweiten Polarisation durch das PSSE-Element im wesentlichen räumlich getrennt sind und das Verzögerungsmittel die Polarisation einer Menge von Lichtstrahlen derart dreht, daß die erste Menge und zweite Menge von Lichtstrahlen mit der gleichen Polarisation aus dem Polarisationskonverter austreten; wobei die Vorrichtung auch folgendes umfaßt: ein polarisiertes Lichtventil (**195**) mit einem hinteren und vorderen Polarisierer (**198**, **199**), wobei das polarisierte Lichtventil bei dem räumlich modulierten verzögernden Mittel positioniert ist, der hintere Polarisierer (**198**) eine Durchlaßachse aufweist, die der Polarisation der aus dem Verzögerungsmittel austretenden ersten Menge und zweiten Menge von Lichtstrahlen entspricht, und das polarisierte Lichtventil das auf es einfallende Licht moduliert; und eine Optik (**196**), die auf der gegenüberliegenden Seite des polarisierten Lichtventils zu dem räumlich modulierten Verzögerungsmittel positioniert ist, wobei der größte Teil der von dem Lichtventil modulierten Strahlen von der Optik gesammelt und projiziert wird.

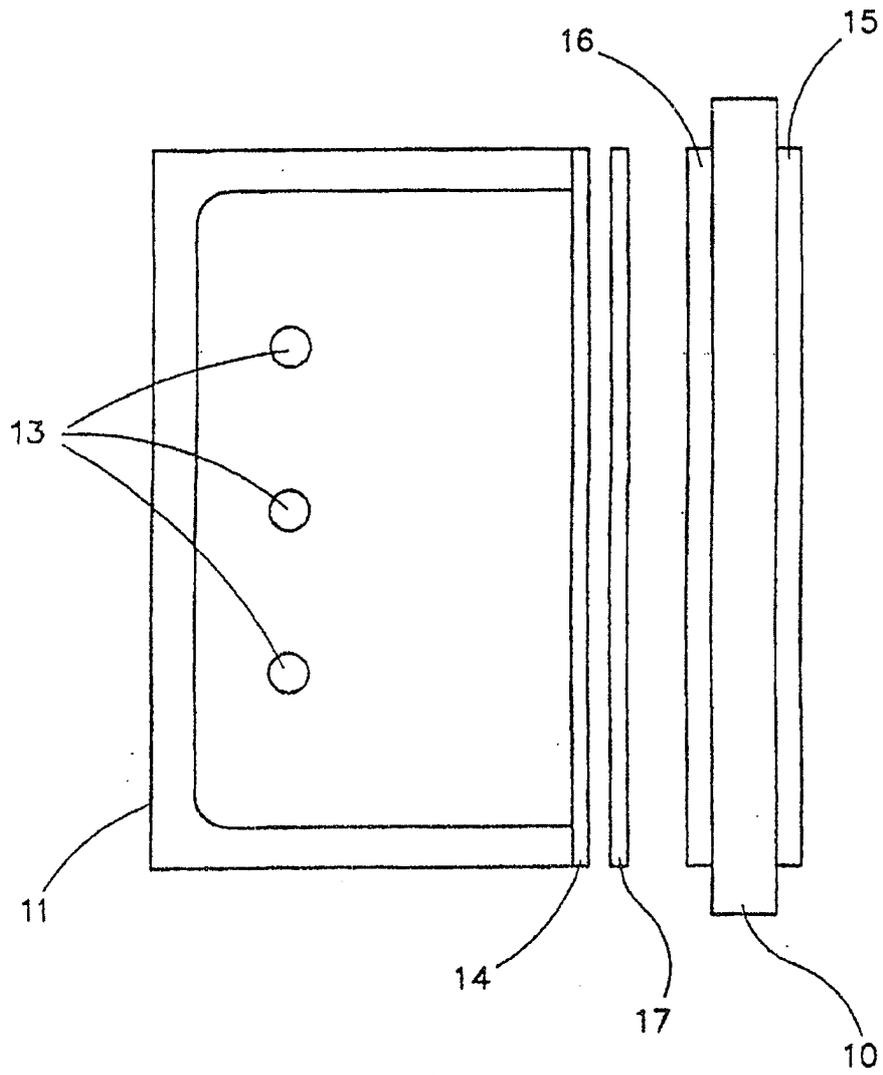
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das räumlich modulierte Verzögerungsmittel folgendes umfaßt:

eine erste Apertur (**205**), die eine Menge von Aperturöffnungen mit der ersten Polarisationsoptik umfaßt; eine zweite Apertur (**204**), die ein Gebiet außerhalb der ersten Apertur mit einer zweiten Polarisationsoptik umfaßt; wobei

Lichtstrahlen eine erste Polarisation, die auf das PSSE-Element (**202**) einfallen, überwiegend durch die erste Apertur hindurchgehen und von der ersten Polarisationsoptik in eine dritte Polarisation konvertiert werden;

Lichtstrahlen einer zweiten Polarisation, die auf das PSSE-Element einfallen, von dem PSSE-Element gestreut werden und überwiegend durch die zweite Apertur hindurchgehen und von der zweiten Polarisationsoptik in die dritte Polarisation konvertiert werden.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen



*Fig. 1*

VORHERGESAGTE VERBESSERUNG

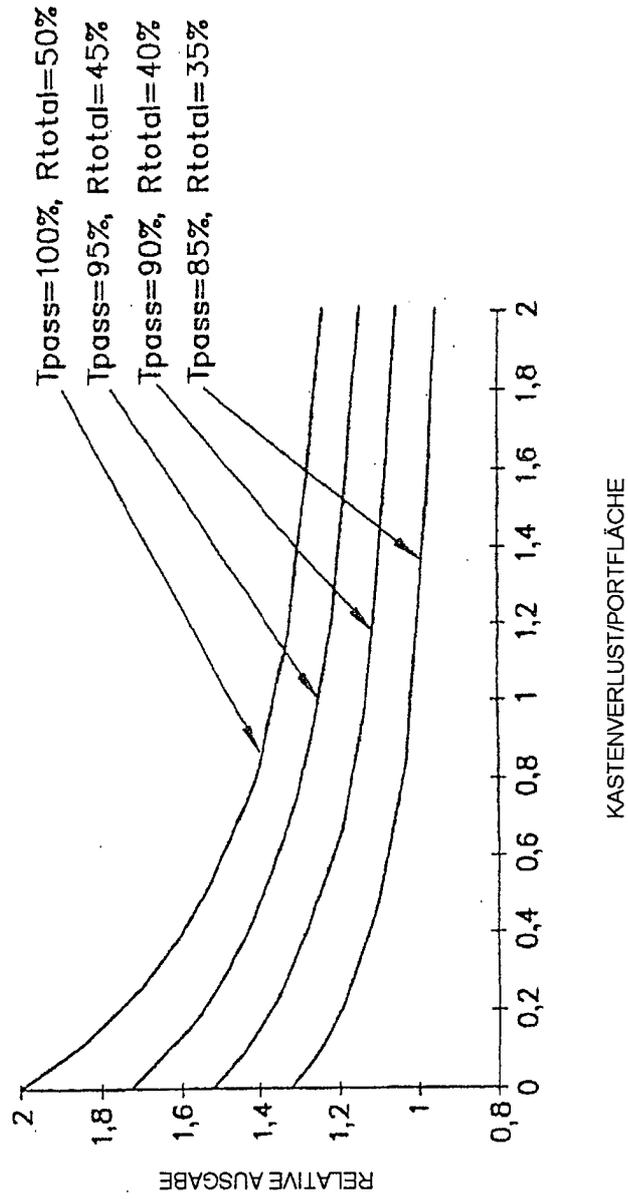


Fig.2

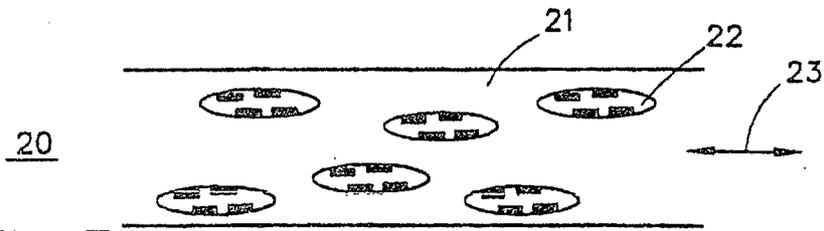


Fig. 3a

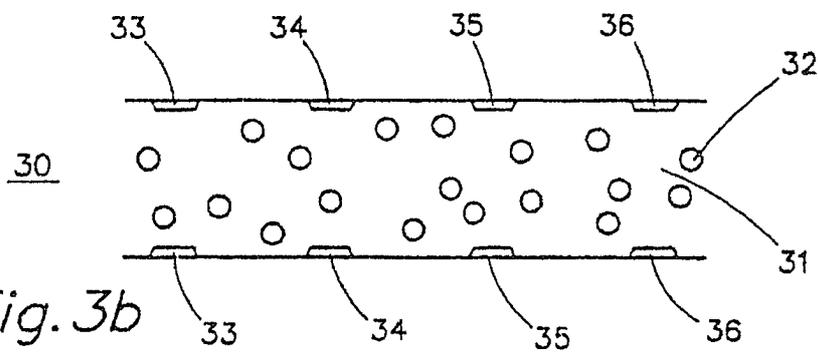


Fig. 3b

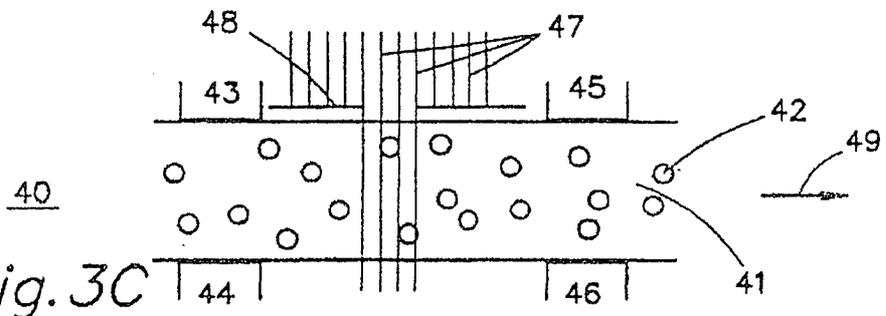


Fig. 3c

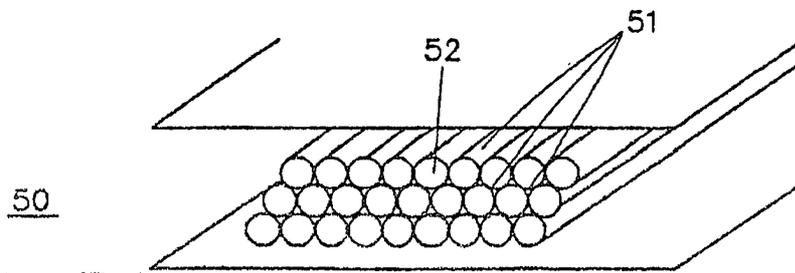


Fig. 3d

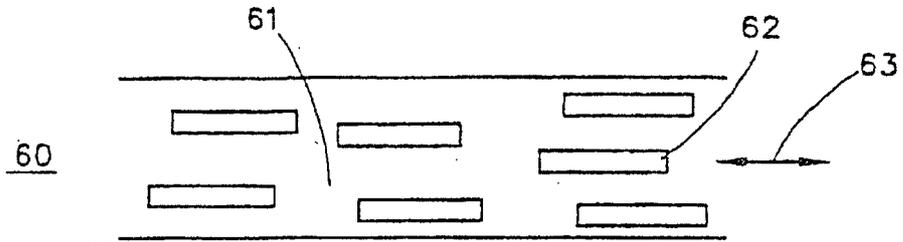


Fig. 3e

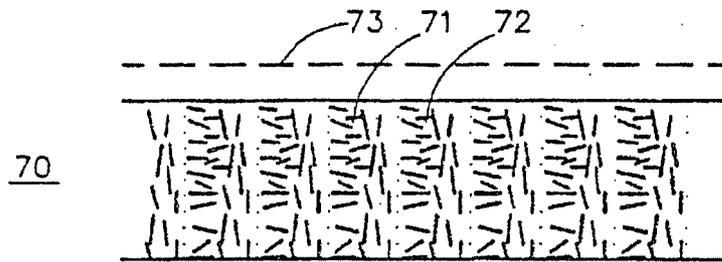


Fig. 3f

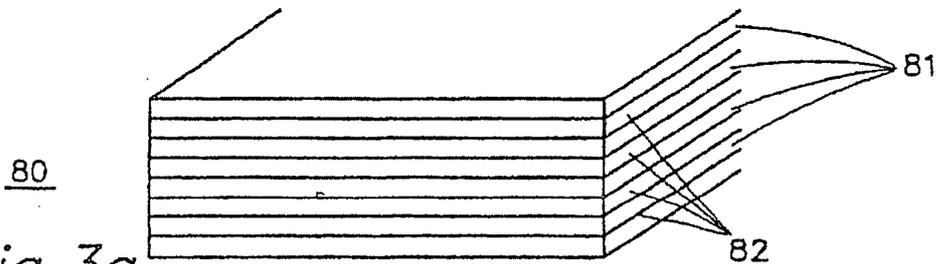


Fig. 3g

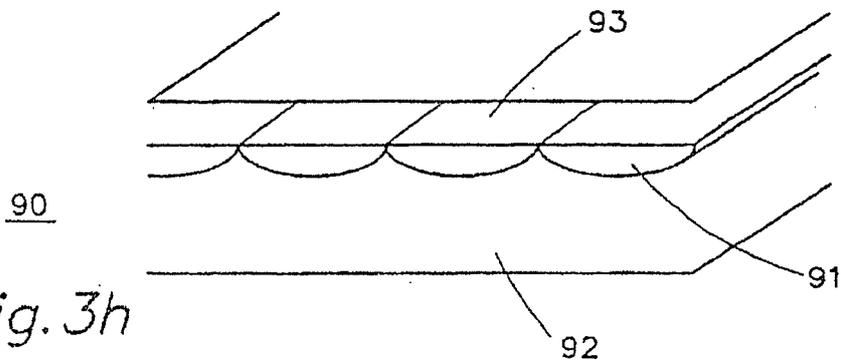


Fig. 3h

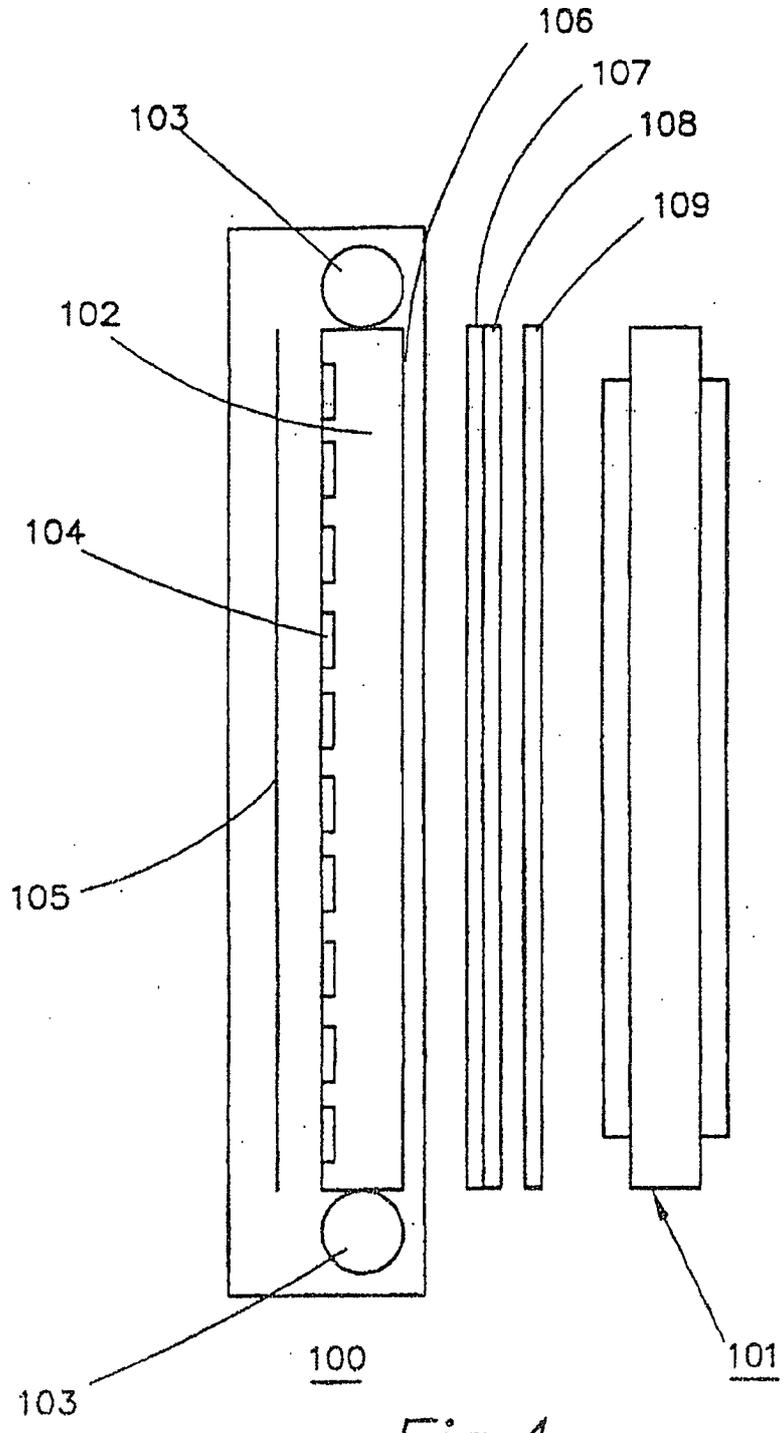
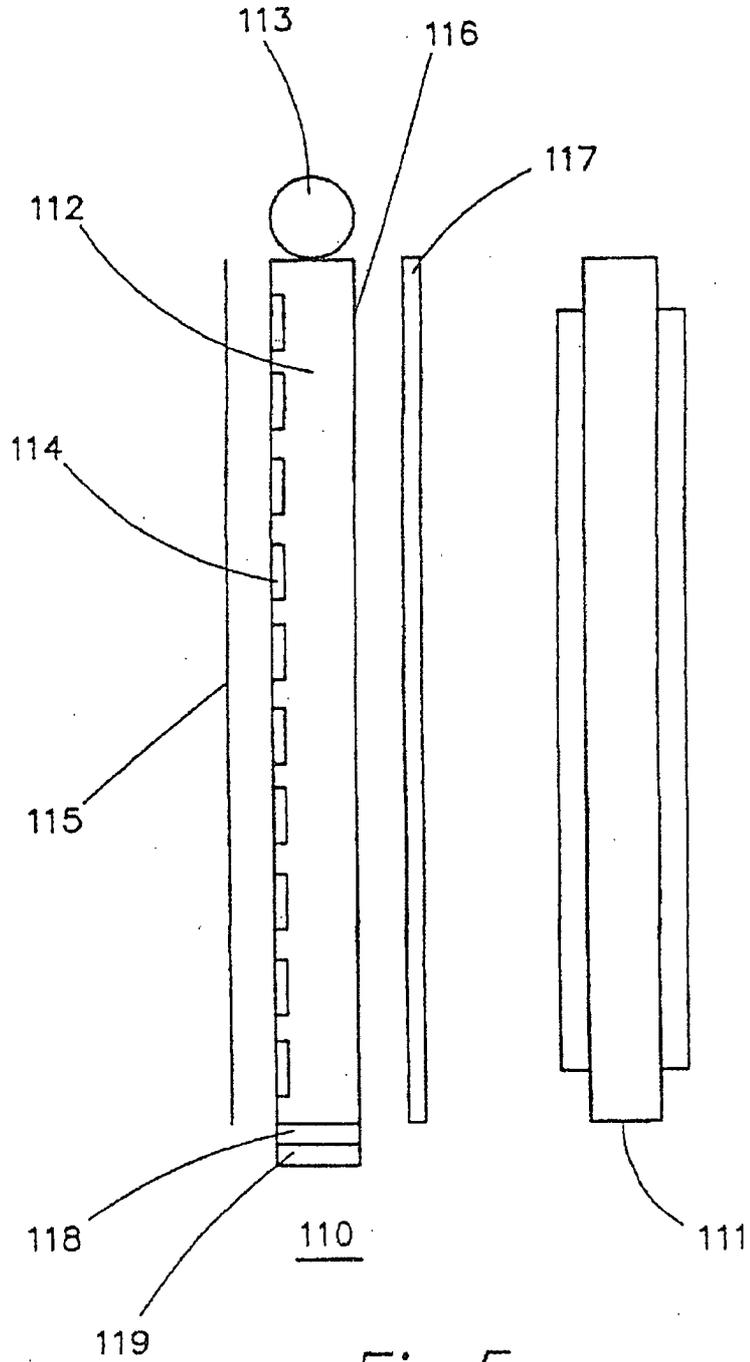
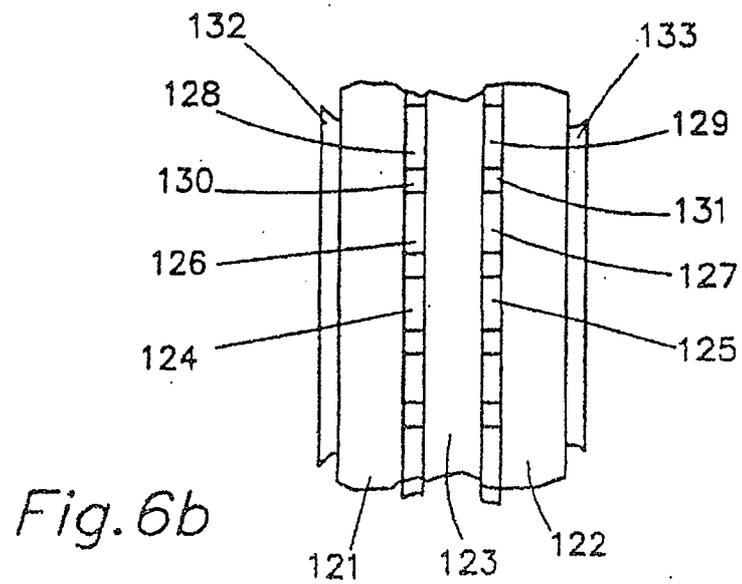
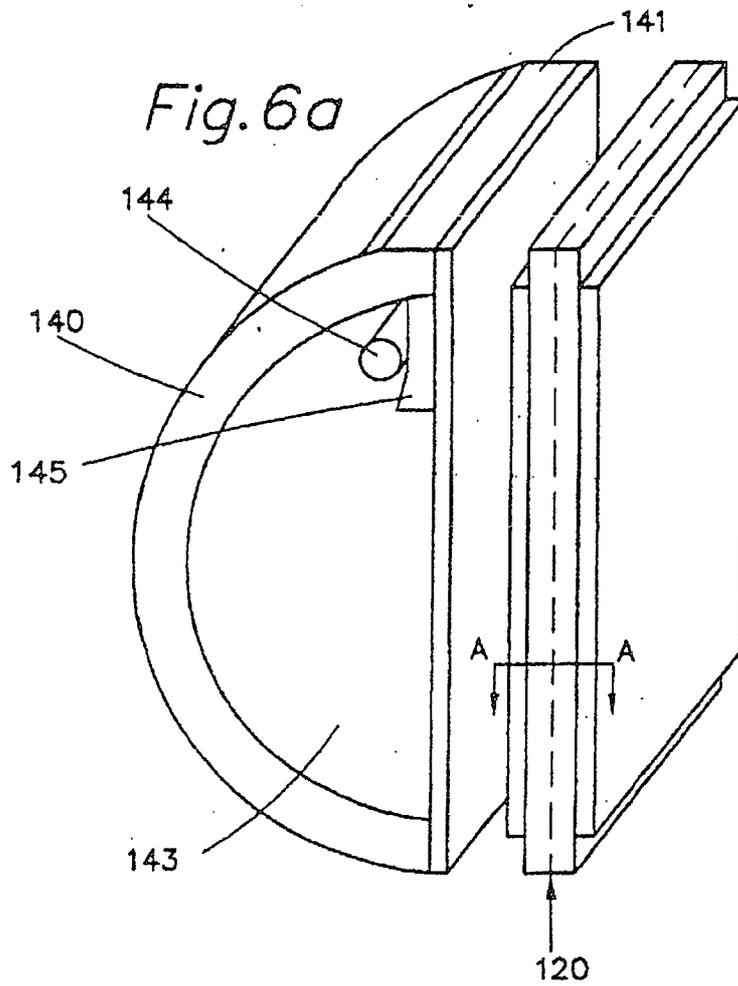
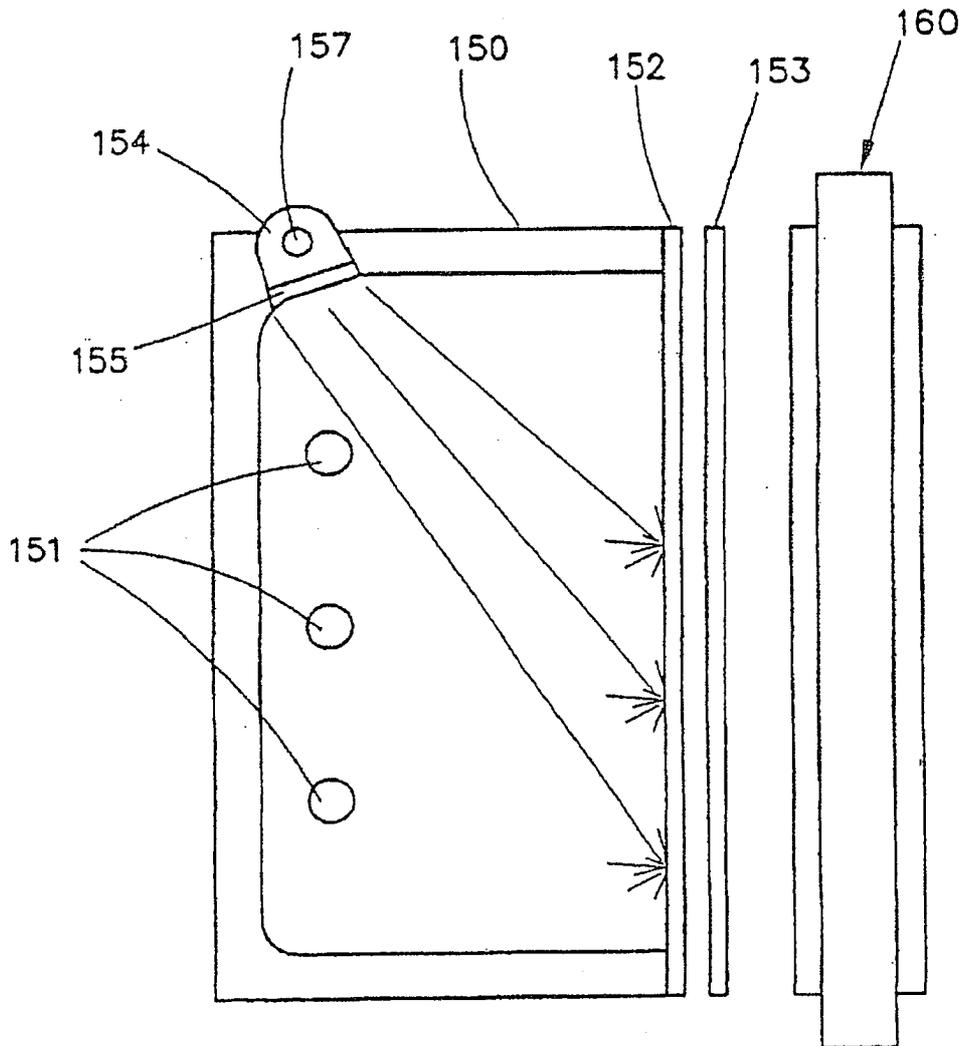


Fig. 4



*Fig. 5*





*Fig. 7*

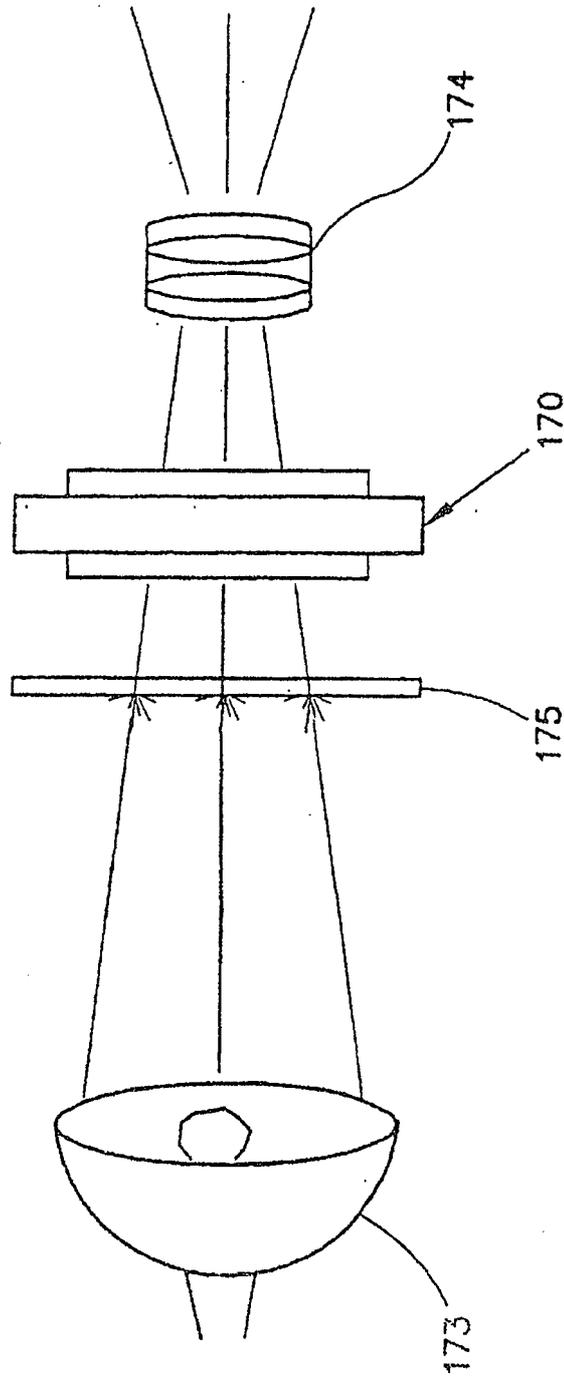


Fig. 8

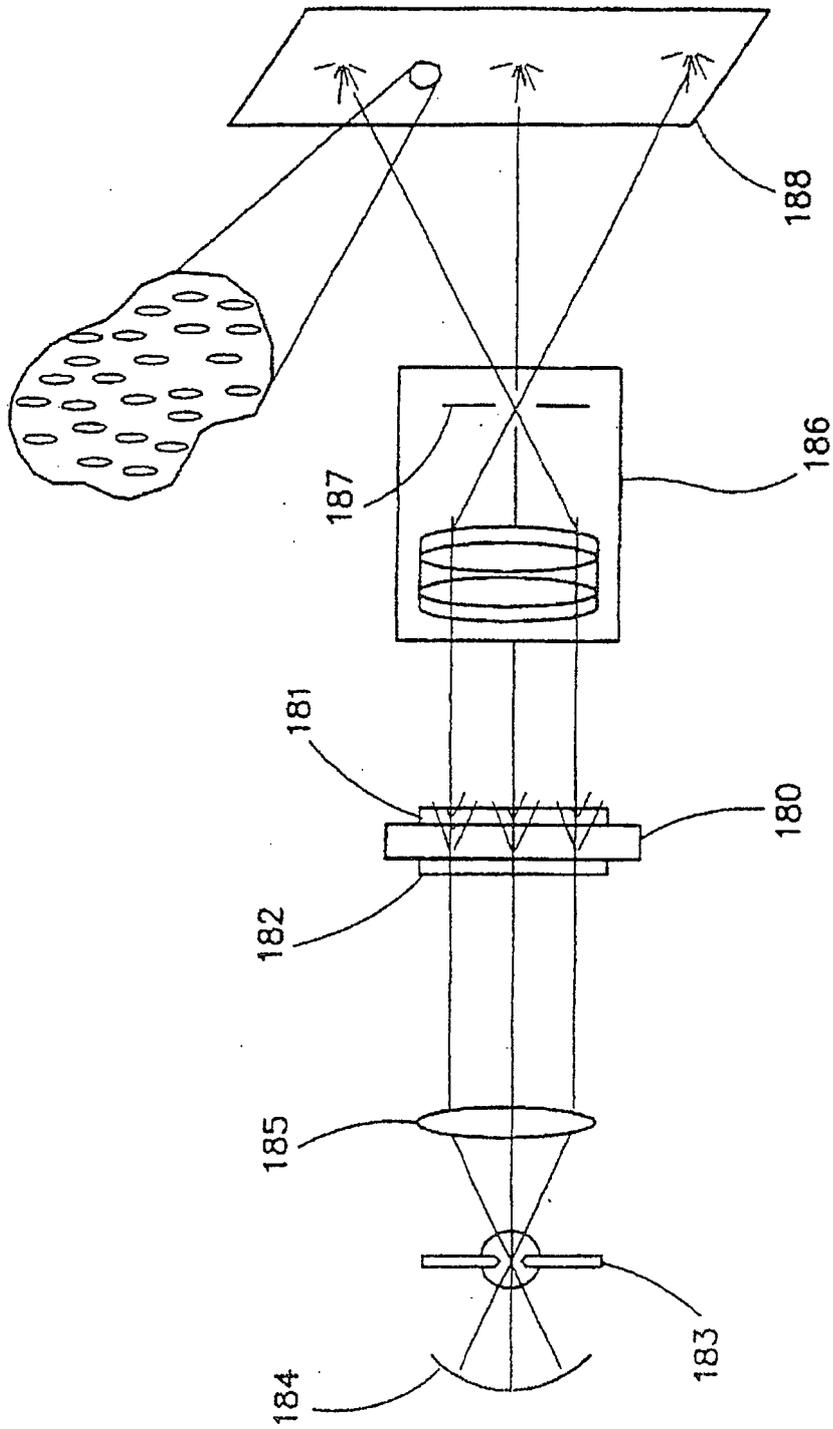
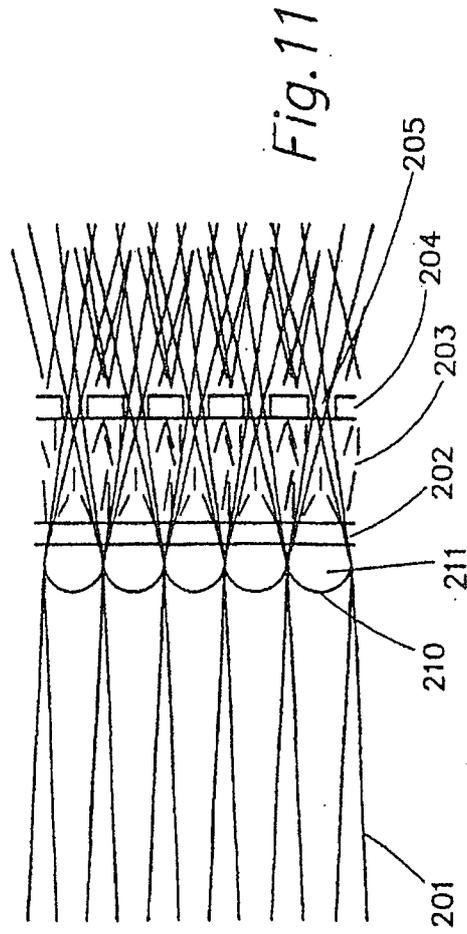
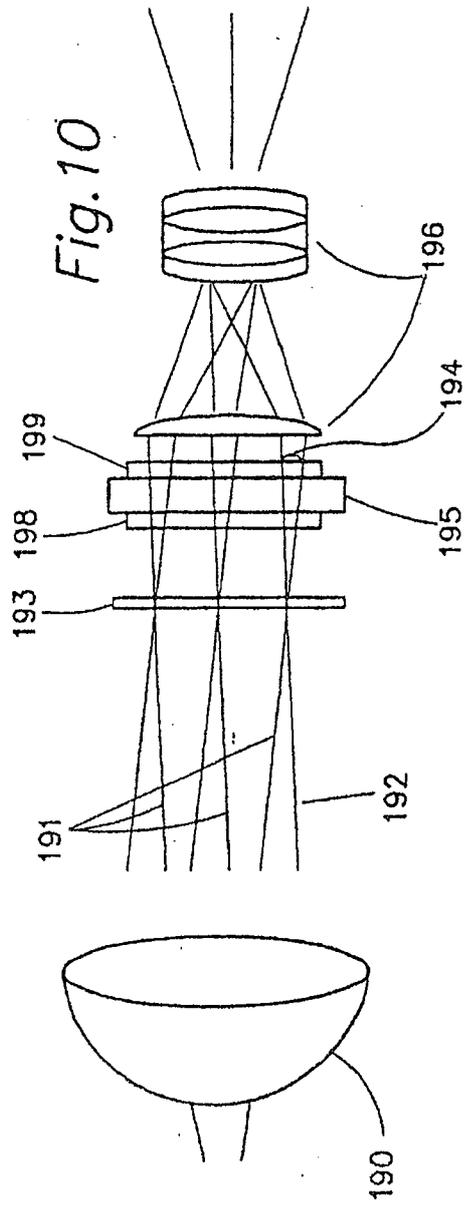


Fig. 9



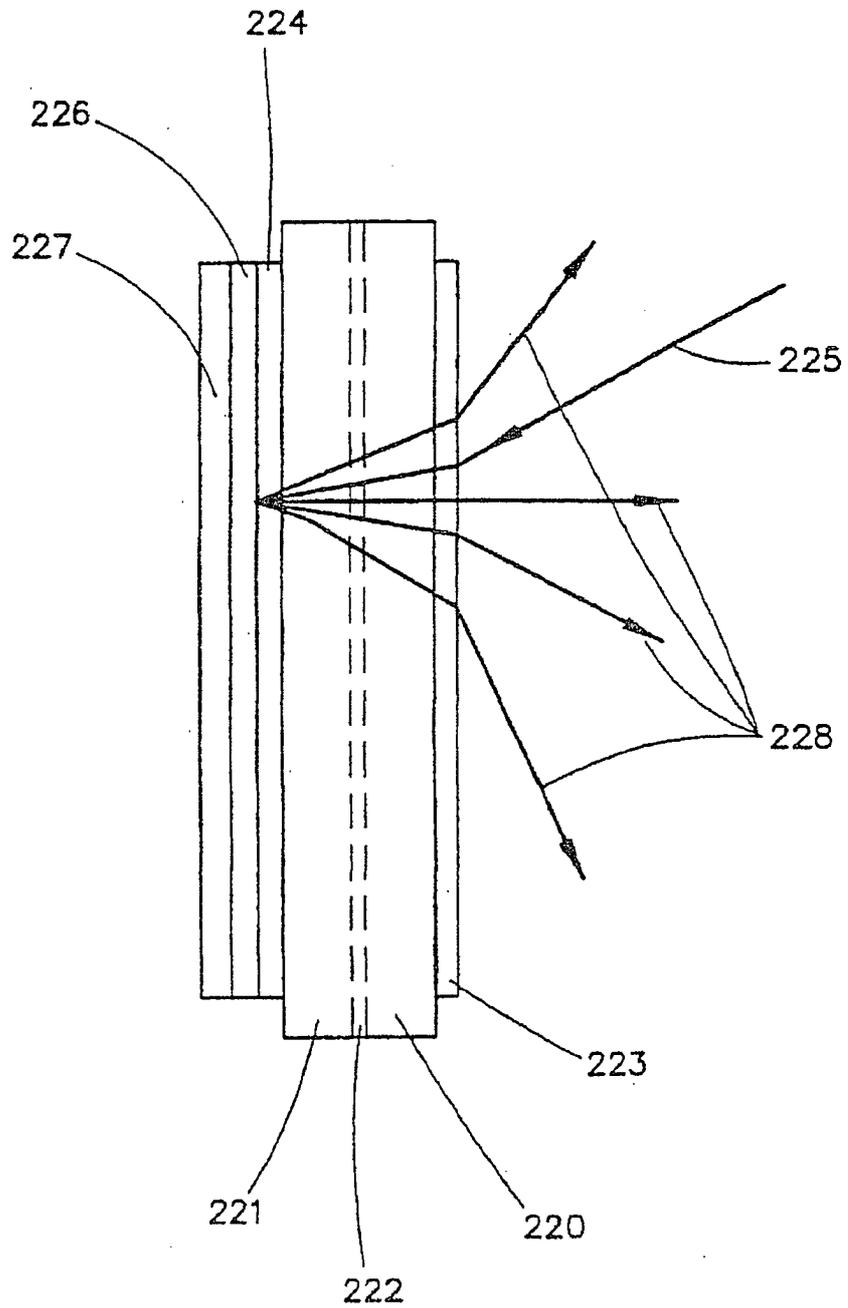


Fig. 12