(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 16 420 T2** 2007.10.04

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 360 548 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 16 420.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/04067**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 723 135.6**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/073299**
(86) PCT-Anmeldetag: **12.02.2002**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **19.09.2002**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.11.2003**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **29.11.2006**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.10.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***G02F 1/1334*** (2006.01)
G02F 1/1339 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

268235 P	**12.02.2001**	**US**
883083	**15.06.2001**	**US**

(73) Patentinhaber:
Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Kyonggi, KR

(74) Vertreter:
Schieber · Farago, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(72) Erfinder:
FREEMAN, A., Gary, Newton, MA 02159, US

(54) Bezeichnung: **ELEKTROOPTISCHE DISPLAYS MIT MEHRSCHICHTSTRUKTUR, DIE DURCH VARIIERENDE GESCHWINDIGKEITEN DER POLYMERISIERUNG ERREICHT WIRD**

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

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

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft Flüssigkristall- und andere elektronische Anzeigen.

[0002] Kommerziell ist es in hohem Maße wünschenswert, dass eine elektronische Anzeige so dünn und leicht wie möglich ist und gleichzeitig ein hohes Maß an Robustheit und Schutz gegen Kräfte aufweist, die u. a. durch Schläge, Druck, Biegung und Hinunterfallen verursacht werden. Auf dem Gebiet der Mobilelektronik, wie z. B. Mobiltelefone und Personal-Digital-Assistants (PDAs), sind Größe und Gewicht entscheidende Faktoren für den kommerziellen Erfolg eines Produkts, aber zurzeit ist Zerbrechen der Anzeigen in diesen Geräten einer der Hauptgründe für Reparaturen und Produkt-Rückgaben. Zusätzlich ist die Notwendigkeit elektronischer Anzeigen, die tatsächlich geknickt werden können, auf mehreren Gebieten bestätigt worden: So genanntes "elektronisches Papier", bei dem Vulkanpapier durch eine Anzeige ersetzt wird, wäre als Produkt sehr viel verlockender, wenn die elektronische Anzeige wie herkömmliches Papier zusammengerollt oder gefaltet werden könnte; Handelektronik, wie Computer oder Multifunktionsuhren, wären für ihren Träger sehr viel angenehmer, wenn die Anzeige sich dem Körper des Benutzers anpassen würde; Chipkarten, die strenge Knickversuch-Leistungsstandards haben, könnten flexible Displays enthalten und diesen Standards nach wie vor genügen. Die Ersetzung der Glas-Substrate in Displays durch Kunststofffilm ist seit einer Reihe von Jahren ein Bereich aktiver Forschung auf dem Gebiet der Displays.

[0003] Mehrere verschiedene Technologien sind zur Verwendung in flexiblen Kunststoff-Displays in der Entwicklung. Elektrophoretische Displays stellen Bilder durch Elektrophorese – die schnelle Migration von Mikropartikeln in Kolloidsuspensionen – dar. Licht streuende Partikel werden durch elektrostatische Kräfte innerhalb einer gefärbten Kolloidsuspension bewegt. Die Partikel bewegen sich entweder auf den Beobachter zu (in diesem Fall sind die typischerweise weißen Partikel für den Beobachter sichtbar) oder an die Oberfläche fort vom Beobachter (in diesem Fall werden die weißen Partikel durch den dunklen Farbstoff verborgen).

[0004] Cholesterische Displays sind eine weitere Display-Technologie, die an Kunststoffsubstraten ausprobiert wird. Wenn es zwischen leitenden Elektroden eingeschlossen ist, kann cholesterisches Flüssigkristallmaterial zwischen zwei stabilen Zuständen geschaltet werden – dem so genannten fokalkonischen und dem planaren Zustand – in denen die Helixstrukturen des Flüssigkristalls verschiedene Ausrichtungen haben. Im fokalkonischen Zustand sind die Helixstrukturen unausgerichtet, und der Flüssigkristall ist transparent. Im planaren Zustand sind die Achsen der Helixstrukturen alle rechtwinklig zur Oberfläche des Displays, was zu im Wesentlichen einfarbiger Übertragung durch das Display führt.

[0005] Das Grycon-Display, das von Xerox entwickelt wird, besteht aus mikroskopischen Kügelchen, die in zufälliger Anordnung dispergiert sind und zwischen zwei Kunststofffolien von einer flexiblen elastomeren Matrix aus mit Öl gefüllten Hohlräumen an Ort und Stelle gehalten werden. Die Kugeln haben stark kontrastierende Hemisphären, schwarz auf der einen Seite und weiß auf der anderen. Die weiße Seite ist stark reflektierend, während die schwarze Seite Licht absorbiert. Jede Hemisphäre hat eine eigene intrinsische Ladung, die in einer Kraft auf die Kugel resultiert, wenn ein elektrisches Feld angelegt wird und die Achse der Kugel nicht mit dem Feld ausgerichtet ist. Die Seite der Kugel, die auf dem Display angezeigt wird, hängt ab von der Polarität der Spannung, die an die Elektrode angelegt wird. All diese drei Fälle haben einige positive Eigenschaften, wie starken Kontrast und Kompatibilität mit Kunststoffsubstraten; sie benötigen jedoch zurzeit alle hohe Ansteuerungsspannungen, haben langsame Reaktionszeiten und sind nicht mit handelsüblicher Ansteuerungselektronik kompatibel.

[0006] Flüssigkristall-Displays (liquid crystal displays, LCDs) sind attraktiv aufgrund der niedrigen Ansteuerungsspannungen, die zu ihrer Schaltung erforderlich sind, ihrer relativ kurzen Ansprechzeiten, der hohen Verfügbarkeit von Ansteuerungselektronik und der signifikanten geistigen und Herstellungs-Investitionen in die Technologie. Es sind Versuche unternommen worden, LCDs zu entwickeln, bei denen der Flüssigkristall mit einer Polymermatrix gemischt war, um sie mit Kunststoffsubstraten kompatibel zu machen, z. B. elektrophoretische Polymer-Displays (polymer dispersed displays, PDLCDs). PDLCDs werden hergestellt, indem der Flüssigkristall und ein Vorpolymer vor dem Zusammenbau des Displays zu einer Lösung gemischt werden. Nach dem Zusammenbau des Displays wird das Polymer gehärtet, typischerweise durch ultraviolettes Licht. Während der Polymerisation wird der LC aus dem Polymer in mikroskopischen Tröpfchen abgeschieden. Da die Tröpfchen des LCs nicht in Kontakt mit einer Ausrichtungsschicht stehen, ist die Ausrichtung der Moleküle zufällig, und Licht wird von den Tröpfchen gestreut. Das Anlegen einer Spannung an die Elektroden der PDLCD führt zur Ausrichtung der LC-Moleküle, was darin resultiert, dass das Display transparent wird. Wie die anderen flexiblen Displays benötigen auch PDLCDs hohe Ansteuerungsspannungen, die im Allgemeinen nicht mit vorhandener Ansteuerungselektronik kompatibel sind. Der Stand der Technik, wie z. B. die U.S.-Patente Nr. 4,688,900; 5,321,533;

5,327,271; 5,333,074; 5,434,685; 5,473,450; 5,504,600; 5,530,566; 5,583,672 und 5,949,508, verwendet die Phasentrennung einer LC-Polymer-Mischung während der Polymerisation des Polymers unter Anwendung von Licht als Aushärtemechanismus (Photopolymerisation).

[0007] Es sind Verfahren entwickelt worden, um anisotrop dispergierte LC-Polymer-Strukturen zu erhalten, die Ansteuerungsspannungen haben könnten, welche niedriger sind als diejenigen, die bei PDLCDs erreicht werden. Das U.S.-Patent Nr. 5,949,508 beschreibt ein Verfahren, in dem eine Lamellenstruktur erzeugt wird, wodurch der LC und das Polymer auf gegenüberliegenden Substraten angeordnet werden; dies reduziert die Ansteuerungsspannungen, die zum Schalten der Vorrichtung nötig sind, resultiert jedoch in einer Struktur, bei der es nur praktisch ist, die geriebene Ausrichtungsoberfläche auf einem der Substrate zu haben. Diese Struktur ist zwar effektiv bei nematischen oder ECB-(Electrically Controlled Birefringence-) Displays, aber es wird schwieriger, Displays wie Twisted Nematic (TN) und Super Twisted Nematic (STN) zu konstruieren, die typischerweise Ausrichtungsoberflächen auf beiden Substraten benötigen. Die U.S.-Patente Nr. 5,473,450 und 5,333,074 beschreiben Verfahren zur Lokalisierung des Polymers während der Photopolymerisation, indem unter Verwendung von Masken nur Teile der Vorrichtung der Lichtquelle ausgesetzt werden. Es sind Polymerstrukturen von der Größenordnung eines Pixels (~ 0,3 mm) erreichbar, aber die Herstellung ist möglicherweise schwieriger, da die Fotomaske im Allgemeinen mit der Elektrodenstruktur innerhalb der Vorrichtung ausgerichtet sein muss, und im Allgemeinen müssen teure kollimierte UV-Lichtquellen verwendet werden. Strukturen, die deutlich kleiner sind als 0,3 mm, sind möglicherweise aufgrund der inhärenten Streuung der LC-Polymer-Mischung schwierig zu erzielen. Das U.S.-Patent Nr. 5,473,450 lehrt die Anordnung von Fotoinitiator auf der Ausrichtungsschicht, aber dieses Verfahren erfordert im Allgemeinen ein sehr präzises, abgestuftes Auftragen des chemischen Fotoinitiators auf die Substrate. Eine korrekte Ausrichtung der Serigraphie-Maske auf den klaren ITO-Elektroden kann schwer durchzuführen sein, und das Auftragen von Chemikalien direkt auf die Polyimid-Ausrichtungsoberfläche kann in einer schlechten Ausrichtung des LCs mit der Ausrichtungsoberfläche, schlechtem Aussehen des Displays und niedrigerer Produktionsausbeute resultieren. Das Europäische Patent EP0987581 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung, die alle Merkmale in dem Oberbegriff von Anspruch 1 aufweist.

[0008] Zusätzlich zu den Bruchproblemen aufgrund von Stößen und Herunterfallen bestehen bei Glassubstrat-Displays auch Schwierigkeiten, Temperaturextreme zu überstehen. Wenn die Temperatur eines Displays zwischen kalt und heiß wechselt, entwickeln sich manchmal kleine Hohlräume zwischen den Abstandsstücken und der Flüssigkristall-Flüssigkeit. Die Hohlräume sind zwar klein, aber typischerweise auffällig genug, dass das Display zwecks Reparatur zurückgegeben wird. Sie sind auf die fehlende Übereinstimmung zwischen den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des LCs und der typischerweise aus Glas oder Kunststoff bestehenden Abstandsstücke zurückzuführen. Wenn ein Glassubstrat-Display bei Raumtemperatur zusammengebaut und dann versiegelt wird, wird sein Volumen im Wesentlichen an diesem Punkt festgelegt. Wenn das Display abkühlt, ziehen sich sowohl das LC- als auch das Abstandsstück-Material zusammen, aber aufgrund der fehlenden Übereinstimmung zwischen den thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der mechanischen Diskontinuität an den Abstandsstücken wird Spannung um die Abstandsstücke herum aufgebaut, und es entwickeln sich Hohlräume. Anfänglich sind die Hohlräume kleine Bereiche von Vakuum oder sehr niedrigem Druck, aber die flüchtigeren Bestandteile des LCs gehen schnell in einen gasförmigen Zustand über, um den Hohlraum zum Erreichen eines Gleichgewichts auf niedrigerem Energieniveau zu füllen. Wenn das Display wieder auf Raumtemperatur erwärmt wird, hindert das Gas, das die Hohlräume füllt, diese daran, zurück in den LC absorbiert zu werden, und der Schaden ist typischerweise permanent. Displayhersteller haben dieses Problem gelöst, indem sie, neben anderen Verfahren, speziell angefertigte Abstandsstücke verwenden, die eine weichere, nachgiebigere Außenbeschichtung haben, welche einen Kern aus entweder Glas oder Kunststoff umgibt. Die nachgiebige Außenschicht dient dazu, die Spannungen abzubauen, die bei thermischer Wechselbeanspruchung des Displays auftreten, und so die Entstehung der Hohlräume zu verhindern. Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Herstellung dieser Abstandsstücke sind sie oftmals zehn- bis zwanzigmal so teuer wie herkömmliche Abstandsstücke und werden daher häufig nur dann benutzt, wenn es absolut notwendig ist.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Allgemein liefert die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung gemäß Anspruch 1.

[0010] In bevorzugten Implementierungen können eins oder mehrere der Merkmale der Unteransprüche integriert werden.

[0011] Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung, die kugelförmige mit einem Photoinitiator beschichtete Abstandsstücke verwendet, bevor sie dem sich entwickelnden Licht ausgesetzt werden.

[0013] Fig. 2 zeigt einen Querschnitt einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung, die kugelförmige mit einem Photoinitiator beschichtete Abstandsstücke verwendet, nachdem sie dem sich entwickelnden Licht ausgesetzt wurden.

[0014] Fig. 3 zeigt einen Querschnitt einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung, die mit einem Beschleuniger beschichtete kugelförmige Abstandsstücke verwendet, nach der Polymerisation und nachdem sie dem sich entwickelnden Licht ausgesetzt wurden.

[0015] Fig. 4 zeigt einen Querschnitt einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung, die eine gitterähnliche Abstandsmembran verwendet.

[0016] Fig. 5 zeigt einen Querschnitt einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung, die kugelförmige mit einem Photoinitiator beschichtete Abstandsstücke und nicht strukturelle Polymer-Start- oder Verstärkung-, (polymer initiation or enhancement, PIE-)-Elemente zeigt, bevor sie dem sich entwickelnden Licht ausgesetzt werden.

[0017] Fig. 6 zeigt einen Querschnitt einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung, die kugelförmige mit einem Photoinitiator beschichtete Abstandsstücke und nicht strukturelle Polymer-Start- oder Verstärkung-(PIE-)-Elemente zeigt, nachdem sie dem sich entwickelnden Licht ausgesetzt wurden.

[0018] Detaillierte Beschreibung der Erfindung Gemäß der vorliegenden Erfindung wird in der bevorzugten Ausführungsform eine Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung mit Hilfe des folgenden Verfahrens zusammengebaut:

1. Die Substrate sind ein flexibles Polymermaterial mit einem niedrigen Grad von Doppelbrechung zur Verbesserung der optischen Eigenschaften des Endprodukts und mit einer Einfriertemperatur über 150°C zur Erleichterung der verschiedenen Trocknungs- und Härtungsvorgänge. Ein Polymer, das diese Anforderungen erfüllt, ist Polyethersulfon (PES). Die äußere Oberfläche des Substrats wird zur Verbesserung der Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Displays mit einer Dampfabdichtung beschichtet; die Dampfabdichtung besteht typischerweise aus einer Dünnschicht-Laminatstruktur aus Siliziumoxid und einem anderen Polymer.
2. Die Substrate werden mit einer im Vakuum aufgedampften Schicht, typischerweise aus Indiumzinnoxid (indium tin oxide, ITO), einem transparenten Leiter, beschichtet. Das ITO wird dann durch chemisches, Elektronenstrahl- oder Laserätzen mit einem Muster versehen).
3. Eine Mischung aus ungefähr 10% photoinitiiertem Vorpolymer, wie z. B. Norland Products NOA-65, und 90% Flüssigkristall, wie z. B. Merck E7, wird hergestellt. Die Vorpolymer-Formulierung wurde dahingehend modifiziert, dass der gesamte Photoinitiator aus der Formulierung entfernt wurde.
4. Die ITO-Seite mindestens eines der Substrate wird mit einer Polyimidlösung beschichtet, die bei einer Temperatur von 150°C eine Stunde lang gehärtet wird. Die Polyimidoberfläche (-Oberflächen) wird (werden) dann zur Erzeugung einer Ausrichtungsschicht für den Flüssigkristall gerieben.
5. Glas-Abstandsstücke mit einem Durchmesser von 3–3,5 µm werden mit Hilfe einer 1,25%igen Lösung von Fluorwasserstoffsäure 10 Minuten lang durch Oberflächenätzen behandelt, während sie in einem Ultraschallschwingungs-Behälter in Lösung suspendiert sind. Nach dem Waschen werden die geätzten Abstandsstücke dann mit einer Mischung aus Methacrylatsilan und einem Photoinitiator beschichtet, indem die Abstandsstücke in eine Lösung eingetaucht werden, die den Initiator und einen Adhäsionsbeschleuniger, wie z. B. ein Silan, enthält, und die Abstandsstücke anschließend in den oberen Teil einer vertikalen Trockensäule auf das (die) Substrat/e aufgesprüht werden. Silane verbessern die Bindung zwischen Glas und Polymeren durch chemische Bindung an der Silan-Glas-Schnittstelle und einer Dispersion des Polymers in das Silan an der Silan-Polymer-Schnittstelle.
6. Abstandsstücke werden in großer Anzahl (mit einer Dichte von mindestens ungefähr 30 Abstandsstücken pro mm^2) auf die Substratoberfläche aufgetragen. Die Abstandsstücke werden im Allgemeinen nach dem Zufallsprinzip über die Substratoberfläche verteilt.
7. Die LC-Vorpolymer-Mischung wird in ausreichender Menge auf beide Innenflächen der Substrate aufgetragen, und die Substrate werden zusammenlaminiert, während die korrekte Ausrichtung zwischen den ITO-Mustern auf dem oberen und dem unteren Substrat aufrechterhalten wird.
8. Beide Seiten der Zelle werden dann UV-Licht ausgesetzt, das eine Spaltung des Photoinitiators und eine Freisetzung freier Radikale um die Abstandsstücke herum verursacht. Die Polymerisationsreaktion wird dann fortgesetzt, wobei die Ausgangsstellen um jedes Abstandsstück zentriert sind, das mit dem Initiator aufgetragen wurde.
9. Die Polymerisationsrate wird zu Beginn des Prozesses durch Einstellung der UV-Intensität eingestellt, während die Diffusionsrate des LCs und des Vorpolymers durch Einstellung der Reak-

tionstemperatur geändert wird. Diffusionsraten können auch über die Vorpolymer-Viskosität sowie durch die Wahl des LCs und des Vorpolymers gesteuert werden, um den passenden Mischbarkeitsgrad der zwei Flüssigkeiten zu erreichen. Durch Einstellung der Diffusions- und der Reaktionsrate kann die resultierende LC-Polymer-Struktur die gewünschte Morphologie bereitstellen. Für eine vollständige Phasentrennung werden die Temperaturen typischerweise 45°C überschreiten, mit einer Vorpolymer-Viskosität von weniger als 1000 cps, obwohl die konkreten. Zahlen von den anderen Variablen abhängig sind, die den Phasentrennungsvorgang beeinflussen.

[0019] Das resultierende Display ist relativ flexibel. Es kann ohne Dauerschaden mindestens um den Biegegrad gebogen werden, der in den Biegungsversuchen angegeben ist, welche im U.S.-Patent Nr. 6,019,284, hierin durch die Bezugnahme eingeschlossen, beschrieben sind.

[0020] Es ist nicht notwendig, dass Polymer in der Nähe jedes Abstandsstücks gebildet wird oder dass sich das Polymer in allen Fällen vollständig von einem Substrat zum anderen erstreckt. Manche Abstandsstücke sind z. B. möglicherweise nicht mit PIE-Material beschichtet oder unvollständig beschichtet worden.

[0021] Polymer-Träger, die sich nicht vollständig von einem Substrat zum anderen erstrecken, können immer noch zur Erzeugung isolierter Bereiche von Flüssigkristall von Vorteil sein und so eine verbesserte Bistabilität bestimmter ferroelektrischer Flüssigkristallmaterialien ermöglichen, die verbesserte Bistabilität aufweisen können, wenn die Flüssigkristallschicht entlang einem Substrat in einzelne Tröpfchen aufgeteilt wird.

[0022] In einer alternativen Ausführungsform wird der Polymerisationsinitiator nicht durch Licht aktiviert, sondern ist vom Typ der "Beschleunigerlacke". Bei der Verwendung eines Beschleunigerlack-Initiators wird die Beschichtung der Abstandsstücke durch das zuvor beschriebene Verfahren durchgeführt, aber die Polymerisation beginnt automatisch einige Zeit nachdem die LC-Polymer-Mischung in Kontakt mit den mit dem Initiator beschichteten Abstandsstücken gebracht wurde. Die Laminierung wird bei Raumtemperatur durchgeführt, um die Zeit zu verlängern, bevor die Härtung beginnt. Nach Abschluss der Laminierung wird die Temperatur erhöht, um die Diffusionskonstante des LCs und des Vorpolymers zu erhöhen. Zusätzlich werden die aromatischen Amine in der Vorpolymer-Formulierung und das Peroxid im Lack so ausgewählt, dass sie die korrekte Erzeugungsrate für freie Radikale liefern, die, in Kombination mit den Diffusionsgeschwindigkeiten des Vorpolymers und des LCs und den Abständen innerhalb des Display-Bereichs, dazu führen, dass sich das Polymer in dem Bereich befindet, der die Abstandsstücke umgibt.

[0023] In einer anderen Ausführungsform behält die Vorpolymer-Formulierung ihre Photoinitiator-Komponente, aber die Abstandsstücke sind nach wie vor mit einem Adhäsionsbeschleuniger, wie z. B. einer Silanbeschichtung, gemeinsam mit einem Beschleuniger oder zusätzlichen Photoinitiator, beschichtet. Typische aktive Stoffe im Beschleuniger wären tertiäre Amine, wie z. B. Dimethylaminobenzen. Die Härtung wird in diesem Fall sowohl vom Beschleuniger als auch vom Licht initiiert. Die Beschleunigungsreaktion wird über einen Zeitraum fortschreiten gelassen, der ausreicht, um den größten Teil des Polymers um die Abstandsstücke herum zu positionieren. Die Lichtquelle wird dann nur auf einer Seite eingeschaltet, was in einer Ablagerung von eventuell übrig gebliebenem Polymer entlang dem Substrat resultiert, das der Lichtquelle am nächsten ist, wie in **Fig. 3** dargestellt. Diese spezielle Ausführungsform kann weiter verfeinert werden durch die Verwendung von Flüssigkristallen, die zu Bistabilität in der Lage sind, d. h. die Fähigkeit haben, zwei oder mehr elektrooptische Zustände aufrechtzuerhalten, ohne dass ein elektrisches Feld anwesend ist. Einige Beispiele für einen solchen bistabilen oder multistabilen Flüssigkristall sind von ferroelektrischer oder anti-ferroelektrischer Art. In einer weiteren Verfeinerung wird die Reaktionsgeschwindigkeit im Laufe der Polymerisation variiert, um eine Struktur zu erzeugen, in der Flüssigkristall-Tröpfchen, die im Polymer verteilt sind, auf der Ausrichtungsoberfläche erzeugt werden, die der Lichtquelle am nächsten ist, und eine dünne Schicht des Flüssigkristalls auf der Ausrichtungsoberfläche gegenüber der Lichtquelle erzeugt wird, wie in **Fig. 4** gezeigt. Beide Oberflächen sind so ausgerichtet, dass sie eine Ausrichtung der LC-Moleküle auf beiden Oberflächen hervorrufen können, aber es ist bekannt, dass in Tröpfchen verkapselter LC eine haltbarere Struktur im Hinblick auf die Aufrechterhaltung von Bistabilität ist.

[0024] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform wird eine Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung unter Anwendung des folgenden Verfahrens zusammengebaut:

1. Die Substrate sind ein flexibles Polymermaterial mit einem niedrigen Grad an Doppelbrechung zur Verbesserung der optischen Qualitäten des Endprodukts und mit einer Einfriertemperatur von über 150°C, um die verschiedenen Trocknungs- und Härtungsvorgänge zu erleichtern. Ein Polymer, das diese Anforderungen erfüllt, ist Polyethersulfon (PES). Die äußere Oberfläche des Substrats wird mit einer Dampfabdichtung beschichtet, um die Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Displays zu verbessern; die Dampfabdichtung besteht typischerweise aus einer Dünn-

schicht-Laminatstruktur aus Siliziumoxid und einem anderen Polymer.

2. Die Substrate werden mit einer im Vakuum aufgedampften Schicht, typischerweise aus Indiumzinnoxid (indium tin oxide, ITO), einem transparenten Leiter, beschichtet. Das ITO wird dann durch chemisches, Elektronenstrahl- oder Laserätzen mit einem Muster versehen.

3. Es wird eine Mischung aus ungefähr 10% photoinitiiertem Vorpolymer, wie z. B. Norland Products NOA-65, und 90% Flüssigkristall, wie z. B. Merck E7, hergestellt. Die Vorpolymer-Formulierung wurde dahingehend modifiziert, dass der gesamte Photoinitiator aus der Formulierung entfernt wurde.

4. Die ITO-Seite mindestens eines der Substrate wird mit einer Polyimidlösung beschichtet, die bei einer Temperatur von 150°C eine Stunde lang gehärtet wird. Die Polyimidoberfläche(n) wird/werden dann zur Entwicklung einer Ausrichtungsschicht für den Flüssigkristall gerieben.

5. Glas-Abstandsstücke mit einem Durchmesser von 3–3,5µm werden unter Verwendung einer 1,25%igen Lösung von Fluorwasserstoffsäure 10 Minuten lang durch Oberflächenätzen behandelt, während sie in einem Ultraschallschwingungs-Behälter in Lösung suspendiert sind. Nach dem Waschen werden die geätzten Abstandsstücke dann mit einer Mischung aus Methacrylatsilan und einem Photoinitiator beschichtet, indem die Abstandsstücke in eine Lösung eingetaucht werden, die den Initiator und einen Adhäsionsbeschleuniger, wie z. B. ein Silan, enthält, und die Abstandsstücke anschließend in den oberen Teil einer vertikalen Trockensäule auf das (die) Substrat/e aufgesprüht werden. Silane verbessern die Bindung zwischen Glas und Polymeren durch chemische Bindung an der Silan-Glas-Schnittstelle und einer Dispersion des Polymers in das Silan an der Silan-Polymer-Schnittstelle.

6. Abstandsstücke werden auf die Substratoberfläche mit einer Dichte von mindestens 30 Abstandsstücken pro mm^2 aufgetragen.

7. PIE-Elemente mit einer Größe von ungefähr 25% der Abstandsstücke werden zu der LC-Vorpolymer-Mischung mit einer Querschnittsdichte gegeben, die ungefähr doppelt so hoch ist wie die der Abstandsstücke.

8. Die LC-Vorpolymer-Mischung wird in ausreichender Menge auf beide Innenflächen der Substrate aufgetragen, und die Substrate werden zusammenlaminiert, während die korrekte Ausrichtung zwischen den ITO-Mustern auf dem oberen und dem unteren Substrat aufrechterhalten wird.

9. Beide Seiten der Zelle werden dann UV-Licht ausgesetzt, das eine Spaltung des Photoinitiators und eine Freisetzung freier Radikale um die Abstandsstücke herum verursacht. Die Polymerisationsreaktion wird dann fortgesetzt, wobei die Ausgangsstellen um jedes Abstandsstück oder jedes PIE-Element zentriert sind, das mit dem Initiator aufgetragen wurde.

10. Die Polymerisationsrate wird zu Beginn des Prozesses durch Einstellung der UV-Intensität eingestellt, während die Diffusionsrate des LCs und des Vorpolymers durch Einstellung der Reaktionstemperatur geändert wird. Diffusionsraten können auch über die Vorpolymer-Viskosität sowie durch die kluge Wahl des LCs und des Vorpolymers gesteuert werden, um den passenden Mischbarkeitsgrad der zwei Flüssigkeiten zu erreichen. Durch Einstellung der Diffusions- und der Reaktionsrate kann die resultierende LC-Polymer-Struktur so konstruiert werden, dass sie die gewünschte Morphologie erhält. Für eine vollständige Phasentrennung sollten die Temperaturen 45°C überschreiten, mit einer Vorpolymer-Viskosität von weniger als 1000 cps.

[0025] Wenn die nicht strukturellen PIE-Elemente größer als 50% der Abstandsstück-Größe sind, werden sie auf einem ungefähr zweidimensionalen, willkürlich angeordneten vermaschten Netz verteilt. Bei der Polymerisation wächst das Polymer aus den PIEs in eine ungefähre Kugelform, die sich bei ausreichender Polymerisation auf die Substrate erstreckt und eine lokalisierte Polymerhaftung zwischen den Substraten bereitstellt. Bei nicht strukturellen PIE-(NSPIE-)Elementen, die kleiner als 50% der Abstandsstück-Größe sind, ist das vermaschte NSPIE-Netz, wenn die NSPIE-Elemente vor dem Zusammenbau des Displays in die LC-Vorpolymer-Mischung gemischt werden, dreidimensional. Bei ungefähr 25% der Abstandsstück-Größe und einer Maschengröße des vermaschten Netzes von ungefähr 50% des Abstandsstück-Durchmessers wird ein offenzelliges, integrales Netz von Polymer-Sphäroiden gebildet, wobei der LC die Bereiche zwischen den Polymeren füllt (**Fig. 6**). Diese spezielle Struktur ist insofern nützlich für bistabile Displays, als sie eine hohe Dichte an mechanischen Diskontinuitäten bereitstellt, welche die optische Hysterese erhöhen, die für die Bistabilität notwendig ist, ebenso wie erhöhte Haltbarkeit.

[0026] In einer alternativen Ausführungsform wird der Polymerisationsinitiator nicht durch Licht aktiviert, sondern ist vom Typ der "Beschleunigerlacke". Bei der Verwendung eines Beschleunigerlack-Initiators wird die Beschichtung der Abstandsstücke oder NSPIE-Elemente durch das zuvor beschriebene Verfahren durchgeführt, aber die Polymerisation beginnt automatisch einige Zeit nachdem die LC-Polymer-Mischung in Kontakt mit den mit dem Initiator beschichteten Abstandsstücken oder NSPIE-Elementen gebracht wurde. Die Laminierung wird bei Raumtemperatur durchgeführt, um die Zeit zu verlängern, bevor die Härtung beginnt. Nach Abschluss der Laminierung wird die Temperatur erhöht, um die Diffusionskonstante des LCs und des Vorpolymers zu erhöhen.

Zusätzlich werden die aromatischen Amine in der Vorpolymer-Formulierung und das Peroxid im Lack so ausgewählt, dass sie die korrekte Erzeugungsrate für freie Radikale liefern, die, in Kombination mit den Diffusionsgeschwindigkeiten des Vorpolymers und des LCs und den Abständen innerhalb des Display-Bereichs, dazu führen, dass sich das Polymer in dem Bereich ablagert, der die Abstandsstücke oder NSPIE-Elemente umgibt.

[0027] Die NSPIE-Elemente können Glas- oder Kunststoffkugeln oder -stäbe sein, die typischerweise in Displayvorrichtungen verwendet werden, aber in diesem Fall kleiner als die Abstandselemente für dieses spezielle Display. Da die NSPIE-Elemente nur mit höchstens einem Substrat Kontakt haben, werden sie während der Kompression nicht mit übermäßiger Kraft gegen die Substrate gedrückt. Folglich können die NSPIE-Elemente nicht glatte Formen haben, ohne bei der Kompression die Substrate zu beschädigen. Zusätzlich können diese Elemente, weil sie nicht zur Bestimmung des Abstands zwischen den Substraten verwendet werden, eine große Vielfalt von Formen und Größen haben und ihre Funktion dennoch zufrieden stellend erfüllen. Diese Faktoren ermöglichen die Verwendung einer viel größeren Vielfalt von Materialien für NSPIE-Elemente, als es bei Standard-Abstandselementen möglich wäre. Zum Beispiel wird eine neue Klasse von Materialien, genannt nanoporöse Materialien, verfügbar, bei denen die Porengröße ebenso wie die gesamte Oberflächengröße angegeben und hergestellt werden können. Diese Materialien sind typischerweise Keramik- oder Silika-Verbundstoffe, geformt durch Sintern, Aerosol-Verfahren oder durch die chemische Behandlung bereits vorhandener Mineralien oder Glas. In nahezu all diesen Fällen haben jedoch die resultierenden Partikel eine schlecht zu steuernde Größe und/oder Form und häufig eine raue und manchmal scharfe Oberfläche – sie könnten nicht als Abstandselemente in der Displayvorrichtung verwendet werden. Als NSPIE-Elemente kann jedoch ihre Porosität gesteuert werden, um ein relativ vordefiniertes volumetrisches Reservoir für Photoinitiator, Beschleuniger oder eine andere Polymerisations-Verbesserungs-Komponente bereitzustellen. Beim Arbeiten mit Beschleunigern oder Photoinitiatoren ist es z. B. notwendig, dass diese Komponenten in einer Konzentration von 0,1–5% des gesamten Vorpolymers im Display vorhanden sind. Diese Konzentration kann erreicht werden durch Anpassung der Größe, Anzahl und Porosität der NSPIE-Elemente.

[0028] Die NSPIE-Elemente können auch vor dem Zusammenbau direkt auf die Substrate aufgetragen werden. Dies würde typischerweise in Verbindung mit dem Mischen von NSPIE-Elementen in die LC-Vorpolymer-Mischung stattfinden und für eine stärkere Bindung des Polymers an das Substrat sorgen.

[0029] Zwei oder mehr Photoinitiatoren mit verschiedenen spektralen Empfindlichkeiten können verwendet werden, um zu steuern, wann die Polymerisation an einer bestimmten Stelle gestartet wird. Da die Spaltung des Photoinitiators stattfindet, wenn die Photonenenergie der Lichtquelle einen bestimmten Grenzwert überschreitet, sind Photoinitiatoren typischerweise empfindlich gegenüber Licht mit Wellenlängen unterhalb eines bestimmten Werts; so ist ein Photoinitiator, der empfindlich gegenüber sichtbarem Licht ist, normalerweise auch empfindlich gegenüber ultraviolettem Licht. Eine Ausführungsform, die diese Eigenschaft nutzt, würde darin bestehen, die Abstandselemente mit einem Photoinitiator zu beschichten, der empfindlich gegenüber sichtbarem Licht ist, und die NSPIE-Elemente mit einem UV-empfindlichen Photoinitiator zu beschichten. Die Baugruppe wird zunächst sichtbarem Licht ausgesetzt, was ausschließlich in der Härtung des Polymers um die Abstandsstücke herum resultiert. Die Baugruppe wird dann UV-Licht ausgesetzt, was zur Härtung von eventuellem zusätzlichem Vorpolymer führt, das noch mit dem LC in Lösung ist.

[0030] In einer anderen Ausführungsform werden andere die Polymerisation verbessernde Verbindungen, wie z. B. Adhäsionsbeschleuniger, oder Zusätze, wie z. B. Urethane, welche die Bruchdehnungseigenschaften verbessern, allen oder einer Teilmenge der NSPIE-Elemente hinzugefügt. NSPIE-Elemente, die auf die Substrate aufgetragen werden, können einen Zusatzstoff haben, der die Bruchdehnung verbessert, aber die Durometerhärte des Materials senkt (wodurch es besser komprimierbar wird), während NSPIE-Elemente, die in die LC-Polymer-Mischung gemischt werden, einen solchen Zusatzstoff möglicherweise nicht haben und deren Durometerhärte daher größer ist. Auf diese Art kann die Schälfestigkeit weiter verbessert werden.

[0031] Ein mögliches Polymer sind Acryl-Klebstoffe, die sowohl hervorragende optische Klarheit als auch die Verfügbarkeit einer großen Auswahl hergestellter optischer Qualität des Materials haben. Andere Polymere, die ebenfalls verwendet werden könnten, sind z. B. Epoxide oder Urethane, obwohl diese Polymerklassen typischerweise nicht die gleichen optischen Eigenschaften haben wie die Acryle. Acryl-Klebstoffe sind reaktive quervernetzende Montageklebstoffe, die durch die Initiierung freier Radikale aushärten. Sie basieren auf den Methacrylat-Monomeren und härten durch Additionspolymerisation aus. Die Bildung freier Radikale startet eine plötzliche und schnelle Kettenreaktion und die Aushärtung des Klebstoffs. Kondensationspolymerisation hingegen, verkörpert durch Urethan und Epoxide, findet mit einer ungefähr konstanten, normalerweise niedrigeren Reaktionsgeschwindigkeit statt. Die Erzeugung freier

Radikale zum Starten der Polymerisation von Klebstoffen auf Acrylgrundlage kann durch eine Redoxreaktion erreicht werden, die z. B. Dimethylanilin und Peroxid verwendet. Aufgrund der Art der Kettenreaktion können die freien Radikale sich von Monomer zu Monomer ausbreiten, und die Härtung selbst kann sich um bis zu 2,5 mm vom Punkt des Polymerisations-Starts ausbreiten. Aufgrund dieses Phänomens der Härtungs-Ausbreitung müssen der Beschleuniger und das Monomer nicht völlig vermischt werden, um eine vollständige Härtung zu erzielen. Dies führt zu mehreren anderen Härtungsverfahren, bei denen der Beschleuniger in Form eines Lacks oder einer dünnen Schicht auf einer Oberfläche vorliegen kann, was das Starten und die Speicherung von Teilen ermöglicht. In einem anderen verwandten Härtungsverfahren, in der Fachsprache "Honeymoon" oder "No-Mix" genannt, wird ein zweiteiliger Klebstoff verwendet, bei dem das In-Kontakt-Bringen der zwei Teile (ohne dass eine Vermischung notwendig ist) zur Erzeugung ausreichender freier Radikale zur vollständigen Polymerisation des gesamten Materials führt.

[0032] Acryle können auch gehärtet werden, indem sie ultraviolettem Licht ausgesetzt werden, dessen Wellenlänge weniger als 400nm beträgt, und in manchen Fällen auch durch Licht im sichtbaren Bereich. Im Falle durch Licht aushärtbarer Klebstoffe wird die Quelle für freie Radikale als Photoinitiator bezeichnet und führt, wenn sie Licht ausgesetzt wird, zur Bildung freier Radikale. Verbindungen, die bei Licht im Bereich von 200–300 nm als Photoinitiatoren wirken, sind Benzoinether, aktivierte Benzophenone und verwandte Verbindungen; Benzyldialkylmorpholinylketon ist ein Beispiel für einen Photoinitiator, der durch Licht mit sichtbarer Wellenlänge aktiviert wird. Photoinitiatoren werden durch Licht in einem Prozess, der als "Spaltung" bekannt ist, in Segmente aufgespalten, die freie Radikale bilden. Ein Beispiel für ein Equal-Mix-Härtungssystem ist im U.S.-Patent Nr. 4,331,795 ausgeführt und verwendet einen Kobaltsalz-Beschleuniger in einer Komponente und ein Hydroperoxid im anderen Element. Es können auch Epoxide zubereitet werden, die durch kationische Polymerisation UV-gehärtet werden können, indem reaktionsfähige Verdünner und zyklische Monomere eingebaut werden. Durch UV initiierte kationische Härtung von Urethanen kann z.B. durchgeführt werden, indem die Bildung auf Vinylether und Polyurethan-Oligomeren basiert, wie sie z. B. von Allied Signal Inc. hergestellt werden.

[0033] Verschiedene andere Ausführungsformen sind möglich. Das PIE-Material kann einen festen Bestandteil des Vorpolymers liefern, der entscheidend für das Starten des Härtevorgangs ist, aber aus der LC-Vorpolymer-Mischung weggelassen wird. Dieser wesentliche Bestandteil ist Teil des PIE-Materials und wird an einem oder mehreren der gewünschten Abstandselemente im Display-Bereich aufgetragen, wodurch sichergestellt wird, dass das Starten und Aushärten nur von den gewünschten Stellen ausgeht. Der soeben erwähnte wesentliche feste Bestandteil kann ein Photoinitiator sein, der durch Spaltung aktiviert wird, wenn er entweder UV oder sichtbarem Licht ausgesetzt wird. Die Geschwindigkeit der Photopolymerisation kann gesteuert werden durch Einstellung der Intensität der Lichtquelle. Die Diffusionsrate des Phasentrennungsvorgangs kann gesteuert werden durch Einstellung der Temperatur, bei der die Reaktion stattfindet. Die Geschwindigkeit der Photopolymerisation kann im Laufe des Polymerisations-Prozesses zwecks Erzeugung zusammengesetzter Mehrschicht-Polymer-LC-Strukturen variieren. Die Geschwindigkeit der Phasentrennung kann gesteuert werden durch Einstellung der Mischbarkeit des LCs und des Vorpolymers. Die Geschwindigkeit der Phasentrennung kann gesteuert werden durch Einstellung der absoluten und relativen Viskositäten des LCs und des Vorpolymers. Die Abstandselemente können vor dem Zusammenbau der Vorrichtung mit einem Beschleunigerlack oder Photoinitiator beschichtet und dann auf eines oder mehrere der Substrate trocken aufgesprüht werden. Die Abstandselemente können durch ein Nasssprüh-Verfahren aufgetragen werden, bei dem die Lösung, die als Auftragungsmedium verwendet wird, entweder nur aus einem Beschleuniger oder Photoinitiator besteht oder eine oder beide dieser Verbindungen und ein Lösungsmittel einschließt, dessen Konzentration eingestellt wird, um die geeignete Materialmenge zu erreichen, um das Vorpolymer im Display-Bereich um die Abstandsstücke herum vollständig zu polymerisieren. Die Abstandsstücke können in eine Lösung des Beschleunigers oder Photoinitiators gemischt werden. Die Lösung wird dann in flüssiger Form, durch ein Verfahren wie z. B. eine Pipette, ein Seidensieb oder eine Spritze, direkt auf makroskopische Bereiche auf den Substraten dispensiert. Der makroskopische Bereich könnte der Außenumfang sein, wodurch automatisch eine Kantenabdichtung des Displays während der Polymerisation erreicht würde. Die Abstandselemente können poröse Strukturen sein, und der Beschleuniger oder Photoinitiator wird dann in die poröse Matrix eindringen gelassen, um die Gewichtsanteile des Beschleunigers oder Photoinitiators im gewünschten lokalisierten Bereich zu erhöhen sowie für eine bessere Durchdringung des Polymers und der Abstandselemente und somit für bessere Adhäsion zu sorgen. Die Abstandselemente können aus Glas, typischerweise in Form von Kugeln oder Stäben, bestehen, die dann geätzt werden, um die Oberflächengröße zwecks besserer Adhäsion zu erhöhen. Die Glas-Abstandsstücke, die möglicherweise geätzt wurden, können mit einer oder mehreren Schichten eines Adhäsionsbeschleunigers, wie z. B. eines Silan-Haftmittels, beschichtet werden, bevor sie mit dem Beschleuniger oder Photoinitiator beschichtet werden. Die Abstandselemente können

dem Photoinitiator oder Beschleuniger in Konzentrationen beigemischt werden, die höher sind, als es in Bereichen des Displays wünschenswert wäre, die aktive Abbildbereiche sind; die Mischung wird dann auf das Substrat durch Druck- oder Pipettenverfahren in die Inter-Pixel-Bereiche oder den Rand aufgetragen, wo kein Bild dargestellt wird; dadurch wird zusätzlicher Halt verliehen, ohne den Bildkontrast oder die Bildqualität zu beeinträchtigen. Der Initiator kann nur wärmeaktiviert oder wärmeaktiviert und photoaktiviert oder durch ein anderes Aktivierungsverfahren aktiviert werden. Das Polymer ist so ausgewählt, dass es sich nach ursprünglicher Bindung an die Substrate und beim Härten zusammenzieht; die beiden Substrate werden so zusammengezogen, was die Haltbarkeit des Displays erhöht; dies ist besonders effektiv, wenn das Polymer um das Abstandselement herum aufgetragen ist, wie zuvor beschrieben. Das Abstandselement kann eine oder mehrere Lagen einer dehnbaren porösen Membran sein, die, wenn sie zwischen die Substrate laminiert wird, das Element ist, das den Abstand zwischen den Substraten bestimmt.

[0034] In dieser und anderen Ausführungsformen können ein oder mehrere der Substrate Glas oder anderes starres Material sein.

[0035] In einer anderen Ausführungsform, die ein oder mehrere nicht strukturelle Polymerisations-Start- oder Verstärkung- (-PIE-)Elemente mit einer Dicke umfasst, die geringer ist als die Größe der Abstandsstücke (so dass die nicht strukturellen PIE-Elemente nicht mit mehr als einem der Substrate Kontakt haben und daher keinen direkten kompressiven strukturellen Halt bieten), wird der Photoinitiator, Beschleuniger oder ein anderes Polymerisations-Verbesserungs-Material auf das nicht strukturelle PIE-(NSPIE-)Element aufgetragen oder ist darin enthalten.

[0036] Andere Ausführungsformen der Erfindung sind in den folgenden Ansprüchen enthalten.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Herstellung einer Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung, das folgendes umfasst:
die Bildung von Abstandsstücken, beschichtet mit einem Polymerisationsinitiator zwischen zwei gegenüberliegenden Substraten;
Füllen des Raums zwischen den zwei gegenüberliegenden Substraten mit einer Mischung aus Vorpolymer und Flüssigkristallmaterial;
Anlegen einer externen Energiequelle, um eine Polymerisation einzuleiten, worin, während die Polymerisation fortschreitet, eine Phasentrennung des Polymers und des Flüssigkristalls ebenfalls fortschreitet, gekennzeichnet durch
nach der Einleitung der Polymerisation und vor Abschluß derselben, Anpassung eines Parameters, der die Polymerisationsrate beeinflusst, um eine Variation in der polymerisierten Struktur entlang einer Richtung zu erzeugen, die senkrecht zu den zwei gegenüberliegenden Substraten ist, worin die Variation ein Ergebnis der Anpassung der Polymerisationsrate im Laufe der Polymerisation ist.

2. Das Verfahren von Anspruch 1, worin mindestens eine erste und zweite Schicht innerhalb der Flüssigkristallanzeigen-Vorrichtung geformt wird, wobei die erste und die zweite Schicht übereinanderliegen und in verschiedenen Abständen entlang der Richtung senkrecht zu den zwei gegenüberliegenden Substraten positioniert sind, worin die Struktur der ersten und der zweiten Schicht verschieden ist, und zwar als Ergebnis davon, dass die Raten der Polymerisation und der Phasentrennung während der Zeit, in der die Schichten geformt werden, verschieden sind.

3. Das Verfahren von Anspruch 1 oder 2, worin die Polymerisationsrate eingestellt wird.

4. Das Verfahren von Anspruch 3, worin die Intensität einer Lichtquelle, welche die Polymerisationsrate beeinflusst, eingestellt wird, um die Polymerisationsrate einzustellen.

5. Das Verfahren von Anspruch 2, worin die erste Schicht in erster Linie ein Polymer ist.

6. Das Verfahren von Anspruch 5, worin die zweite Schicht in erster Linie eine Mischung aus Polymer und Flüssigkristallmaterial ist.

7. Das Verfahren von Anspruch 2, worin das Vorpolymer und das Flüssigkristall von einer solchen Zusammensetzung sind und die Polymerisation unter solchen Bedingungen stattfindet, dass die Struktur der ersten und der zweiten Schicht durch ein beliebiges der folgenden Verfahren bestimmt werden kann: durch Variieren der Mischbarkeit des Vorpolymers und Flüssigkristallmaterials oder durch Variieren der Viskosität des Vorpolymers und Flüssigkristalls.

8. Das Verfahren von Anspruch 7, worin die Viskosität eines der Folgenden ist: die relative Viskosität des Vorpolymers und Flüssigkristalls oder die absolute Viskosität des Vorpolymers und Flüssigkristalls.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

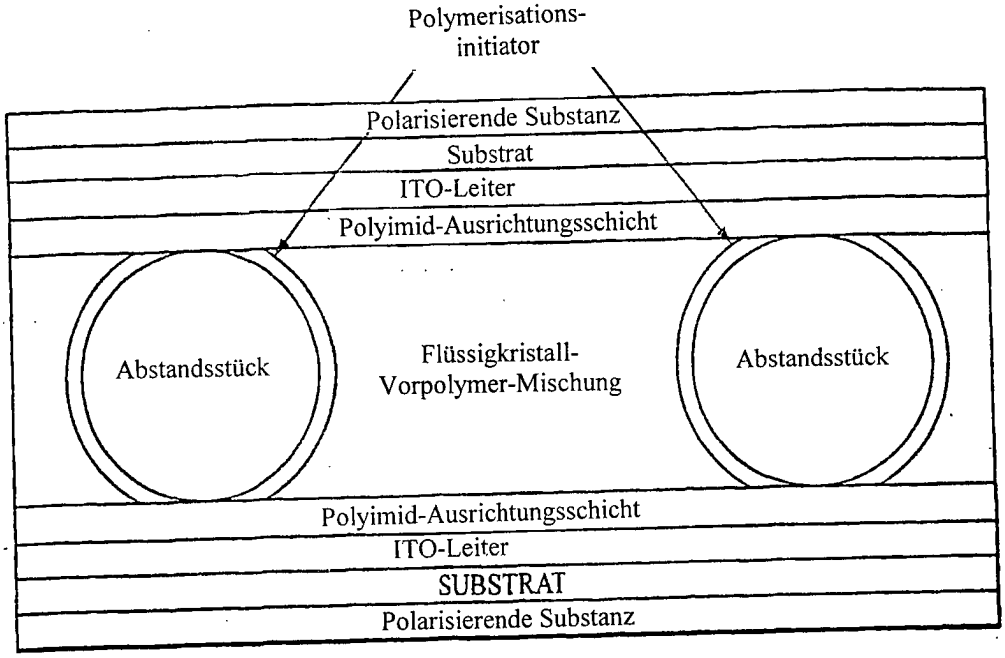


FIG. 1

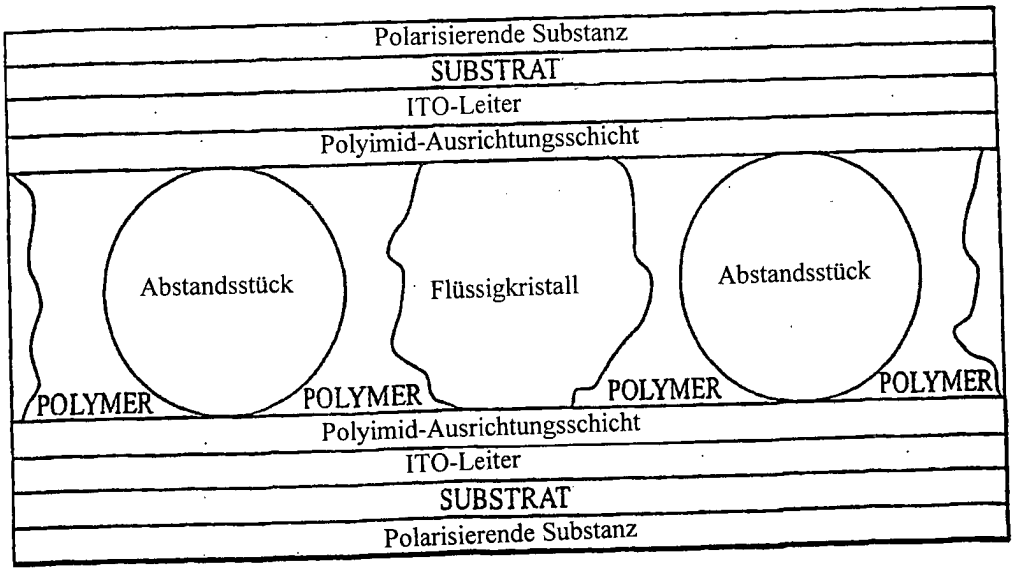


FIG. 2

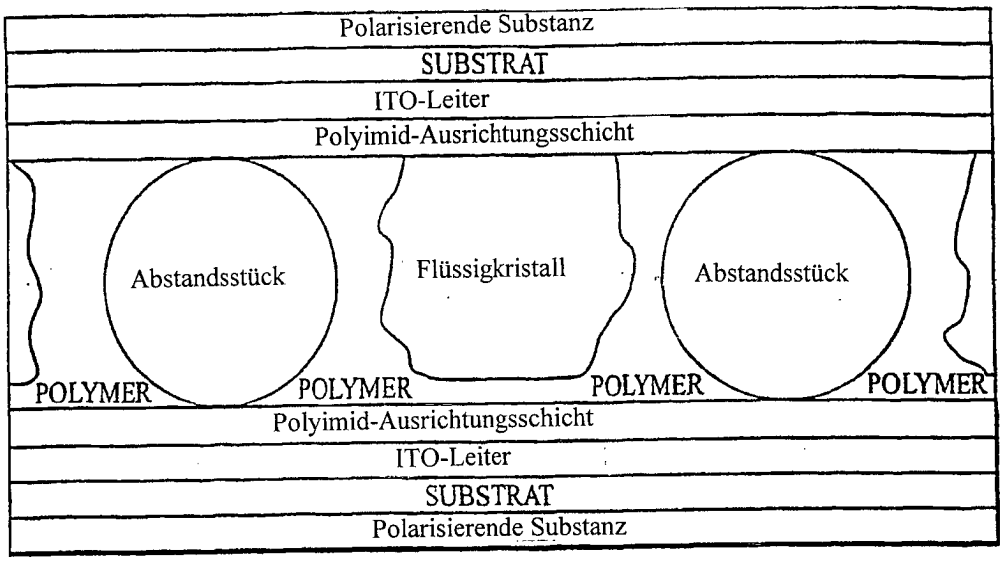

Polarisierende Substanz
SUBSTRAT
ITO-Leiter
Polyimid-Ausrichtungsschicht
Abstandsstück
Flüssigkristall
Abstandsstück
POLYMER
POLYMER
POLYMER
POLYMER
Polyimid-Ausrichtungsschicht
ITO-Leiter
SUBSTRAT
Polarisierende Substanz

FIG. 3

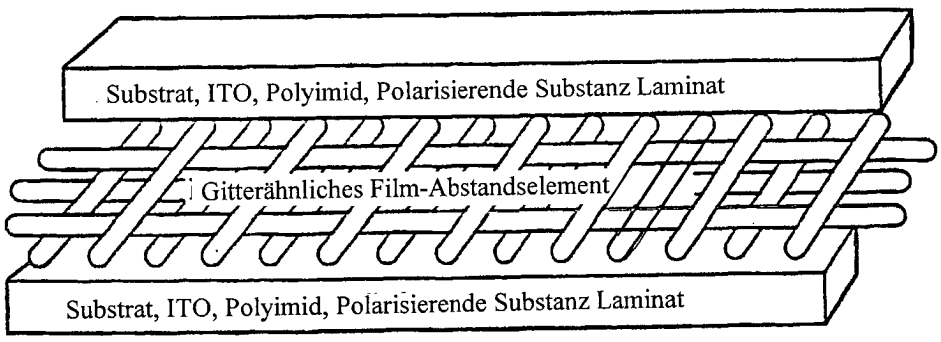

Substrat, ITO, Polyimid, Polarisierende Substanz Laminat
Gitterähnliches Film-Abstandselement
Substrat, ITO, Polyimid, Polarisierende Substanz Laminat

FIG. 4

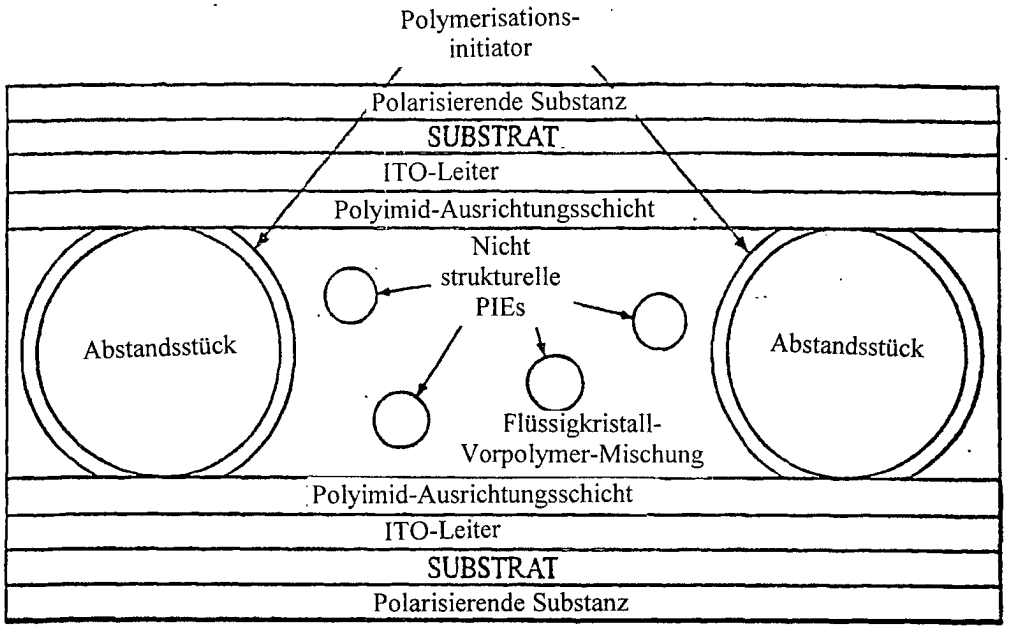

Polymerisations-
initiator
Polarisierende Substanz
SUBSTRAT
ITO-Leiter
Polyimid-Ausrichtungsschicht
Nicht
strukturelle
PIEs
Abstandsstück
Abstandsstück
Flüssigkristall-
Vorpolymer-Mischung
Polyimid-Ausrichtungsschicht
ITO-Leiter
SUBSTRAT
Polarisierende Substanz

FIG. 5

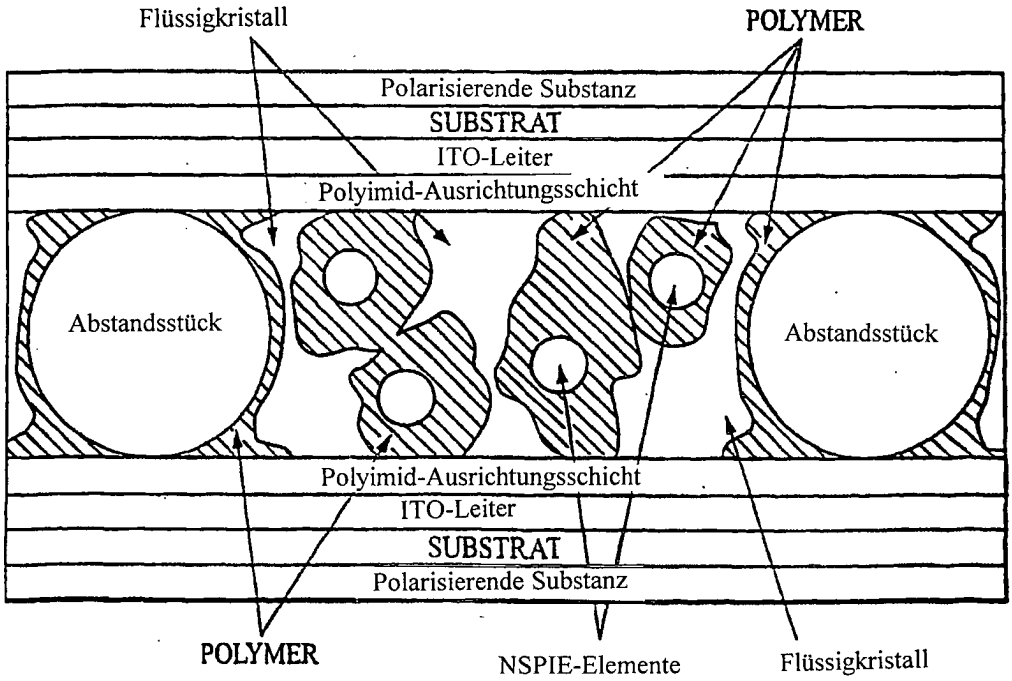

Flüssigkristall
POLYMER
Polarisierende Substanz
SUBSTRAT
ITO-Leiter
Polyimid-Ausrichtungsschicht
Abstandsstück
Abstandsstück
Polyimid-Ausrichtungsschicht
ITO-Leiter
SUBSTRAT
Polarisierende Substanz
POLYMER
NSPIE-Elemente
Flüssigkristall

FIG. 6