



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 41 301 A1 2004.03.18**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 41 301.0**
 (22) Anmeldetag: **04.09.2002**
 (43) Offenlegungstag: **18.03.2004**

(51) Int Cl.7: **G02F 1/133**
G02F 1/1343, G02F 1/1333

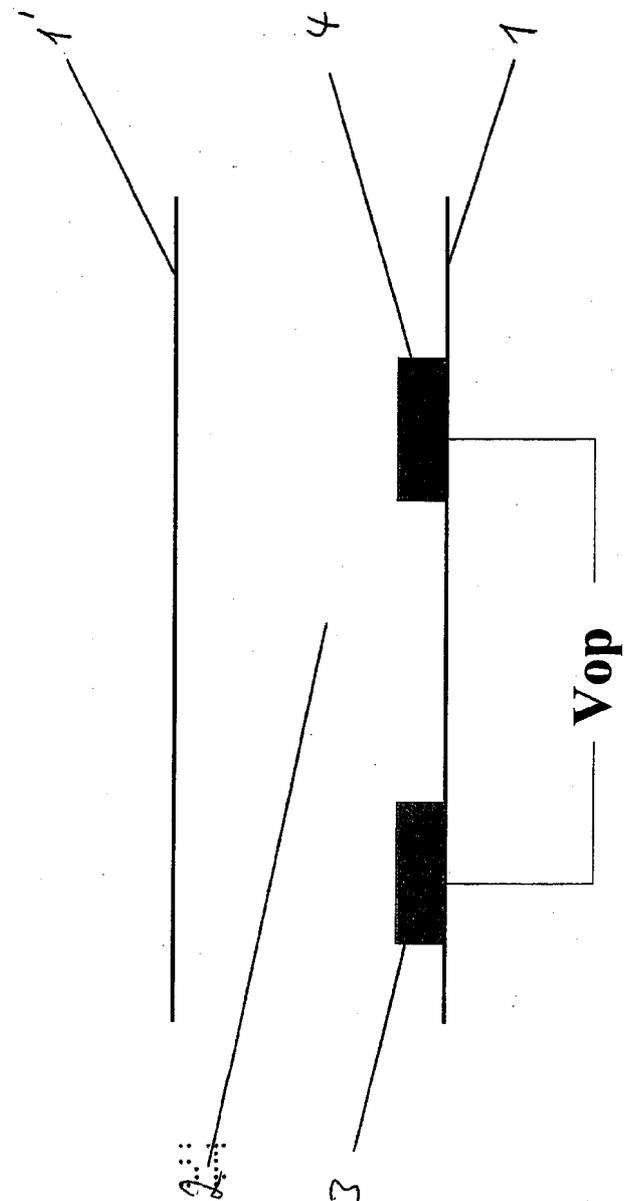
(71) Anmelder:
Merck Patent GmbH, 64293 Darmstadt, DE

(72) Erfinder:
Heckmeier, Michael, Dr., 69502 Hemsbach, DE;
Götz, Achim, 64665 Alsbach-Hähnlein, DE;
Czanta, Markus, Dr., 55116 Mainz, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektroptisches Lichtsteuerlement, electrooptisches Anzeige und Medium**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektroptisches Lichtsteuerlement sowie solche Elemente enthaltende elektroptische Anzeigen und Anzeigesysteme wie beispielsweise Fernsehbildschirme und Computermonitore. Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerlemente enthalten ein mesogenes Steuermedium, das beim Betrieb der Lichtsteuerlemente in der isotropen Phase vorliegt, und sind neben einem guten Kontrast, einer geringen Blickwinkelabhängigkeit und sehr kurzen Schaltzeiten besonders durch relativ niedrige Ansteuerspannungen ausgezeichnet. Die erfindungsgemäßen elektroptischen Lichtsteuerlemente haben eine Elektrodenstruktur, die so ausgebildet ist, dass die in der Ebene der Steuerschicht einander benachbarten elektrisch leitfähigen Schichten einen Abstand von 20 µm oder weniger voneinander haben und/oder die leitfähige Schicht oder, wenn mehrere der elektrisch leitfähigen Schichten vorhanden sind, eine oder mehrere dieser Schichten der Elektrodenstruktur erhaben ist bzw. sind und/oder die Elektrodenstruktur jeweils zwei oder mehrere Schichten, die einander überlagern, elektrisch leitend miteinander verbunden sind und gleichzeitig über wesentliche Teile ihrer Fläche voneinander durch eine dielektrische Schicht getrennt sind, umfasst und/oder die elektrisch leitfähige Schicht oder, wenn mehrere der elektrisch leitfähigen Schichten vorhanden sind, eine oder mehrere der leitfähigen Schichten der Elektrodenstruktur durch eine feste dielektrische Schicht vom jeweiligen ...



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Lichtsteuerelemente sowie diese enthaltende Anzeigen. Die Lichtsteuerelemente verwenden bevorzugt Steuermedien die bei bestimmten Temperaturen anisotrope Eigenschaften aufweisen, wie z. B: Flüssigkristalle. Die Lichtsteuerelemente werden bei einer Temperatur betrieben, bei der die Steuermedien in der isotropen Phase vorliegen. Derartige Anzeigen sind in der bislang unveröffentlichten Patentanmeldung DE 102 172 73.0 vom 18.04.2002, einer weiteren Anmeldung der Anmelderin der vorliegenden Anmeldung beschrieben.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrooptisches Lichtsteuerelement sowie solche Elemente enthaltende elektrooptische Anzeigen und Anzeigesysteme wie beispielsweise Fernsehbildschirme und Computermonitore. Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten ein mesogenes Steuermedium, das beim Betrieb der Lichtsteuerelemente in der isotropen Phase vorliegt. Sie sind neben einem guten Kontrast und einer geringen Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts besonders durch sehr kurze Schaltzeiten ausgezeichnet.

[0003] Ferner betrifft die vorliegende Erfindung Medien und deren Verwendung als Steuermedien in derartigen Lichtsteuerelementen.

Aufgabe und Stand der Technik

[0004] Konventionelle elektrooptischen Flüssigkristallanzeigen sind allgemein bekannt. Sie werden bei einer Temperatur betrieben, bei der sich das Steuermedium in einer Mesophase, bei den meisten Anzeigetypen in der nematischen Phase, befindet. In der Mesophase haben die Steuermedien bereits anisotrope Eigenschaften, wie zum Beispiel eine Doppelbrechung (Δn). Diese wird nicht erst durch ein elektrisches Feld induziert. Am weitesten verbreitet sind TN-(Englisch: "twisted nematic") und STN- (Englisch: "super twisted nematic") Anzeigen. Die Flüssigkristallzellen dieser Anzeigen haben Elektroden auf den Substraten auf den beiden einander gegenüberliegenden Seiten des Flüssigkristallmediums. Somit ist das elektrische Feld im wesentlichen vertikal zur Flüssigkristallschicht. Insbesondere die zuerst genannten Anzeigen werden in Kombination mit einer TFT (Englisch: thin film transistor) Ansteuerung für Anzeigen mit großem Informationsgehalt und großer Auflösung verwendet. So zum Beispiel in "lap-top" und "note-book" Computern. Insbesondere bei "desktop" Computermonitoren werden in neuerer Zeit zunehmend Flüssigkristallanzeigen des IPS-(Englisch: in-plane switching, z. B. DE 40 00 451 und EP 0 588 568) oder alternativ des VAN-(Englisch: vertically aligned nematic) Typs verwendet. VAN-Anzeigen sind eine Variante der ECB-(Englisch: electrically controlled birefringence) Anzeigen. In einer modernen Variante den MVA-Anzeigen (Englisch: multi domain vertically aligned) werden pro angesteuerter Elektrode mehrere Domänen stabilisiert und zusätzlich wird eine spezielle optische Kompensationsschicht verwendet. Diese Anzeigen verwenden, wie die bereits erwähnten TN-Anzeigen, ein zur Flüssigkristallschicht vertikales elektrisches Feld. Im Gegensatz hierzu verwenden IPS-Anzeigen in der Regel Elektroden auf nur einem Substrat, also an einer Seite der Flüssigkristallschicht, sind also durch eine wesentliche Komponente des elektrischen Felds parallel zur Flüssigkristallschicht gekennzeichnet.

[0005] Allen diesen konventionellen Anzeigen ist ein relativ langsames Schalten gemein, insbesondere ist dieses für die immer stärkere Verbreitung findenden TV- und Multi-Media-Anwendungen nicht ausreichend. Dieses fällt insbesondere im Vergleich mit den nahezu ubiquitären Kathodenstrahlröhren auf. Ein weiterer Nachteil der bekannten, in Flüssigkristallanzeigen eingesetzten elektro-optischen Effekte ist die deutliche Blickwinkelabhängigkeit des erzielten Kontrasts. Diese ist in den meisten Fällen so groß, daß für Anzeigen im Direktsichtbetrieb Kompensationsschichten, typischerweise anisotrope Filme, mit zum Teil kompliziertem Aufbau, verwendet werden müssen.

[0006] In der unveröffentlichten Anmeldung DE 10217273.0 werden Lichtsteuerelemente beschrieben, bei denen das mesogene Steuermedium bei der Betriebstemperatur in der isotropen Phase vorliegt.

[0007] Diese Lichtsteuerelemente schalten besonders schnell und haben eine gute Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts. Allerdings sind die Ansteuerspannungen für viele Anwendungen zu hoch.

[0008] Die in der noch nicht offengelegten Anmeldung DE 10217273.0 beschriebenen elektrooptischen Ansteuerelemente benötigen relativ hohe Ansteuerspannungen. Diese sind aus anwendungstechnischer Sicht in der Regel nicht vorteilhaft und für viele Anwendungen zu hoch. Zum Teil können die Ansteuerspannungen durch entsprechende Variation der Steuermedien beeinflusst und gegebenenfalls erniedrigt werden. Allerdings erfordert eine Erniedrigung der Ansteuerspannungen auf diesem Wege die Einführung neuer polarer Substanzen und damit einen gewissen Aufwand und außerdem ist die Größenordnung der Erniedrigung der Ansteuerspannungen begrenzt.

[0009] Der vorliegenden Erfindung lag die Aufgabe zugrunde besonders schnell schaltende Lichtsteuerelemente mit guter Blickwinkelabhängigkeit und insbesondere mit niedrigen Ansteuerspannungen zu realisieren. Diese Lichtsteuerelemente sollen eine möglichst geringe Schichtdicke der Steuermedien aufweisen um als

Elemente von FPDs (Englisch: flat panel displays, also flachen Anzeigen), wie zum Beispiel Flachbildschirmen für Computer, eingesetzt werden zu können. Ferner sollen sie mittels einer möglichst einfachen Elektrodenkonfiguration ansteuerbar sein und eine niedrige Betriebsspannung aufweisen. Darüber hinaus sollen sie für die Anwendung in elektrooptischen Anzeigen einen guten Kontrast mit einer geringen Blickwinkelabhängigkeit haben.

[0010] Somit besteht der Bedarf nach verbesserten Lichtsteuerelementen insbesondere mit verringerter Ansteuerspannung.

Vorliegende Erfindung

[0011] Überraschend wurde gefunden, dass, wie im Folgenden beschrieben, Lichtsteuerelemente die in der unveröffentlichten Anmeldung DE 10217273.0 beschriebenen Lichtsteuerelemente, deutlich verbessert werden können und, dass insbesondere Lichtsteuerelemente mit deutlich verringerten charakteristischen Spannungen realisiert werden können.

[0012] Die elektrooptischen Lichtsteuerelemente gemäß der vorliegenden Erfindung umfassen

- ein Substrat oder mehrere Substrate,
- eine Elektrodenanordnung,
- mindestens ein Element oder mehrere Elemente zur Polarisierung des Lichts und
- ein Steuermedium,

und sind dadurch gekennzeichnet, dass

- das Lichtsteuerelement bei einer Temperatur betrieben wird, bei der das Steuermedium im nicht angesteuerten Zustand in der isotropen Phase vorliegt und dass
- die Elektrodenanordnung ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Fläche des mesogenen Steuermediums erzeugen kann und dass
- die Elektrodenanordnung so gestaltet ist, dass mindestens eine der vier folgenden Bedingungen erfüllt ist
 - die in der Ebene der Steuerschicht einander benachbarten elektrisch leitfähigen Schichten haben einen Abstand von 10 µm oder weniger voneinander,
 - die leitfähige Schicht oder, wenn mehrere der elektrisch leitfähigen Schichten vorhanden sind, eine oder mehrere dieser Schichten der Elektrodenstruktur ist bzw. sind erhaben,
 - die Elektrodenstruktur umfaßt jeweils zwei oder mehrere Schichten die einander überlagern, elektrisch leitend miteinander verbunden sind und gleichzeitig über wesentliche Teile ihrer Fläche voneinander durch eine dielektrische Schicht getrennt sind,
 - die elektrisch leitfähige Schicht oder, wenn mehrere der elektrisch leitfähigen Schichten vorhanden sind, eine oder mehrere der leitfähigen Schichten der Elektrodenstruktur ist bzw. sind durch eine feste dielektrische Schicht vom jeweiligen darunterliegenden Substrat getrennt.

[0013] Neben der niedrigen Ansteuerspannung ist insbesondere der Kontrast dieser Anzeigen und seine Blickwinkelabhängigkeit hervorragend und die Schaltzeiten sind sehr kurz.

[0014] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung näher erläutert.

[0015] Bevorzugt wird als Steuermedium des Lichtsteuerelements ein mesogenes Medium verwendet. Als mesogene Medien werden in der vorliegenden Anmeldung Medien bezeichnet, die eine Mesophase aufweisen, die in einer Mesophase löslich sind oder eine Mesophase induzieren. Die Mesophase ist eine smektische oder eine nematische Phase, bevorzugt eine nematische Phase.

[0016] Als bevorzugtes Medium zur Untersuchung der mesogenen Eigenschaften der Medien die keine Mesophase aufweisen wird die nematische Mischung ZLI-4792 der Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland verwendet. Bevorzugt haben die mesogenen Medien einen aus 10%-iger Lösung in dieser Mischung extrapolierten Klärpunkt von –100°C oder mehr, besonders bevorzugt von –50°C oder mehr und ganz besonders bevorzugt von –20°C oder mehr.

[0017] Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten bevorzugt ein mesogenes Medium, das bei Betriebstemperatur in der isotropen Phase vorliegt. Dieses Medium befindet sich zweckmäßiger Weise auf bzw. unter einem Substrat.

[0018] In der Regel befindet sich das Steuermedium zwischen zwei Substraten. Diese Ausführungsform ist bevorzugt. Wenn sich das Steuermedium zwischen zwei Substraten befindet ist mindestens eines dieser Substrate lichtdurchlässig. Das lichtdurchlässige Substrat, bzw. die lichtdurchlässigen Substrate können z. B. aus Glas, Quarz oder Kunststoff bestehen. Wird ein Substrat verwendet, das nicht lichtdurchlässig ist, so kann dies unter anderem aus einem Metall oder einem Halbleiter bestehen. Diese Medien können als solche verwendet werden oder auf einem Träger, z.B. einer Keramik, vorliegen. Ist das Steuermedium ein polymeres Medium so kann gegebenenfalls auf die Verwendung eines zweiten Substrats verzichtet werden. Polymere Steuermedium

können sogar selbsttragend ausgeführt werden. In diesem Fall wird gar kein Substrat benötigt.

[0019] Die Betriebstemperatur des Lichtsteuerelements liegt bevorzugt oberhalb der Übergangstemperatur des Steuermediums zur isotropen Phase, in der Regel im Bereich von $0,1^\circ$ bis 50° oberhalb dieser Übergangstemperatur, bevorzugt im Bereich von $0,1^\circ$ bis 10° oberhalb dieser Übergangstemperatur und besonders bevorzugt im Bereich von $0,1^\circ$ bis 5° oberhalb dieser Übergangstemperatur.

[0020] Bei Anlegen einer Spannung wird in dem mesogenen Medium in der isotropen Phase eine Orientierung induziert welche zu einer optischen Verzögerung führt, die auf bekannte Weise visualisiert werden kann. Bevorzugt wird ein inhomogenes elektrisches Feld angewendet.

[0021] Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten mindestens ein Element zur Polarisierung des Lichts. Zusätzlich enthalten sie bevorzugt ein weiteres optisches Element. Dieses weitere optische Element ist entweder ein zweites Element zur Polarisaton des Lichts, ein Reflektor oder ein Transfektor.

[0022] Die optischen Elemente sind so angeordnet, dass das Licht beim Durchgang durch das mesogene Medium des Lichtsteuerelements sowohl vor dem Eintritt in das mesogene Medium, als auch nach dem Austritt aus dem mesogenen Medium mindestens einmal mindestens ein polarisierendes Element durchläuft.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform des Lichtsteuerelements gemäß der vorliegenden Erfindung befindet sich das mesogene Medium zwischen zwei Polarisatoren, also einem Polarisator und einem Analysator. Bevorzugt werden zwei Linearpolarisatoren verwendet. In dieser Ausführungsform sind die Absorptionsachsen der Polarisatoren bevorzugt gekreuzt und bilden bevorzugt einen Winkel von 90° .

[0024] Optional enthält das erfindungsgemäße Lichtsteuerelement eine oder mehrere doppelbrechende Schichten. Bevorzugt enthält es eine $\lambda/4$ -Schicht oder mehrere $\lambda/4$ -Schichten, bevorzugt eine $\lambda/4$ -Schicht. Die optische Verzögerung der $\lambda/4$ -Schicht beträgt bevorzugt ca. 140 nm.

[0025] Die Schichtdicke (d) des mesogenen Steuermediums beträgt bevorzugt $0,1 \mu\text{m}$ bis $5.000 \mu\text{m}$ (i.e. 5 mm), besonders bevorzugt $0,5 \mu\text{m}$ bis $1.000 \mu\text{m}$ (i.e. 1 mm), besonders bevorzugt $1,0 \mu\text{m}$ bis $100 \mu\text{m}$ und ganz besonders bevorzugt $3,0 \mu\text{m}$ bis $30 \mu\text{m}$ und insbesondere $3,5 \mu\text{m}$ bis $20 \mu\text{m}$. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Schichtdicke des mesogenen Steuermediums bevorzugt $0,5 \mu\text{m}$ bis $50 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt $1,0 \mu\text{m}$ bis $20 \mu\text{m}$ und ganz besonders bevorzugt $1,0 \mu\text{m}$ bis $8,0 \mu\text{m}$.

[0026] Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch elektrooptische Anzeigen, die ein oder mehrere erfindungsgemäße Lichtsteuerelemente enthalten. Bevorzugt werden diese elektrooptischen Anzeigen mittels einer aktiven Matrix angesteuert.

[0027] Gegenstand der varliegenden Erfindung sind des weiteren elektrooptische Anzeigesysteme enthaltend eine oder mehrere erfindungsgemäße elektrooptische Anzeigen. Diese elektrooptische Anzeigesysteme werden bevorzugt zur Darstellung von Information, unter anderem, bevorzugt als Fernseh Bildschirm oder als Computermonitor verwendet. Bei der darzustellenden Information handelt es sich bevorzugt um digitale Signale oder um Videosignale.

[0028] Das erfindungsgemäße Lichtsteuerelement kann zusätzlich ein oder mehrere weitere übliche optische Elemente wie doppelbrechende Schichten (z.B. Kompensationsschichten), Diffusorschichten, und Elemente zur Erhöhung der Helligkeit und/oder der Lichtausbeute und/oder der Blickwinkelabhängigkeit enthalten, wobei diese Aufzählung nicht abschließend ist.

[0029] Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente sind durch einen guten Kontrast gekennzeichnet, der stark und nahezu überwiegend von den Eigenschaften der verwendeten Polarisatoren abhängt. Zum Vergleich mit herkömmlichen TN-Zellen werden hier TN-Zellen mit einer optischen Verzögerung von $0,50 \mu\text{m}$, positivem Kontrast und der Absorptionsachse der Polarisatoren senkrecht zu der Vorzugsorientierung der nematischen Flüssigkristalle am benachbarten Substrat, die nicht chirale Flüssigkristalle enthalten, herangezogen. Werden bei den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen und bei diesen herkömmlichen TN-Zellen die gleichen Polarisatoren verwendet, ist der Kontrast der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente um 40% oder mehr größer als der der TN-Zellen.

[0030] Die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente ist sehr gut. Sie ist deutlich besser als die der bekannten ECB-Zellen. Sie ist eher vergleichbar mit der bei den kommerziell verfügbaren IPS-Anzeigen (z.B. von Hitachi und NEC, beide Japan) und MVA-Anzeigen (z.B. von Fujitsu, Japan) beobachteten Blickwinkelabhängigkeit. Sie ist viel geringer als die der konventionellen TN-Anzeigen. So schließt eine Isokontrastkurve eines gegebenen Kontrastverhältnisses bei den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen in der Regel einen Winkelbereich ein, die mehr als doppelt so groß, oft sogar mehr als dreimal so groß ist wie die entsprechende Isokontrastkurve für das gleiche Kontrastverhältnis bei der TN-Anzeige.

[0031] Die Schaltzeiten der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente sind sehr klein. Sie liegen in der Regel bei Werten von 1 ms oder weniger, bevorzugt bei $0,5 \text{ ms}$ oder weniger besonders bevorzugt bei $0,1 \text{ ms}$ oder weniger.

[0032] Besonders vorteilhaft ist die Tatsache, dass beim Schalten zwischen verschiedenen Graustufen sowohl die Schaltzeit für das Ausschalten, als auch, besonders überraschend, die für das Einschalten nahezu unabhängig von der verwendeten Ansteuerspannung sind. Dies stellt einen wesentliche Vorteil gegenüber herkömmlichen Lichtsteuerelementen wie Flüssigkristallzellen, z.B. TN-Zellen, dar.

[0033] Zur Untersuchung des Schaltverhaltens bei der Ansteuerung von Graustufen wurden die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente jeweils verschiedenen Ansteuerspannungen geschaltet. Dabei wurden charakteristische Spannungen der elektrooptischen Kennlinie als Endpunkte gewählt, z.B. V_{10} , V_{20} , V_{30} ,... bis V_{90} . Dann wurde von einer gegebenen charakteristischen Spannung auf die anderen Spannungen und zurück geschaltet, z.B. von V_{10} auf jede der Spannungen V_{90} , V_{80} , V_{70} bis V_{20} . Als nächstes wurde eine andere der charakteristischen Spannungen gewählt und von dieser auf jeder der höheren charakteristischen Spannungen und zurück geschaltet, z.B. von V_{20} auf jede der Spannungen V_{90} , V_{80} , V_{70} bis V_{30} und so weiter bis zur Ausgangsspannung V_{80} von der auf V_{90} und zurück geschaltet wird. Bei den Lichtsteuerelementen gemäß der vorliegenden Erfindung ist in allen diesen Fällen die Einschaltzeit vom Zeitpunkt des Einschaltens der neuen Spannung bis zum Erreichen von 90% der jeweiligen maximalen Transmissionsänderung für alle diese Schaltvorgänge in erster Näherung identisch.

[0034] Elektrooptische Anzeigen gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten ein oder mehrere erfindungsgemäße Lichtsteuerelemente. Diese werden in einer bevorzugten Ausführungsform mittels einer Aktiven Matrix angesteuert.

[0035] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform werden die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente im sogenannten „field sequential mode“ angesteuert. Hierbei werden die Schaltelemente synchron zur Ansteuerung nacheinander mit verschieden farbigem Licht beleuchtet. Zur Erzeugung des gepulsten farbigen Lichts können beispielsweise ein Farbrad („color wheel“), Stroboskoplampen oder Blitzlampen eingesetzt werden.

[0036] Elektrooptische Anzeigen gemäß der vorliegenden Erfindung können, insbesondere wenn sie für Fernsehbildschirme, Computermonitore oder ähnliches verwendet werden, zur Darstellung farbiger Bilder einen Farbfilter enthalten. Dieser Farbfilter besteht zweckmäßiger Weise aus einem Mosaik von Filterelementen verschiedener Farben. Hierbei ist typischer Weise jedem elektro-optischen Schaltelement ein Element des Farbfiltermosaiks einer Farbe zugeordnet.

[0037] Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten eine Elektrodenstruktur die ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Schicht des mesogenen Mediums erzeugt. Diese Elektrodenstruktur kann in der Form von interdigitalen Elektroden ausgeführt sein. Sie kann in Form von Kämmen oder Leitern ausgeführt sein. Auch Ausführungen in Form von überlagerten "H"s und doppel-"T"s bzw. "I"s sind vorteilhaft. Die Elektrodenstruktur befindet sich vorteilhaft auf nur einer Seite des mesogenen Mediums, bei Verwendung mindestens eines Substrats bevorzugt zwischen diesem und dem mesogenen Medium. Bevorzugt liegt die Elektrodenstruktur in mindestens zwei unterschiedlichen Ebenen die sich beide auf einer Seite des mesogenen Steuermediums befinden, vor, dies gilt insbesondere wenn die Elektrodenstruktur überlappende Teilstrukturen enthält. Diese Teilstrukturen werden vorteilhafter Weise durch eine dielektrische Schicht voneinander getrennt. Wenn sich die Teilstrukturen auf den gegenüberliegenden Seiten einer Isolationschicht befinden kann ein "Lay-Out" gewählt werden, das die Realisierung von Kondensatoren erlaubt. Dies ist insbesondere bei der Ansteuerung von Anzeigen mittels einer aktiven Matrix vorteilhaft. Derartige aktiv Matrix Anzeigen verwenden eine Matrix von den einzelnen Lichtsteuerelementen zugeordneten Ansteuerelementen mit einer nichtlinearen Strom-Spannungs-Kennlinie, wie z. B. TFTs oder MIM-(Englisch: metal insulator metal) Dioden.

[0038] Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in der Ausgestaltung der Elektrodenstruktur der erfindungsgemäßen elektrooptischen Schaltelemente. Hierbei sind verschiedene Ausführungsformen möglich. Im folgenden werden die bevorzugten Ausführungsformen den Elektroden der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente gegebenenfalls unter Hinzuziehung der entsprechenden Abbildungen beschrieben.

[0039] Der Aufbau von Lichtsteuerelementen mit einem mesogenen Steuermedium ist im Prinzip in DE 102 172 73.0 beschrieben. Hier wird er kurz anhand der **Abb. 1** verdeutlicht.

[0040] Die Abbildung zeigt schematisch im Querschnitt den Aufbau eines Schaltelements oder eines Teils eines Schaltelements nach DE 102 172 73.0. Zwischen den inneren Oberflächen der Substrate (**1**) und (**1'**) befindet sich das Steuermedium (**2**). Auf der inneren Oberfläche des einen Substrats (**1**) befinden sich die beiden Elektroden (**3**) und (**4**) der Elektrodenstruktur, die mit voneinander verschiedenen Potentialen beaufschlagt werden können. „Vop“ bezeichnet die Spannungs-, Ladungs- bzw. Stromquelle. Die von Vop ausgehenden Linien symbolisieren die elektrischen Zuleitungen zu den Elektroden.

[0041] Die Elektroden können aus durchsichtigem Material bestehen, wie z. B. Indiumzinnoxid (ITO). In diesem Fall kann es vorteilhaft und gegebenenfalls nötig sein einen Teil oder Teile des Lichtsteuerelements mittels einer schwarzen Maske abzudecken. Dies erlaubt Bereiche in denen das elektrische Feld nicht effektiv ist abzuschirmen und so den Kontrast zu verbessern. Die Elektroden können aber auch aus undurchsichtigem Material bestehen, üblicherweise aus Metall, z.B. aus Chrom, Aluminium, Kupfer, Silber oder Gold, bevorzugt aus Chrom. In diesem Fall kann der Einsatz einer separaten schwarzen Maske gegebenenfalls entfallen.

[0042] Das verwendete elektrische Feld ist bevorzugt ein inhomogenes Feld.

[0043] Es wurde gefunden, dass der seitliche Abstand der Elektroden, die mit verschiedenem Potential beaufschlagt werden können, voneinander einen starken Einfluß auf die charakteristischen Spannungen der Lichtsteuerelemente hat. Mit abnehmendem Abstand nimmt die benötigte Ansteuerspannung ab. Wenn der Abstand jedoch kleiner wird, wird auch das Öffnungsverhältnis des Lichtsteuerelements kleiner und die Hellig-

keit nimmt ab. Bevorzugt haben die Elektroden einen Abstand voneinander der im Bereich von 0,5 µm bis 100 µm, bevorzugt im Bereich von 1 µm bis 20 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 1 µm bis 15 µm, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 2 µm bis 12 µm und am meisten bevorzugt im Bereich von 3 µm bis 11 µm liegt. Bevorzugt beträgt der Abstand der Elektroden zueinander 19 µm oder weniger, besonders bevorzugt 15 µm oder weniger, ganz besonders bevorzugt 10 µm oder weniger und insbesondere bevorzugt 9 µm oder weniger.

[0044] Die Breite der Elektroden in der Richtung zu den Nachbarelektroden, die mit verschiedenem Potential beaufschlagt werden können, ist weniger kritisch als der Abstand der Elektroden in dieser Richtung. Er hat nahezu keinen Einfluß auf die charakteristischen Spannungen der Lichtsteuerelemente. Mit zunehmender Breite der Elektroden wird jedoch das Öffnungsverhältnis des Lichtsteuerelements kleiner und die Helligkeit nimmt ab, insbesondere wenn die Elektroden aus lichtundurchlässigem Material bestehen. Mit abnehmender Breite der Elektroden nimmt dagegen ihr elektrischer Widerstand zu. Bevorzugt haben die Elektroden eine Breite die im Bereich von 0,5 µm bis 30 µm, bevorzugt im Bereich von 0,5 µm bis 20 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 0,7 µm bis 19 µm, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 1 µm bis 9 µm und am meisten bevorzugt im Bereich von 1,5 µm bis 6 µm liegt.

[0045] In der einer ersten besonders bevorzugten Ausführungsform (Ausführungsform A) sind die Elektroden erhaben ausgeführt. Hierbei bedeutet erhaben, dass die Elektroden eine Schichtdicke aufweisen, die nicht gegenüber der Schichtdicke der Steuerschicht zu vernachlässigen ist. Bevorzugt beträgt die Schichtdicke der Elektroden jeweils 5 % oder mehr, bevorzugt 10 % oder mehr, besonders bevorzugt 20 % oder mehr des Abstands zwischen den Substraten, also der Schichtdicke des Steuermediums an den Stellen der Zelle an denen sich keine Elektroden befinden.

[0046] In dieser Ausführungsform mit den erhabenen Elektroden haben diese also eine bestimmte Dicke, die gegenüber der Schichtdicke des mesogenen Mediums nicht zu vernachlässigen ist. In diesem Fall kann die Elektrodenstruktur verschiedene Topographien haben. Die Elektrodenstruktur kann sich durch einen signifikanten Anteil der gesamten Dicke der Schicht des mesogenen Steuermediums erstrecken. Bevorzugt ist die maximale Höhe der Elektrodenschicht, bzw. der Elektrodenschicht jedoch deutlich kleiner als die Dicke des mesogenen Mediums. Bevorzugt beträgt das Verhältnis 1:3 oder weniger, besonders bevorzugt 1:10 oder weniger und ganz besonders 1:50 oder weniger. In manchen Fällen kann die Dicke der Elektrodenschicht gegenüber der Dicke des mesogenen Mediums vernachlässigt werden, dann ist das Verhältnis bevorzugt 1:100 oder kleiner.

[0047] Bevorzugt ist aber auch eine Ausführungsform in der die Elektrodenanordnung des Lichtsteuerelements so gestaltet sind, dass sie sich über einen überwiegenden Anteil der Schichtdicke des mesogenen Steuermediums, bevorzugt über mehr als 60 %, bevorzugt im wesentlichen über die gesamte Schichtdicke des mesogenen Steuermediums, besonders bevorzugt über 80 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt über 90 % oder mehr, erstreckt.

[0048] In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die untere Grenze der Schichtdicke der Elektroden 0,5 µm, besonders bevorzugt 1 µm und ganz besonders bevorzugt 2 µm und die obere Grenze bevorzugt 10 µm, bevorzugt 5 µm und ganz besonders bevorzugt 3 µm.

[0049] Die **Abb. 2 bis 6** zeigen schematisch im Querschnitt den Aufbau für fünf verschiedene Ausführungsformen erfindungsgemäßer Schaltelemente mit erhabenen Elektroden gemäß der bevorzugten Ausführungsform (A).

[0050] Bei der in **Abb. 2** gezeigten Ausführungsform sind die Elektroden ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 1** gezeigten Ausführungsform. Die Elektroden (3) und (4) haben einen rechteckigen oder nahezu rechteckigen Querschnitt. Jedoch haben die Elektroden eine Dicke, die gegenüber der Schichtdicke (d(2)) der Steuerschicht (2), bzw. gegenüber der charakteristischen Schichtdicke, nicht zu vernachlässigen ist, z.B. typischerweise im Bereich von 0,5 µm bis von 3 µm, bevorzugt im Bereich von 1 µm bis von 2 µm.

[0051] Bei der in **Abb. 3** gezeigten Ausführungsform sind die Elektroden (3) und (4) ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 2** gezeigten Ausführungsform. Jedoch erstrecken sich diese Elektroden hier über die gesamte Dicke [d(2)] der Steuerschicht (2).

[0052] Bei der in **Abb. 4** gezeigten Ausführungsform sind die Elektroden (3) und (4) wieder ähnlich gestaltet, wie bei der in **Abb. 2** gezeigten Ausführungsform. Jedoch ist die Schichtdicke der Elektroden (3) und (4) nicht konstant, sondern abhängig vom Ort. Die Elektroden haben einen dreieckigen Querschnitt.

[0053] Bei der in **Abb. 5** gezeigten Ausführungsform sind die Elektroden (3) und (4) ähnlich gestaltet, wie bei der in **Abb. 4** gezeigten Ausführungsform mit vom Ort abhängiger Schichtdicke. Jedoch bestehen diese Elektroden hier jeweils aus zwei übereinanderliegenden Schichten (3) und (3') sowie (4) und (4'), von denen jeweils die obere (3') bzw. (4') eine geringere Fläche des Schaltelements bedeckt als die entsprechende untere Schicht (3) bzw. (4).

[0054] Bei der in **Abb. 6** gezeigten Ausführungsform sind die Elektroden (3) und (4) wieder ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 2** gezeigten Ausführungsform. Jedoch haben die Elektroden (3) und (4) hier einen kreisförmigen Querschnitt und sind als Hohlleiter ausgebildet dargestellt. Sie können jedoch auch andere abgerundete

Querschnitte haben und z.B. in Form eines massiven Drahtes oder als leitfähig ummantelter Zylinder eines nicht leitfähigen oder nicht leitfähigen Materials ausgebildet sein.

[0055] Hierbei sind auch Ausführungsformen umfaßt, bei denen ein Paar von Elektroden mit einem gemeinsamen Potential eine Elektrode mit anderem Potential flankieren. oder sich mit mindestens einem Paar von Elektroden, die mit dem anderen Potential beaufschlagt werden oder werden können, abwechseln. Hierbei können die Elektroden in einer Ebene oder in verschiedenen Ebenen vorliegen. Bevorzugt liegen die Elektroden, die das gleiche Potential aufweisen oder mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden oder werden können, in der selben Ebene.

[0056] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente bei der die leitfähigen Schichten der Elektroden erhaben sind, sind die einander benachbarten Elektroden der Elektrodenstruktur, zumindest teilweise, bevorzugt im wesentlichen, besonders bevorzugt weitestgehend horizontal durch eine feste dielektrische Schicht voneinander isoliert.

[0057] In einer anderen Ausführungsform befinden sich die Teilstrukturen der Elektrodenstruktur auf den beiden gegenüberliegenden Seiten des mesogenen Mediums. In diesem Fall stehen sich die entsprechenden Teile der Elektroden nicht senkrecht gegenüber, sondern sind gegeneinander seitlich so versetzt, dass eine Komponente des elektrischen Felds parallel zur Schicht des mesogenen Mediums entsteht.

[0058] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform (Ausführungsform B) der vorliegenden Erfindung ist die Elektrodenstruktur so ausgebildet, dass sich die Elektroden in einem Abstand oberhalb ihres jeweiligen Substrats befinden und bevorzugt über einen wesentlichen Teil ihrer Fläche, bevorzugt über den überwiegenden Teil ihrer Fläche und besonders bevorzugt nahezu über ihre gesamte Fläche oder über ihre gesamte Fläche gegen dieses isoliert sind. Hierzu sind die Elektroden bevorzugt auf einem festen Dielektrikum ausgebildet. Dies ist beispielhaft in **Abb. 7, 9 und 11 bis 13** gezeigt. Als festes Dielektrikum wird bevorzugt ein fester Isolator wie verwendet, wie weiter unten beschrieben. Insbesondere bevorzugt ist das feste Dielektrikum als Schicht oder als Podest ausgeführt.

[0059] Im Zusammenhang mit den Anteilen der Flächen der Elektrodenstruktur bedeutet

- der wesentliche Teil: bevorzugt 20 % oder mehr, besonders bevorzugt 30 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 40 % oder mehr,
- der überwiegende Teil: bevorzugt 55 % oder mehr, besonders bevorzugt 60 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 70 % oder mehr,
- nahezu gesamt: bevorzugt 80 % oder mehr, besonders bevorzugt 90 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 95 % oder mehr, und
- gesamt: bevorzugt 98 % oder mehr, besonders bevorzugt 99 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 100 %.

[0060] Die **Abb. 7** zeigt schematisch im Querschnitt den Aufbau für eine bevorzugte Ausführungsform der Ausführungsform (B) erfindungsgemäßer Schaltelemente. Hier sind die Elektroden ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 1** gezeigten Ausführungsform. Jedoch befinden sich die Elektroden nicht direkt auf der Oberfläche des Substrats, sondern jeweils auf einer festen isolierenden Schicht (**5**) bzw. (**6**) einer bestimmten Dicke, z.B. typischerweise im Bereich von 1 µm bis von 2 µm. Hier ist die Elektrodenanordnung so ausgestaltet, dass die Elektrodenpaare eines Bildelements durch ein Dielektrikum von dem zugehörigen Substrat getrennt sind. Diese Ausführungsform ist bevorzugt, da sie eine leichte Herstellung der Lichtsteuerelemente und der elektrooptischen Anzeigen ermöglicht, da die Elektroden sich nur auf einem Substrat befinden. Bei entsprechender Wahl der Dicke der festen isolierenden Schicht unter den leitfähigen Schichten der Elektroden kann hier ein großer Effekt auf die Ansteuerspannungen erzielt werden.

[0061] Die leitfähigen Schichten der Elektrodenstrukturen sind in dieser bevorzugten Ausführungsform (B) über der Oberfläche des benachbarten Substrats erhoben. In dieser Ausführungsform befindet sich eine feste, isolierende Schicht zwischen dem jeweiligen Substrat und der benachbarten leitfähigen Schicht. Diese feste, isolierende Schicht kann aus Glas, Quarz, einer oder mehreren anorganischen Schichten, wie z.B. SiO₂ oder SiN, organischen Polymeren oder ähnlichem bestehen.

[0062] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die isolierende Schicht als erhabene Teile des Substrats realisiert z.B. in Form eines Podests. Diese Ausführungsform kann einfach und bevorzugt erhalten werden, indem das Substrat an den Stellen an denen kein Podest gewünscht ist entsprechend tief weggeätzt wird. Dabei kann gegebenenfalls die jeweilige leitfähige Schicht der Elektrodenstruktur als Maske beim Ätzen dienen oder beide Schichten können in einem Schritt durch die selbe Maske geätzt werden. In einer anderen Ausführungsform wird die feste, isolierende Schicht auf dem Substrat in bekannter Weise strukturiert oder unstrukturiert über die Fläche aufgebracht oder abgeschieden und nötigenfalls anschließend strukturiert.

[0063] Bevorzugt ist die Schichtdicke der festen, isolierenden Schicht im Bereich von 0,1 µm bis 10 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 0,2 µm bis 7 µm, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,4 µm bis 5 µm und insbesondere bevorzugt im Bereich von 0,5 µm bis 4 µm.

[0064] In einer ganz besonderes bevorzugten Ausführungsform (Ausführungsform C) der vorliegenden Erfindung bestehen die Elektroden der Elektrodenstruktur, die mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden, aus zwei oder mehr elektrisch leitfähigen Schichten. Diese Schichten sind in der Zelle des Schaltelements übereinander angeordnet und bevorzugt über einen wesentlichen Teil ihrer Fläche, bevorzugt über den überwiegenden Teil ihrer Fläche und besonders bevorzugt nahezu über ihre gesamte Fläche oder über ihre gesamte Fläche durch ein Dielektrikum von einander getrennt und elektrisch isoliert. Wenn die leitfähigen Schichten im Lichtsteuerelement über 100 % ihrer Fläche isoliert sind, werden sie außerhalb des Lichtsteuerelements elektrisch leitend miteinander oder mit einer Spannungs-, Ladungs- oder Stromquelle verbunden.

[0065] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung befindet sich mindestens je eine leitfähige Schicht der Elektrodenstruktur auf jeweils einem der Substrate. In dieser Ausführungsform bildet die Schicht des Steuermediums das Dielektrikum zwischen den Elektroden-schichten.

[0066] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform sind die jeweils zwei oder mehr elektrisch leitfähigen Schichten der Elektrodenstruktur jeweils durch ein festes Dielektrikum voneinander getrennt.

[0067] Die **Abb. 8** zeigt schematisch im Querschnitt den Aufbau für eine bevorzugte Ausführungsform der Ausführungsform (C) erfindungsgemäßer Schaltelemente mit einer Elektrodenstruktur bei der die Elektroden aus zwei Schichten bestehen, die sich auf je einem der Substrate befinden. Hier sind die Elektroden so gestaltet, dass es zu der Elektrode (**3**) auf dem ersten Substrat (**1**), die mit einem ersten Potential beaufschlagt werden kann, eine zweite Elektrode (**3'**) auf dem zweiten Substrat (**1'**) gibt, die mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden kann. Ebenso gibt es zu der Elektrode (**4**) auf dem ersten Substrat, die mit dem zweiten Potential beaufschlagt werden kann, eine zweite Elektrode (**4'**) auf dem zweiten Substrat, die auch mit dem zweiten Potential beaufschlagt werden kann. Dabei stehen sich die Elektrodenpaare (**3**) und (**3'**) sowie (**4**) und (**4'**) jeweils gegenüber. Diese Ausführungsform ist bevorzugt, da sie eine sehr große Verringerung der charakteristischen Spannungen erlaubt und der erzielte Effekt nicht von weiteren Parametern, wie dem Material und der Schichtdicke des verwendeten festen Dielektrikums, abhängt.

[0068] Bevorzugt weist die Elektrodenstruktur jeweils zwei Paare einander zugeordneter Elektroden auf, von denen jeweils mindestens ein Paar einander zugeordneter Elektroden mit dem gleichen elektrischen Potential beaufschlagt werden oder werden können.

[0069] Bei dieser Ausführungsform besteht die Möglichkeit, dass sich die einander paarweise zugeordneten leitfähigen Schichten der Elektroden auf den gegenüberliegenden Substraten (vergleiche **Abb. 8** und **9**) oder auf dem gleichen Substrat (vergleiche z.B. **Abb. 10** und **11**) aufweisen.

[0070] Bevorzugt bestehen die Elektroden der Elektrodenanordnung in dieser Ausführungsform (C), sowie in den Weiterbildungen der Ausführungsform (B) aus zwei oder mehr leitfähig miteinander verbundenen Schichten.

[0071] Hierbei sind die einzelnen Schichten der Elektroden jeweils im wesentlichen

- über ihre gesamte Fläche durch ein Dielektrikum voneinander getrennt
- flächengleich und
- deckungsgleich übereinanderliegend.

[0072] Die beschriebenen Ausführungsformen können auch miteinander kombiniert werden. So kann z. B. in der zuletzt beschriebenen, ganz besonders bevorzugten Ausführungsform der Ausführungsform (C), die dem Substrat zugewandte erste leitfähige Schicht der durch ein festes Dielektrikum voneinander getrennten, jeweils zwei oder mehr elektrisch leitfähigen Schichten der Elektrodenstruktur, wie in der als zweites beschrieben, bevorzugten Ausführungsform, durch eine feste dielektrische Schicht vom jeweiligen Substrat getrennt sein.

[0073] Die **Abb. 9** bis **13** zeigen schematisch im Querschnitt den Aufbau verschiedener Ausführungsformen erfindungsgemäßer Schaltelemente gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0074] **Abb. 9** zeigt eine Ausführungsform, die eine Kombination der in den **Abb. 7** und **8** dargestellten Ausführungsformen darstellt. Im Gegensatz zur in **Abb. 7** dargestellten Ausbildungsform sind nicht nur auf dem Substrat mit der Oberfläche (**1**) erhobene Elektroden ((**3**) und (**4**) auf festen isolierenden Schichten (**5**) und (**6**) ausgebildet. Vielmehr sind, wie in der in **Abb. 8** dargestellten Ausführungsform auch auf der Oberfläche des gegenüberliegenden Substrats (**1'**) Elektroden (**3'**) und (**4'**) ausgebildet. Diese Elektroden sind, wie die entsprechenden Elektroden auf dem ersten Substrat, durch feste isolierende Schichten (**5'**) und (**6'**) von der Oberfläche (**1'**) abgehoben.

[0075] Bei der **Abb. 10** sind die Elektroden ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 7** gezeigten Ausführungsform. Jedoch bestehen die Elektroden, wie in der in **Abb. 8** gezeigten Ausführungsform, jeweils aus zwei Schichten (**3**) und (**3'**), bzw. (**4**) und (**4'**), die jeweils paarweise mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden können. Im Gegensatz zu der in **Abb. 8** gezeigten Ausführungsform, werden die jeweils zwei Paare leitfähiger Schichten der Elektrodenstruktur (**3**) und (**3'**), bzw. (**4**) und (**4'**) hier jedoch nicht durch die dielektrische Steuer-schicht (**2**) voneinander getrennt, sondern jeweils durch eine feste isolierende Schicht (**5**) bzw. (**6**).

[0076] Bei der **Abb. 11** sind die Elektroden ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 10** gezeigten Ausführungs-

form. Jedoch sind hier, wie bei der in **Abb. 7** gezeigten Ausführungsform, jeweils die ersten Schichten der Elektrodenstrukturen (3) bzw. (4) durch eine feste isolierende Schicht (5) bzw. (6) vom Substrat getrennt (abgehoben). Die beiden Schichten der Elektrodenstruktur, die mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden können (3) und (3'), bzw. (4) und (4') werden, wie in der in **Abb. 10** beschriebenen Ausführungsform, jeweils durch eine feste isolierende Schicht, hier (5') bzw. (6') genannt, voneinander getrennt.

[0077] Bei der **Abb. 12** bestehen die Elektroden der Elektrodenstruktur aus jeweils vier leitfähigen Schichten (3) bis (3''') bzw. (4) bis (4'''). Jeweils zwei dieser vier Schichten befinden sich auf dem selben Substrat. Schichten (3) und (3') sowie (4) und (4') befinden sich auf dem Substrat mit der Oberfläche (1) und (3'') und (3''') sowie (4'') und (4''') befinden sich auf dem Substrat mit der Oberfläche (1'). Von diesen Schichten ist jeweils die dem jeweiligen Substrat (1) bzw. (1') benachbarte Schicht (3) und (4) bzw. (3'') und (4'') durch eine feste isolierende Schicht (5) und (6) bzw. (5') und (6') getrennt. Die jeweils zwei leitfähigen Schichten, die sich auf dem gleichen Substrat befinden [(3) und (3')] und [(4) und (4')] sowie [(3'') und (3''')] und [(4'') und (4''')], sind ebenfalls durch feste isolierende Schichten (5') und (6') sowie (5''') und (6''') voneinander getrennt.

[0078] Bei der **Abb. 13** bestehen die Elektroden der Elektrodenstruktur, wie bei der in der Abbildung **12** gezeigten Ausführungsform, aus jeweils vier leitfähigen Schichten (2) bis (2''') bzw. (3) bis (3'''). Hier erstreckt sich jedoch die alternierende Folge von leitfähigen Schichten und isolierenden Schichten über die gesamte Schichtdicke der Steuerschicht. Dadurch werden die inneren Paare der leitfähigen Schichten (2') und (2''') sowie (3') und (3''') ebenfalls durch feste isolierende Schichten (5''') bzw. (6''') voneinander getrennt.

[0079] Zwischen den elektrisch leitfähigen Schichten der Elektroden der Elektrodenstruktur kann sich als Dielektrikum die Schicht oder Teile der Schicht des mesogenen Steuermediums (vergleiche z.B. **Abb. 8** und **9**) oder eine (vergleiche **Abb. 10** und **11**) oder mehrere feste dielektrische Schichten befinden.

[0080] Die leitfähige Schicht, oder im Fall, dass die Elektroden zwei oder mehrere leitfähige Schichten umfassen, die jeweils untere leitfähige Schicht der Elektroden, kann erhöht auf einer isolierenden Schicht über einem der Substrate angeordnet sein (vergleiche **Abb. 7, 9, 11, 12** und **13**).

[0081] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält jede Elektrode mindestens vier leitfähige Schichten (vergleiche **Abb. 12** und **13**), wobei sich jeweils mindestens zwei der leitfähigen Schichten auf einem Substrat befinden und mit unterschiedlichem Potential beaufschlagt werden oder werden können. Bei dieser Ausführungsform ist jeder dieser beiden Elektroden mindestens eine weitere Elektrode zugeordnet, die jeweils mit dem gleichen Potential beaufschlagt wird oder werden kann. Diese jeweils mindestens eine weitere Elektrode, die jeder der Elektroden der Elektrodenpaare zugeordnet ist, ist von dieser durch ein Dielektrikum getrennt.

[0082] Es ist möglich die leitfähigen Schichten der Elektroden sowohl in der bevorzugten Ausführungsform (B), als auch in der besonders bevorzugten Ausführungsform (C), wie in der Ausführungsform (A) beschrieben, erhaben auszuführen.

[0083] Besonders bevorzugt können in der Ausführungsform (C) auch zwei der übereinander liegenden leitfähigen Elektrodenschichten, die mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden, sowohl durch die dielektrische Steuerschicht voneinander getrennt, als gleichzeitig auch durch eine feste dielektrische Schicht vom jeweiligen darunter liegenden Substrat oder gegebenenfalls einer darunter liegenden weiteren elektrisch leitfähigen Schicht getrennt sein (vergleiche **Abb. 9**). Diese Ausführungsform ist bevorzugt, da sie erlaubt die Anstevenspannung in Vergleich zu den in den **Abb. 7** und **8** gezeigten Ausführungsformen weiter zu verringern.

[0084] Nach den vorliegenden Ergebnissen hängt die Stärke des beobachteten elektro-optischen Effekts von der Schichtdicke des isotropen Steuermediums ab. Bei kleinen Schichtdicken im Bereich von unterhalb einem Mikrometer nimmt die nötige Anstevenspannung mit steigender Schichtdicke ab. Dieser Effekt hält an bis zu einer charakteristischen Schichtdicke (d_c), bei der Sättigung eintritt. Eine weitere Erhöhung der Schichtdicke zu Werten oberhalb dieser charakteristischen Schichtdicke führt zu keiner weiteren signifikanten Verbesserung, also einer Erniedrigung, der charakteristischen Spannungen. Typischerweise liegt die charakteristische Schichtdicke im Bereich von 0,5 μm bis 10 μm , meist im Bereich von 1,0 μm bis 5,0 μm . Für die meisten praktisch relevanten Fällen sind Werte von ca. 2 μm bis 3 μm insbesondere ein Wert von ca. 3 μm anzunehmen.

[0085] Die Schichtdicke der isotropen Steuerschicht ist bei den Lichtsteuerelementen der Ausführungsform (A) bevorzugt mindestens so groß wie die charakteristische Schichtdicke.

[0086] Bei den Ausführungsformen (B) und (C) beträgt die Schichtdicke der isotropen Steuerschicht bevorzugt das doppelte der charakteristischen Schichtdicke oder mehr. Diese bevorzugte Untergrenze der Schichtdicke des Steuermediums gilt für den Fall, dass in der Ausführungsform (B) die Elektrodenstruktur jeweils zwei Schichten umfaßt, die mit dem selben Potential beaufschlagt werden oder werden können sowie für den Fall, dass in der Ausführungsform (C) die Elektrodenstruktur genau eine elektrisch leitfähige Schicht enthält, die mit dem gegebenen Potential beaufschlagt wird oder werden kann.

[0087] Die Ausführungsform (C) mit genau einer leitfähigen Schicht in der Elektrodenstruktur führt zu ähnlichen Ergebnissen wie die Ausführungsform (B). Mit Vergrößerung der Dicke der festen, isolierenden Schicht zwischen dem Substrat und der leitfähigen Schicht verringern sich die charakteristischen Spannungen bis zu einer Sättigung, die eintritt, wenn die Schichtdicke der festen isolierenden Schicht den Wert der charakteristi-

schen Schichtdicke erreicht, solange die gesamte Schichtdicke der Steuerschicht groß genug ist. In dieser Ausführungsform ist die Höhe der isolierenden Schicht unter der ersten, dem Substrat zugewandten leitfähigen Schicht bevorzugt gleich der charakteristischen Schichtdicke oder größer als diese. Die Dicke des verbleibenden Teils der Steuerschicht oberhalb der leitfähigen Schicht der Elektrodenstruktur ist ebenfalls gleich der charakteristischen Schichtdicke oder größer als diese, somit ist bevorzugte Untergrenze der gesamten Schichtdicke der Steuerschicht in dieser Ausführungsform, ebenso wie in der Ausführungsform (B), doppelt so groß wie die charakteristische Schichtdicke. Der optimale Effekt wird erzielt, wenn die leitfähige Schicht sich in der Mitte, oder nahezu in der Mitte der Dicke der Steuerschicht befindet und sich diese in Richtung zu jedem der Substrate um die charakteristische Schichtdicke oder mehr erstreckt.

[0088] Werden mehrere leitfähige Schichten übereinander verwendet, die jeweils durch eine feste isolierende Schicht voneinander getrennt sind, so erhöht sich die Untergrenze der Schichtdicke der Steuermediums mit jeder weiteren hinzukommenden leitfähigen Schicht um das Doppelte der charakteristischen Schichtdicke.

[0089] Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Endung weisen bevorzugt eine nematische Phase auf. Es können jedoch auch Medien verwendet werden, bei denen der Temperaturbereich der nematischen Phase so schmal ist, dass praktisch ein Übergang von der kristallinen Phase oder von der smektischen Phase in die isotrope Phase erfolgt.

[0090] Der Klärpunkt der eine nematische Phase aufweisenden mesogenen Medien liegt bevorzugt im Bereich von -20°C bis 80°C , besonders bevorzugt im Bereich von 0°C bis 60°C und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 20°C bis 60°C . Bei Anzeigen mit Hintergrundbeleuchtung liegt der Klärpunkt bevorzugt im Bereich von 10°C bis 70°C und besonders bevorzugt im Bereich von 30°C bis 50°C .

[0091] Die nematische Phase ist bevorzugt stabil bis -10°C , besonders bevorzugt bis -30°C und ganz besonders bevorzugt bis -40°C .

[0092] Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung weisen in der nematischen Phase bei einer Temperatur von 4 Grad unter dem Klärpunkt bevorzugt eine Doppelbrechung (Δn) von 0,090 oder mehr, bevorzugt von 0,100 oder mehr, besonders bevorzugt von 0,150 oder mehr, ganz besonders bevorzugt von 0,200 oder mehr auf. Der Wert der Doppelbrechung ist für die erfindungsgemäße Anwendung so gut wie unbegrenzt. Praktisch ist er jedoch in der Regel 0,500 oder kleiner und meist 0,450 oder kleiner. Der Wert der Doppelbrechung der erfindungsgemäßen Medien wird hier in der nematischen Phase bei einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts gemessen. Ist das Medium bei dieser Temperatur nicht stabil nematisch oder zumindest bis zu dieser Temperatur in der nematischen Phase unterkühlbar so wird die Doppelbrechung einer Mischung aus 15% des Mediums und 85% der nematischen Mischung ZLI-4792 der Merck KGaA bei 20°C bestimmt und aus der Änderung gegenüber der Mischung ZLI-4792 auf den Wert des reinen Mediums extrapoliert.

[0093] Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung weisen bevorzugt ein Dipolmoment von 4 Debye oder mehr, besonders bevorzugt von 6 Debye oder mehr und besonders bevorzugt von 8 Debye oder mehr auf.

[0094] Für die Lichtsteuerelemente gemäß der vorliegenden Endung können sowohl mesogene Steuermedien verwendet werden, die in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) aufweisen, als auch solche die eine negative dielektrische Anisotropie aufweisen. Bevorzugt werden mesogene Steuermedien verwendet, die in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) aufweisen.

[0095] Wenn die mesogenen Steuermedien eine positive dielektrische Anisotropie haben, hat diese bei 1 kHz und einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts, bevorzugt in der nematischen Phase, einen Wert von bevorzugt 15 oder mehr, besonders bevorzugt 30 oder mehr und ganz besonders bevorzugt 45 oder mehr. Hat das Medium keine nematische Phase oder liegt es bei einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts nicht in der nematischen Phase vor, so wird seine dielektrische Anisotropie wie die Doppelbrechung durch Extrapolation der Werte einer Mischung von 15% in der Mischung ZLI-4792 ermittelt.

[0096] Wenn die mesogenen Steuermedien eine negative dielektrische Anisotropie haben, hat diese einen Wert von bevorzugt -5 oder weniger, besonders bevorzugt -7 oder weniger und ganz besonders bevorzugt -10 oder weniger.

[0097] Besonders bevorzugt sind Steuermedien mit einer positiven dielektrischen Anisotropie.

[0098] Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Endung bestehen bevorzugt aus zwei bis 40 Verbindungen, besonders bevorzugt aus fünf bis 30 Verbindungen und ganz besonders bevorzugt aus sieben bis 25 Verbindungen.

[0099] Die erfindungsgemäßen mesogenen Medien mit positiver dielektrischer Anisotropie gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten bevorzugt

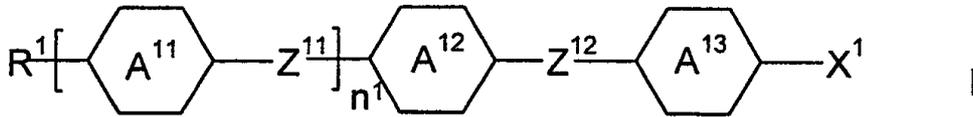
- eine Komponente A bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer sehr stark positiven dielektrischen Anisotropie von 30 oder mehr,
- optional eine Komponente B bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer stark positiven dielektrischen Anisotropie von 10 bis < 30 ,
- optional eine Komponente C bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer moderat posi-

von dielektrischen Anisotropie von $> 1,5$ bis < 10 ,

– optional eine Komponente D bestehend aus einer oder mehreren dielektrisch neutralen Verbindungen mit einer dielektrischen Anisotropie im Bereich von $-1,5$ bis $+1,5$ und

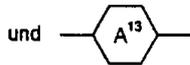
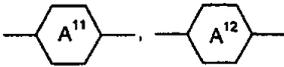
– gegebenenfalls optional eine Komponente E bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer negativen dielektrischen Anisotropie von weniger als $-1,5$.

[0100] Die Komponente A dieser Medien enthält bevorzugt eine oder mehrere Verbindungen der Formel I und besteht besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus einer oder mehreren Verbindungen der Formel I,

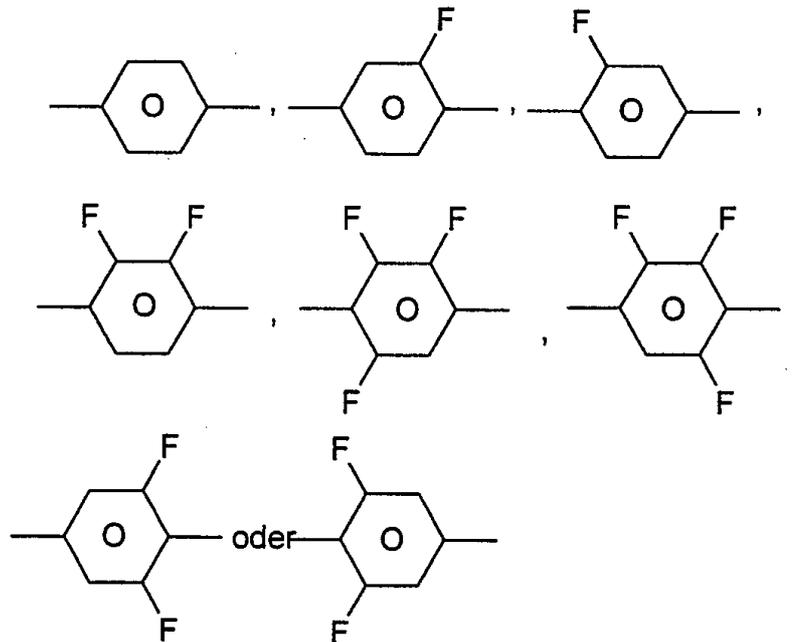


worin

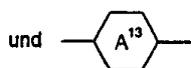
R^1 Alkyl, Alkoxy, bevorzugt n-Alkyl, n-Alkoxy, jeweils mit 1 bis 7 C-Atomen, Alkenyl, Alkenyloxy, Alkinyll oder Alkoxyalkyl jeweils mit 2 bis 7 C-Atomen,



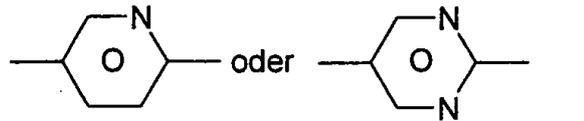
jeweils voneinander unabhängig



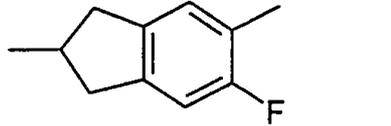
und einer von



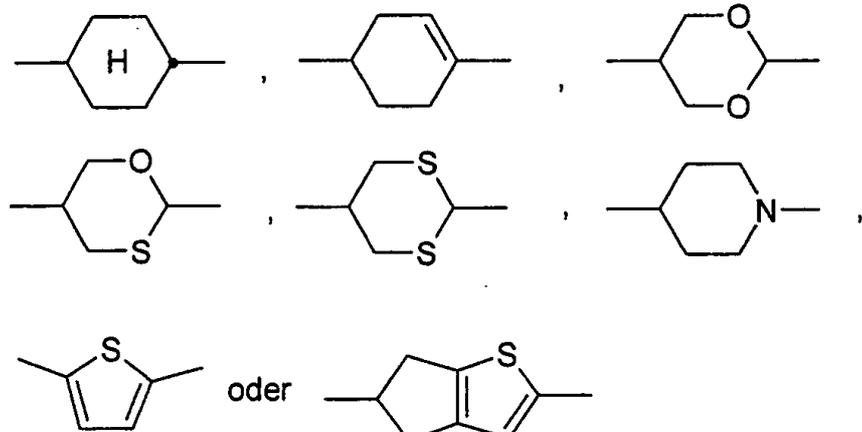
auch



auch



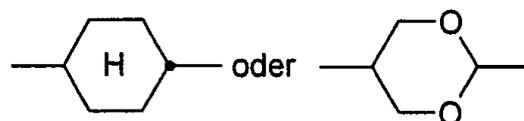
auch



und, wenn vorhanden,



auch

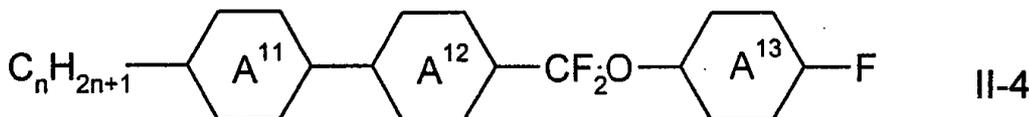
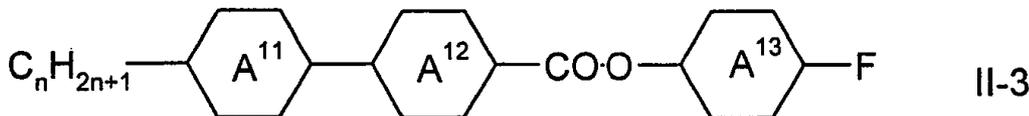
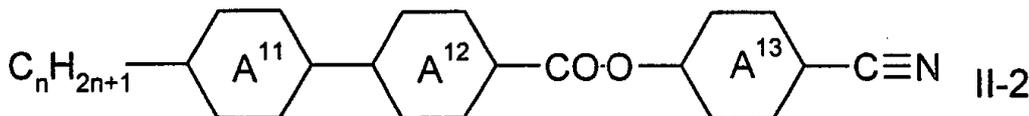
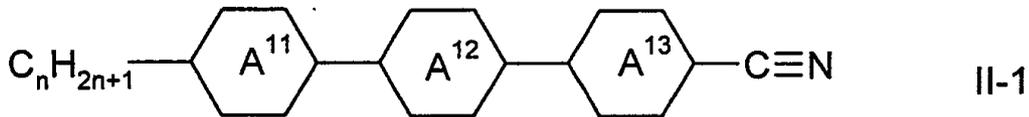
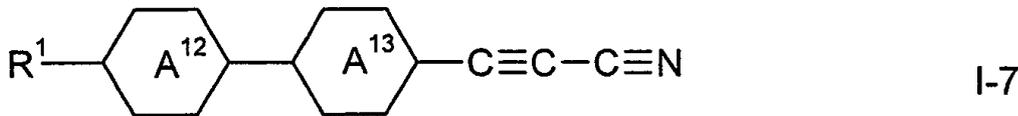
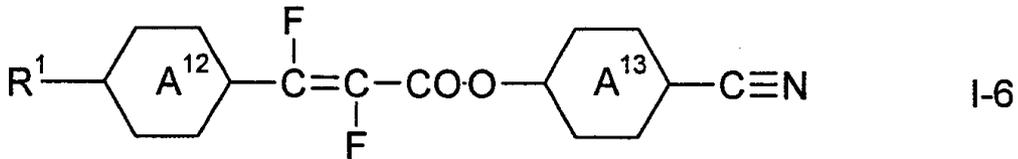
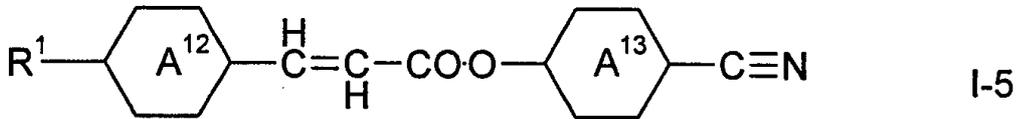
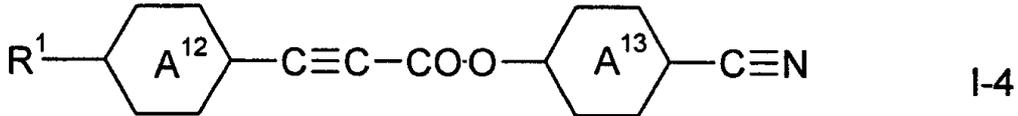
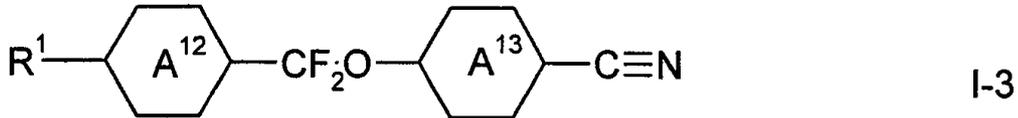
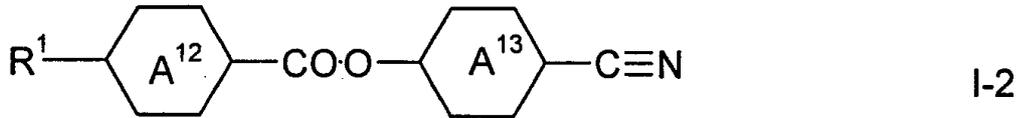
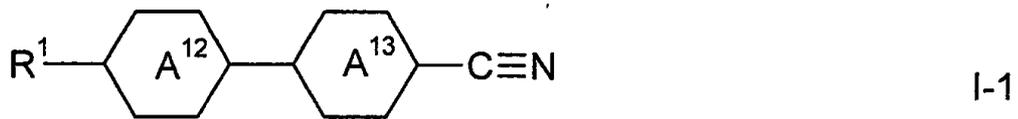


Z¹¹ und Z¹² jeweils voneinander unabhängig, eine Einfachbindung, -CO-O-, trans -CH=CH-, -CH=CF-, -CF=CH-, -CF=CF-, -CH=CH-CO-O-, -CF=CF-CO-O-, -CF=CH-CO-O-, -CH=CF-CO-O-, -CF₂-O-, -O-CF₂- oder -C≡C- oder eine Kombination von zwei oder mehreren dieser Gruppen, X¹ F, -OCF₃, -CF₃, -OCF₂H, Cl, CN, -C≡C-CN oder NCS, bevorzugt CN, -C≡C-CN oder NCS und n¹ 0 oder 1 bedeuten,

wobei

im Fall X¹ = F die Phenylringe insgesamt mindestens 2, bevorzugt mindestens 3, weitere F-Atome tragen, im Fall X¹ = -OCF₃, -CF₃, -OCF₂H oder Cl die Phenylringe insgesamt mindestens 1 weiteres F-Atom, bevorzugt mindestens 2 weitere, F-Atome tragen und im Fall X¹ = CN, -C≡C-CN oder NCS die Phenylringe bevorzugt mindestens 1 weiteres F-Atom tragen.

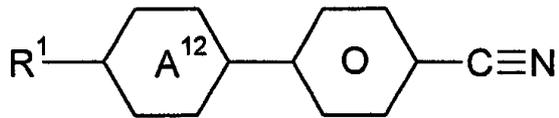
[0101] Bevorzugt enthalten die erfindungsgemäßen Medien eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-1 bis I-7 und/oder eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln II-1 bis II-5, die ebenfalls Teilformeln der Formel 1 sind.



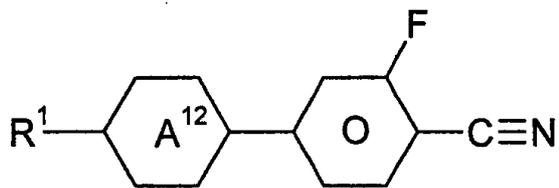
worin die Parameter die oben unter Formel I gegebene Bedeutung haben.

[0102] Besonders bevorzugt enthalten die erfindungsgemäßen Medien eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-1a bis I-1e, I-2a bis I-2c, I-3a bis I-3c, I-4a bis I-4c, I-5a bis I-5c, I-6a bis I-6c und I-7a bis I-7c und/oder eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Grup-

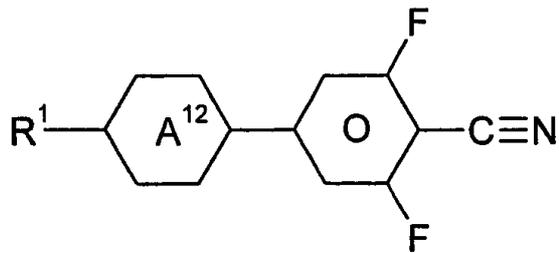
pe der Verbindungen der Formeln II-1a bis II-1c, II-2a bis II-2c, II-3a, II-3b, II-3a, II-4b, II-5a und II-5b.



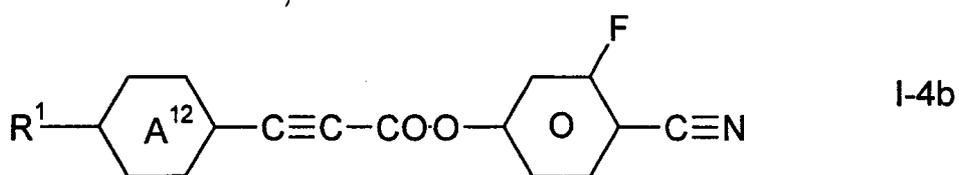
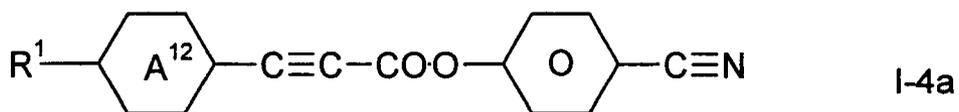
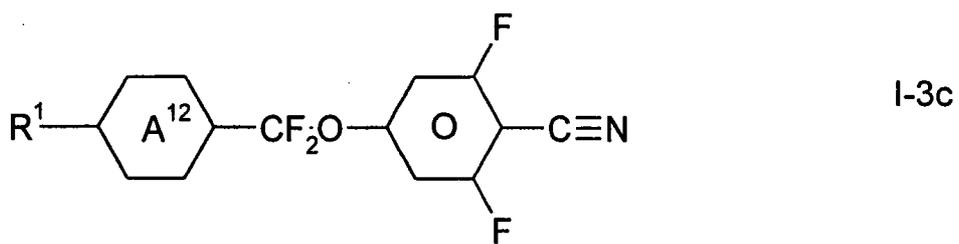
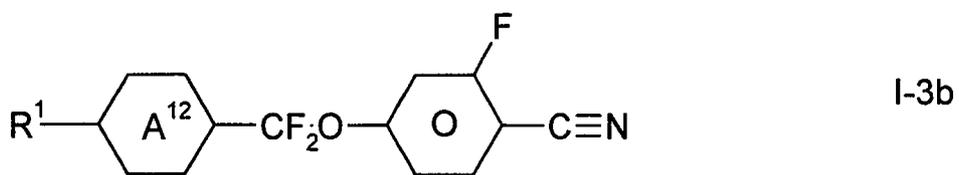
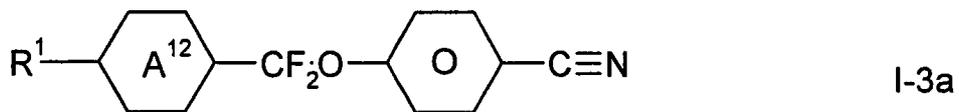
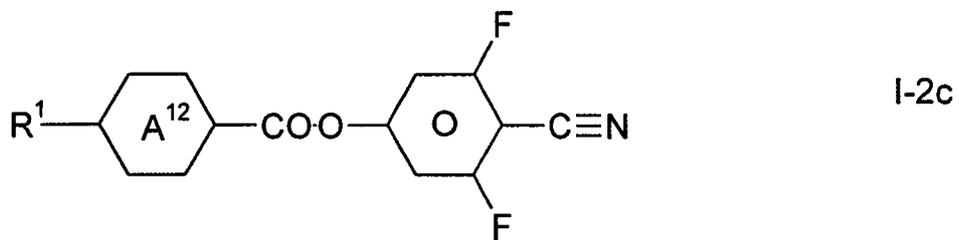
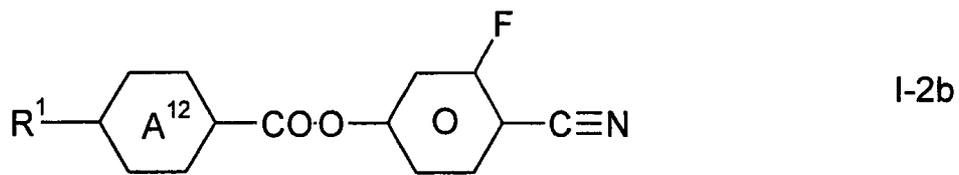
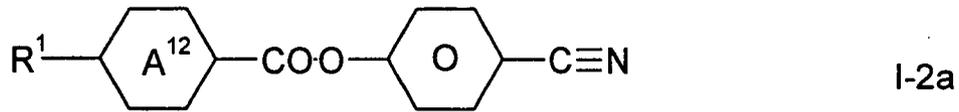
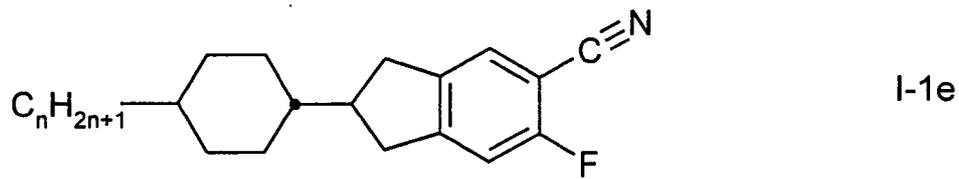
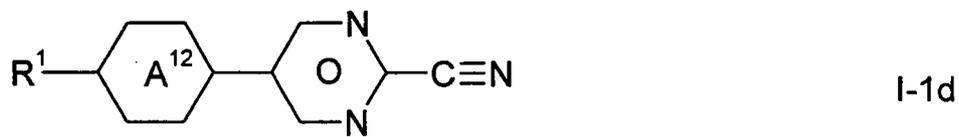
I-1a

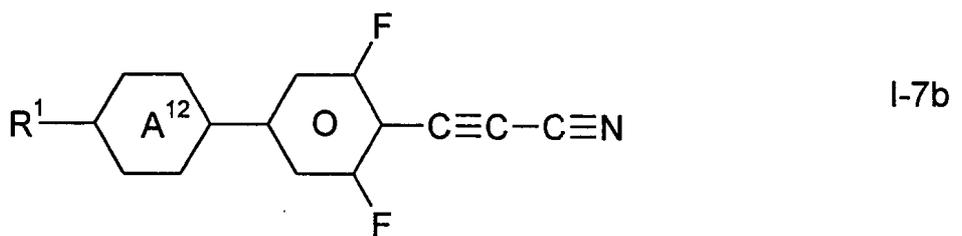
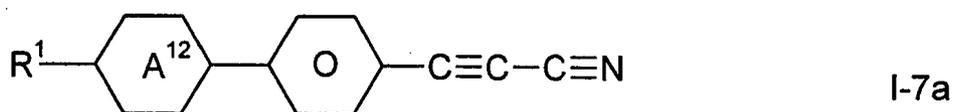
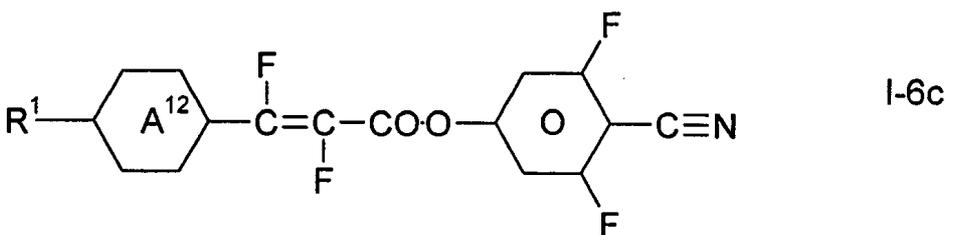
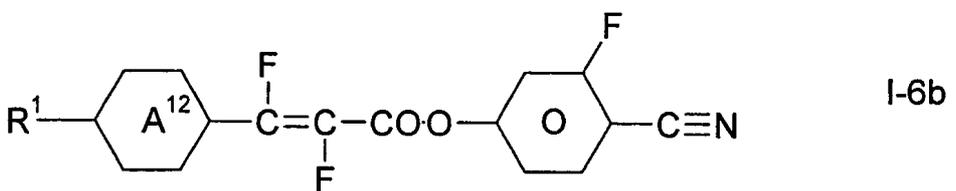
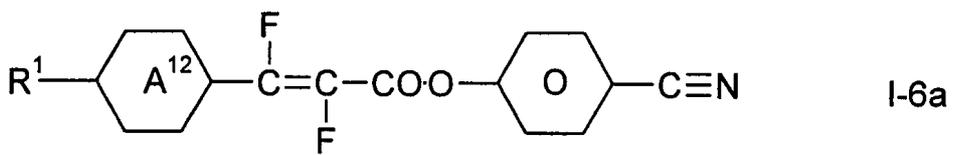
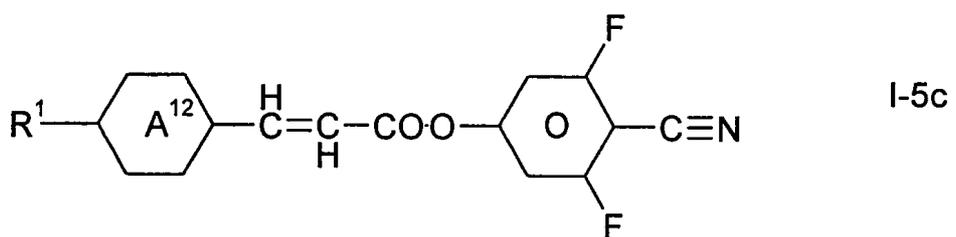
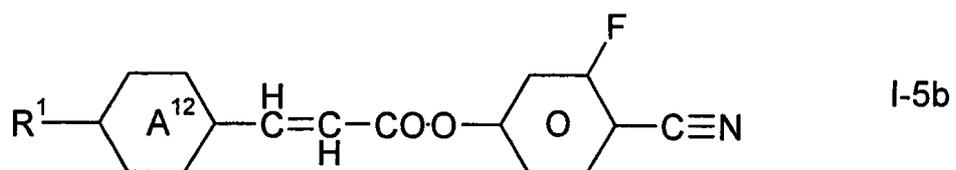
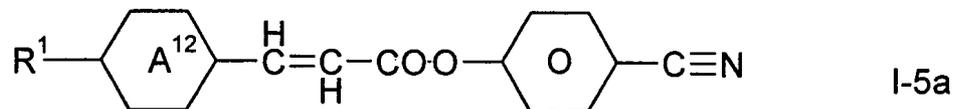
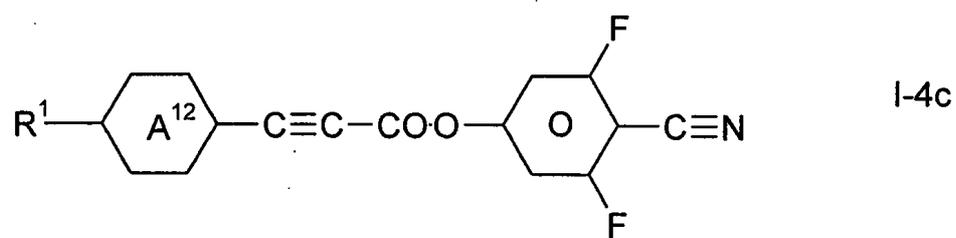


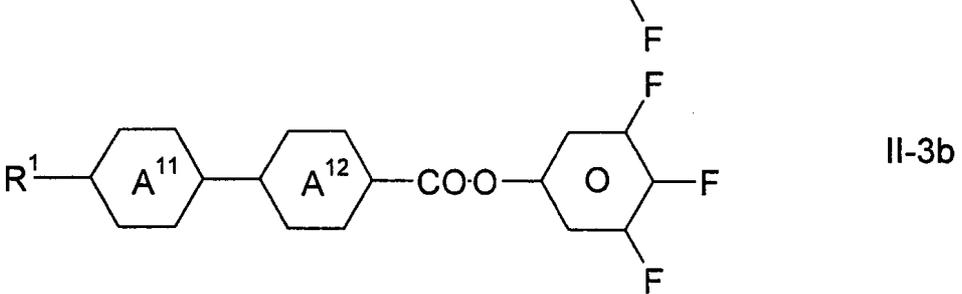
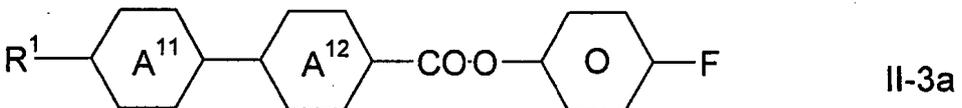
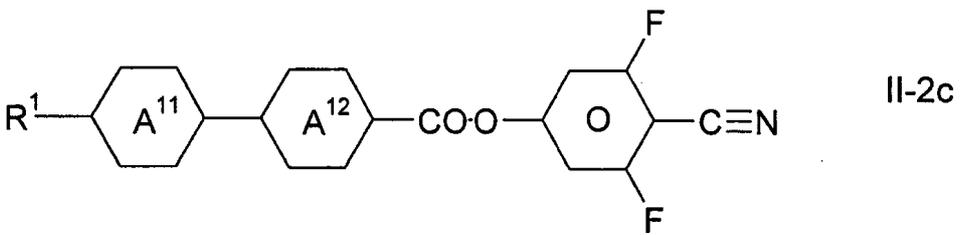
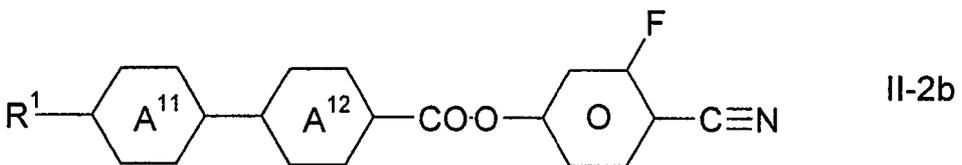
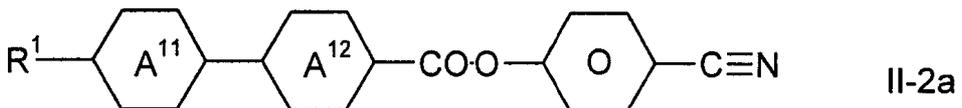
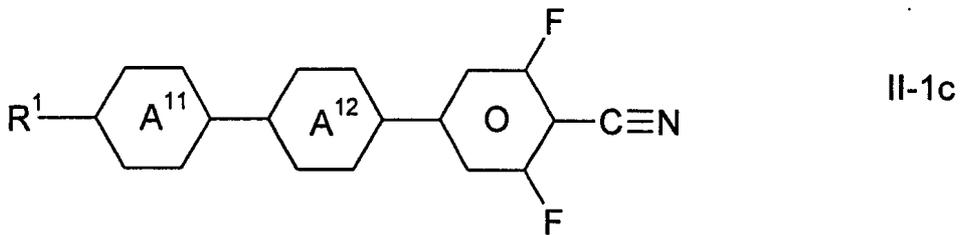
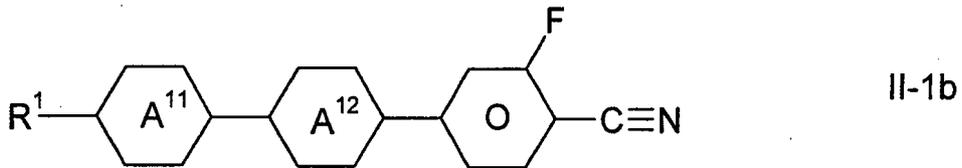
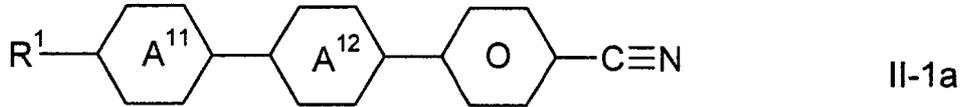
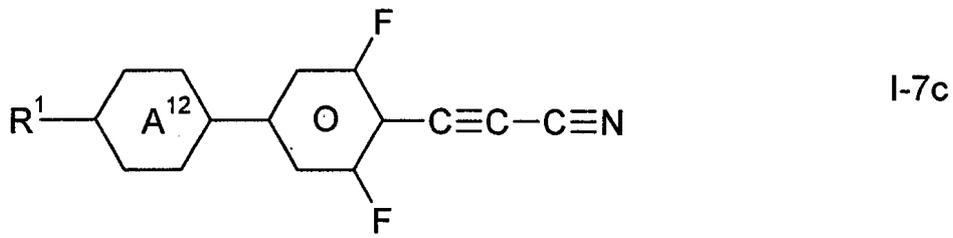
I-1b

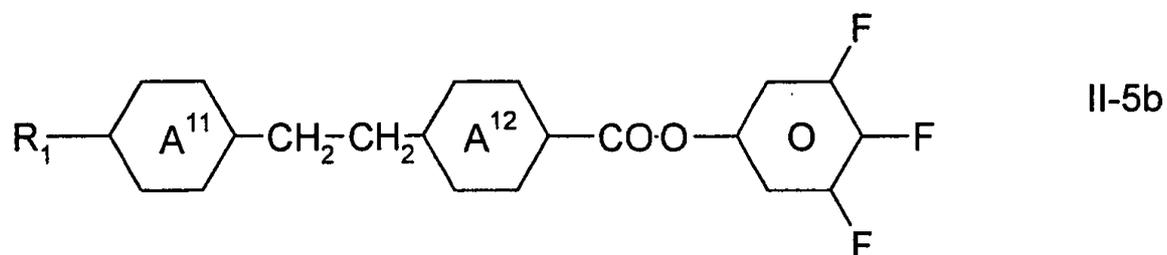
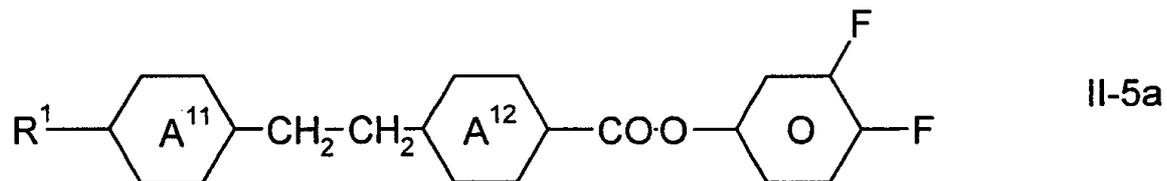
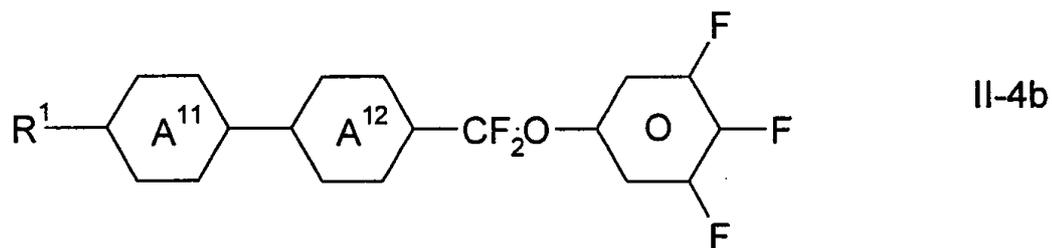
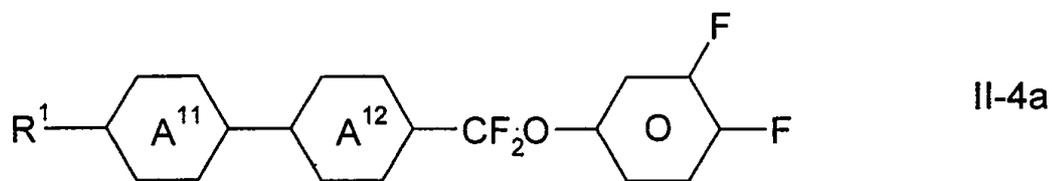


I-1c



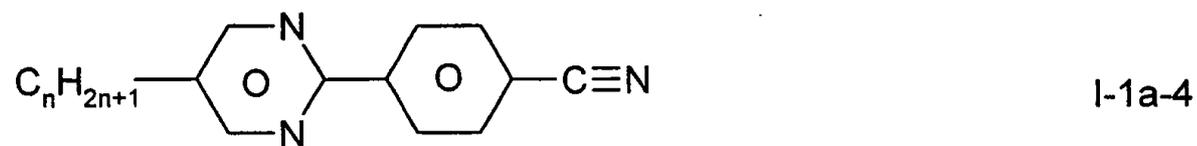
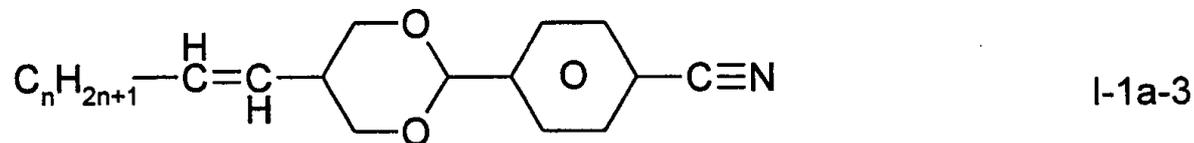
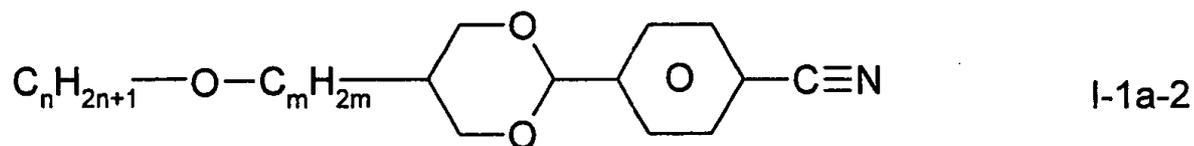
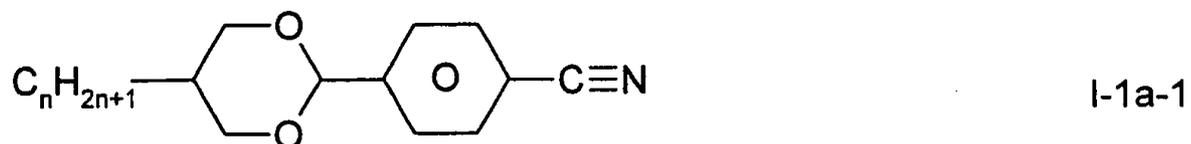


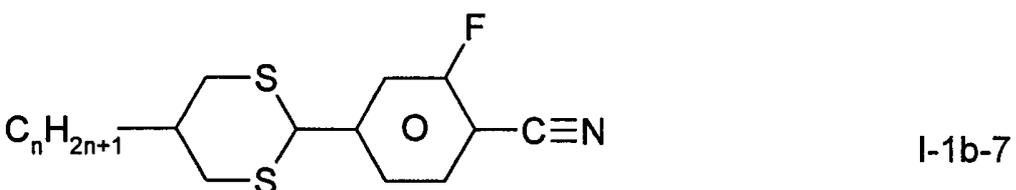
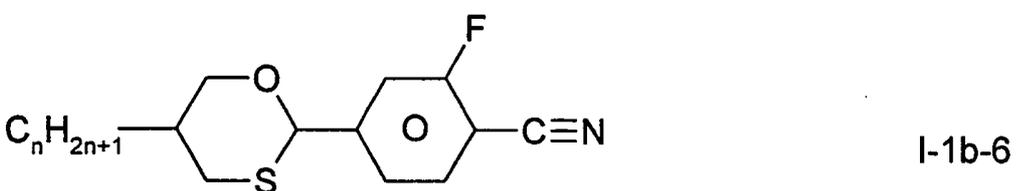
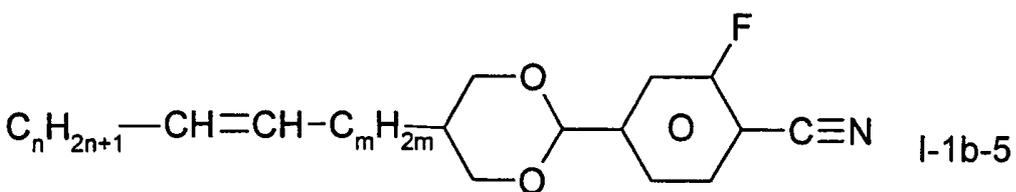
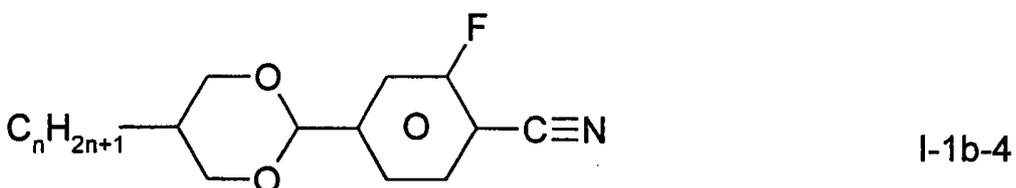
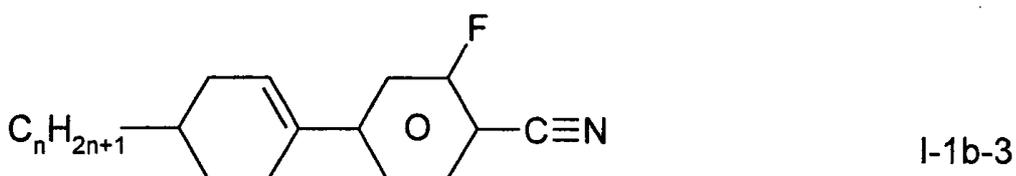
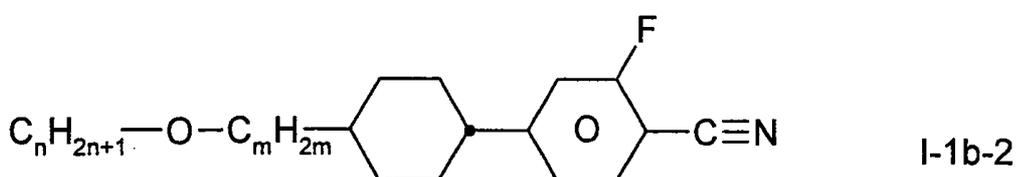
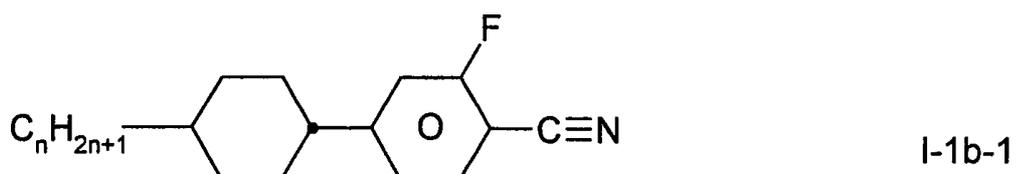
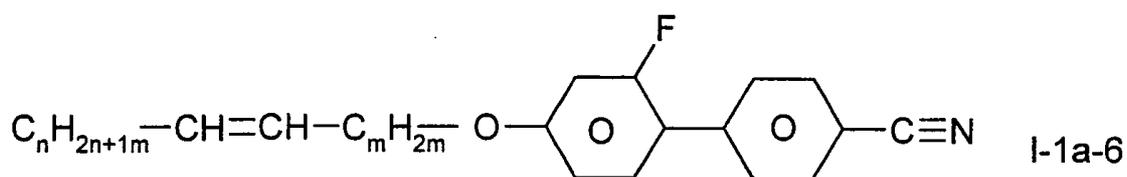
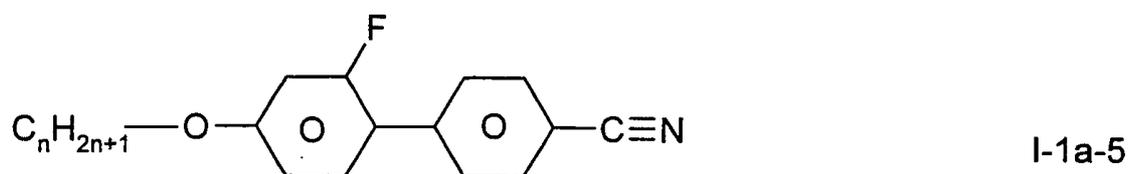


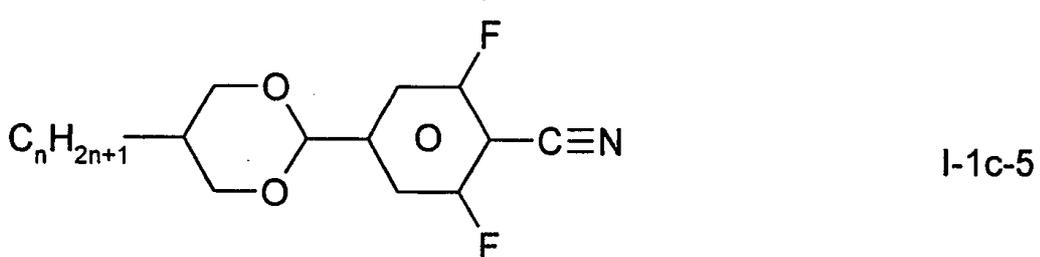
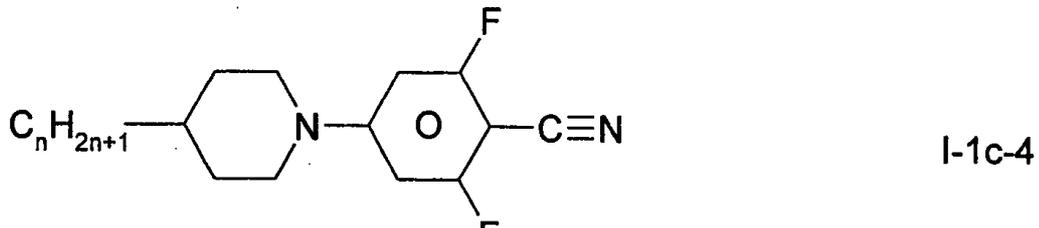
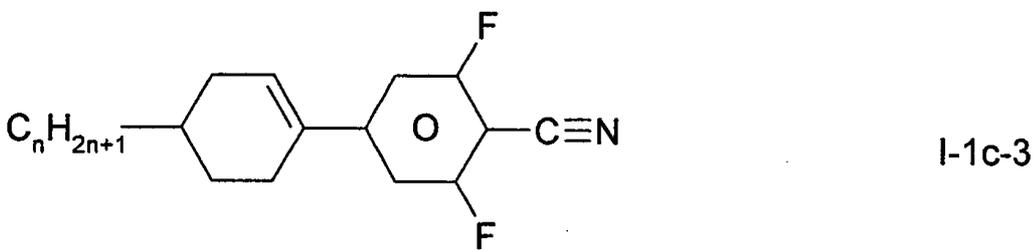
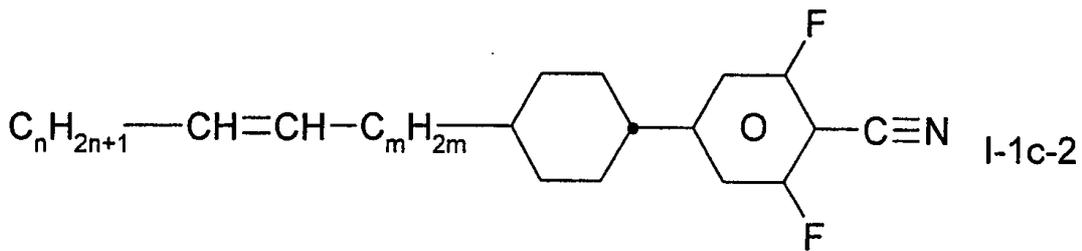
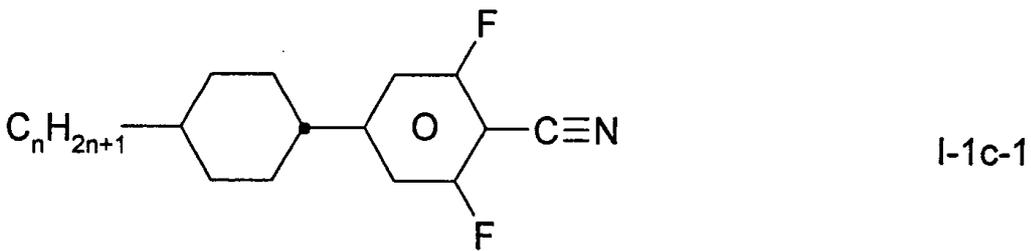
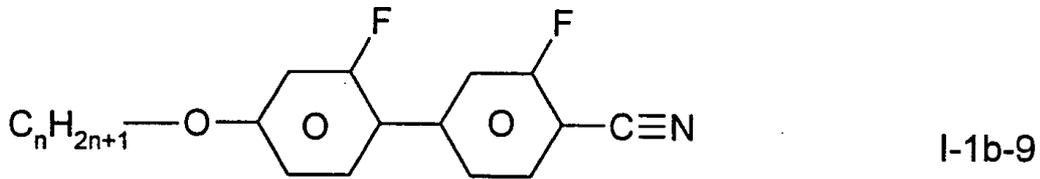
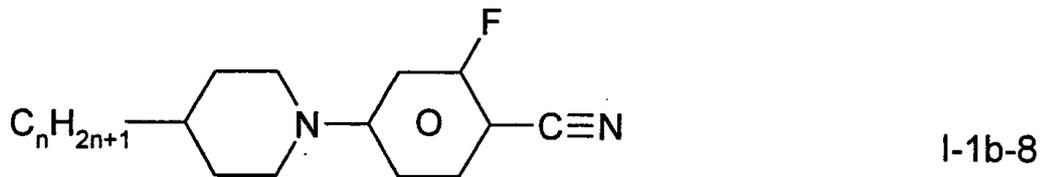


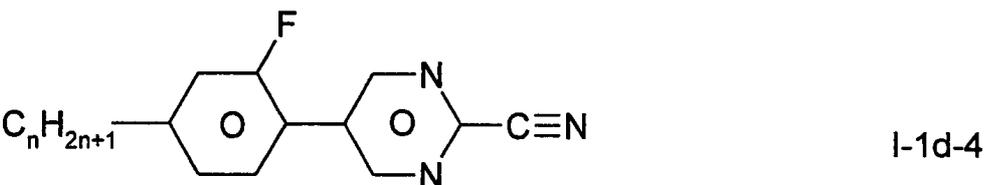
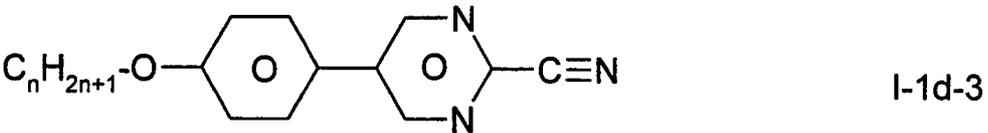
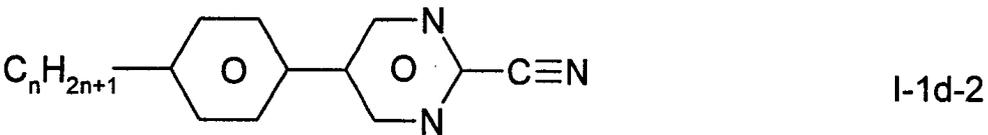
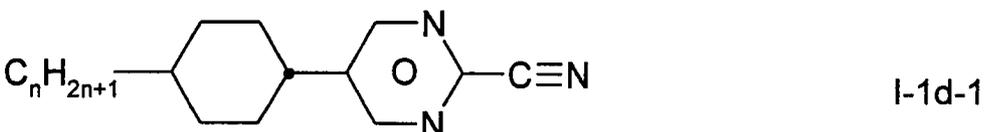
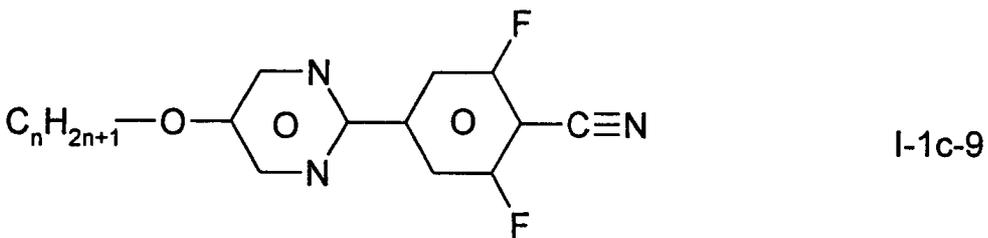
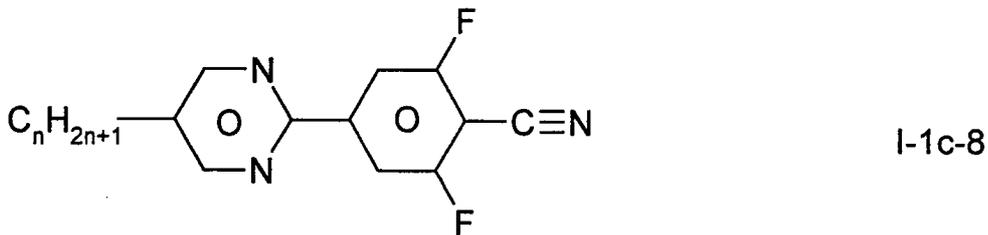
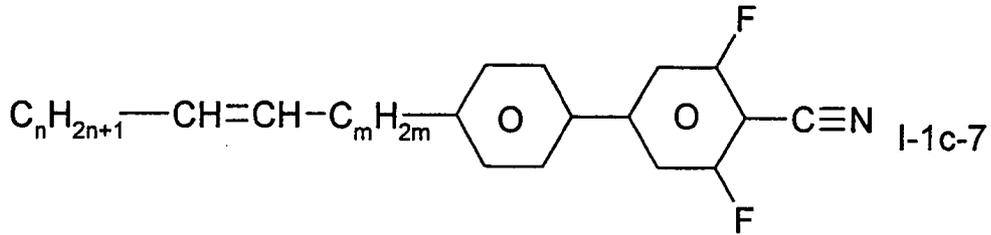
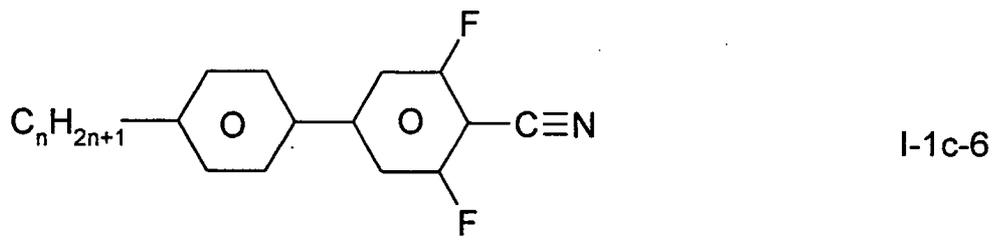
worin die Parameter die oben unter Formel I gegebene Bedeutung haben.

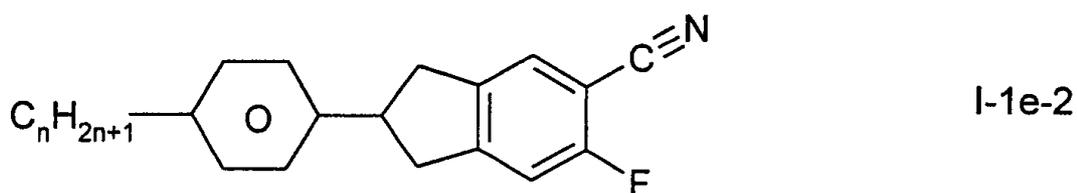
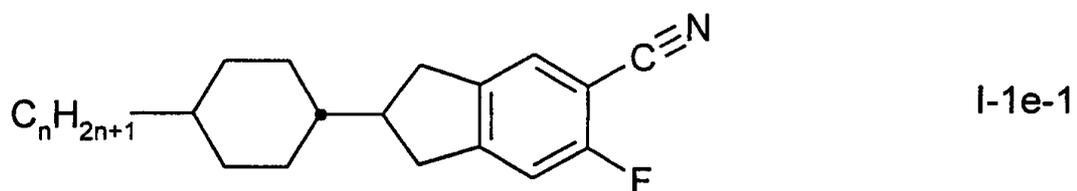
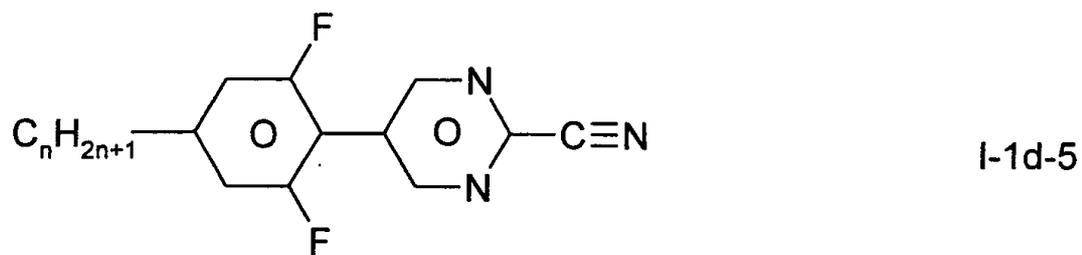
[0103] Die Verbindungen der Formeln I-1a bis I-1e sind bevorzugt ausgesucht aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-1a-1 bis I-1a-6, I-1b-1 bis I-1b-9, I-1c-1 bis I-1c-9, I-1d-1 bis I-1d-5 und I-1e-1 und I-1e-2.











worin

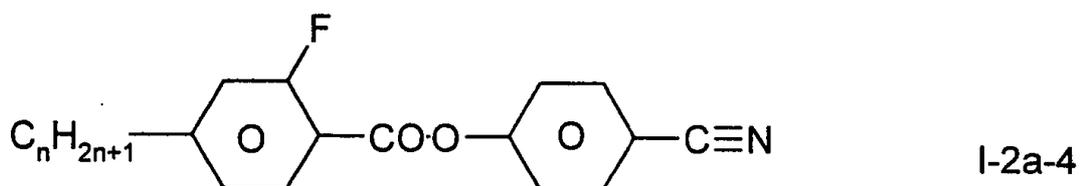
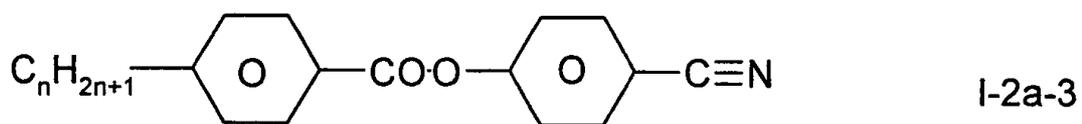
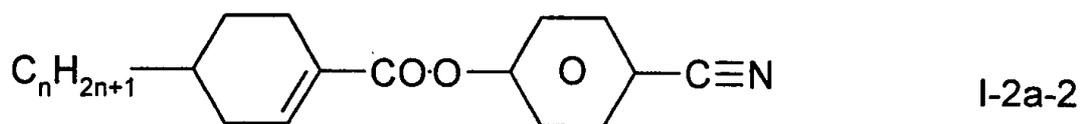
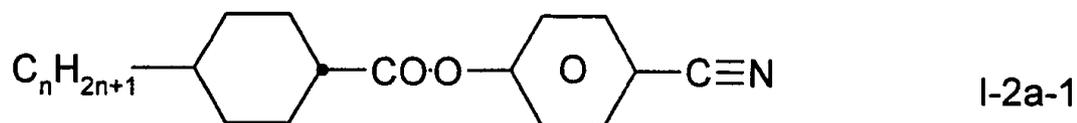
n eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt 1 bis 7,

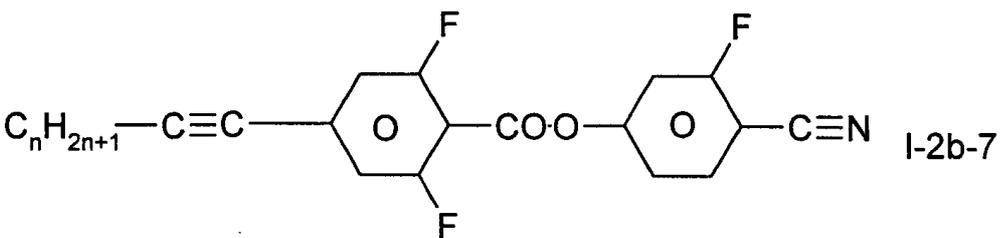
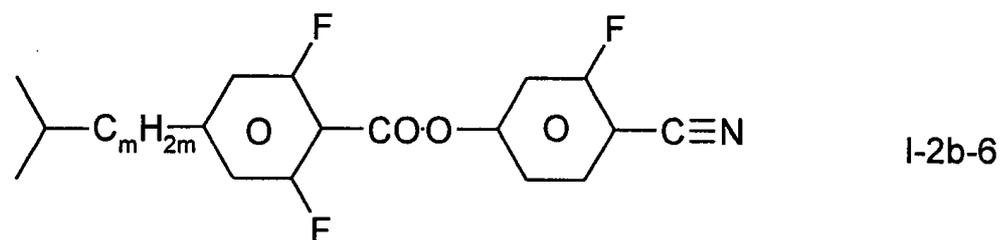
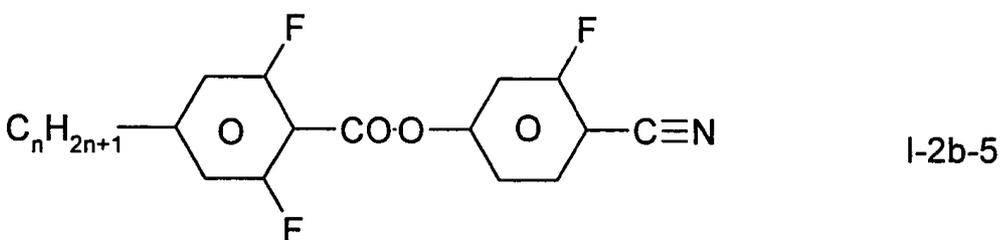
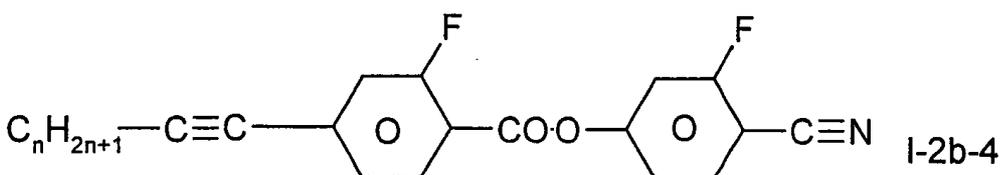
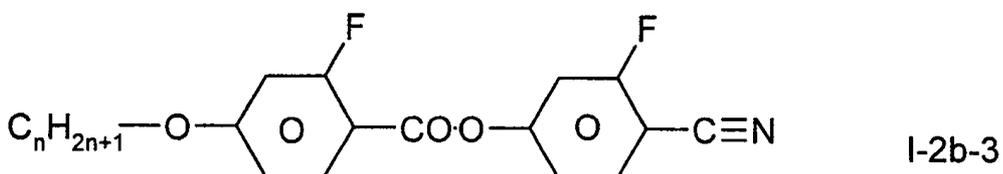
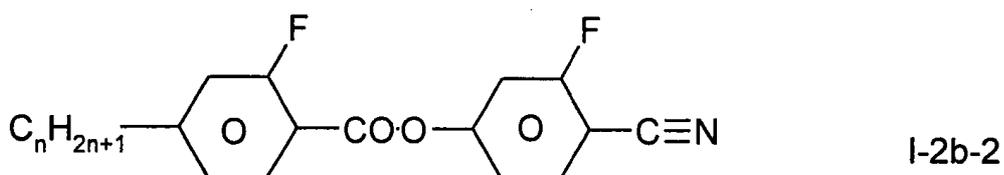
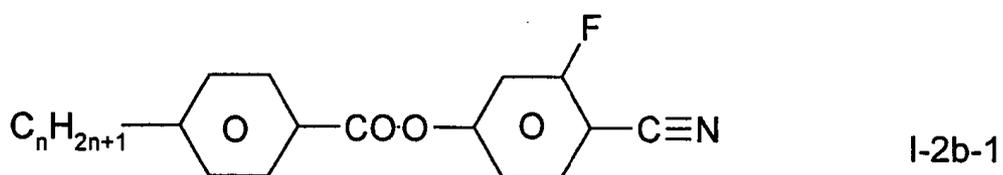
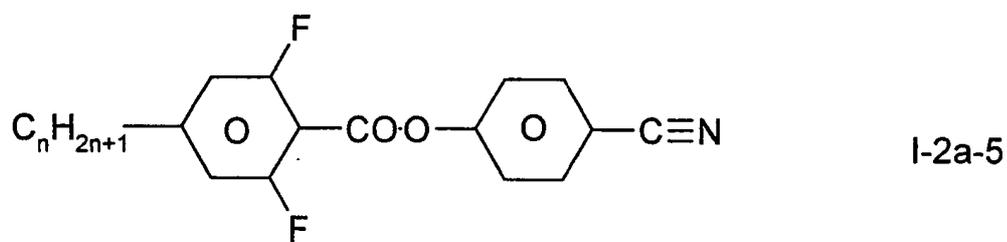
m eine ganze Zahl von 0 bis 5

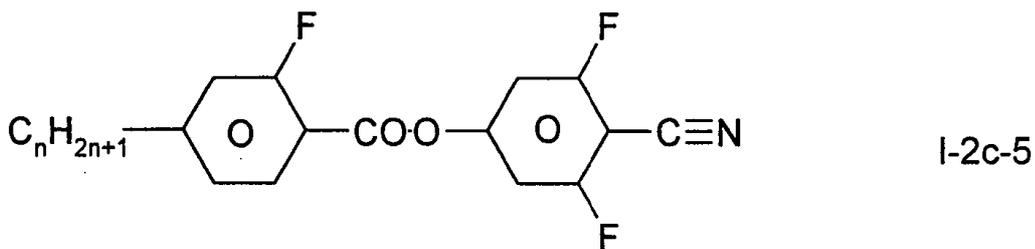
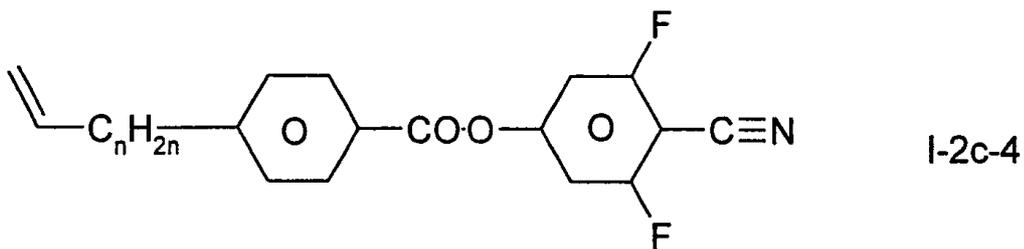
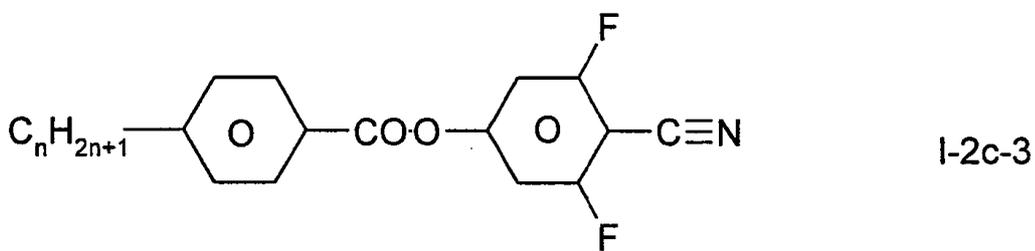
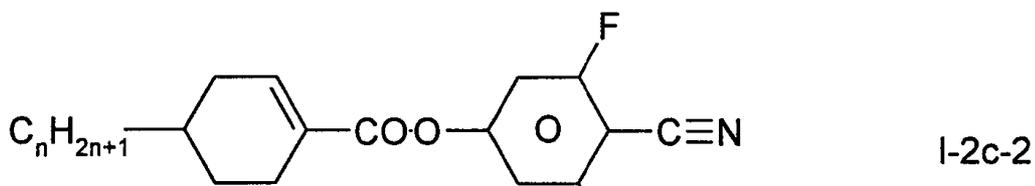
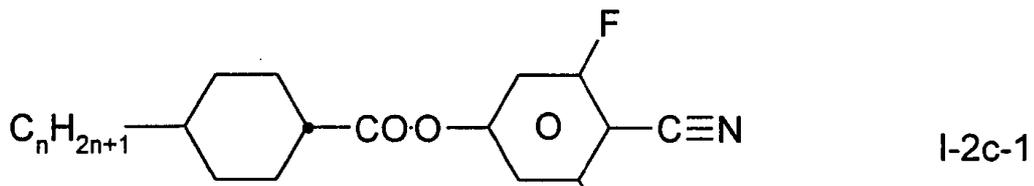
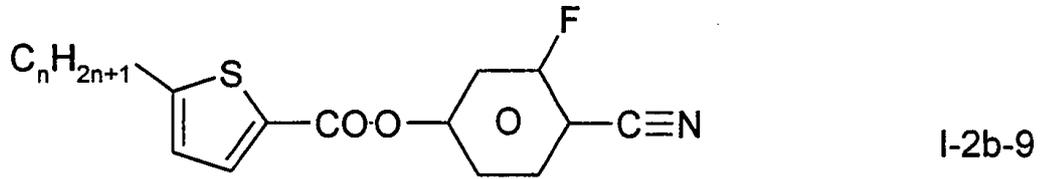
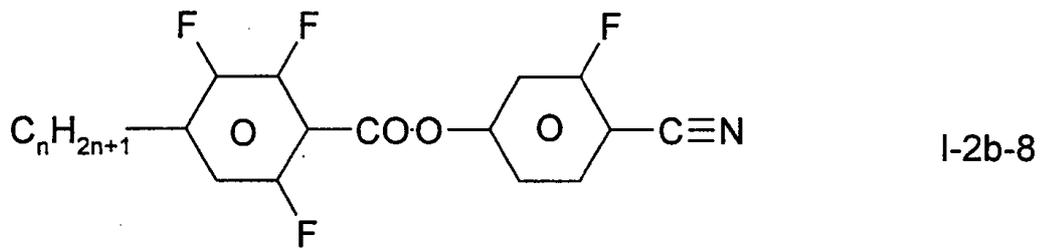
n+m eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 1 bis 5

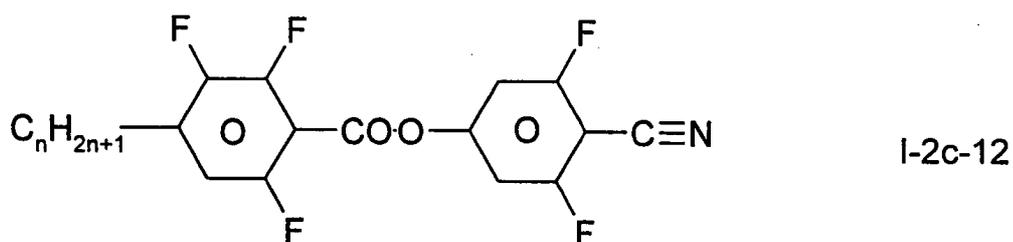
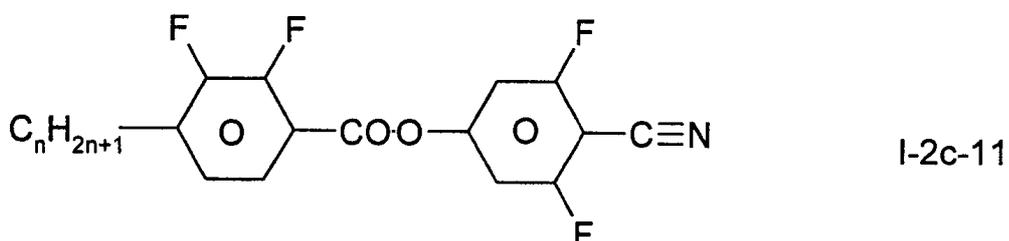
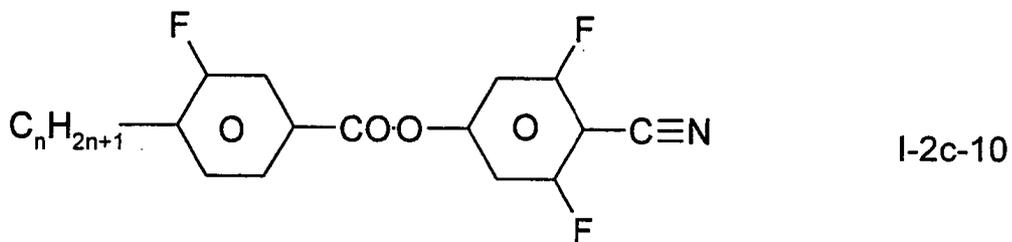
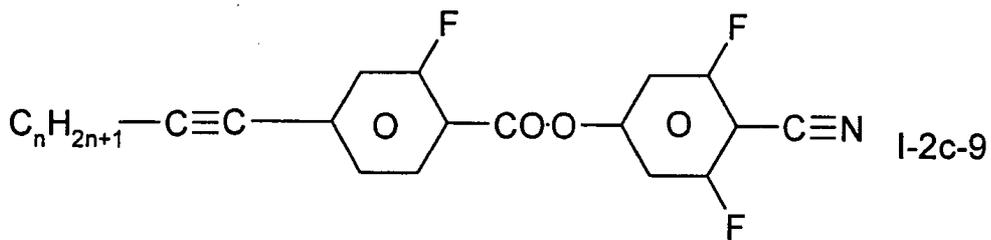
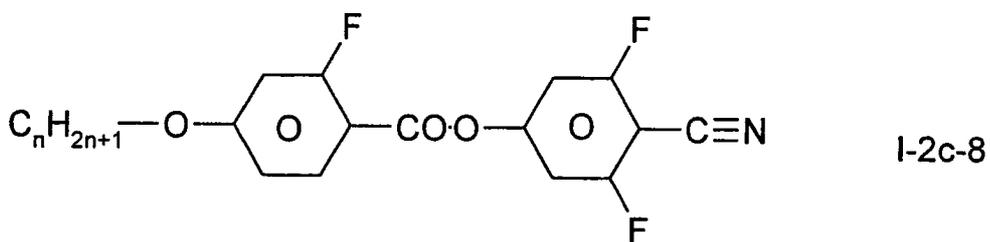
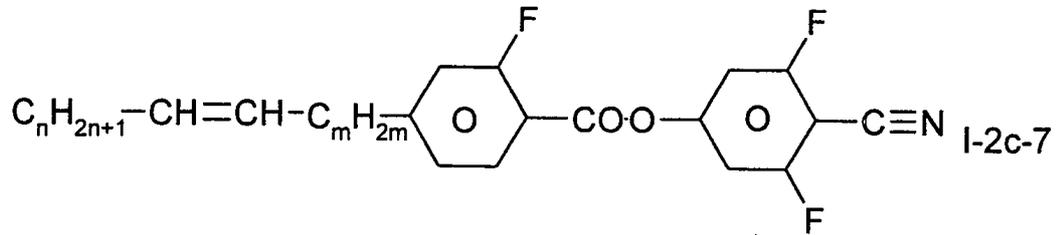
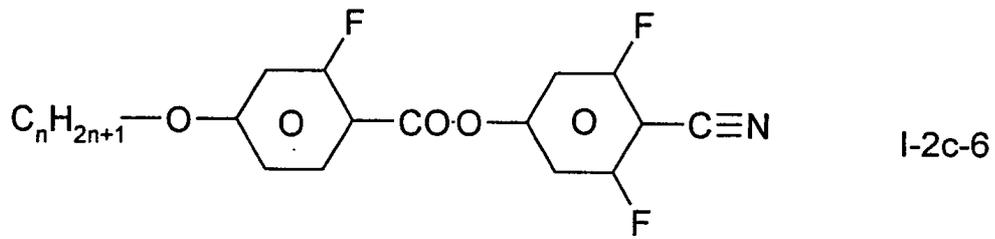
bedeuten.

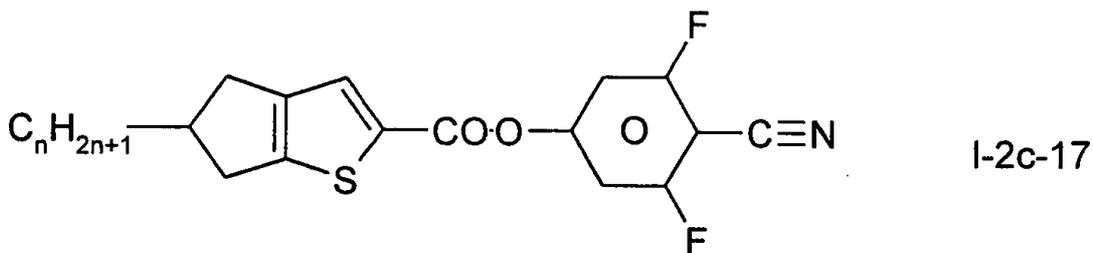
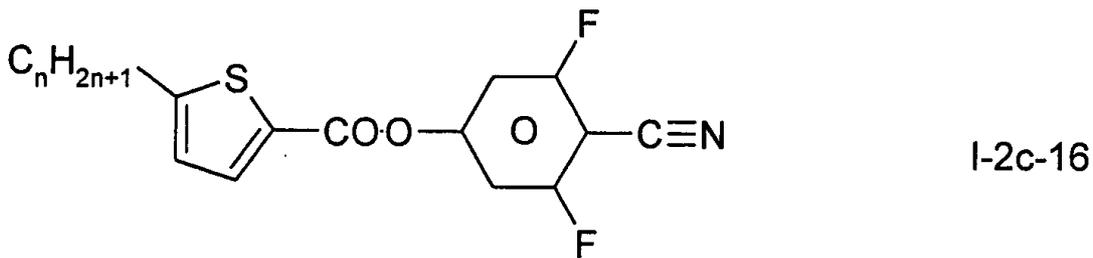
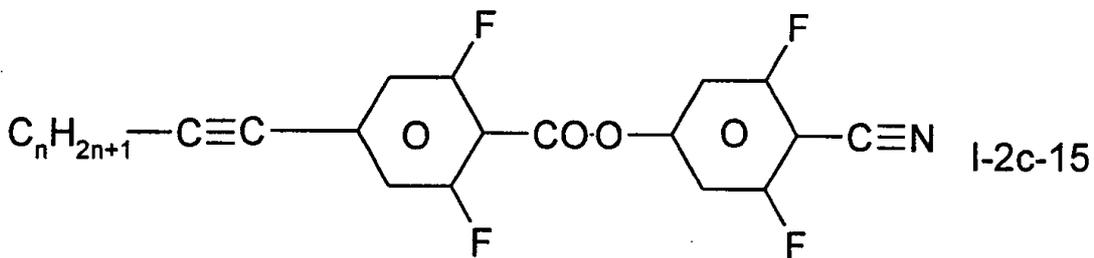
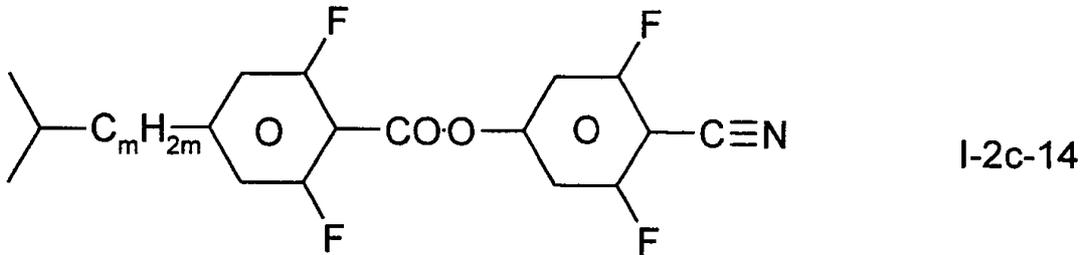
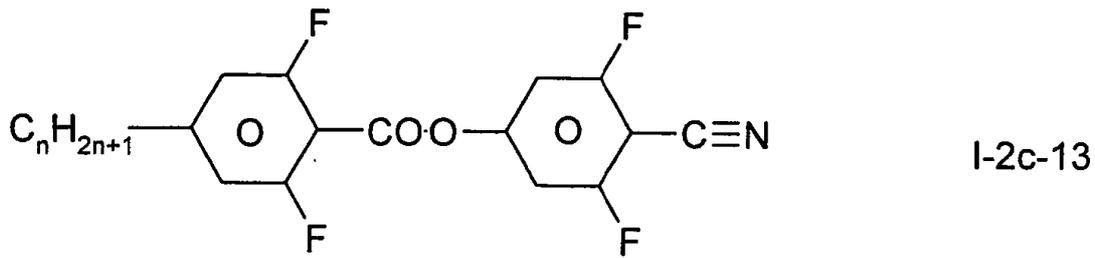
[0104] Die Verbindungen der Formeln I-2a bis I-2c sind bevorzugt ausgesucht aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-2a-1 bis I-2a-5, I-2b-1 bis I-2b-9 und I-2c-1 bis I-2c-17.











worin

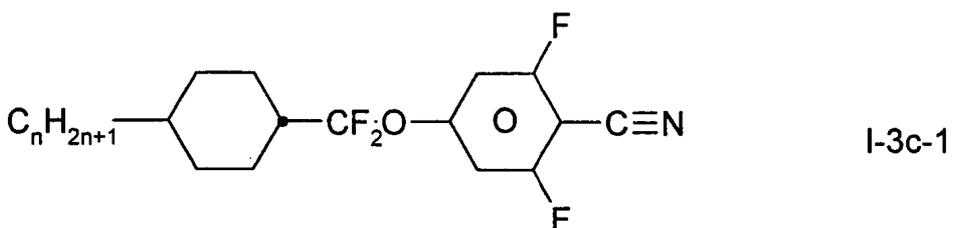
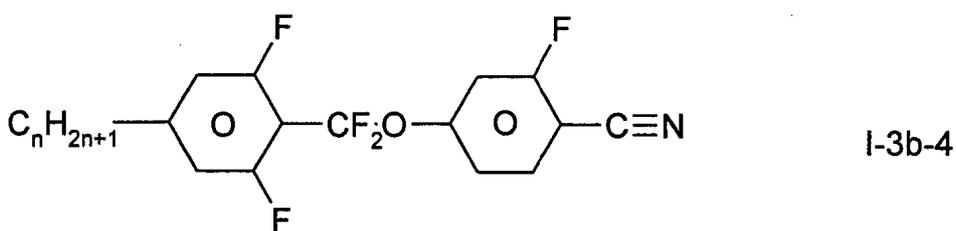
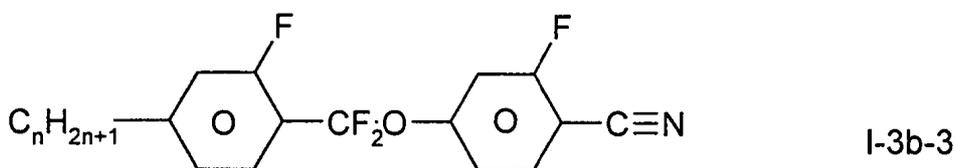
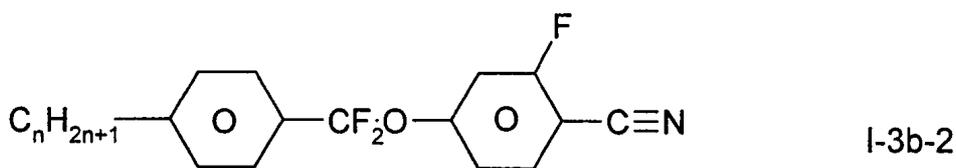
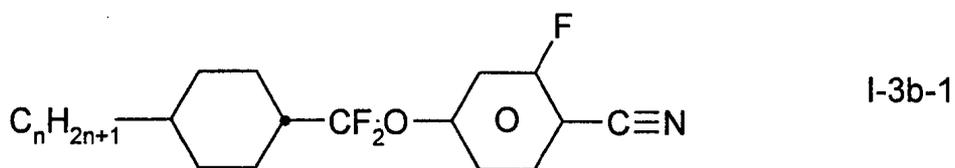
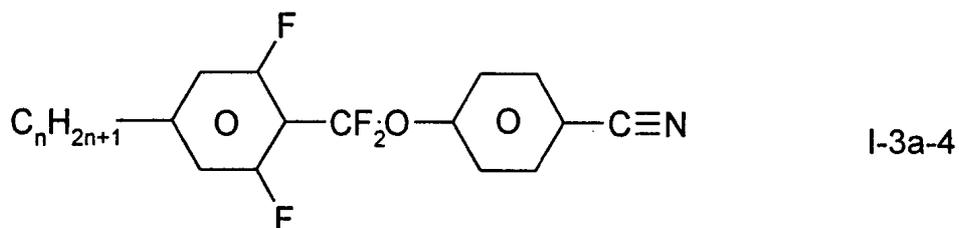
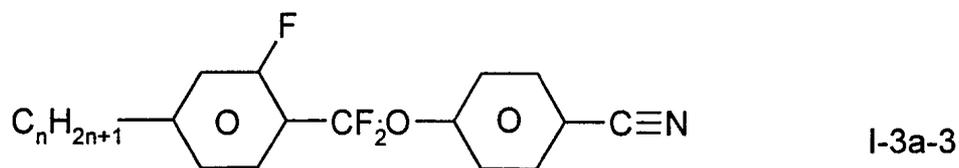
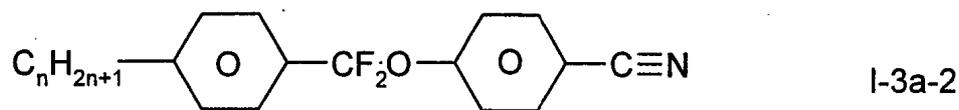
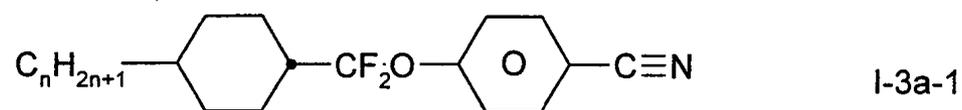
n eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 0 bis 5 und besonders bevorzugt von 1 bis 5,

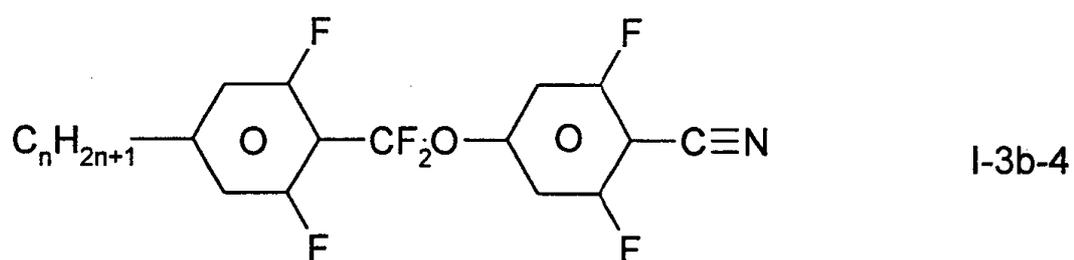
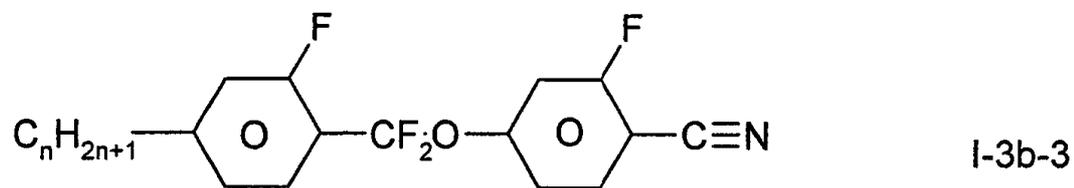
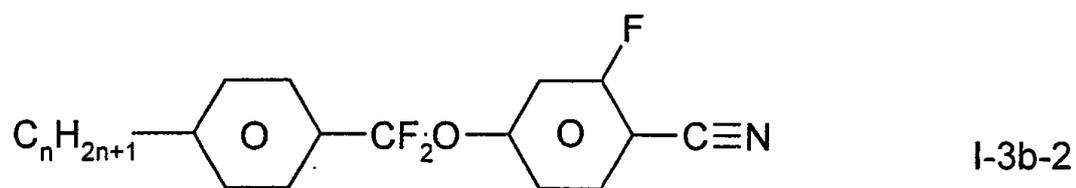
m eine ganze Zahl von 0 bis 5 und

n+m eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 1 bis 5

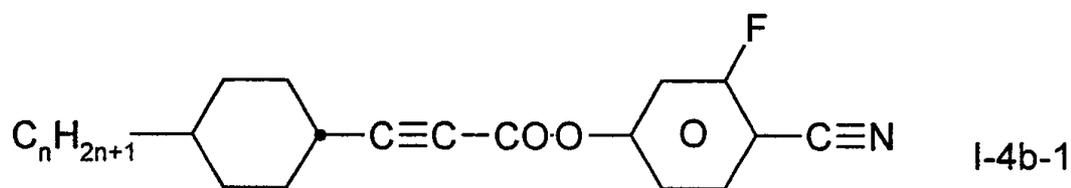
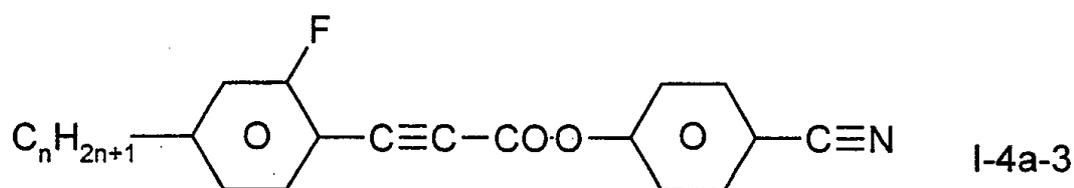
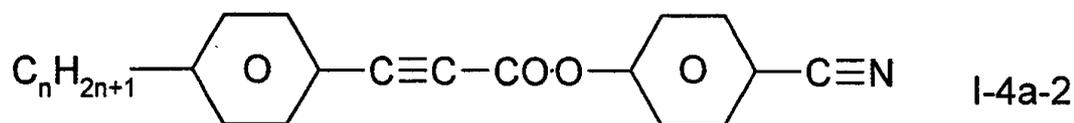
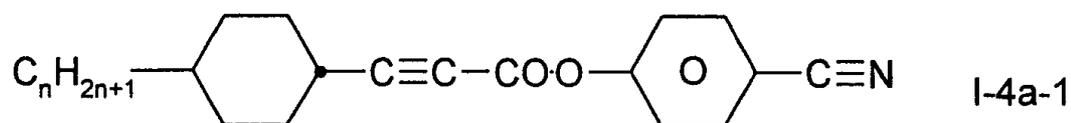
bedeutet.

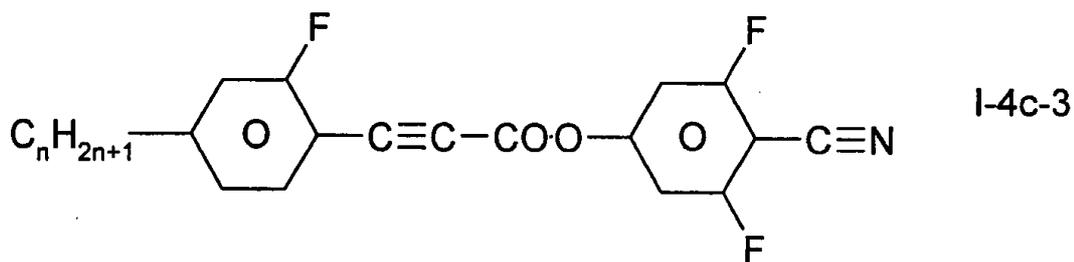
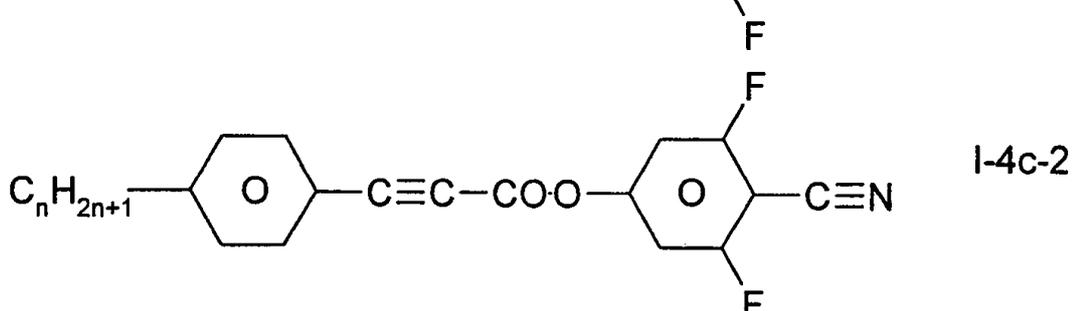
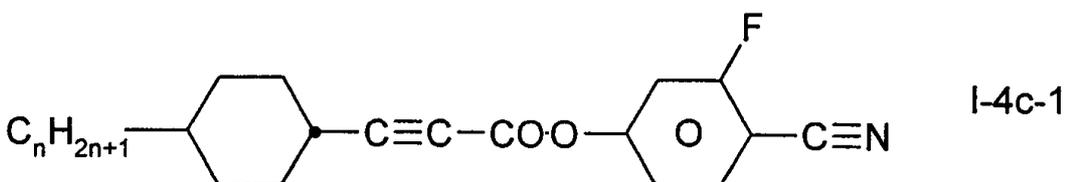
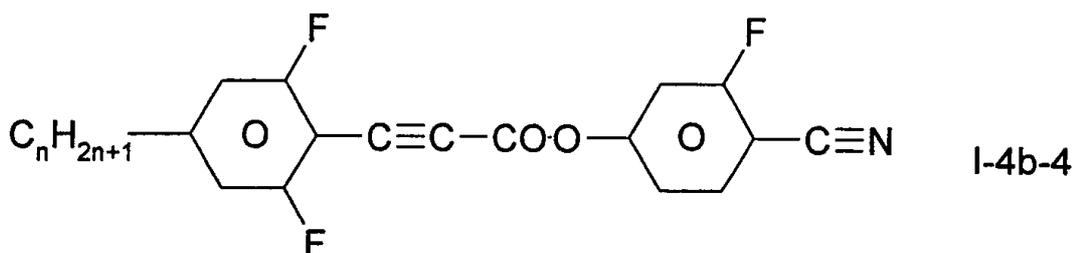
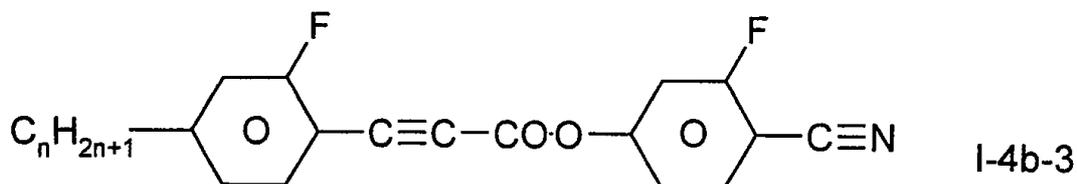
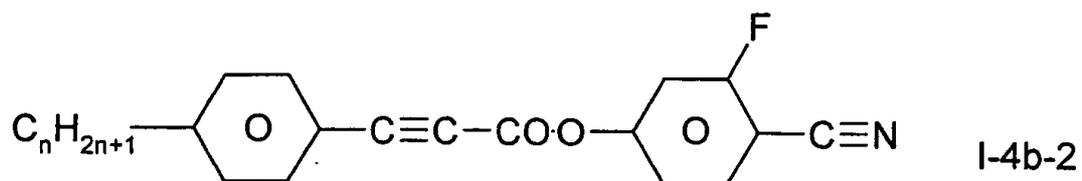
[0105] Die Verbindungen der Formeln I-3a bis I-3c sind bevorzugt ausgesucht aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-3a-1 bis I-3a-4, I-3b-1 bis I-3b-4 und I-3c-1 bis I-3c-4.



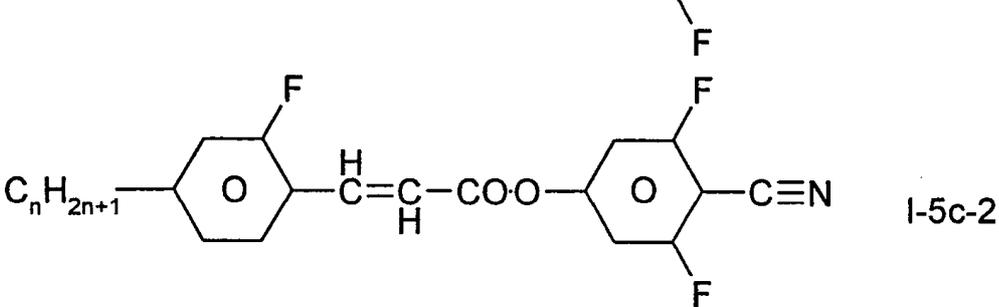
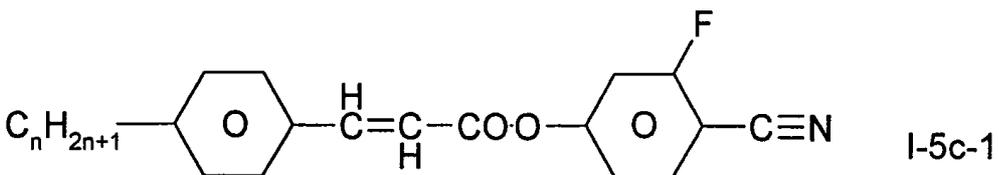
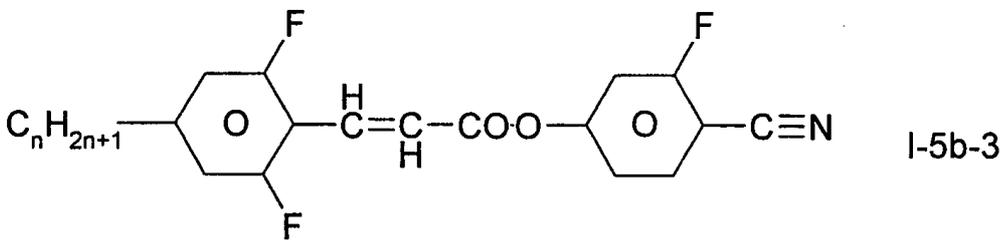
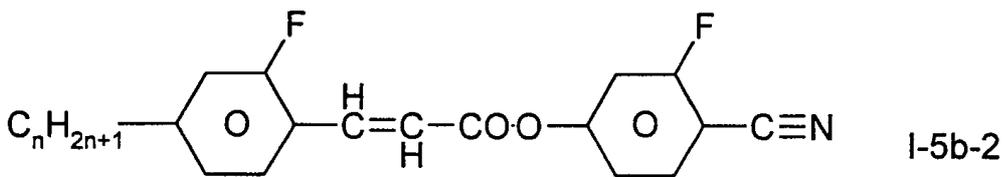
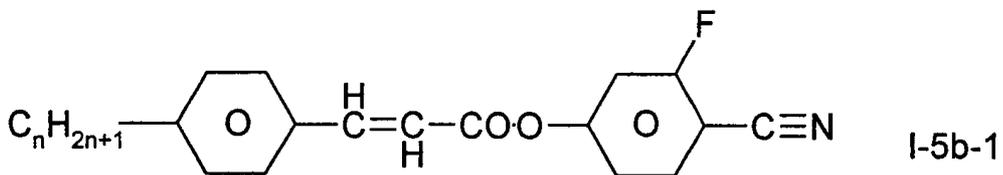
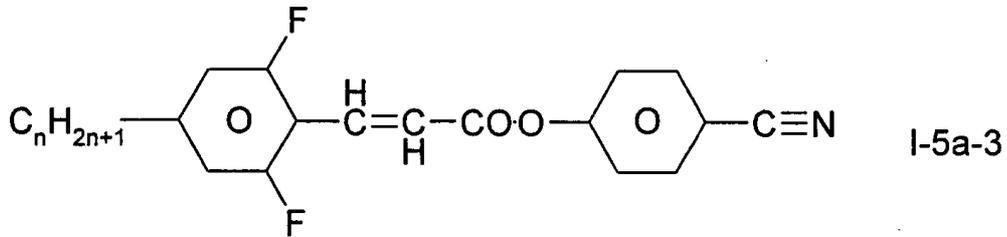
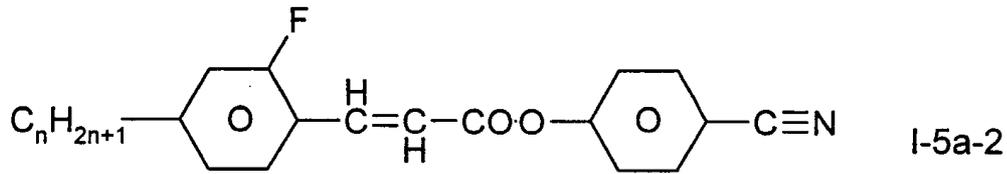
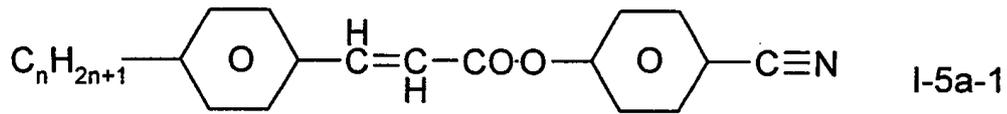


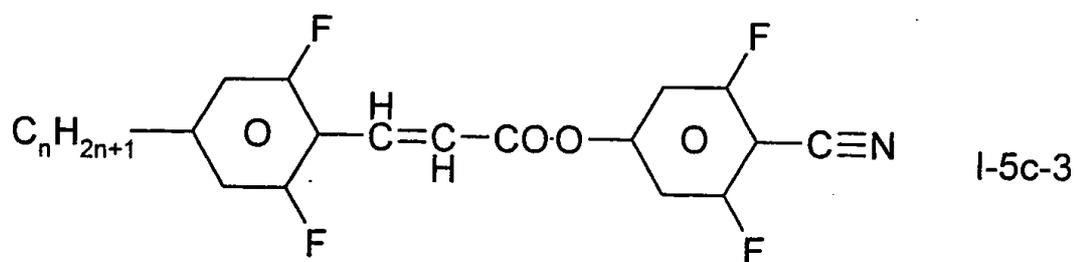
worin n eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 0 bis 5 und besonders bevorzugt von 1 bis 5 bedeutet.
 [0106] Die Verbindungen der Formeln I-4a bis I-4c sind bevorzugt ausgesucht aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-4a-1 bis I-4a-3, I-4b-1 bis I-4b-3 und I-4e-1 bis I-4c-3.



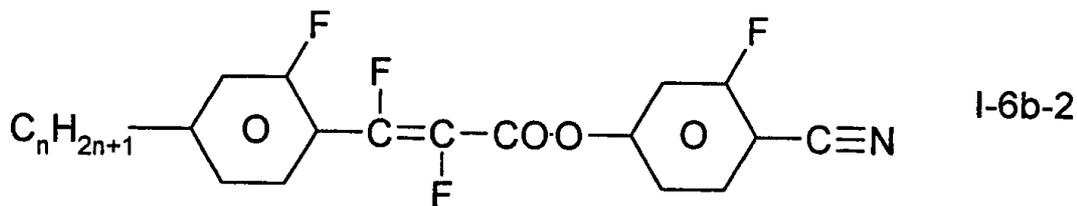
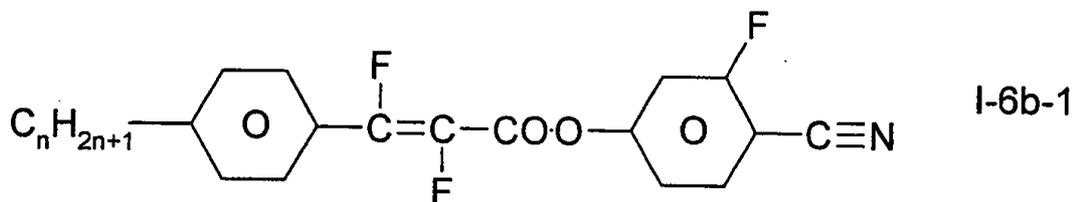
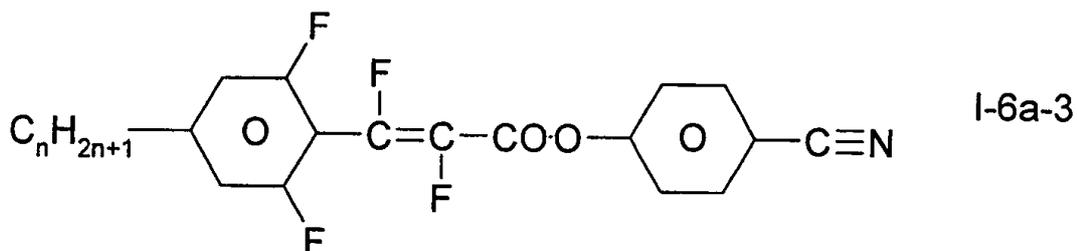
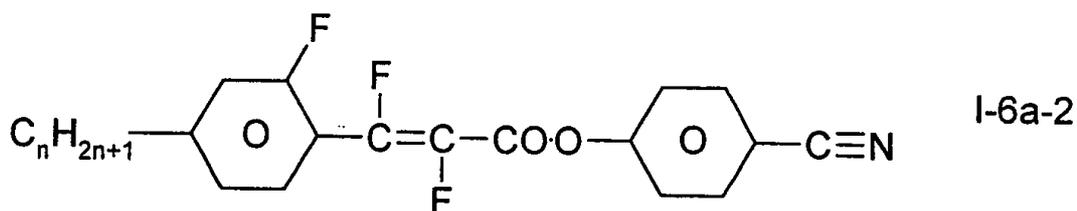
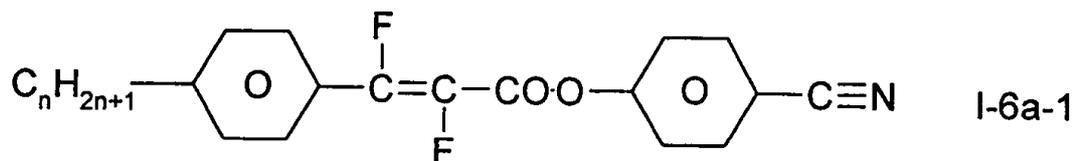


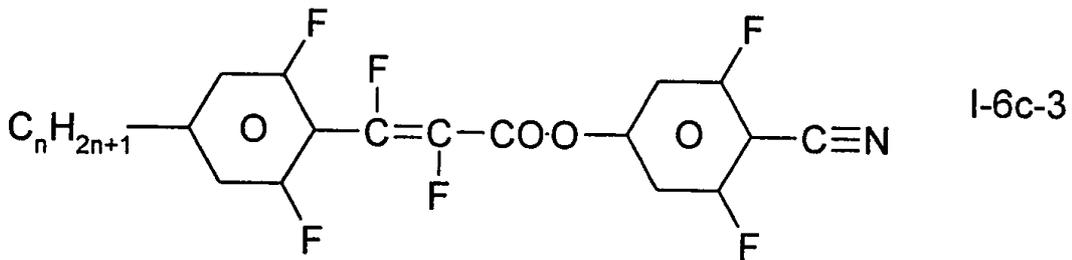
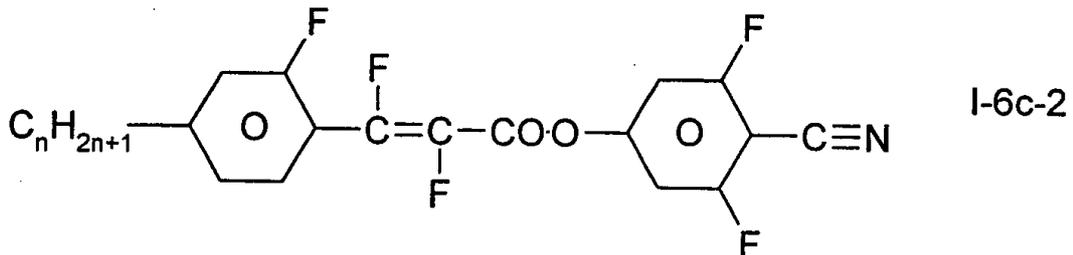
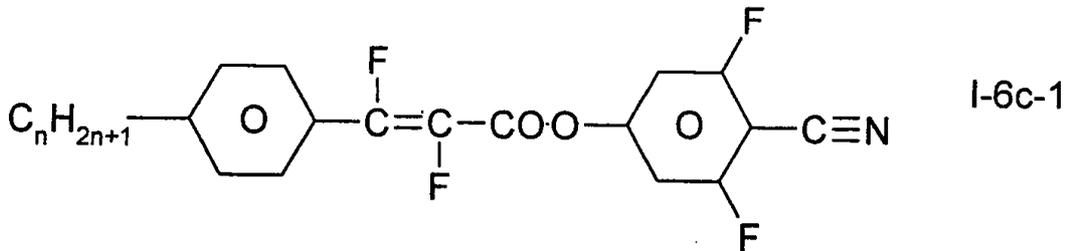
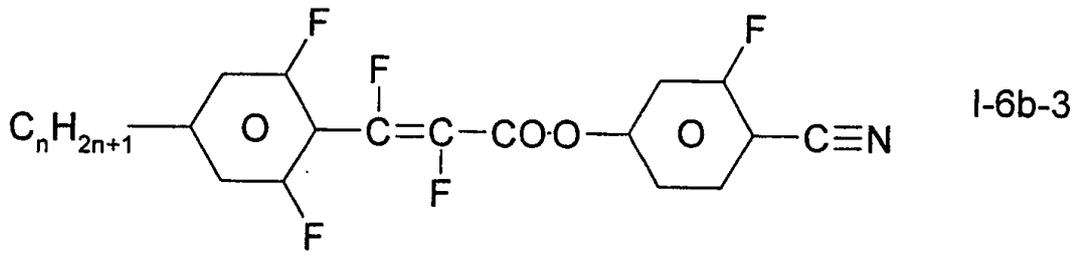
worin n eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 0 bis 5 und besonders bevorzugt von 1 bis 5 bedeutet.
 [0107] Die Verbindungen der Formeln I-5a bis I-5c sind bevorzugt ausgesucht aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-5a-1 bis I-5a-3, I-5b-1 bis I-5b-3 und I-5c-1 bis I-5c-3.



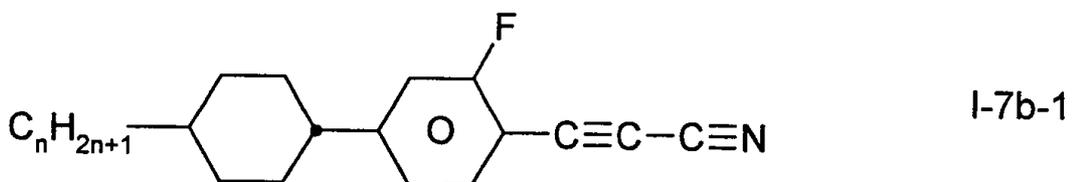
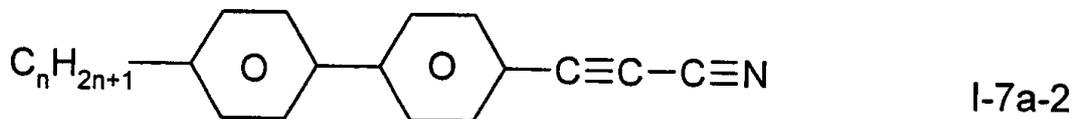
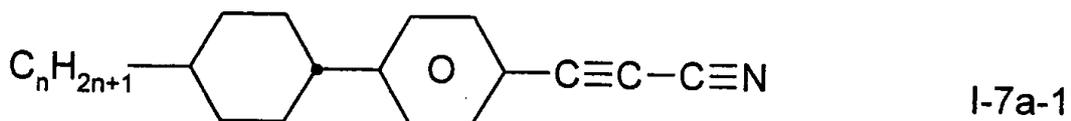


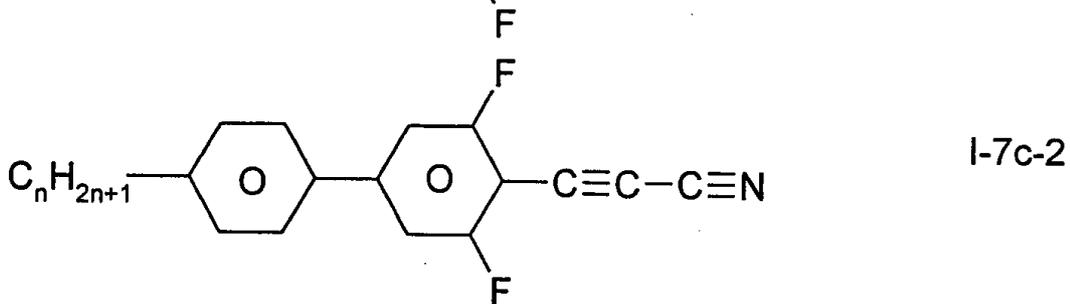
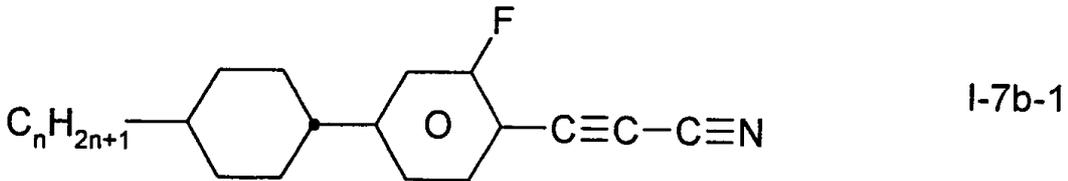
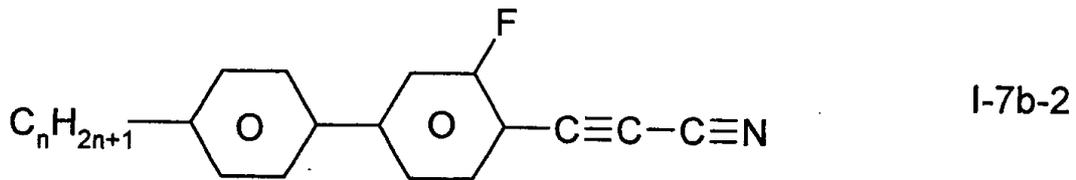
worin n eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 0 bis 5 und besonders bevorzugt von 1 bis 5 bedeutet.
 [0108] Die Verbindungen der Formeln I-6a bis I-6c sind bevorzugt ausgesucht aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-6a-1 bis I-6a-3, I-6b-1 bis I-6a-3 und I-6c-1 bis I-6a-3.



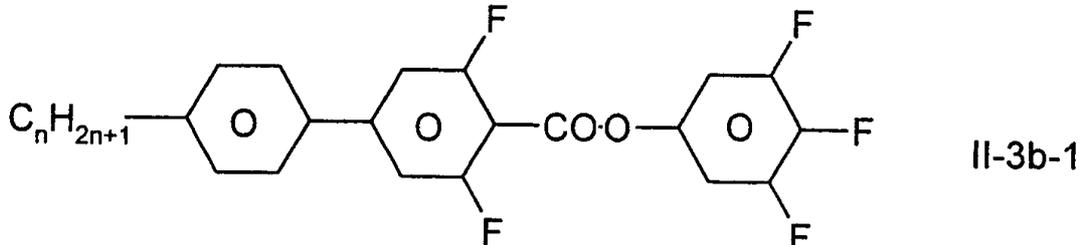
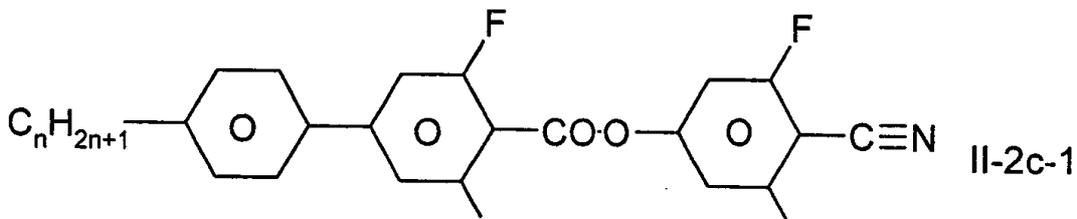
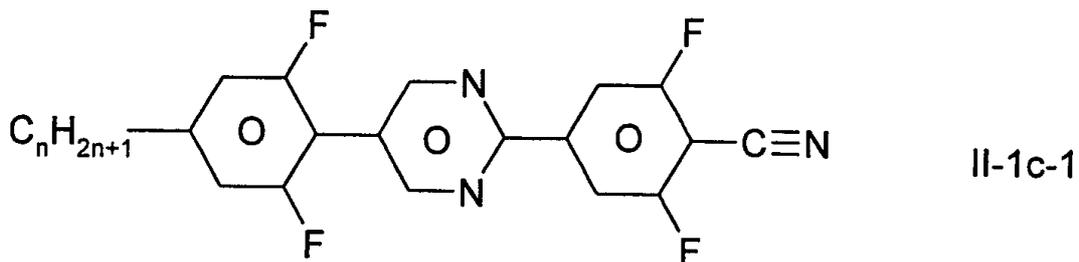


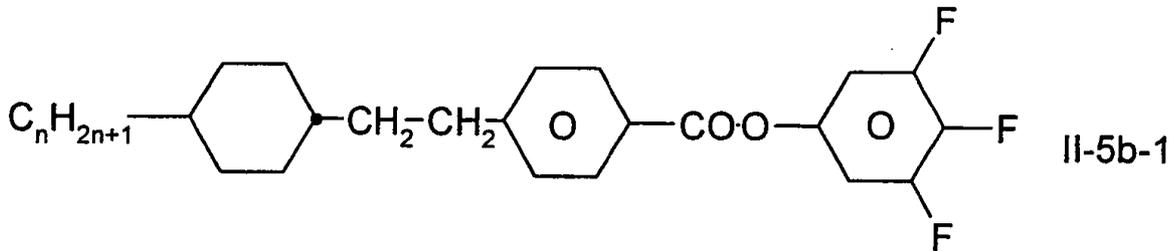
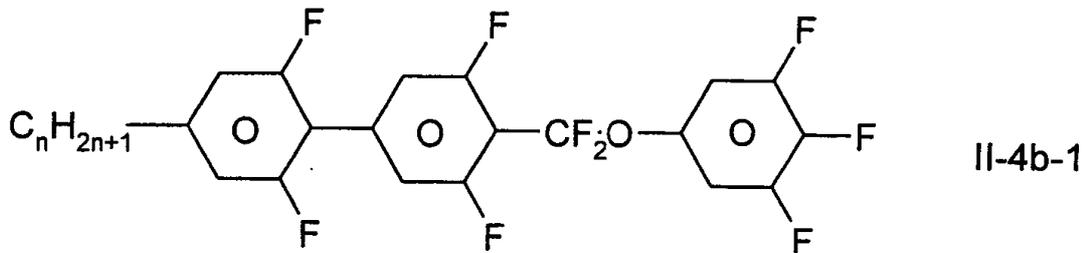
worin n eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 0 bis 5 und besonders bevorzugt von 1 bis 5 bedeutet.
 [0109] Die Verbindungen der Formeln I-7a bis I-7c sind bevorzugt ausgesucht aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-7a-1 und I-7a-2, I-7b-1 und I-7b-2 und I-7c-1 und I-7c-2.





worin n eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 0 bis 5 und besonders bevorzugt von 1 bis 5 bedeutet.
 [0110] Besonders bevorzugt enthalten die erfindungsgemäßen Medien eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln II-1c-1, II-2c-1, II-3b-1, II-4b-1 und II-5b-1.





worin n eine ganze Zahl von 0 bis 7, bevorzugt von 0 bis 5 und besonders bevorzugt von 1 bis 5 bedeutet.

[0111] Bevorzugt enthalten die erfindungsgemäßen Medien eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln I-1 bis I-7 und eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln II-1 bis II-5.

[0112] In der folgenden Tabelle sind einige Beispiele von Verbindungen der besonders bevorzugten Formeln zusammengestellt, die sich besonders zur Herstellung erfindungsgemäßer Medien eignen zusammengestellt.

Tabelle 1: Beispiele bevorzugter Verbindungen

Nr.	Formel	n	m	Phasenbereich
1	I-1a-3	1	-	K 93 I
2	I-1a-4	4	-	K 63 I
3	I-1a-4	5	-	K 71 N (53,3) I
4	I-1a-4	7	-	K 46 N 51,4 I
5	I-1a-5	1	-	K 82 N (45,3) I
6	I-1a-5	2	-	K 77 N (49,3) I
7	I-1a-5	3	-	K 53 N (17,9) I
8	I-1a-6	-	1	K 64 I
9	I-1b-2	1	3	K 42 I
10	I-1b-3	2	-	K 59 I

Tabelle 1 (Fortsetzung): Beispiele bevorzugter Verbindungen

Nr.	Formel	n	m	Phasenbereich
11	I-1b-3	3	-	K 49 I
12	I-1b-3	4	-	K 44 I
13	I-1b-3	5	-	K 42 N (-17,0) I
14	I-1b-5	1	0	K 63 I
15	I-1b-6	3	-	K 69 I
16	I-1b-7	5	-	K 94 I
17	I-1b-8	3	-	K 54 I
18	I-1b-9	3	-	K 76 I
19	I-1b-9	4	-	K 41 I
20	I-1c-1	2	-	K 46 I
21	I-1c-1	3	-	K 57 I
22	I-1c-2	0	0	K 41 I
23	I-1c-2	1	0	K 43 I
24	I-1c-3	5	-	K 46 I
25	I-1c-4	1	-	K 51 I
26	I-1c-4	3	-	K 67 I
27	I-1c-5	2	-	K 43 I
28	I-1c-5	3	-	K 43 I
29	I-1c-6	5	-	K 23 I
30	I-1c-7	0	2	K 64 I
31	I-1c-8	4	-	K 78 I
32	I-1c-8	5	-	K 78 I
33	I-1c-9	4	-	K 85 I
34	I-1d-1	5	-	K 84 I
35	I-1d-5	3	-	K 85 I
36	I-1d-5	5	-	K 36 I
37	I-1e-1	3	-	K 117 I
38	I-2a-3	2	-	K 77 N (43,1) I
39	I-2a-3	3	-	K 100 N (46) I
40	I-2b-1	2	-	K 78 N (11) I

Tabelle 1 (Fortsetzung): Beispiele bevorzugter Verbindungen

Nr.	Formel	n	m	Phasenbereich
41	I-2b-1	3	-	K 70 N (19) I
42	I-2b-1	4	-	K 13 N (6,7) I
43	I-2b-1	5	-	K 30 N (23,8) I
44	I-2b-1	6	-	K 35 N (17) I
45	I-2b-1	7	-	K 29 N (28) I
46	I-2b-2	4	-	K 33 I
47	I-2b-3	4	-	K 57 N (21,8) I
48	I-2b-4	3	-	K 55 I
49	I-2b-4	4	-	K 49 I
50	I-2b-4	5	-	K 46 I
51	I-2b-5	3	-	K 67 I
52	I-2b-5	5	-	K 41 I
53	I-2b-5	6	-	T _g -59 K 31 N (-30) I
54	I-2b-6	-	2	nicht bestimmt
55	I-2b-7	3	-	K 59 I
56	I-2b-7	4	-	K 39 I
57	I-2b-7	5	-	K 31 I
58	I-2b-8	4	-	K 47 I
59	I-2b-9	4	-	T _g -57 K 19 I
60	I-2c-1	3	-	K 61 I
61	I-2c-2	5	-	K 31 I
62	I-2c-3	3	-	K 77 I
63	I-2c-3	5	-	K 47 I
64	I-2c-4	0	1	K 77 I
65	I-2c-4	0	2	K 37 N (8,2) I
66	I-2c-4	0	3	nicht bestimmt
67	I-2c-5	4	-	K 52 I
68	I-2c-6	4	-	K 70 I
69	I-2c-7	0	2	K 47 N (1,0) I
70	I-2c-9	3	-	K 52 I

Tabelle 1 (Fortsetzung): Beispiele bevorzugter Verbindungen

Nr.	Formel	n	m	Phasenbereich
71	I-2c-9	4	-	K 39 I
72	I-2c-9	5	-	K 39 I
73	I-2c-10	4	-	K 60 I
74	I-2c-11	3	-	K 50 I
75	I-2c-12	4	-	K 56 I
76	I-2c-13	3	-	K 80 I
77	I-2c-13	4	-	K 59 I
78	I-2c-14	-	2	K 60 I
79	I-2c-15	3	-	K 69 I
80	I-2c-15	4	-	K 47 I
81	I-2c-15	5	-	K 33 I
82	I-2c-16	4	-	$T_g -54 X_1 -35 X_2 -7 I$
83	I-2c-17	4	-	K 78 N (50,8) I
84	I-2c-17	5	-	K 72 N (55,0) I
85	I-3b-4	2	-	K 35 I
86	I-3c-1	3	-	$T_g -72 K 17 N (-18) I$
87	I-4b-1	3	-	K 50 I
88	I-4c-1	3	-	$T_g -47 K 30 I$
89	I-4c-2	3	-	$T_g -37 K 63 I$
90	I-4c-2	5	-	$T_g -46 K 56 I$

Tabelle 1 (Fortsetzung): Beispiele bevorzugter Verbindungen

Nr.	Formel	n	m	Phasenbereich
91	I-5b-3	3	-	K 75 N (68,0) I
92	I-6a-1	3	-	K 56 N 65,1 I
93	I-6c-1	2	-	K 76 I
94	I-7b-1	2	-	K 39 N 46,4 I
95	I-7c-1	2	-	K 44 I
96	I-7c-2	0	0	K 61 N (48,8) I
97	I-7c-2	0	2	K 57 N 78,9 I
98	I-7c-4	3	-	K 75 N (51,0) I
99	I-7c-4	5	-	K 61 N (48,8) I
100	II-1c-1	5	-	K 85 N (75) I
101	II-2c-1	2	-	K 59 N 95,2 I
102	II-3b-1	3	-	K 78 S _A (55) I
103	II-3b-1	5	-	K 65 S _A (62) I
104	II-4b-1	2	-	K 82 I
105	II-5b-2	3	-	K 77 I

[0113] Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischen Anisotropie bestehen besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus der Komponente A.

[0114] In einer bevorzugten Ausführungsform enthalten die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie eine oder mehrere Komponenten ausgewählt aus der Gruppe der Komponenten B bis D, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe der Komponenten B und D.

[0115] Die Komponente D dieser Medien enthält bevorzugt eine oder mehrere Verbindungen. Die mesogenen Medien mit negativer dielektrischer Anisotropie gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten bevorzugt

- eine Komponente A' bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer stark negativen dielektrischen Anisotropie von -5 oder weniger,
- optional eine Komponente B' bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer moderat negativen dielektrischen Anisotropie von -1,5 bis < -5,
- optional eine Komponente C' bestehend aus einer oder mehreren dielektrisch neutralen Verbindungen mit einer dielektrischen Anisotropie von -1,5 bis +1,5 und
- gegebenenfalls eine Komponente D' bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer positiven dielektrischen Anisotropie von mehr als 1,5.

[0116] Das mesogene Medium gemäß der vorliegenden Erfindung kann weitere Additive und chirale Dotierstoffe in üblichen Konzentrationen enthalten. Die Gesamtkonzentration dieser weiteren Bestandteile liegt im Bereich von 0% bis 10%, bevorzugt im Bereich von 0,1 % bis 6%, bezogen auf die Gesamtmischung. Die Konzentrationen der einzelnen dieser Verbindungen liegen im Bereich von 0,1 bis 3%. Die Konzentration dieser Verbindungen und ähnlicher Bestandteile der Mischung werden bei der Angabe der Konzentrationsbereiche

der übrigen Mischungsbestandteile nicht berücksichtigt.

[0117] Die Medien werden auf übliche Weise aus den Verbindungen erhalten. Zweckmäßiger Weise werden die Verbindungen die in geringerer Menge eingesetzt werden in den in größerer Menge eingesetzten Verbindungen gelöst. Wird die Temperatur während des Mischvorgangs über den Klärpunkt der überwiegenden Komponente erhöht, kann die Vollständigkeit der Auflösung leicht beobachtet werden. Die erfindungsgemäßen Medien können jedoch auch auf andere Weisen hergestellt werden. So durch den Einsatz von Vormischungen. Als Vormischungen könne unter anderem Homologenmischungen und/oder eutektische Mischungen eingesetzt werden. Die Vormischungen können aber auch bereits selbst einsetzfähige Medien sein. Dies ist bei sogenannten Zwei- oder Mehr-Flaschen-Systemen (Englisch: two-bottle or multi-bottle systems) der Fall.)

[0118] In der vorliegenden Anmeldung gilt, soweit nicht explizit anders angegeben, das Folgende.

[0119] Dielektrisch positive Verbindungen haben ein $\Delta\epsilon > 1,5$, dielektrisch neutrale Verbindungen haben ein $\Delta\epsilon$ im Bereich $-1,5 \leq \Delta\epsilon \leq 1,5$ und dielektrisch negative Verbindungen haben ein $\Delta\epsilon < -1,5$. Die selben Definitionen gelten auch für Komponenten von Mischungen und für Mischungen.

[0120] Die dielektrische Anisotropie $\Delta\epsilon$ der Verbindungen wird bei 1 kHz und 20°C durch Extrapolation der Werte einer 10%-igen Lösung der jeweiligen Verbindung in einer Wirtsmischung auf einen Anteil der jeweiligen Verbindung von 100% bestimmt. Die Kapazitäten der Testmischungen werden sowohl in einer Zelle mit homeotroper, als auch in einer Zelle mit homogener Randoorientierung bestimmt. Die Schichtdicke beider Zellentypen beträgt circa 20 μm . Zur Messung wird eine Rechteckwelle mit einer Frequenz von 1 kHz und einer effektiven Spannung (rms, Englisch: root mean square) von typischer Weise 0.2 V bis 1.0 V verwendet. In jedem Fall ist die verwendete Spannung niedriger als die kapazitive Schwelle der jeweils untersuchten Mischung.

[0121] Für dielektrisch positive Verbindungen wird die Mischung ZLI-4792 und für dielektrisch neutrale, sowie für dielektrisch negative Verbindungen, die Mischung ZLI-3086, beide von Merck KGaA, Deutschland, als Wirtsmischung verwendet.

[0122] Der Begriff Schwellenspannung bedeutet in der vorliegenden Anmeldung die optische Schwelle und wird für einen relativen Kontrast von 10 % (V_{10}) angegeben. Die Mittgrauspannung und die Sättigungsspannung werden ebenfalls optisch bestimmt und für einen relativen Kontrast von 50%, bzw. von 90 % angegeben. Die kapazitive Schwellenspannung (V_0), auch Freedericksz-Schwelle genannt, angegeben, so wird dies explizit angegeben.

[0123] Die angegebenen Bereiche von Werten schließen die Grenzwerte ein.

[0124] Die Konzentrationen sind in Massen-% gegeben und beziehen sich auf die vollständige Mischung. Temperaturen sind in Grad Celsius und Temperaturdifferenzen in Differenzgrad Celsius angegeben. Alle physikalischen Eigenschaften wurden bestimmt wie in "Merck Liquid Crystals, Physical Properties of Liquid Crystals", Stand Nov. 1997, Merck KGaA, Deutschland und sind für eine Temperatur von 20 °C angegeben. Die optische Anisotropie (Δn), auch Doppelbrechung genannt, wird bei einer Wellenlänge von 589,3 nm bestimmt. Die dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) wird bei einer Frequenz von 1 kHz bestimmt.

[0125] In einer Aufzählung alternativer Möglichkeiten bedeutet bei Angabe nur des Plurals dieser auch den Singular.

[0126] Im Zusammenhang mit Angaben zur Zusammensetzung der Medien, bzw. ihrer Komponenten, bedeutet

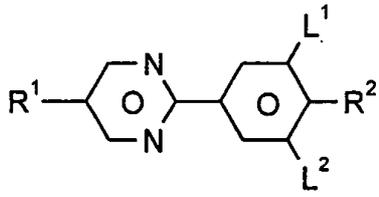
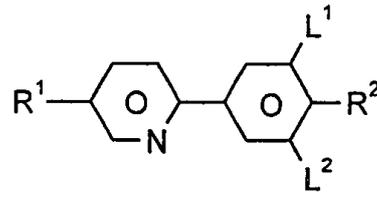
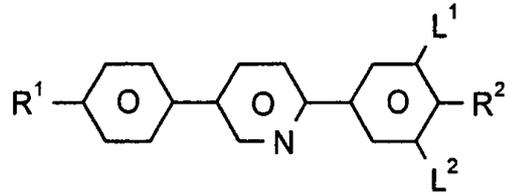
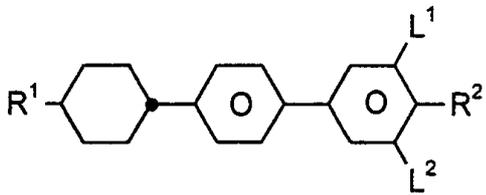
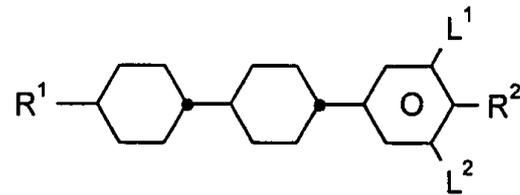
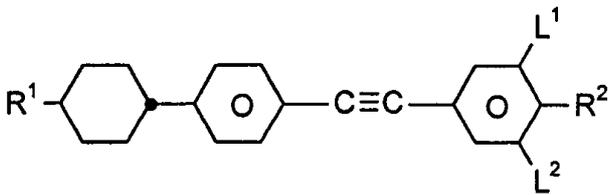
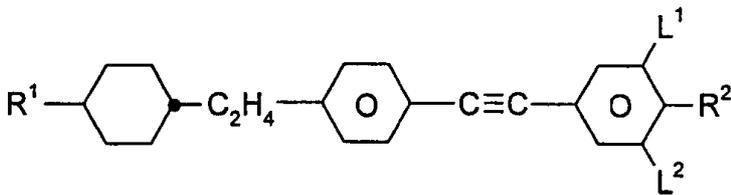
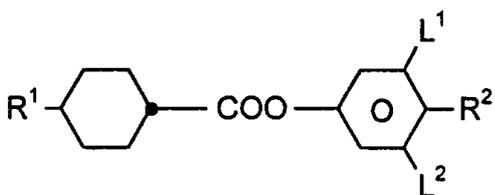
- „enthalten“, dass die Konzentration des jeweiligen genannten Materials, also der Komponente oder der Verbindung, in der Bezugseinheit, also dem Medium bzw. der Komponente, bevorzugt 10% oder mehr, besonders bevorzugt 20 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 30% oder mehr beträgt,
- „überwiegend bestehen aus“, dass die Konzentration des genannten Materials in der Bezugseinheit bevorzugt 50% oder mehr, besonders bevorzugt 60 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 70% oder mehr beträgt und
- „nahezu vollständig bestehen aus“, dass die Konzentration des genannten Materials in der Bezugseinheit bevorzugt 80% oder mehr, besonders bevorzugt 90 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 95% oder mehr beträgt.

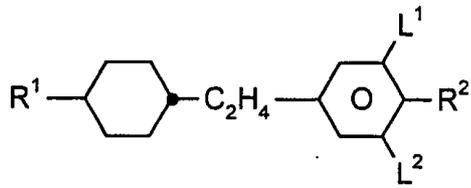
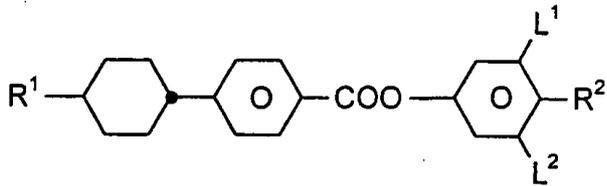
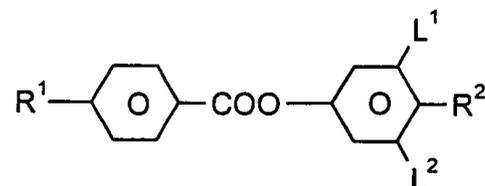
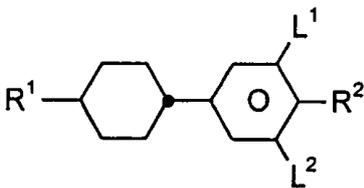
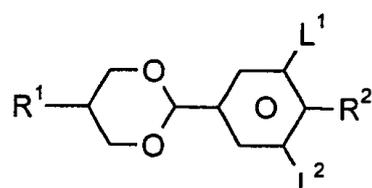
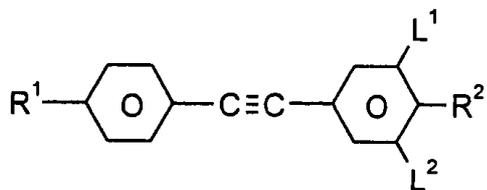
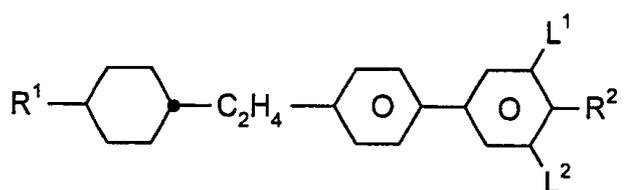
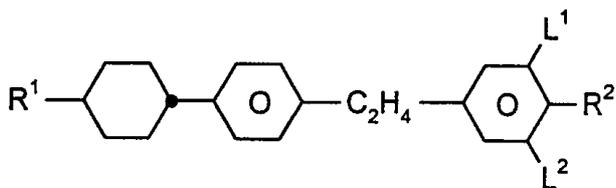
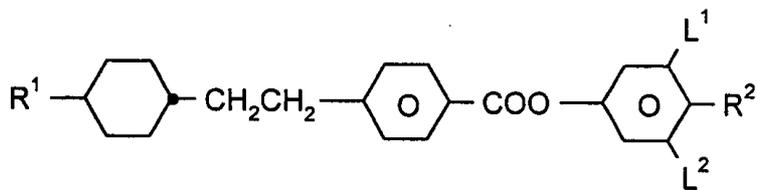
[0127] Die dielektrischen Eigenschaften, elektrooptischen Eigenschaften (z.B. die Schwellenspannungen) und die Schaltzeiten wurden in bei der Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland hergestellten Testzellen, bestimmt. Die Testzellen zur Bestimmung von $\Delta\epsilon$ hatten eine Schichtdicke von 22 μm und eine kreisförmige Elektrode aus Indiumzinnoxid (ITO) mit einer Fläche von 1,13 cm^2 und einem Schutzring. Für homeotrope Orientierung zu Bestimmung von ϵ_{\parallel} wurden Zellen mit einer homeotrop orientierenden Polyimid-Orientierungsschicht verwendet. Alternativ kann Lezithin (Merck KGaA) als Orientierungsmittel verwendet. Die Zellen zur Bestimmung von ϵ_{\perp} hatten Orientierungsschichten aus dem Polyimid AL-1054 der Firma Japan Synthetic Rubber, Japan. Die Kapazitäten wurden in der Regel mit einem Frequenzanalysator Solatron 1260 mit einer Rechteckwelle mit einer Effektivspannung von 0.3 V_{rms} gemessen. Die elektrooptischen Untersuchungen wurden mit weißem Licht durchgeführt. Die charakteristischen Spannungen wurden unter senkrechter Beobachtung bestimmt.

[0128] In der vorliegenden Anmeldung, besonders in den im folgenden beschriebenen Beispielen werden die Strukturen der chemischen Verbindungen mittels Abkürzungen angegeben. Die Bedeutung der jeweiligen Abkürzungen ist in den folgenden Tabellen A und B zusammengestellt. Alle Gruppen C_nH_{2n+1} und C_mH_{2m+1} sind geradkettige Alkylgruppen mit n bzw. m C-Atomen. Tabelle B ist aus sich selbst heraus verständlich, da sie jeweils die vollständige Abkürzung für eine Formel homologer Verbindungen angibt. In Tabelle A sind nur die Abkürzungen für die Kernstrukturen der Verbindungstypen zusammengestellt. Die Abkürzungen für die jeweiligen einzelnen Verbindungen setzen sich aus der jeweils zutreffenden dieser Abkürzungen für den Kern der Verbindung und der mittels einem Bindestrich angehängten Abkürzung für die Gruppen R^1 , R^2 , L^1 und L^2 gemäß folgender Tabelle zusammen.

Abkürzung für R1, R2, L1, L2	R1	R2	L1	L2
nm	C_nH_{2n+1}	C_mH_{2m+1}	H	H
nOm	C_nH_{2n+1}	OC_mH_{2m+1}	H	H
nO.m	OC_nH_{2n+1}	C_mH_{2m+1}	H	H
n	C_nH_{2n+1}	CN	H	H
nN.F	C_nH_{2n+1}	CN	H	F
nN.F.F	C_nH_{2n+1}	CN	F	F
nON.F.F	OC_nH_{2n+1}	CN	F	F
nOF	OC_nH_{2n+1}	F	H	H
nCl	C_nH_{2n+1}	Cl	H	H
nCl.F	C_nH_{2n+1}	Cl	H	F
nCl.F.F	C_nH_{2n+1}	Cl	F	F
nF	C_nH_{2n+1}	F	H	H
nF.F	C_nH_{2n+1}	F	H	F
nF.F.F	C_nH_{2n+1}	F	F	F
nmF	C_nH_{2n+1}	C_mH_{2m+1}	F	H
nCF ₃	C_nH_{2n+1}	CF ₃	H	H
nOCF ₃	C_nH_{2n+1}	OCF ₃	H	H
nOCF ₃ .F	C_nH_{2n+1}	OCF ₃	H	F
nOCF ₃ .F.F	C_nH_{2n+1}	OCF ₃	F	F
nOCF ₂	C_nH_{2n+1}	OCHF ₂	H	H
nOCF ₂ .F	C_nH_{2n+1}	OCHF ₂	H	F
nOCF ₂ .F.F	C_nH_{2n+1}	OCHF ₂	F	F
nS	C_nH_{2n+1}	NCS	H	H
nS.F	C_nH_{2n+1}	NCS	H	F
nS.F.F	C_nH_{2n+1}	NCS	F	F
rVsN	$C_rH_{2r+1}-CH=CH-C_sH_{2s-}$	CN	H	H
rOsN	$C_rH_{2r+1}-O-C_sH_{2s-}$	CN	H	H
nAm	C_nH_{2n+1}	$COOC_mH_{2m+1}$	H	H

Table A:

**PYP****PYRP****PPYRP****BCH****CCP****CPTP****CEPTP****D**

**EPCH****HP****ME****PCH****PDX****PTP****BECH****EBCH****EHP**

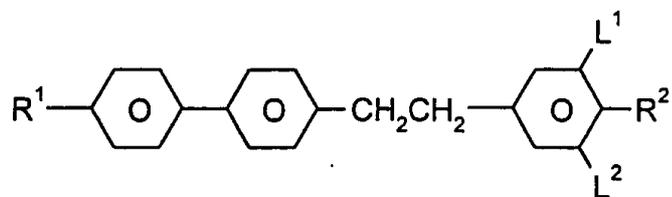
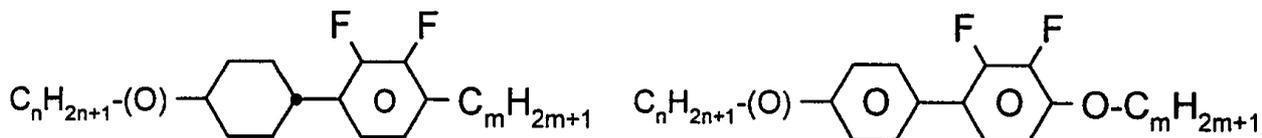
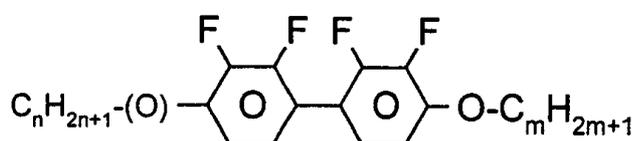
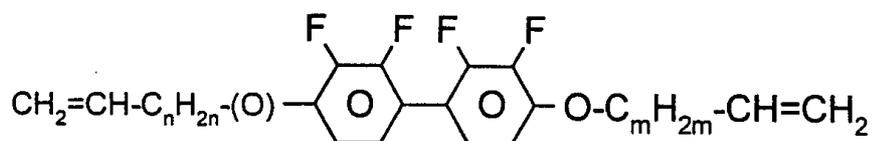
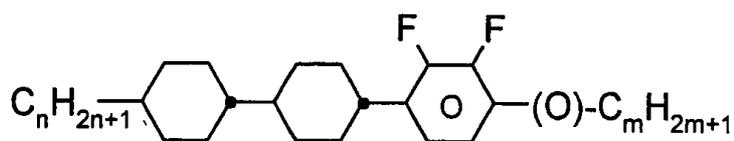
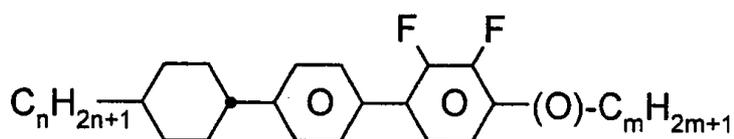
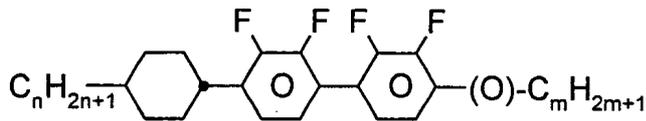
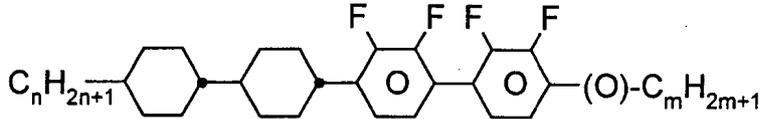
**ET**

Table B:

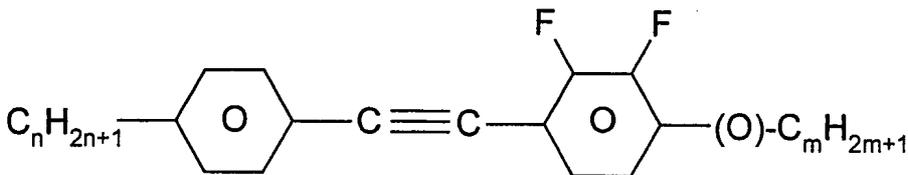
**PCH-n(O)mFF****PY-n(O)-Om****YY-n(O)-Om****YY-Vn(O)-OmV****CCP-n(O)mFF****CPY-n(O)-m**



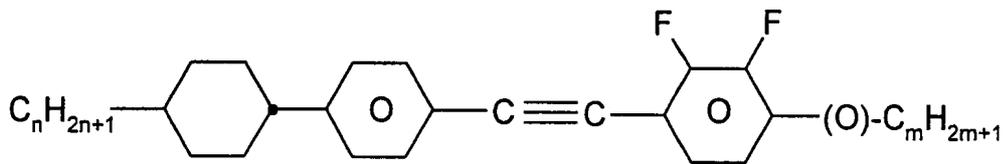
CYY-n-(O)m



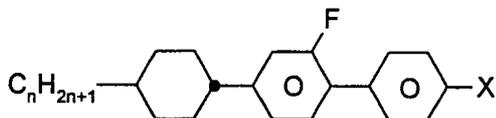
CCYY-n-(O)m



PTP-n(O)mFF

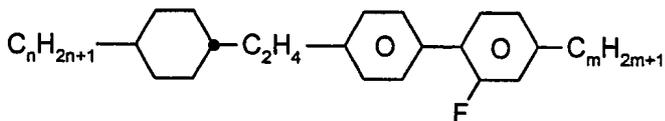


CPTP-n(O)mFF

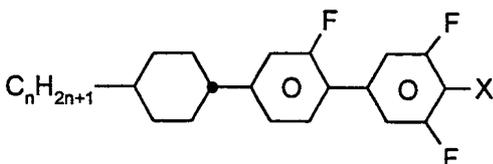


CGP-n-X

(X = besonders F, Cl, CN, NCS)

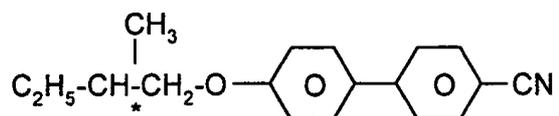
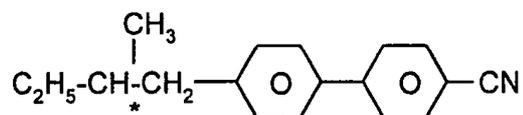
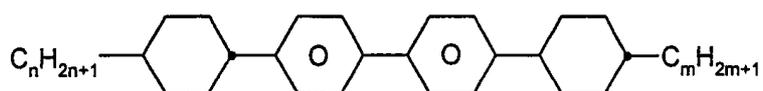
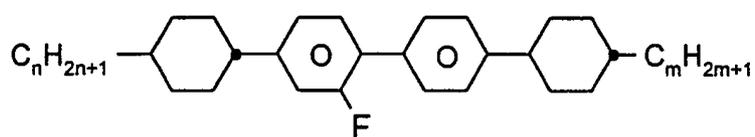
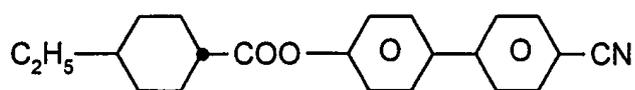
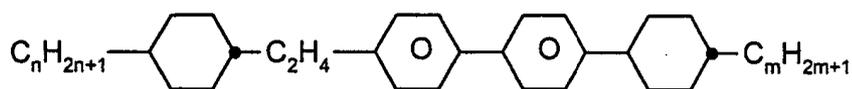
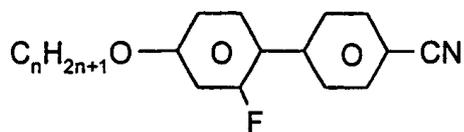
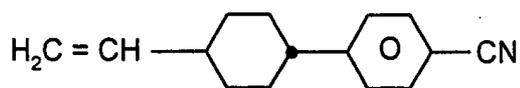


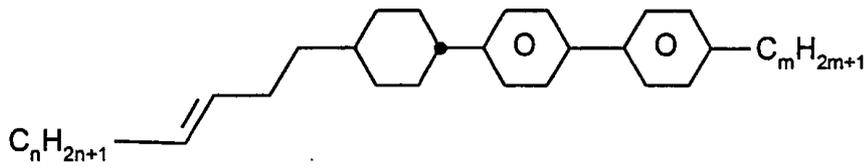
Inm



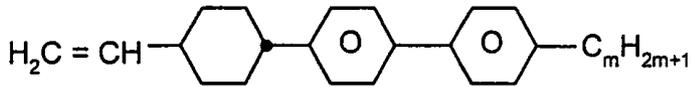
CGU-n-X

(X = besonders F, Cl, CN, NCS)

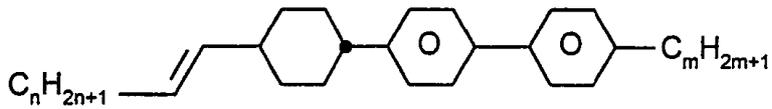
**C15****CB15****CBC-nm****CBC-nmF****CHE****ECBC-nm****GP-nO-N****CP-V-N**



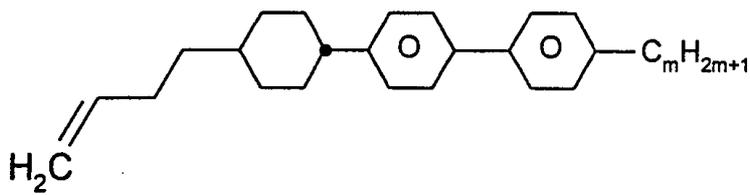
CPP-nV2-m



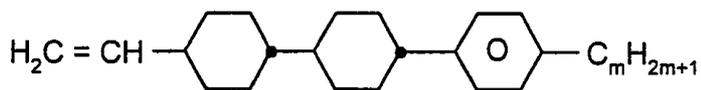
CPP-V-m



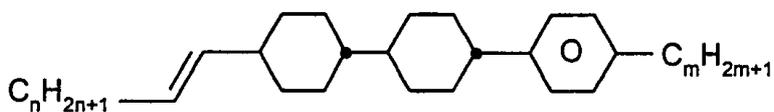
CPP-nV-m



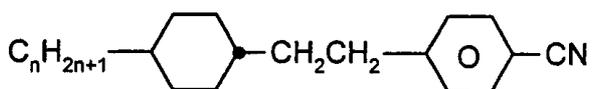
CPP-V2-m



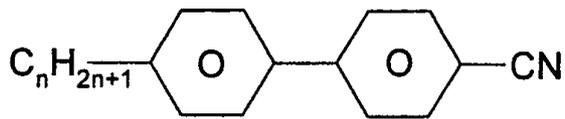
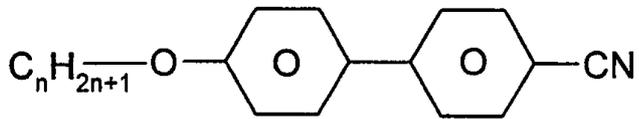
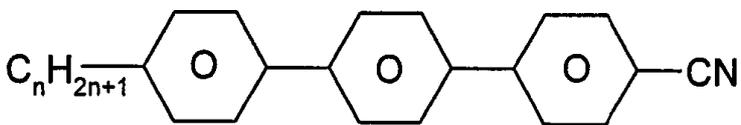
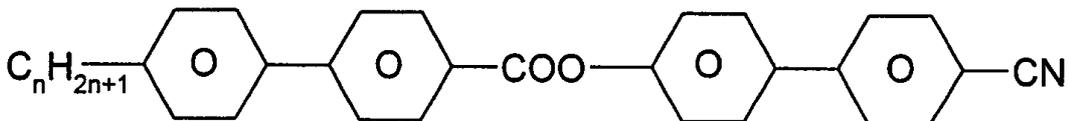
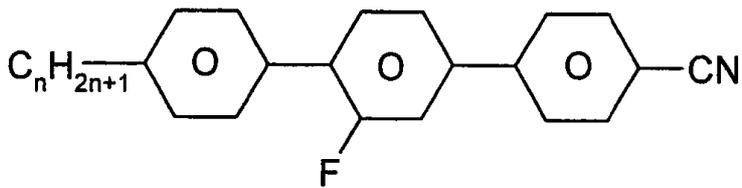
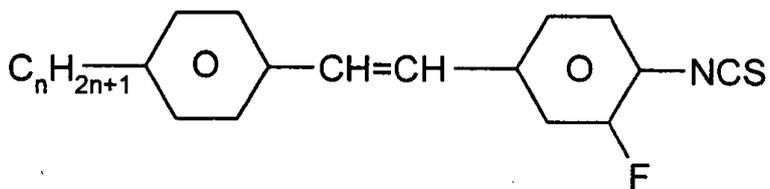
CCP-V-m

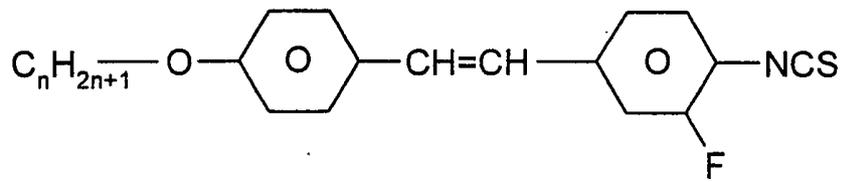


CCP-nV-m

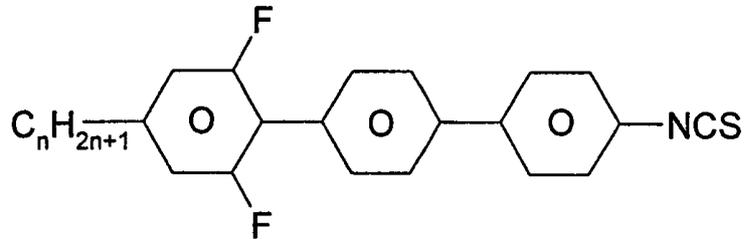


G3n

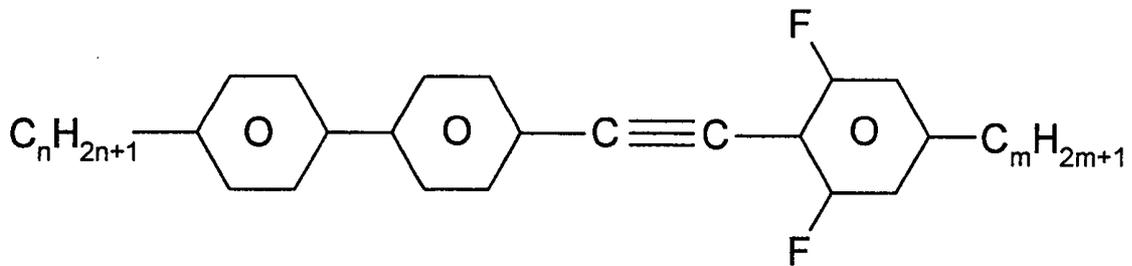
**K3·n****M3·n****T3·n****BB3·n****PGIP-n-N****PVG-n-S**



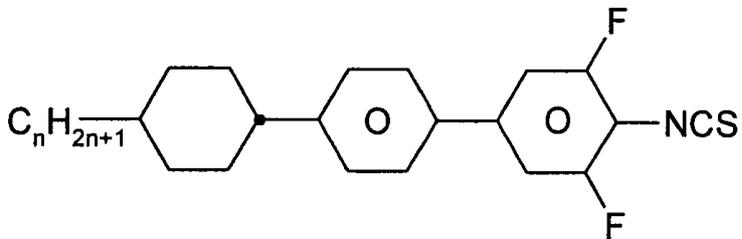
PVG-nO-S



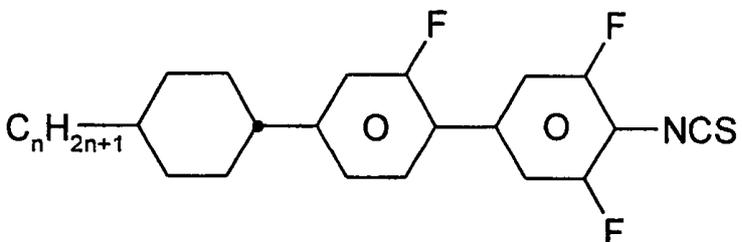
UPP-n-S



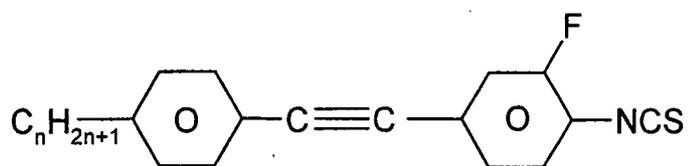
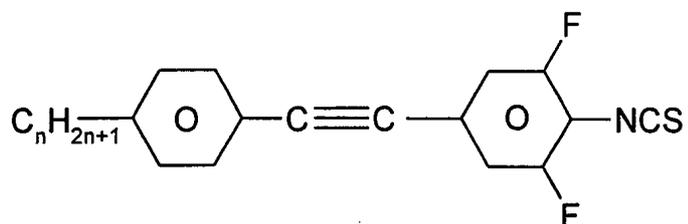
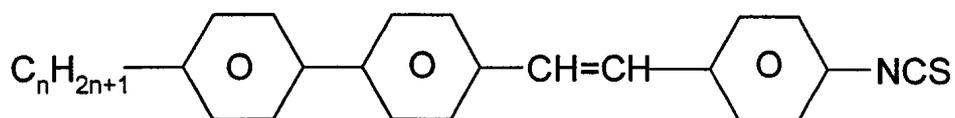
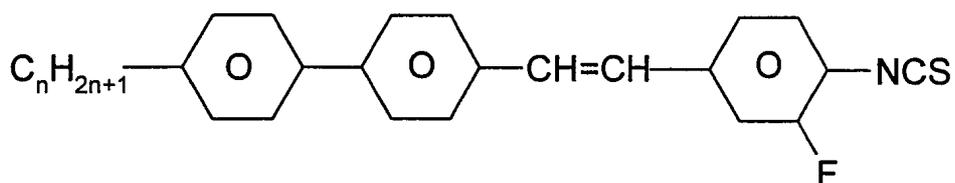
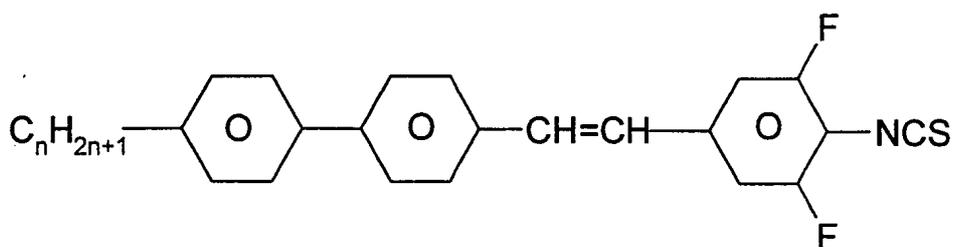
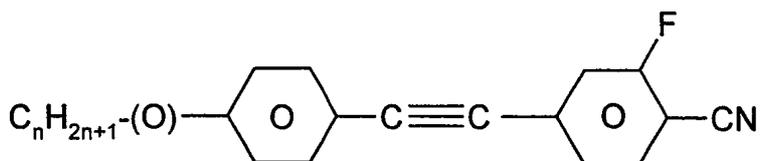
PPTUI-n-m

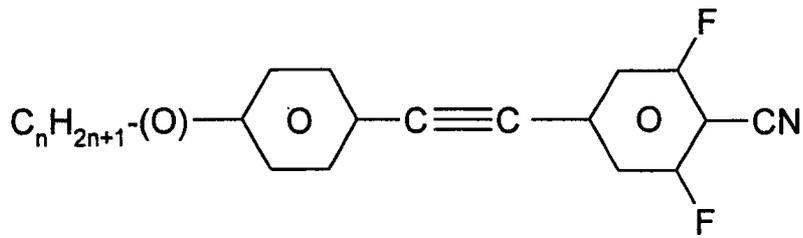
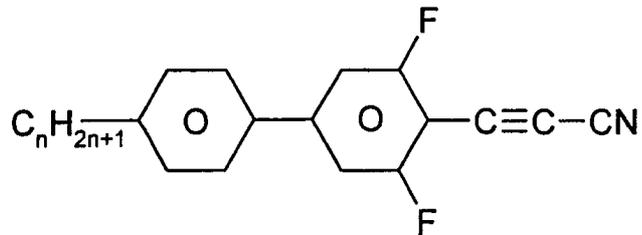
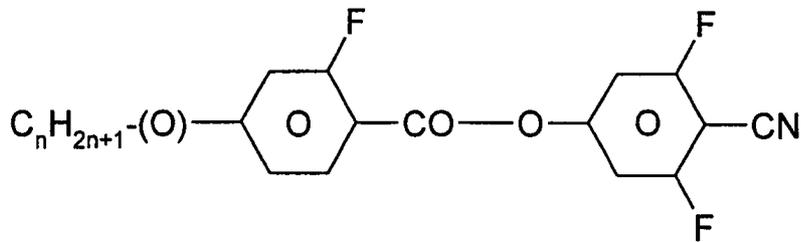
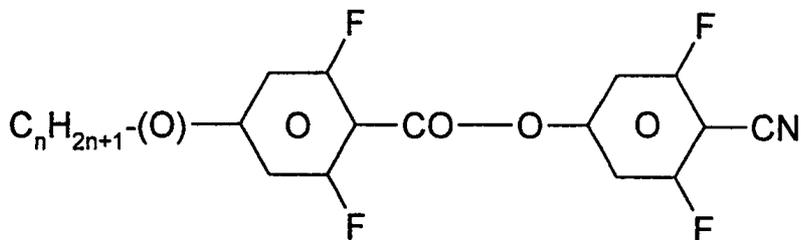
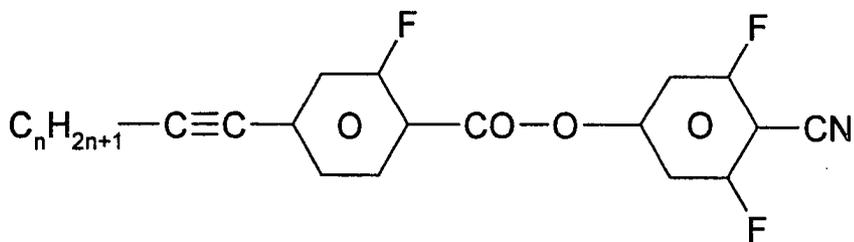


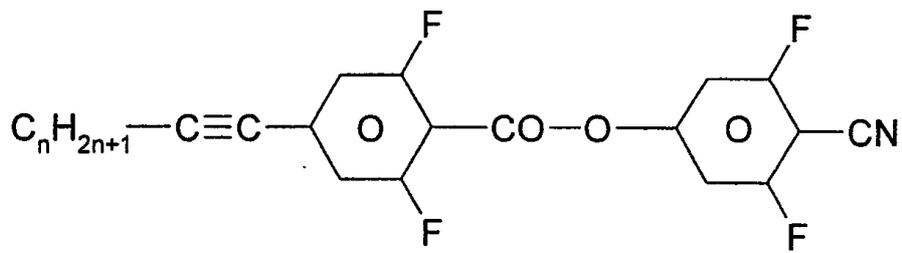
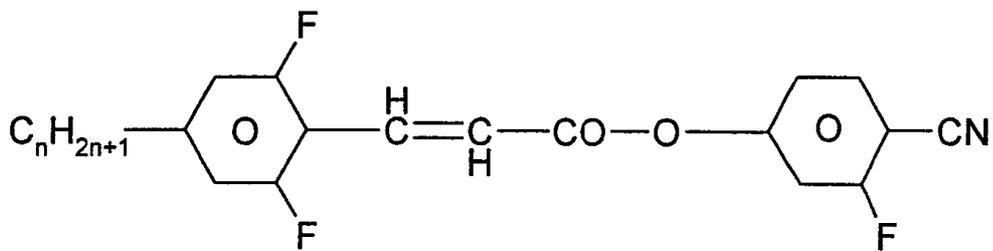
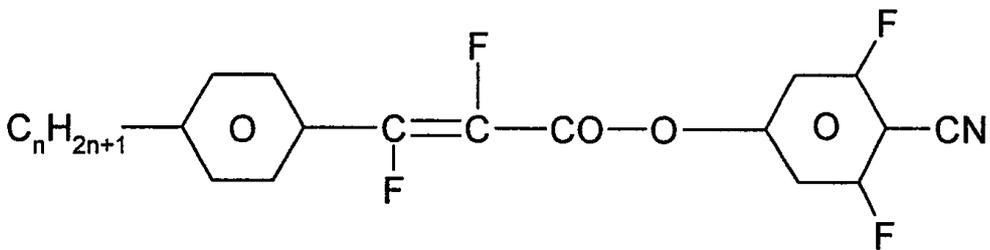
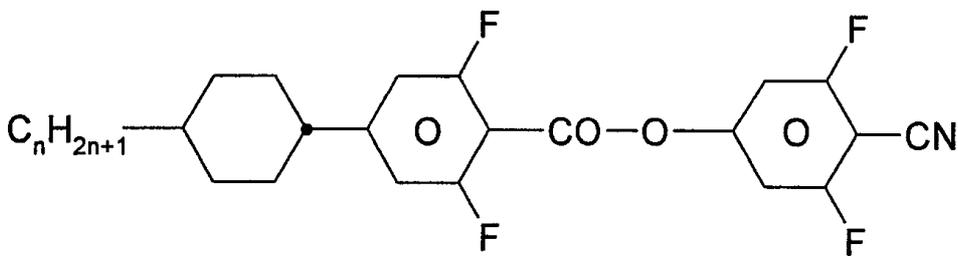
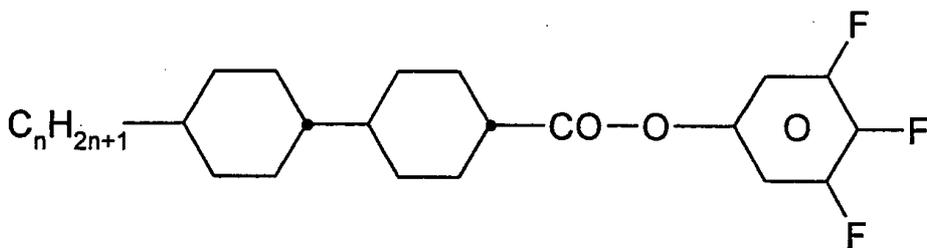
GPU-n-S

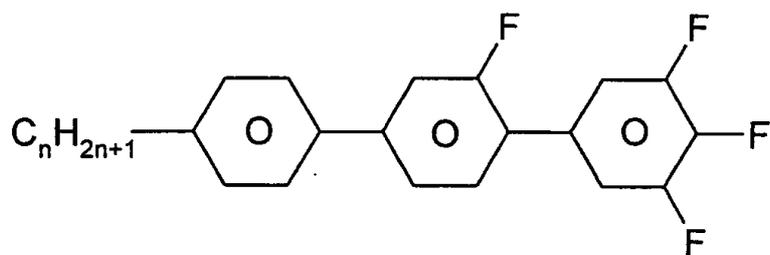
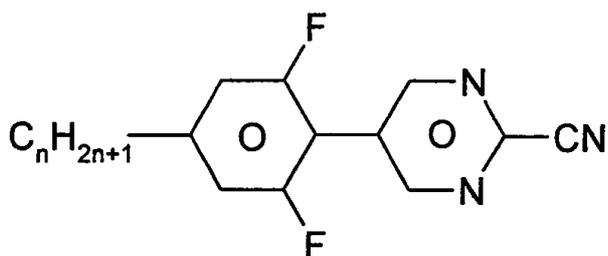
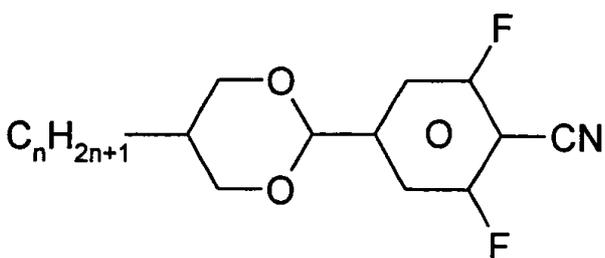
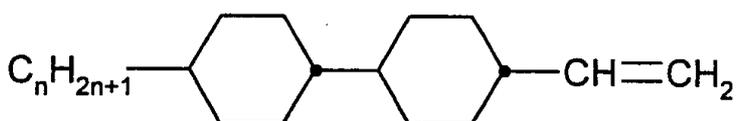


CGU-n-S

**PTG-n-S****PTU-n-S****PPVP-n-S****PPVG-n-S****PPVU-n-S****PTG-n(O)-N**

**PTU-n(O)-N****PU-n-AN****GZU-n(O)-N****UZU-n(O)-N****GZU-nA-N**

**UZU-nA-N****UVZG-n-N****PWZU-3-N****CUZU-n-N****CCZU-n-F**

**PGU-n-F****UM-n-N****DU-n-N****CC-n-V****CC-n-Vm**

- [0129] Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Anmeldung enthalten bevorzugt
- vier oder mehr, bevorzugt sechs oder mehr, Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabellen A und B und/oder
 - fünf oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle B und/oder

– zwei oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle A.

Beispiele

[0130] Die im Folgenden beschriebenen Beispiele illustrieren die vorliegende Erfindung ohne sie in irgend einer Art zu beschränken. Ferner zeigen sie dem Fachmann welche Eigenschaften und insbesondere welche Eigenschaftskombinationen mit der vorliegenden Endung erreicht werden können.

Vergleichsbeispiel

[0131] Die mesogene mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
UZU-3A-N	12,0
UZU-5A-N	12,0
GZU-3A-N	12,0
GZU-5A-N	11,0
GZU-3O-N	10,0
UVZG-3-N	10,0
CUZU-2-N	10,0
CUZU-3-N	10,0
CUZU-4-N	10,0
HP-5N.F	3,0
Σ	100,0

[0132] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	23,7
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,6187
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,0925

[0133] Diese Flüssigkristallmischung Patentanmeldung DE 102 172 73.0 wurde in eine Testzelle gefüllt und bei einer Temperatur von 24°C bezüglich ihrer elektrooptischen Eigenschaften untersucht.

[0134] Die verwendete Testzelle wies, wie in der Anmeldung 1 dargestellt, Elektroden auf nur einem der beiden Substrate auf. Eine elektrooptische Testzelle mit einem Lichtschaltelement enthaltend die Flüssigkristallmischung wurde hergestellt. Die Substrate bestanden aus Glas. Es wurden Substrate ohne Orientierungsschicht verwendet. Die Elektrodenstruktur bestand aus ineinander verzahnten kammförmigen Elektroden. Der Abstand der Elektroden betrug 20 μm und die Breite der Elektroden voneinander betrug 10 μm . Die Schichtdicke der Elektroden betrug 60 nm. Die Elektroden befanden sich alle in einer gemeinsamen Ebene. Die Schichtdicke des Steuermediums betrug 6,8 μm .

[0135] Es wurde ein erster Polarisator vor und als Analysator ein zweiter Polarisator hinter der Zelle benutzt. Die Absorptionsachsen der beiden Polarisatoren bildeten einen Winkel von 90° zueinander. Der Winkel zwischen der Achse der maximalen Absorption der Polarisatoren und der Komponente des elektrischen Felds in der Ebene der Anzeige betrug jeweils 45°. Die Spannungs-Transmissions-Kennlinie wurde mit einem elektrooptischen Messplatz DMS 703 der Firma Autronic-Melchers, Karlsruhe, Deutschland bestimmt. Die Betriebstemperatur betrug 24,0°C. Bei senkrechter Beobachtung wurde eine Kurve erhalten wie sie für eine Zelle mit elektrisch kontrollierter Doppelbrechung (z. B. ECB) typisch ist. Der Wert der Schwellenspannung (V_{10}) lag bei 40,5 V, der Wert der Mittgrauspannung (V_{50}) bei 56 V und der Wert der Sättigungsspannung (V_{90}) bei 65 V. Der maximale Kontrast wurde bei 73 V erreicht. Bei Spannungen von 80 V bzw. 90 V sank der relative Kontrast wieder auf 90 % bzw. 50 % ab. Diese Ergebnisse sind auch in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1: Charakteristische Spannungen

Beispiel:	Vergleich 1	1	2	3
Elektrodenstruktur				
Elektrodentyp nach Abbildung	1	1	7	8
Abstand / μm	20	10	10	10
Breite / μm	10	5	5	5
Kennlinie				
Relativer Kontrast / %	Spannung / V			
0	0	0	0	0
10	40,5	26,5	25	21
50	56	38	33,5	29
90	65	46	41	35
100	73	51	45	37,5
90	80	60	n.b.	41
50	90	n.b.	n.b.	47

Bemerkungen: n.b.: nicht bestimmt.

Beispiel 1

[0136] Die Mischung des Vergleichsbeispiels wurde in eine Testzelle gemäß der Lehre der vorliegenden Anmeldung gefüllt und ihre elektrooptischen Eigenschaften ebenfalls bei einer Temperatur von 24°C bestimmt. Die Testzelle hatte den selben Aufbau wie die im Vergleichsbeispiel verwendete, jedoch betrug hier der Abstand zwischen den Elektroden 10 μm und die Breite der Elektroden 5 μm .

[0137] Die so erhaltene Zelle erreichte bei einer Spannung von 26,5 V 10 relativen Kontrast, bei 38 V 50 % relativen Kontrast und bei 46 V 90 % relativen Kontrast. Der maximale Kontrast wurde bei 51 V erreicht. Bei Spannungen von 60 V sank der relative Kontrast wieder auf 90 %. Diese Ergebnisse sind zum Vergleich mit denen des Vergleichsbeispiels in Tabelle 1 enthalten.

[0138] Wie man aus dieser Tabelle ersehen kann, sind alle charakteristischen Spannungen des Flüssigkristallschaltlements des Beispiels 1 signifikant niedriger als die des Vergleichsbeispiels. Die Erniedrigung liegt im Durchschnitt für die ersten vier Werte bei etwa 31 %.

Beispiel 2

[0139] Die im Vergleichsbeispiel und im Beispiel 1 verwendete Mischung wurde in eine Testzelle gemäß einer anderen Ausführungsform der Lehre der vorliegenden Anmeldung gefüllt und ihre elektrooptischen Eigenschaften ebenfalls bei einer Temperatur von 24 C bestimmt. Die Testzelle hatte einen Aufbau gemäß **Abb. 7**. Wie bei der in Beispiel 1 verwendeten Zelle betrug der Abstand zwischen den Elektroden 10 μm und die Breite der Elektroden 5 μm . Hier befanden sich die Elektroden jedoch auf Podesten. Diese hatten eine Schichtdicke von 1,5 μm und bestanden aus dem Material des Substrats.

[0140] Die so erhaltene Zelle erreichte bei einer Spannung von 25 V 10 % relativen Kontrast, bei 33,5 V 50 % relativen Kontrast und bei 41 V 90 relativen Kontrast. Der maximale Kontrast wurde bei 45 V erreicht. Diese Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 1 enthalten.

[0141] Wie man hier sehen kann, sind alle charakteristischen Spannungen des Flüssigkristallschaltelements des Beispiels 2 noch einmal signifikant niedriger als die des Beispiels 1. Die Erniedrigung der entsprechenden Werte im Vergleich zu denen des Vergleichsbeispiels liegt hier im Durchschnitt bei etwa 38 %.

Beispiel 3

[0142] Die im Vergleichsbeispiel und in den vorigen Beispielen 1 und 2 verwendete Mischung wurde in eine Testzelle gemäß noch einer weiteren Ausführungsform nach der Lehre der vorliegenden Anmeldung gefüllt und ihre elektrooptischen Eigenschaften ebenfalls bei einer Temperatur von 24 °C bestimmt.

[0143] Die Testzelle hatte Elektrodenpaaren auf den Innenseiten beider Substrate wie in **Abb. 8** gezeigt. Die auf den beiden Substraten sich direkt gegenüberliegenden Elektroden wurden miteinander elektrisch leitfähig verbunden, bzw. an diese Elektroden wurde das gleiche Potential angelegt. Wie bei den Beispielen 1 und 2 betrug der Abstand zwischen den Elektroden 10 µm und die Breite der Elektroden 5 µm.

[0144] Die so erhaltene Zelle erreichte bei einer Spannung von 21 V 10 relativen Kontrast, bei 29 V 50 % relativen Kontrast und bei 35 V 90 relativen Kontrast. Der maximale Kontrast wurde bei 37,5 V erreicht. Bei Spannungen von 41 V bzw. 47 V sank der relative Kontrast wieder auf 90 % bzw. 50 % ab. Diese Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 1 enthalten.

[0145] Wie man aus dieser Tabelle ersehen kann, sind alle charakteristischen Spannungen des Flüssigkristallschaltelement des Beispiels 2 erneut erniedrigt worden. Die Erniedrigung der entsprechenden Werte im Vergleich zu denen des Vergleichsbeispiels liegt hier im Durchschnitt bei etwa 48 %, somit sind die Werte nur etwa halb so groß wie die des Vergleichsbeispiels.

Beispiel 4

[0146] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
ME2N.F	3,0
ME3N.F	3,0
ME4N.F	8,0
ME5N.F	8,0
UM-3-N	4,0
PTG-3-N	8,0
PTG-5-N	8,0
PTU-4O-N	8,0
PU-3-AN	8,0
PU-5-AN	8,0
PGU-2-F	10,0
PGU-3-F	10,0
PGU-5-F	10,0
HP-3N.F	4,0
Σ	100,0

[0147] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	23,8
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,6971
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,1456
$\varepsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	47,4
$\Delta\varepsilon$ (20 °C, 1 kHz):	27,3

[0148] Wie bei Beispiel 3 wird eine elektro-optische Anzeige realisiert und deren Kennlinie vermessen. Die Temperatur beträgt 24,0°C. Der Wert der Schwellenspannung (V_{10}) liegt bei 22 V, der Wert der Mittgrauspannung (V_{50}) bei 35,5 V und der Wert der Sättigungsspannung (V_{90}) bei 44,5 V.

Beispiel 5

[0149] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
UM-3-N	10,0
PYP-3N.F.F	15,0
HP-3N.F	10,0
CUZU-2-N	10,0
CUZU-3-N	10,0
UVZG-3-N	10,0
GZU-4O-N	10,0
GZU-4-N	1,0
GZU-3A-N	12,0
UZU-3A-N	12,0
Σ	100,0

[0150] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	24,8
ne (21 °C, 589,3 nm):	1,6372
Δn (21 °C, 589,3 nm):	0,1122

[0151] Wie bei Beispiel 3 wird eine elektro-optische Anzeige realisiert und deren Kennlinie vermessen. Die Temperatur beträgt 26,5°C. Die Kennlinie beginnt bei niedriger Spannung mit einer relativen Intensität von 0% und steigt mit steigender Spannung an. Der Wert der Schwellenspannung (V_{10}) liegt bei 18 V, der Wert der Mittgrauspannung (V_{50}) bei 28 V und der Wert der Sättigungsspannung (V_{90}) bei 34 V. Bei einer Spannung von 37 V wird das Maximum der Intensität erreicht.

Beispiel 6

[0152] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
U M-3-N	10,0
GZU-3A-N	10,0
UVZG-3-N	10,0
PWZU-3-N	7,0
PU-3-AN	16,0
PU-5-AN	16,0
PTG-3-N	15,0
PTU-4O-N	15,0
HP-3N.F	1,0
Σ	100,0

[0153] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	22,9
ne (19 °C, 589,3 nm):	1,7298
Δn (19 °C, 589,3 nm):	0,1765

[0154] Wie bei Beispiel 3 wird eine elektro-optische Anzeige realisiert und deren Kennlinie vermessen. Die Temperatur bei der die Messungen durchgeführt wurden beträgt 23,1 °C.

[0155] Der Wert der Schwellenspannung (V_{10}) liegt bei 36,5 V, der Wert der Mittgrauspannung (V_{50}) bei 28 V und der Wert der Sättigungsspannung (V_{90}) bei 31,5 V. Das Maximum des relativen Kontrasts liegt bei 34 V.

Beispiel 7

[0156] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
CGU-2-F	11,0
CGU-3-F	11,0
CGU-5-F	10,0
BCH-3F.F.F	18,0
BCH-5F.F.F	14,0
PGU-2-F	11,0
PGU-3-F	11,0
PGU-5-F	11,0
BCH-32	3,0
Σ	100,0

[0157] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	23,5
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,6138
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,0854
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	16,5
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	9,1

Beispiel 8

[0158] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
ME2N.F	10,0
UM-3-N	8,5
PTG-5-N	15,0
PTG-3-N	15,0
PU-3-AN	15,0
PU-5-AN	15,0
PTU-4O-N	15,0
HP-3N.F	6,5
Σ	100,0

[0159] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	29,6
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,7549
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,2092
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	59,2
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	42,9

Beispiel 9

[0160] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
UM-3-N	8,0
GZU-3A-N	8,0
UVZG-3-N	8,0
PWZU-3-N	10,0
PYP-40N.F.F	6,0
PU-3-AN	15,0
PU-5-AN	15,0
PTG-3-N	15,0
PTU-4O-N	15,0
Σ	100,0

Beispiel 10

[0161] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
PTG-3-N	15,0
PTG-5-N	15,0
PTU-4O-N	15,0
PU-5-AN	9,0
PGU-5-F	14,0
HP-3N.F	7,0
HP-5N.F	8,0
DU-2-N	15,0
PCH-3N.F.F	2,0
Σ	100,0

[0162] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	24,2
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,6857
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,1405
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	45,8
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	27,8

Beispiel 11

[0163] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
CCP-2F.F.F	10,0
CCP-3F.F.F	10,0
CCP-5F.F.F	10,0
ME2N.F	10,0
ME3N.F	10,0
ME4N.F	7,0
ME5N.F	15,0
DU-2-N	6,0
PCH-5N.F.F	2,0
UM-3-N	10,0
HP-3N.F	10,0
Σ	100,0

[0164] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	30,1
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,6095
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,1035
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	62,6
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	45,9

Beispiel 12

[0165] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
UM-3-N	6,0
GZU-3A-N	10,0
UVZG-3-N	12,0
PWZU-3-N	10,0
PU-3-AN	15,0
PU-5-AN	15,0
PTG-3-N	15,0
PTU-4O-N	15,0
HP-3N.F	2,0
Σ	100,0

[0166] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.
 $\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz) > 0

Beispiel 13

[0167] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
CGU-2-F	11,0
CGU-3-F	11,0
CGU-5-F	10,0
BCH-3F.F.F	16,0
BCH-5F.F.F	14,0
PGU-2-F	10,0
PGU-3-F	10,0
PGU-5-F	9,0
PCH-7F	9,0
Σ	100,0

[0168] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C: 11,5
 $\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz) > 0

Beispiel 14

[0169] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
CGU-2-F	12,0
CGU-3-F	12,0
CGU-5-F	11,0
BCH-3F.F.F	18,0
BCH-5F.F.F	14,0
PGU-2-F	11,0
PGU-3-F	11,0
PGU-5-F	11,0
Σ	100,0

[0170] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C: 15,5
 $\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz) > 0

Beispiel 15

[0171] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
ME2N.F	3,0
ME3N.F	3,0
ME4N.F	5,0
ME5N.F	3,0
UM-3-N	4,0
PTG-3-N	8,0
PTG-5-N	8,0
PTU-4O-N	7,0
PU-3-AN	8,0
PU-5-AN	8,0
PGU-2-F	10,0
PGU-3-F	10,0
PGU-5-F	10,0
HP-3N.F	4,0
HP-4N.F	5,0
HP-5N.F	4,0
Σ	100,0

[0172] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	42,3
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz)	> 0

Beispiel 16

[0173] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
ME2N.F	3,0
ME3N.F	3,0
ME4N.F	8,0
ME5N.F	9,0
UM-3-N	4,0
PTG-3-N	9,0
PTG-5-N	8,0
PTU-4O-N	8,0
PU-3-AN	9,0
PU-5-AN	9,0
PGU-2-F	10,0
PGU-3-F	10,0
PGU-5-F	10,0
Σ	100,0

[0174] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	16,0
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz)	> 0

Beispiel 17

[0175] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
YY-2-O2	8,0
W-3-O2	8,0
W-4O-O4	10,0
YY-V10-O1V	8,0
PY-3-O2	15,0
PY-1-O2	11,0
CYY-3-O2	10,0
CYY-5-O2	10,0
PTP-302FF	10,0
PTP-502FF	10,0
Σ	100,0

[0176] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.
 $\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz) < 0

Beispiel 18

[0177] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
W-2-O2	8,0
YY-3-O2	8,0
YY-3O-O2	6,0
W-4O-O4	6,0
W-V10-O1V	6,0
PY-3-O2	9,0
PY-1-O2	12,0
CW-3-O2	9,0
CYY-5-O2	9,0
PTP-302FF	10,0
PTP-502FF	10,0
CPY-3-O2	5,0
CCYY-2-O2	2,0
Σ	100,0

[0178] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.
 $\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz) < 0

Beispiel 19

[0179] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
PYP-5F	25,0
PCH-32	16,5
PCH-301	15,0
PCH-302	11,3
BCH-32	14,3
BCH-52	10,5
CBC-33	3,7
CBC-53	3,7
Σ	100,0

[0180] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	41,0
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,6157
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,1066
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	5,7
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	2,4

Beispiel 20

[0181] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
PCH-5F	14,6
PCH-6F	12,9
PCH-7F	12,5
PTP-20F	15,2
PTP-40F	19,1
PTP-60F	25,7
Σ	100,0

[0182] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	27,0
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,6470
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,1350
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	7,4
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	3,6
k_1 (20 °C)/pN:	5,7
k_2 (20 °C)/pN:	3,1
k_3 (20 °C)/pN:	6,3

Beispiel 21

[0183] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
CCP-2F.F.F	4,0
CCP-20CF3	4,0
CCP-30CF3	5,0
CCP-40CF3	2,0
PCH-3	6,0
K9	4,0
BCH-3F.F.F	12,0
CGU-2-F	10,0
CGU-3-F	6,0
CCZU-2-F	5,0
CCZU-3-F	16,0
CCZU-5-F	5,0
CC-5-V	2,0
CCP-V-1	10,0
CC-3-V1	9,0
Σ	100,0

[0184] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	30,0
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,5856
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,1007
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	14,5
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	10,6

Beispiel 22

[0185] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
PCH-5	19,0
PCH-302	31,0
PCH-304	31,0
K15	19,0
Σ	100,0

[0186] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	33,0
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,6010
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,1100
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	9,5
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	4,9

Beispiel 23

[0187] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
PCH-302FF	26,0
PCH-502FF	26,0
CCP-V-1	15,0
CC-5-V	19,0
CCH-35	8,0
BCH-32	6,0
Σ	100,0

[0188] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	50,0
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz)	< 0

Beispiel 24

[0189] Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt.

Verbindung/Abkürzung	Konzentration/Massen-%
PCH-302FF	26,0
PCH-502FF	26,0
CCP-V-1	13,0
CC-5-V	16,0
CCH-35	5,0
BCH-32	9,0
CCP-21FF	3,0
PCH-301	2,0
Σ	100,0

[0190] Diese Mischung hat die folgenden Eigenschaften.

Klärpunkt (T(N,I))/°C:	50,0
n_e (20 °C, 589,3 nm):	1,5640
Δn (20 °C, 589,3 nm):	0,0821
$\epsilon_{ }$ (20 °C, 1 kHz):	3,9
$\Delta\epsilon$ (20 °C, 1 kHz):	-2,9
γ_1 (20 °C)/ mPa·s:	72

[0191] Die Mischungen der Beispiele 4 bis 24 werden in Testzellen gemäß der Lehre gefüllt, wie in den Beispielen 1 bis 3 beschrieben. Die resultierenden Lichtsteuerelemente haben ähnlich gute Eigenschaften wie die in diesen drei Beispielen beschriebenen Lichtsteuerelemente.

Beschreibung der Abbildungen

[0192] **Abb. 1:** Die Abbildung zeigt schematisch im Querschnitt den Aufbau eines Schaltelements oder eines Teils eines Schaltelements gemäß der unveröffentlichten Patentanmeldung DE 102 172 73.0. Zwischen den inneren Oberflächen der Substrate (1) und (1') befindet sich das Steuermedium (2). Auf der inneren Oberfläche des einen Substrats (1) befinden sich die beiden Elektroden (3) und (4) der Elektrodenstruktur, die mit voneinander verschiedenen Potentialen beaufschlagt werden können. Vop bezeichnet die Spannungs-, Ladungs- bzw. Stromquelle. Die von Vop ausgehenden Linien symbolisieren die elektrischen Zuleitungen zu den Elektroden.

[0193] **Abb. 2 bis 6:** Die Abbildungen zeigen schematisch im Querschnitt den Aufbau für fünf verschiedene Ausführungsformen erfindungsgemäßer Schaltelemente mit erhabenen Elektroden.

[0194] Bei der **Abb. 2** sind die Elektroden ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 1** gezeigten Ausführungsform. Die Elektroden (3) und (4) haben einen rechteckigen oder nahezu rechteckigen Querschnitt. Jedoch haben die Elektroden eine Dicke, die gegenüber der Schichtdicke $d(2)$ der Steuerschicht (2), bzw. gegenüber der charakteristischen Schichtdicke, nicht zu vernachlässigen ist, z.B. typischerweise im Bereich von 0,3 μm bis von 5 μm .

[0195] Bei der **Abb. 3** sind die Elektroden (3) und (4) ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 2** gezeigten Ausführungsform. Jedoch erstrecken sich diese Elektroden hier über die gesamte Dicke $d(2)$ der Steuerschicht (2).

[0196] Bei der **Abb. 4** sind die Elektroden (3) und (4) wieder ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 2** gezeigten Ausführungsform. Jedoch ist die Schichtdicke der Elektroden (3) und (4) nicht konstant, sondern abhängig vom Ort. Die Elektroden haben einen dreieckigen Querschnitt.

[0197] Bei der **Abb. 5** sind die Elektroden (3) und (4) ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 4** gezeigten Ausführungsform mit vom Ort abhängiger Schichtdicke. Jedoch bestehen diese Elektroden hier jeweils aus zwei übereinanderliegenden Schichten (3) und (3') sowie (4) und (4'), von denen jeweils die obere (3') bzw. (4') eine geringere Fläche des Schaltelements bedeckt als die entsprechende untere Schicht (3) bzw. (4').

[0198] Bei der **Abb. 6** sind die Elektroden (3) und (4) wieder ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 2** gezeigten Ausführungsform. Jedoch haben die Elektroden (3) und (4) hier einen kreisförmigen Querschnitt und sind als Hohlleiter ausgebildet.

[0199] **Abb. 7:** Die Abbildung zeigt schematisch im Querschnitt den Aufbau für eine weitere bevorzugte Ausführungsform erfindungsgemäßer Schaltelemente. Hier sind die Elektroden ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 1** gezeigten Ausführungsform. Jedoch befinden sich die Elektroden nicht direkt auf der Oberfläche des Substrats, sondern jeweils auf einer festen isolierenden Schicht (5) bzw. (6) einer bestimmten Dicke, z.B. typischerweise im Bereich von 1 μm bis von 2 μm .

[0200] **Abb. 8:** Die Abbildung zeigt schematisch im Querschnitt den Aufbau für eine weitere bevorzugte Ausführungsform erfindungsgemäßer Schaltelemente mit einer Elektrodenstruktur bei der die Elektroden aus zwei Schichten bestehen, die sich auf je einem der Substrate befinden. Hier sind die Elektroden so gestaltet, dass es zu der Elektrode (3) auf dem ersten Substrat (1), die mit einem ersten Potential beaufschlagt werden kann, eine zweite Elektrode (3') auf dem zweiten Substrat (1') gibt, die mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden kann. Ebenso gibt es zu der Elektrode (4) auf dem ersten Substrat, die mit dem zweiten Potential beaufschlagt werden kann, eine zweite Elektrode (4') auf dem zweiten Substrat die auch mit dem zweiten Potential beaufschlagt werden kann. Dabei stehen sich die Elektrodenpaare (3) und (3') sowie (4) und (4') jeweils gegenüber.

[0201] **Abb. 9 bis 13:** Die Abbildungen zeigen schematisch im Querschnitt den Aufbau verschiedener Ausführungsformen erfindungsgemäßer Schaltelemente gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0202] **Abb. 9:** zeigt eine Ausführungsform, die eine Kombination der in den **Abb. 7** und **8** dargestellten Ausführungsformen darstellt. Im Gegensatz zur in **Abb. 7** dargestellten Ausführungsform sind nicht nur auf dem Substrat mit der Oberfläche (1) erhobene Elektroden ((3) und (4) auf festen isolierenden Schichten (5) und (6) ausgebildet. Vielmehr sind, wie in der in **Abb. 8** dargestellten Ausführungsform auch auf der Oberfläche des gegenüberliegenden Substrats (1') Elektroden (3') und (4') ausgebildet. Diese Elektroden sind, wie die entsprechenden Elektroden auf dem ersten Substrat, durch feste isolierende Schichten (5') und (6') von der Oberfläche (1') abgehoben.

[0203] Bei der **Abb. 10** sind die Elektroden ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 7** gezeigten Ausführungsform. Jedoch bestehen die Elektroden, wie in der in **Abb. 8** gezeigten Ausführungsform, jeweils aus zwei Schichten (3) und (3'), bzw. (4) und (4'), die jeweils paarweise mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden

können. Im Gegensatz zu der in **Abb. 8** gezeigten Ausführungsform, werden die die jeweils zwei Paare leitfähiger Schichten der Elektrodenstruktur (**3**) und (**3'**), bzw. (**4**) und (**4'**) werden hier jedoch nicht durch die dielektrische Steuerschicht (**2**) voneinander getrennt, sondern jeweils durch eine feste isolierende Schicht (**5**) bzw. (**6**).

[0204] Bei der **Abb. 11** sind die Elektroden ähnlich gestaltet wie bei der in **Abb. 10** gezeigten Ausführungsform. Jedoch sind hier, wie bei der in **Abb. 7** gezeigten Ausführungsform, jeweils die ersten Schichten der Elektrodenstrukturen (**3**) bzw. (**4**) durch eine feste isolierende Schicht (**5**) bzw. (**6**) vom Substrat getrennt (abgehoben). Die beiden Schichten der Elektrodenstruktur, die mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden können (**3**) und (**3'**), bzw. (**4**) und (**4'**) werden, wie in der in **Abb. 10** beschriebenen Ausführungsform, jeweils durch eine feste isolierende Schicht, hier (**5'**) bzw. (**6'**) genant, voneinander getrennt.

[0205] Bei der **Abb. 12** bestehen die Elektroden der Elektrodenstruktur aus jeweils vier leitfähigen Schichten (**3**) bis (**3''''**) bzw. (**4**) bis (**4''''**). Jeweils zwei dieser vier Schichten befinden sich auf dem selben Substrat. Schichten (**3**) und (**3'**) sowie (**4**) und (**4'**) befinden sich auf dem Substrat mit der Oberfläche (**1**) und (**3''**) und (**3''''**) sowie (**4''**) und (**4''''**) befinden sich auf dem Substrat mit der Oberfläche (**1'**). Von diesen Schichten ist jeweils die dem jeweiligen Substrat (**1**) bzw. (**1'**) benachbarte Schicht (**3**) und (**4**) bzw. (**3''**) und (**4''**) durch eine feste isolierende Schicht (**5**) und (**6**) bzw. (**5'**) und (**6'**) getrennt. Die jeweils zwei leitfähigen Schichten die sich auf dem gleichen Substrat befinden [(**3**) und (**3'**)] und [(**4**) und (**4'**)] sowie [(**3''**) und (**3''''**)] und [(**4''**) und (**4''''**)] sind ebenfalls durch feste isolierende Schichten (**5'**) und (**6'**) sowie (**5''''**) und (**6''''**) voneinander getrennt.

[0206] Bei der **Abb. 13** bestehen die Elektroden der Elektrodenstruktur, wie bei der in der Abbildung **12** gezeigten Ausführungsform, aus jeweils vier leitfähigen Schichten (**2**) bis (**2''''**) bzw. (**3**) bis (**3''''**). Hier erstreckt sich jedoch die alternierende Folge von leitfähigen Schichten und isolierenden Schichten über die gesamte Schichtdicke der Steuerschicht. Dadurch werden die inneren Paare der leitfähigen Schichten (**2'**) und (**2''''**) sowie (**3'**) und (**3''''**) ebenfalls durch feste isolierende Schichten (**5''''**) bzw. (**6''''**) voneinander getrennt.

Bezugszeichenliste

1 :	Oberfläche des ersten Substrats,
1' :	Oberfläche des 2. Substrats,
2 :	Steuerschicht,
3 bis 3'''' :	Erste bis vierte leitfähige Schicht der Elektrodenstruktur, die mit dem 1. Potential beaufschlagt werden kann,
4 bis 4'''' :	Erste bis vierte leitfähige Schicht der Elektrodenstruktur, die mit dem 2. Potential beaufschlagt werden kann,
5 bis 5'''' :	Erste bis fünfte feste, isolierende Schicht der Elektrodenstruktur, die leitfähigen Schichten der Elektrodenstruktur, die mit dem 1. Potential beaufschlagt werden können, trennt,
6 bis 6'''' :	Erste bis fünfte feste, isolierende Schicht der Elektrodenstruktur, die leitfähigen Schichten der Elektrodenstruktur, die mit dem 2. Potential beaufschlagt werden können, trennt,
Vop :	Spannungs-, Ladungs- bzw. Stromquelle

[0207] Die von Vop ausgehenden Linien veranschaulichen die welche leitfähigen Schichten der Elektrodenstruktur mit dem gleichen Potential beaufschlagt werden.

Patentansprüche

1. Elektrooptisches Lichtsteuerelement umfassend

- ein Substrat oder mehrere Substrate,
- eine Elektrodenanordnung,
- mindestens ein Element oder mehrere Elemente zur Polarisierung des Lichts und
- ein Steuermedium,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Lichtsteuerelement bei einer Temperatur betrieben wird, bei der das Steuermedium im nicht angesteuerten Zustand in der isotropen Phase vorliegt und dass
- die Elektrodenanordnung ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Fläche des mesogenen Steuermediums erzeugen kann und dass
- die Elektrodenanordnung so gestaltet ist, dass mindestens eine der vier folgenden Bedingungen erfüllt ist
- die in der Ebene der Steuerschicht einander benachbarten elektrisch leitfähigen Schichten haben einen Abstand von 20 µm oder weniger voneinander,
- die leitfähige Schicht oder, wenn mehrere der elektrisch leitfähigen Schichten vorhanden sind, eine oder mehrere dieser Schichten der Elektrodenstruktur ist bzw. sind erhaben,
- die Elektrodenstruktur umfaßt jeweils zwei oder mehrere Schichten die einander überlagern, elektrisch lei-

tend miteinander verbunden sind und gleichzeitig über wesentliche Teile ihrer Fläche voneinander durch eine dielektrische Schicht getrennt sind,

– die elektrisch leitfähige Schicht oder, wenn mehrere der elektrisch leitfähigen Schichten vorhanden sind, eine oder mehrere der leitfähigen Schichten der Elektrodenstruktur ist bzw. sind durch eine feste dielektrische Schicht vom jeweiligen darunterliegenden Substrat getrennt.

2. Lichtsteuerelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenanordnung so gestaltet ist, dass

– die in der Ebene der Steuerschicht einander benachbarten elektrisch leitfähigen Schichten einen Abstand von 20 µm oder weniger voneinander haben.

3. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenanordnung so gestaltet ist, dass

– die leitfähige Schicht oder, wenn mehrere der elektrisch leitfähigen Schichten vorhanden sind, eine oder mehrere dieser Schichten der Elektrodenstruktur erhaben ist bzw. sind.

4. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenanordnung so gestaltet ist, dass

– die Elektroden aus zwei oder mehr elektrisch leitfähig miteinander verbundenen Schichten bestehen.

5. Lichtsteuerelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

– die einzelnen Schichten der Elektroden jeweils im wesentlichen

– über ihre gesamte Fläche durch ein Dielektrikum, wie z.B. die Schicht oder Teile der Schicht des mesogenen Steuermediums oder eine oder mehrere feste dielektrische Schichten, voneinander getrennt sind,

– flächengleich sind und

– deckungsgleich übereinander liegen.

6. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass

– mindestens der leitfähigen Schichten der Elektrodenanordnung über einem der Substrate erhöht angeordnet ist.

7. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

– zumindest die benachbarten der Elektroden der Elektrodenstruktur horizontal durch eine Schicht eines festen dielektrischen Mediums voneinander isoliert sind.

8. Elektrooptische Anzeige enthaltend ein oder mehrere Lichtsteuerelemente nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7,

9. Elektrooptische Anzeige nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeige mittels einer aktiven Matrix angesteuert wird.

10. Elektrooptisches Anzeigesystem enthaltend eine oder mehrere elektrooptische Anzeigen nach mindestens einem der Ansprüche 8 und 9.

11. Elektrooptisches Anzeigesystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass es als Fernschirmschirm, als Computermonitor oder als beides verwendet werden kann.

12. Verwendung eines Lichtsteuerelements nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, zur Darstellung von Information.

13. Verwendung einer elektrooptischen Anzeige nach mindestens einem der Ansprüche 8 und 9, in einem elektrooptischen Anzeigesystem.

14. Verwendung eines elektrooptischen Anzeigesystems nach mindestens einem der Ansprüche 10 und 11, zur Darstellung von Videosignalen oder von digitalen Signalen.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

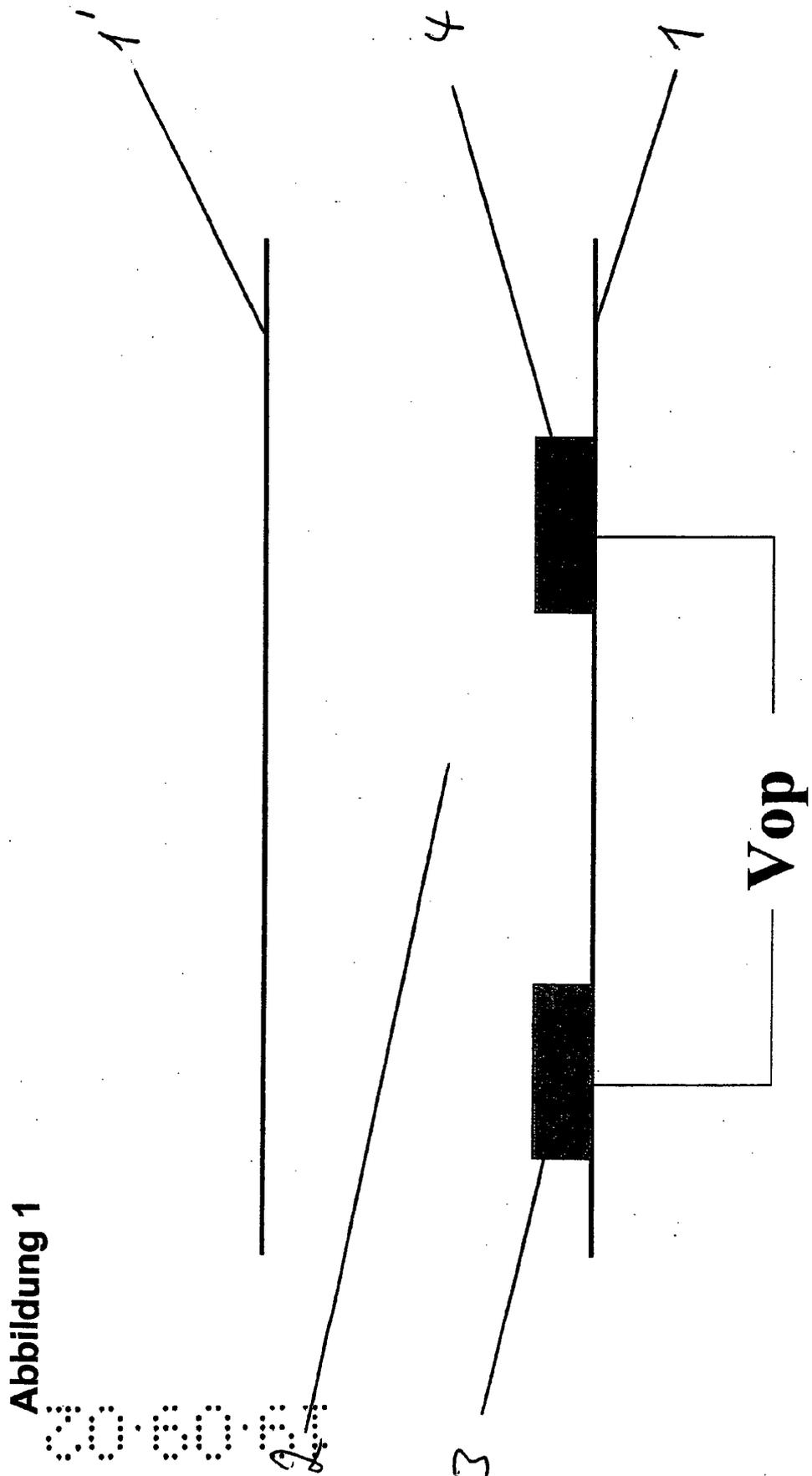
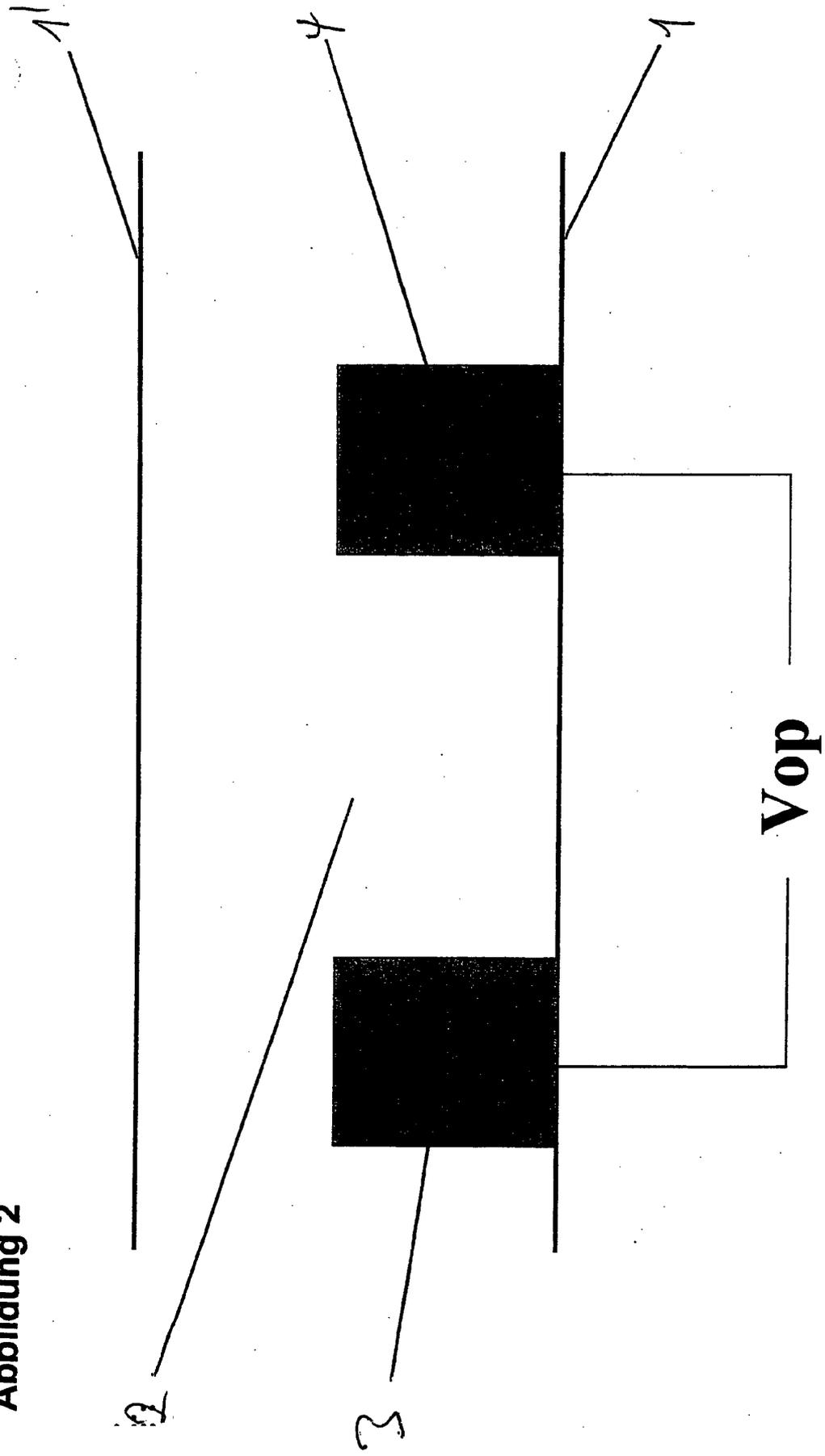


Abbildung 2



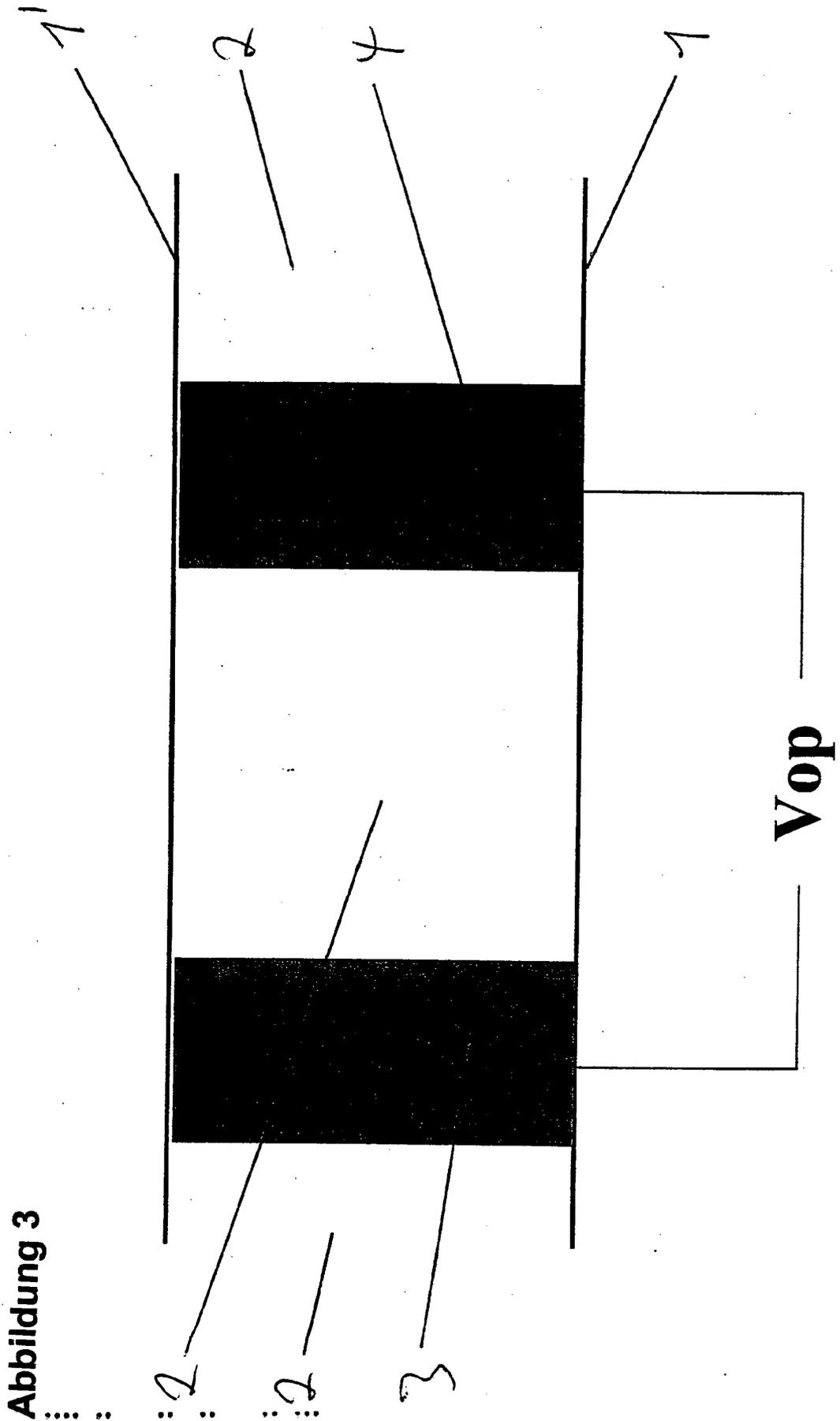


Abbildung 3

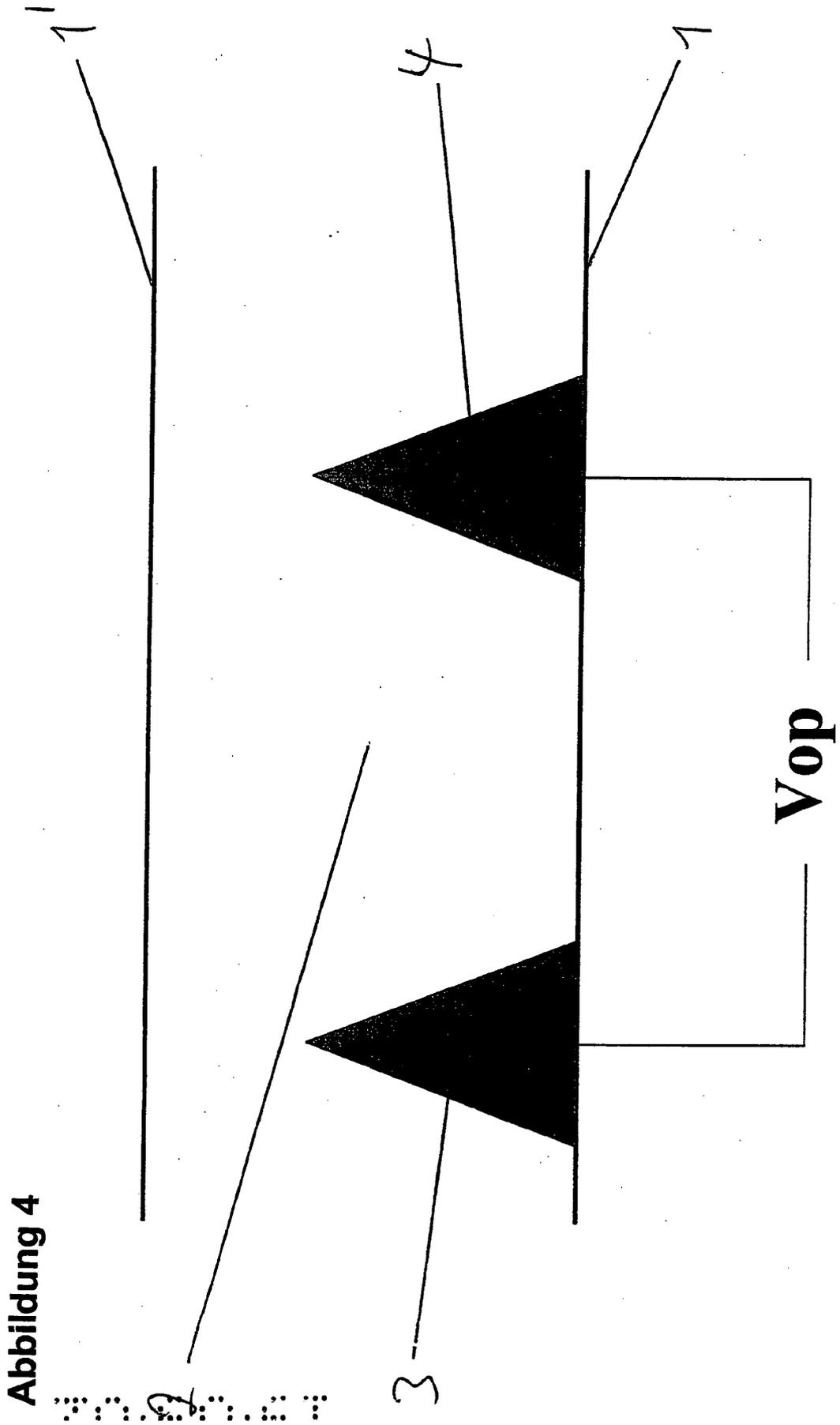


Abbildung 4

Abbildung 5

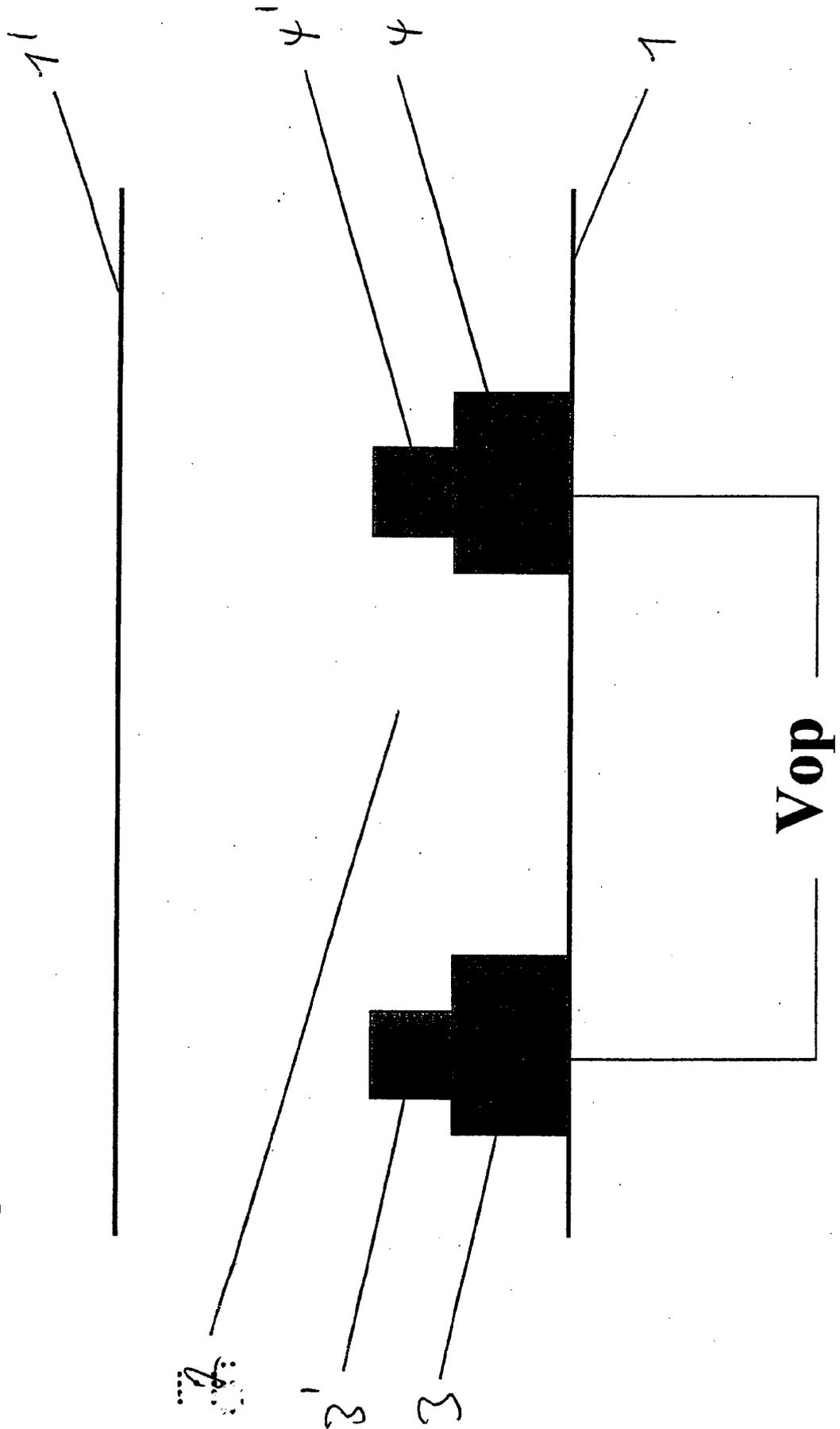
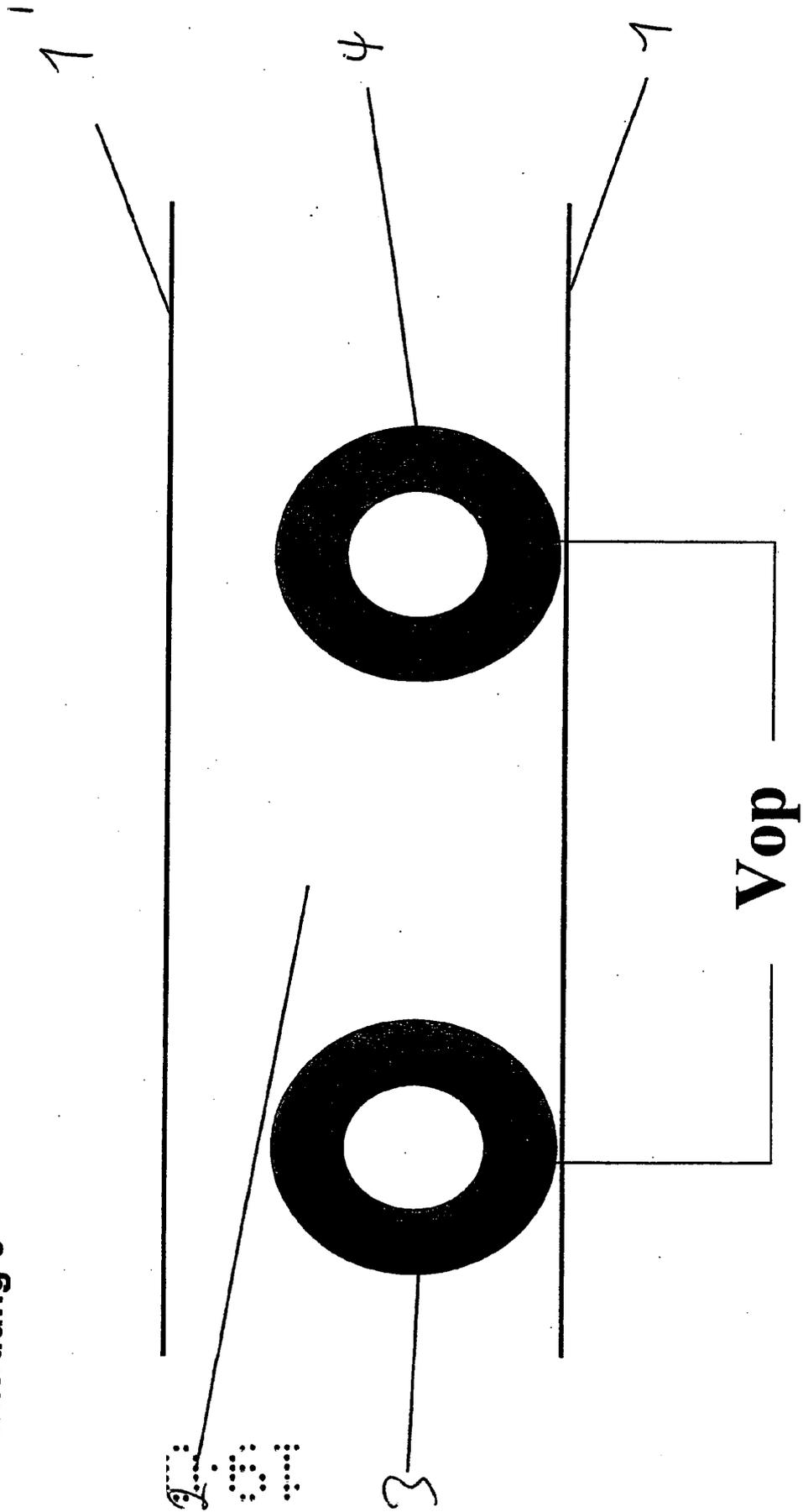
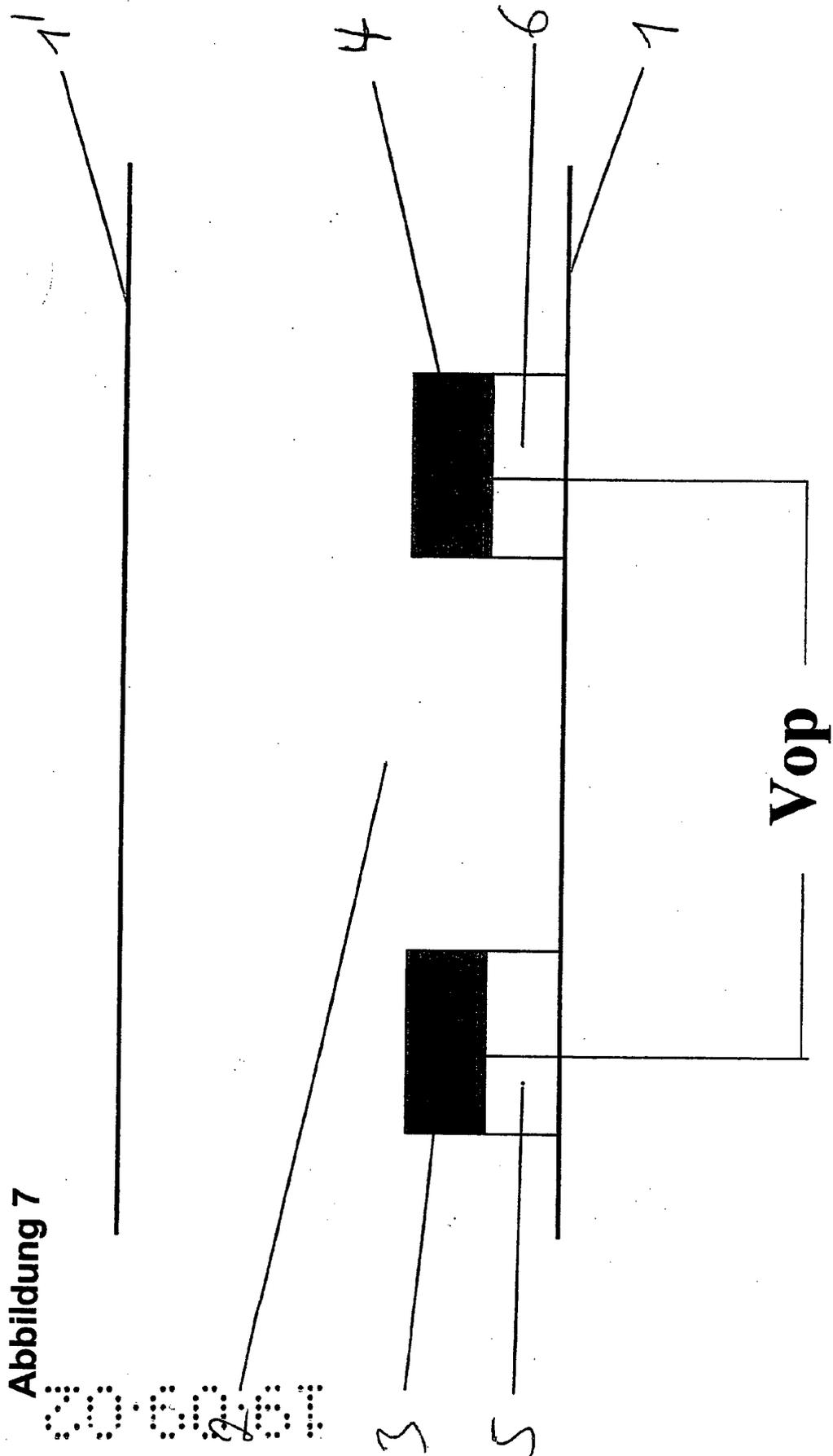


Abbildung 6





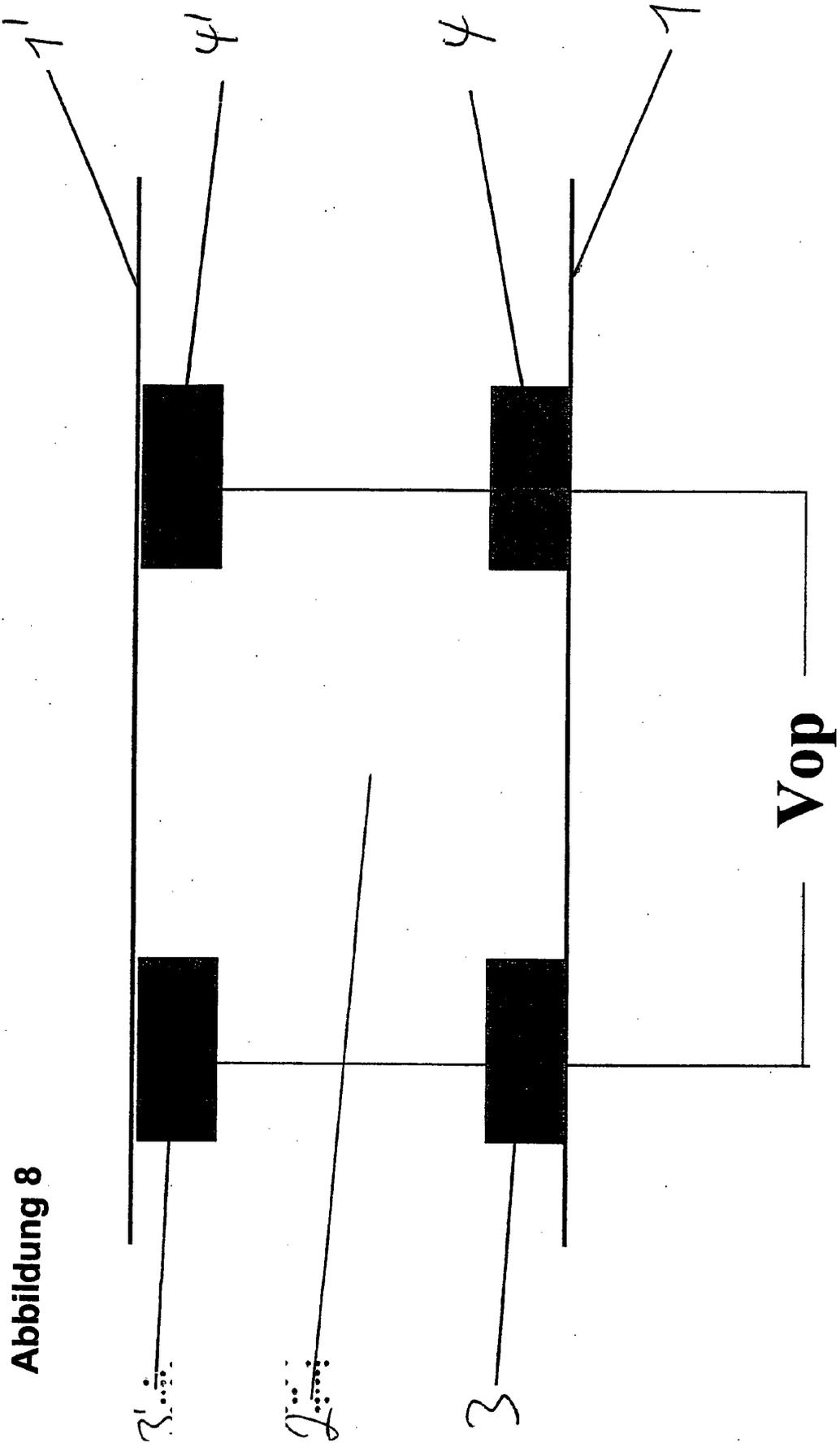


Abbildung 8

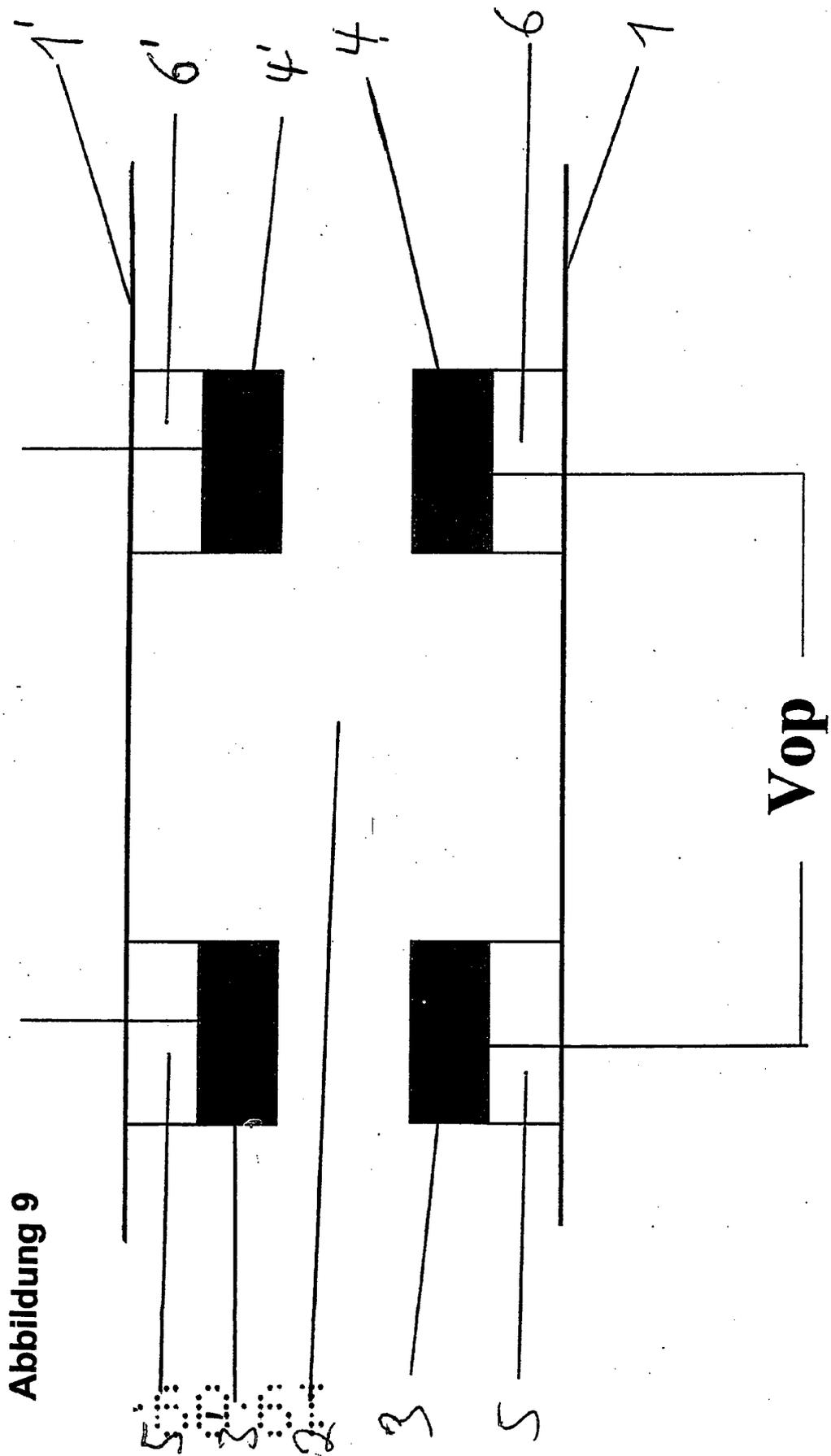


Abbildung 9

Abbildung 10

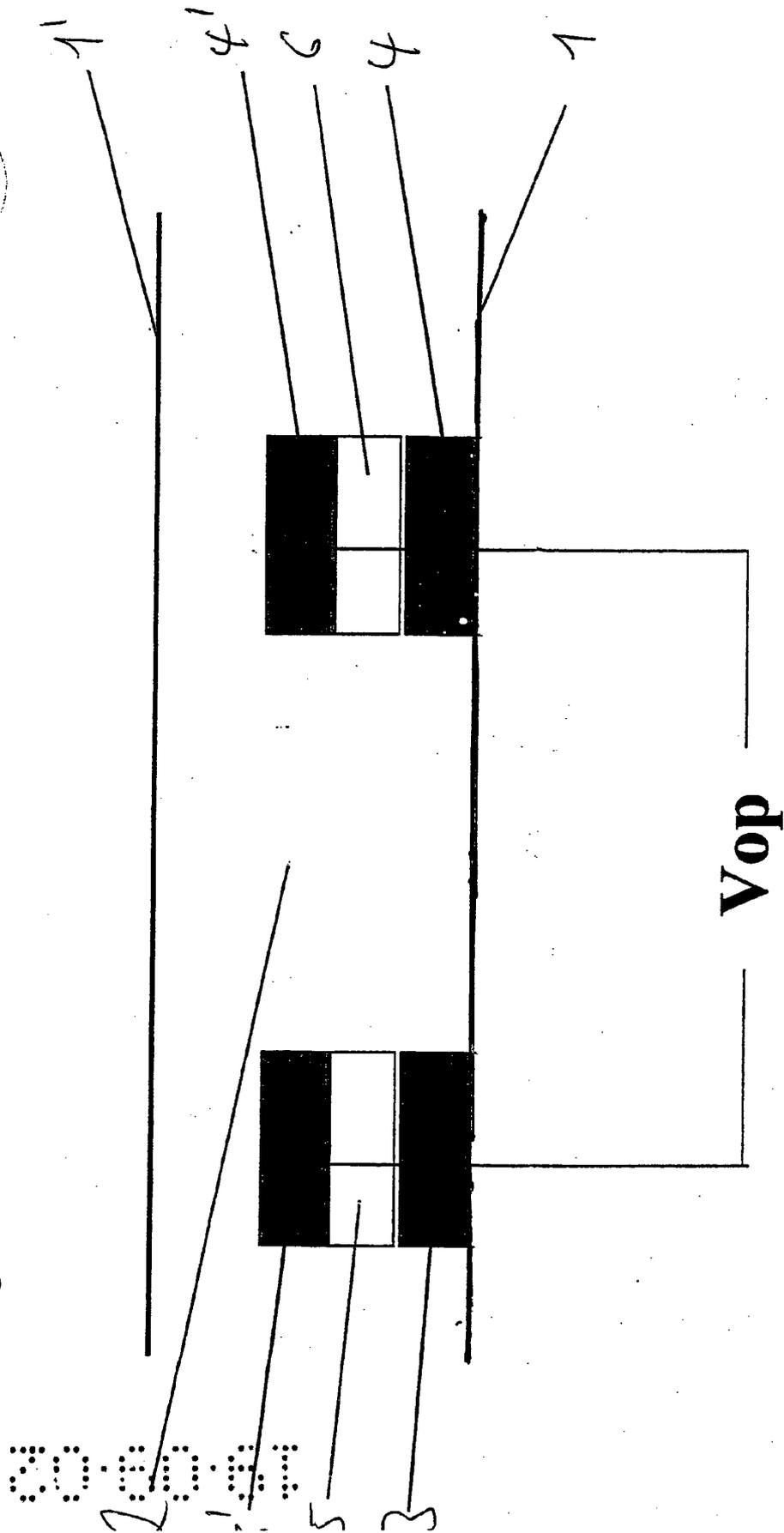
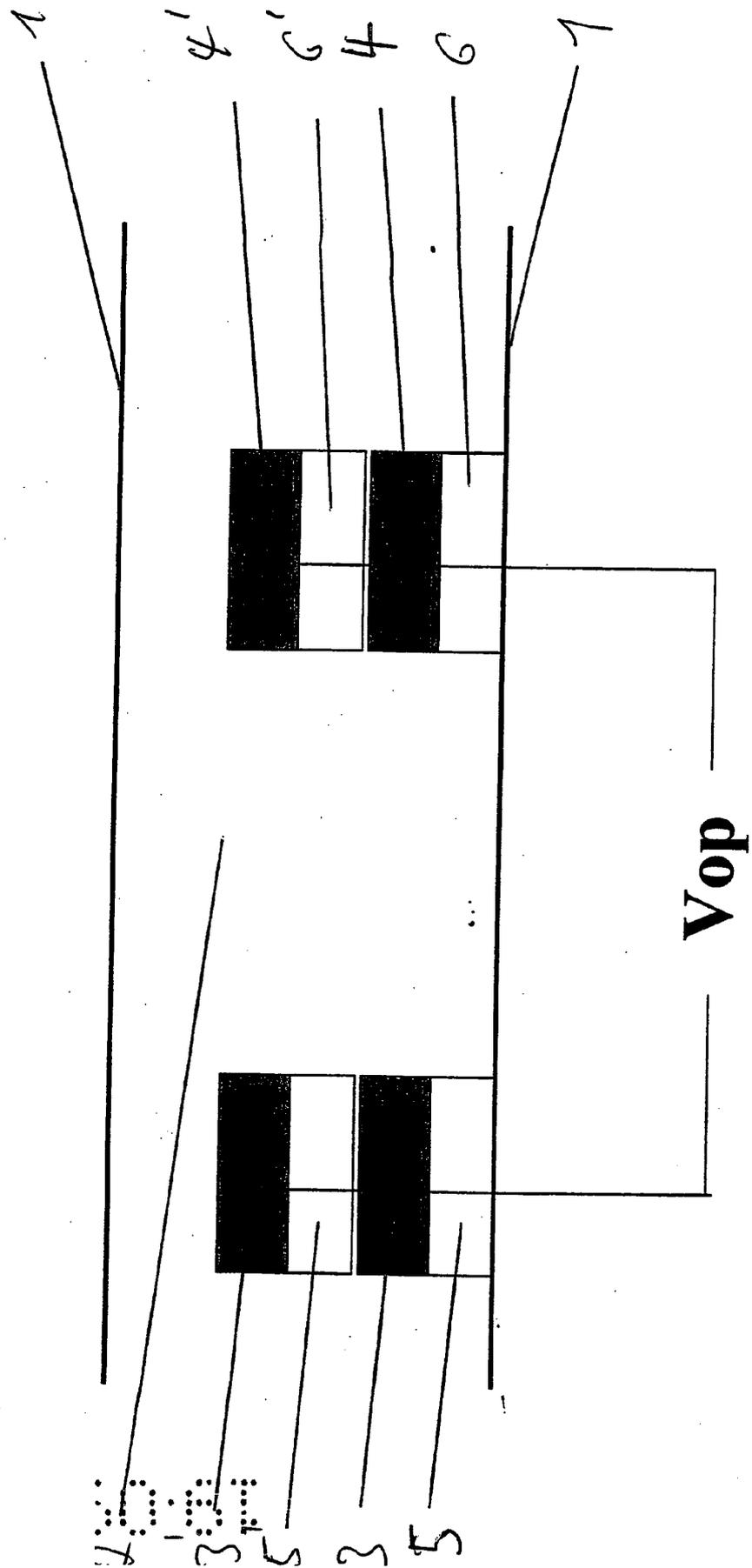
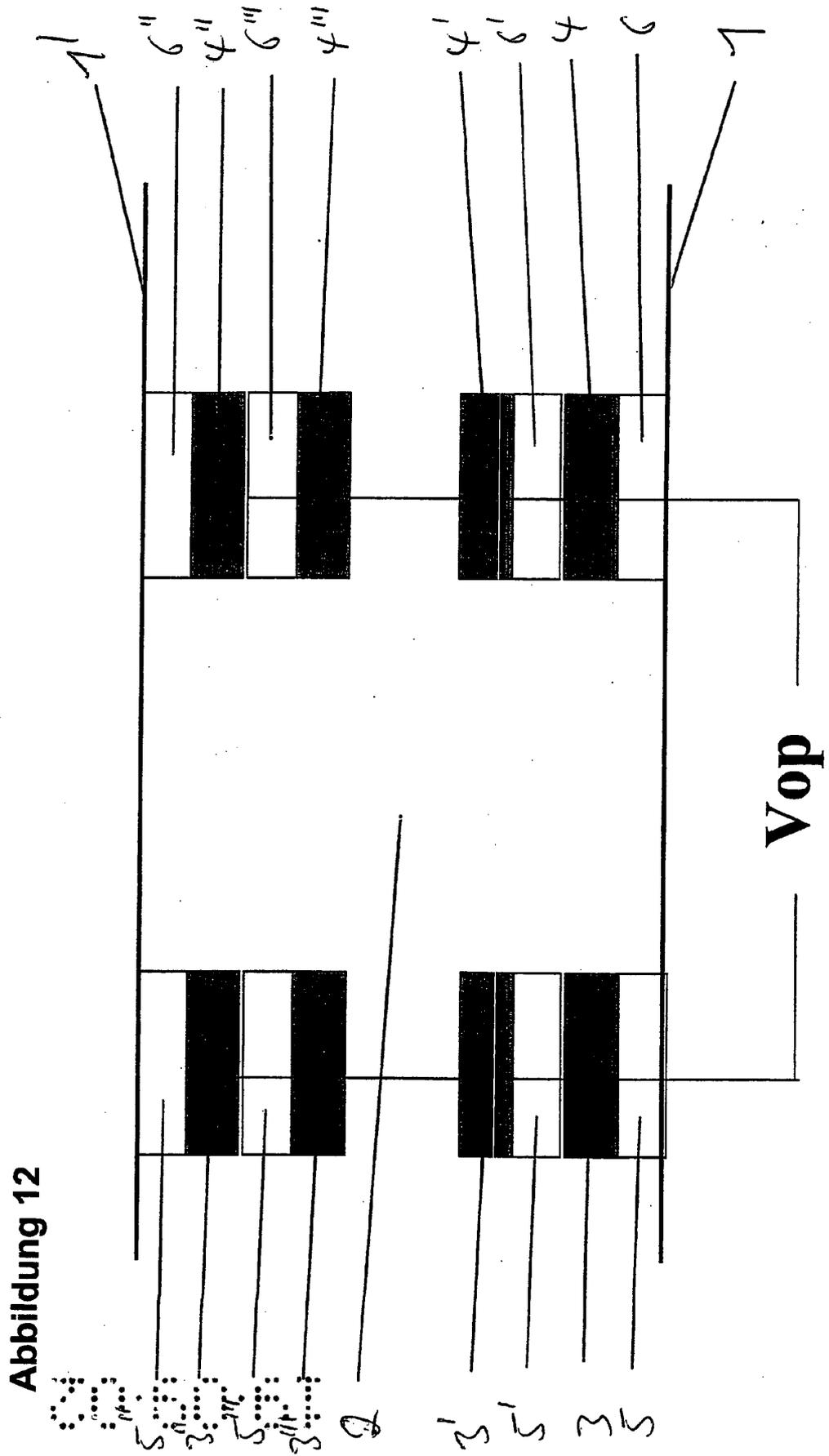


Abbildung 11





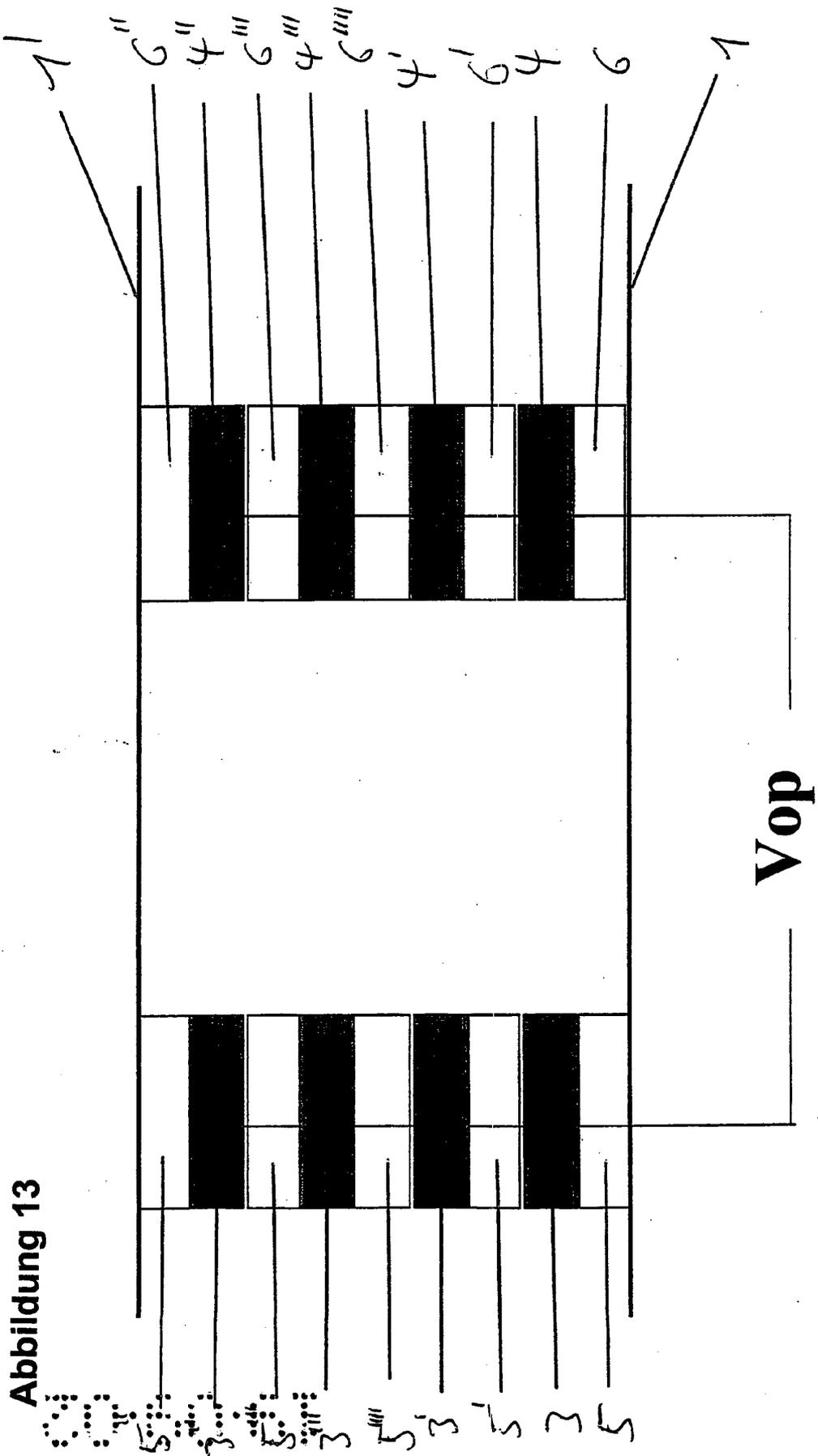


Abbildung 13