

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
13. Juli 2017 (13.07.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/118465 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C09K 19/02 (2006.01) *C09K 19/30* (2006.01)
C09K 19/60 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/002108

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Dezember 2016 (14.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
16150279.4 6. Januar 2016 (06.01.2016) EP

(71) Anmelder: **MERCK PATENT GMBH** [DE/DE];
Frankfurter Strasse 250, 64293 Darmstadt (DE).

(72) Erfinder: **JUNGE, Michael**; Mueller-Guttenbrunn-Strasse
5, 64319 Pfungstadt (DE). **BEYER, Andreas**;
Haendelstrasse 26, 63452 Hanau (DE). **FISCHER, Mila**;
Im Waldeck 17, 64367 Muehlthal (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)



WO 2017/118465 A1

(54) Title: DEVICE FOR REGULATING ENTRY OF LIGHT

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUR REGULIERUNG DES LICHTETRITTS

(57) Abstract: The application relates to a device for regulating the entry of light into a room, said device having a specially designed switchable layer containing a twisted nematic liquid-crystalline medium and a dichroic compound.

(57) Zusammenfassung: Die Anmeldung betrifft eine Vorrichtung zur Regulierung des Lichteintritts in einen Raum, welche eine speziell gestaltete schaltbare Schicht enthaltend ein verdreht nematisches flüssigkristallines Medium und eine dichroitische Verbindung aufweist.

- 1 -

Vorrichtung zur Regulierung des Lichteintritts

Die vorliegende Anmeldung betrifft eine Vorrichtung zur Regulierung des Lichteintritts in einen Raum, welche eine schaltbare Schicht enthaltend ein flüssigkristallines Medium und eine dichroitische Verbindung umfasst,
5 wobei das flüssigkristalline Medium in mindestens einem Schaltzustand der Vorrichtung in einem verdrillt nematischen Zustand vorliegt.

Unter dem Begriff Licht wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere elektromagnetische Strahlung im UV-A-, VIS-, sowie NIR-Bereich verstanden. Insbesondere wird darunter Licht einer Wellenlänge verstanden, welche von den üblicherweise in Fenstern verwendeten Materialien (z. B. Glas) nicht oder nur in einem vernachlässigbaren Umfang absorbiert wird. Gemäß den üblicherweise verwendeten Definitionen wird unter dem UV-A-Bereich eine Wellenlänge von 320 bis
10 380 nm verstanden, unter dem VIS-Bereich eine Wellenlänge von 380 nm bis 780 nm verstanden und unter dem NIR-Bereich eine Wellenlänge von 780 nm bis 2000 nm verstanden.

Unter dem Begriff flüssigkristallines Medium wird im Rahmen der vorliegenden Anmeldung ein Material verstanden, das unter bestimmten Bedingungen flüssigkristalline Eigenschaften aufweist. Typischerweise enthält das flüssigkristalline Medium gemäß der Erfindung mindestens eine Verbindung, deren Moleküle eine langgestreckte Form aufweisen, d.h. in einer Raumrichtung deutlich länger (Längsachse) sind als in den anderen
20 beiden Raumrichtungen.

Unter einer dichroitischen Verbindung wird im Rahmen der vorliegenden Anmeldung eine lichtabsorbierende Verbindung verstanden, bei der die Absorptionseigenschaften von der Orientierung der Verbindung relativ zur Polarisationsrichtung des Lichts abhängig sind. Typischerweise weist eine
30 dichroitische Verbindung gemäß der vorliegenden Anmeldung eine langgestreckte Form auf, d.h. die Verbindung ist in einer Raumrichtung deutlich länger (Längsachse) als in den anderen beiden Raumrichtungen.

35

- 2 -

5 Unter einem verdrillt nematischen Zustand (twisted nematic state) wird ein Zustand verstanden, in dem die Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums jeweils innerhalb einer Ebene, die parallel zur Ebene der schaltbaren Schicht liegt, parallel zueinander vorliegen, jedoch gegenüber den Orientierungsachsen der Moleküle benachbarter Ebenen um einen bestimmten Winkel gedreht sind. Die relative Drehung der Orientierungsachse in einer Ebene gegenüber der Orientierungsachse in einer anderen Ebene ist proportional zum Abstand der Ebenen zueinander auf einer Achse parallel zur schaltbaren Schicht, so dass die Orientierungsachsen eine Helix mit Helixachse senkrecht auf der Ebene der schaltbaren Schicht beschreiben. Fig. 2 der Abbildungen, die in 10 folgenden Abschnitten näher erläutert wird, verdeutlicht den verdrillt nematischen Zustand.

15 Auf dem Gebiet der Vorrichtungen zur Regulierung des Lichteintritts in Räume (schaltbare Fenster, smart windows) sind in der vergangenen Zeit eine Reihe von unterschiedlichen technischen Lösungen vorgeschlagen worden.

20 Eine mögliche Lösung ist die Verwendung einer schaltbaren Schicht enthaltend ein flüssigkristallines Medium in unverdrillt nematischem Zustand in Mischung mit einer oder mehreren dichroitischen Verbindungen. Durch Anlegen einer Spannung kann bei diesen schaltbaren Schichten eine Veränderung der räumlichen Orientierung der Moleküle der dichroitischen Verbindung erzielt werden, welche eine 25 Änderung der Transmission durch die schaltbare Schicht bewirkt. Eine entsprechende Vorrichtung ist beispielsweise in WO 2009/141295 beschrieben. Alternativ kann eine solche Transmissionsänderung auch ohne elektrische Spannung durch einen Temperatur-induzierten Übergang von einem isotropen Zustand des flüssigkristallinen Mediums zu einem flüssigkristallinen Zustand erzielt werden, wie beispielsweise in 30 US 2010/0259698 beschrieben.

35 In WO2015055274 wird der Einsatz von stärker verdrillter Zellen (STN-Zellen) in Fenstern beschrieben. Die offenbarten Vorrichtungen enthalten ein flüssigkristallines Medium mit dielektrisch positiver Anisotropie, wobei

- 3 -

die Verdrillungswinkel zwischen 30 und 270° bzw. bis 3*360° liegen und deren $d \cdot \Delta n < 2$ ist. Die offenbarte Schichtdicke ist hierbei kleiner 12 μm . Gerade bei diesen dünnen Schichtdicken hat sich gezeigt, dass bereits Gläser zur Herstellung von Displays unvorteilhaft wellig sind. Durch diese Substratwelligkeiten resultiert eine unvorteilhafte

5 Schichtdickenänderungen, welche wiederum zu unerwünschten optisch sichtbare Defekten (z.B. Streifen) führt. Weitaus kostengünstigere Flachgläser für Architekturanwendungen weisen zudem noch deutlich größerer Substratwelligkeiten auf. Aus diesem Grund ist der Herstellungsaufwand für derartige sehr dünne Zellen hoch, um optisch

10 sichtbare Defekte (z.B. Streifen) zu vermeiden. Zudem werden für Fensteranwendungen vorzugsweise kostengünstigere Herstellungsprozesse verwendet, welche nicht denen eines klassischen LCD-Herstellprozeß mit einem Reinraum hoher Güte entsprechen. In diesem Zusammenhang sind daraus resultierende, potentielle

15 Partikeldefekte besonders stark bei dünnen Schichtdicken zu erkennen.

Es ist in diesem Zusammenhang von Interesse, Vorrichtungen zur Regulierung des Lichteintritts in einen Raum bereitzustellen, welche eine möglichst große Energie-Regulationsfähigkeit aufweisen, d.h. beim

20 Schalten einen möglichst großen Unterschied in ihrer Lichtdurchlässigkeit aufweisen. Dieser Unterschied wird auch als Schalhub oder Hub bezeichnet. Durch einen möglichst großen Schalhub können die Vorrichtungen den Energie-Eintrag in einen Raum und damit beispielsweise die Temperatur dieses Raums effektiv regulieren. Weiterhin

25 ist es von Interesse, dass die Vorrichtungen möglichst einfach konstruiert sind, insbesondere möglichst wenige Schichten aufweisen und deren Herstellungsprozess massenfertigungskompatibel ist. Zudem sollten die Vorrichtungen eine möglichst geringe elektrische Spannung für den Schaltvorgang benötigen, also energieeffizient arbeiten. Die verwendeten

30 flüssigkristallinen Mischungen sollten eine hohe Tieftemperaturstabilität gegne Kristallisation bei -20°C , vorzugsweise -30°C und besonders bei -40°C aufweisen, welche vorzugsweise mehr als 3 Monate bestand hat. Moderne Vorrichtungen sollten zudem bei relativ hohen Temperaturen größer 80°C , vorzugsweise größer 90°C insbesondere 105°C noch

35 funktionsfähig sein. Desweiteren sollten die Vorrichtungen ein optisch

- 4 -

einheitliches Erscheinungsbild über die Fläche aufweisen, bei dem Schichtdickenänderungen durch die Substratwelligkeiten bezogen auf ein Flächen-Subelement von 10x10cm bezogen auf kleinste und größte beobachtete Schichtdicke kleiner 10% vorzugsweise kleiner 5% und besonders bevorzugt kleiner 1% sind.

5

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde nun gefunden, dass eine oder mehrere der oben genannten technischen Aufgaben, vorzugsweise gleichzeitig, durch Bereitstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Regulierung des Lichteintritts, die insbesondere eine größere

10 Schaltschichtdicke mit einer Dicke von mehr als 12 µm aufweist, gelöst werden können.

Gegenstand der Erfindung ist daher eine Vorrichtung zur Regulierung des Lichteintritts in einen Raum, umfassend eine schaltbare Schicht S mit einer

15 Dicke von mehr als 12 µm, enthaltend ein flüssigkristallines Medium, das mindestens eine dichroitische Verbindung enthält,

wobei für die Dicke d der Schicht S und die optische Anisotropie Δn des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S gilt:

20

$$d < 1 \mu\text{m} / \Delta n$$

und wobei die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S im Schaltzustand der Vorrichtung ohne angelegte elektrische Spannung oder

25 im Schaltzustand der Vorrichtung mit angelegter elektrischer Spannung in einem verdrillt nematischen Zustand vorliegen.

Die optische Anisotropie wird dabei bei 20°C und 589 nm bestimmt wie in "Merck Liquid Crystals, Physical Properties of Liquid Crystals", Status Nov.

30 1997, Merck KGaA, Deutschland angegeben.

Bevorzugt gilt für die Dicke d der Schicht S und die optische Anisotropie Δn des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S:

35 $d < 0.9 \mu\text{m} / \Delta n$ und $d > 0.2 \mu\text{m} / \Delta n$.

- 5 -

Besonders bevorzugt gilt:

$$d < 0.75 \mu\text{m} / \Delta n \text{ und } d > 0.5 \mu\text{m} / \Delta n.$$

5 Bevorzugt umfasst die Vorrichtung eine oder mehrere, besonders bevorzugt zwei Orientierungsschichten, welche direkt angrenzend an die schaltbare Schicht S angeordnet sind. Es ist erfindungsgemäß bevorzugt, dass genau eine Orientierungsschicht, bezeichnet als O1, an die eine Seite der schaltbaren Schicht S angrenzt, und genau eine andere Orientierungsschicht, bezeichnet als O2, an die gegenüberliegende Seite
10 der schaltbaren Schicht S angrenzt.

Bevorzugt bewirken die Orientierungsschichten eine planare Anordnung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S angrenzend an die Orientierungsschicht. Sie können gemäß einer alternativen
15 Ausführungsform der Erfindung jedoch auch so gestaltet sein, dass sie eine senkrechte Anordnung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S angrenzend an die Orientierungsschicht bewirken.

Weiterhin bevorzugt bewirken die Orientierungsschichten eine Ausrichtung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S an der Grenzfläche zur jeweiligen Orientierungsschicht entlang der Reiberichtung der Orientierungsschicht. Es ist bevorzugt, dass die Orientierungsschichten O1 und O2 derart gestaltet sind, dass sie im angrenzenden Bereich der Schicht S jeweils unterschiedlich ausgerichtete Orientierungsachsen der
20 Moleküle des flüssigkristallinen Mediums bewirken. Dies führt zu einer Verdrillung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums.
25

Es ist bevorzugt, dass die Reiberichtungen der Orientierungsschichten O1 und O2 einen Winkel von 30 bis 360° einschließen, besonders bevorzugt
30 einen Winkel von 135° bis 360°, ganz besonders bevorzugt einen Winkel von 160 bis 270°, und am stärksten bevorzugt einen Winkel von 230 bis 255°.

Bevorzugt sind die Orientierungsschichten Polyimid-Schichten. Besonders
35 bevorzugt weisen die Orientierungsschichten an ihrer Oberfläche

- 6 -

angrenzend an die Schicht S geriebenes Polyimid auf. Auf bestimmte, dem Fachmann bekannte Art geriebenes Polyimid führt zu einer Vorzugsausrichtung der Verbindungen des flüssigkristallinen Mediums in Reiberichtung, wenn die Verbindungen planar zur Orientierungsschicht vorliegen. Weiterhin können Polymere, die durch einen

5 Belichtungsvorgang mit polarisiertem Licht erhalten wurden, als Orientierungsschicht zum Erreichen einer Vorzugsrichtung der Verbindungen des flüssigkristallinen Mediums verwendet werden (photoalignment).

10 Für Orientierungsschichten, die eine senkrechte Anordnung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums bewirken sollen, sind dem Fachmann entsprechende Ausführungsformen bekannt.

Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Moleküle des flüssigkristallinen

15 Mediums bei der homogenen Ausrichtung im Zustand ohne angelegte Spannung nicht völlig planar auf der Orientierungsschicht vorliegen, sondern einen leichten Aufstellwinkel aufweisen (pretilt). Bevorzugt schließen die Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S bei homogener Ausrichtung im Zustand ohne

20 angelegte Spannung einen Winkel von 1° bis 10° mit der Ebene der Orientierungsschicht O1 bzw. O2 ein, besonders bevorzugt einen Winkel von 2° bis 9° , und ganz besonders bevorzugt einen Winkel von 3° bis 8° . Dies kann durch geeignete Ausgestaltung der Orientierungsschicht erreicht werden. Verfahren hierzu sind dem Fachmann bekannt, beispielsweise

25 durch geeignete Wahl der Curing-Zeiten und Curing-Temperaturen für kommerziell erhältlich Polyimid-Ausgangsstoffe nach empirischen Verfahren und/oder Herstellerangaben. Durch die Wahl eines Pretiltwinkels im bevorzugten Bereich kann ein besonders homogenes Erscheinungsbild der Vorrichtung in der Durchsicht erreicht werden, und optische Störungen

30 werden vermieden.

Für den alternativen Fall der homeotropen Ausrichtung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums im Zustand ohne angelegte Spannung ist es bevorzugt, dass die Orientierungsachsen der Moleküle nicht völlig

35 senkrecht auf der Ebene der Orientierungsschicht O1 bzw. O2 stehen,

- 7 -

sondern mit dieser einen leicht von 90° abweichenden Winkel einschließen. Bevorzugt beträgt der Winkel, der in diesem Fall von den Orientierungsachsen mit der Ebene der Orientierungsschicht O1 bzw. O2 eingeschlossen wird 89° bis 70°, besonders bevorzugt 88° bis 75° und ganz besonders bevorzugt 87° bis 80°.

5

Weiterhin bevorzugt ist in der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Schicht S zwischen zwei Substratschichten angeordnet bzw. von diesen eingeschlossen. Die Substratschichten können beispielsweise aus Glas oder einem Polymer bestehen, insbesondere aus Glas, PET, PEN, PVB oder PMMA.

10

Bevorzugt ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass sie keinen Polarisator auf Polymerbasis, besonders bevorzugt keinen in fester Materiephase vorliegenden Polarisator und ganz besonders bevorzugt überhaupt keinen Polarisator umfasst.

15

Die Vorrichtung kann jedoch gemäß einer alternativen Ausführungsform auch einen oder mehrere Polarisatoren aufweisen. Bevorzugt sind dies Linearpolarisatoren. Wenn ein oder mehrere Polarisatoren vorhanden sind, so sind diese bevorzugt parallel zur Schicht S angeordnet.

20

Wenn genau ein Polarisator vorhanden ist, so ist dessen Absorptionsrichtung bevorzugt senkrecht stehend zur Vorzugsausrichtung der flüssigkristallinen Verbindungen des flüssigkristallinen Mediums der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf derjenigen Seite der Schicht S, auf der sich der Polarisator befindet.

25

In der erfindungsgemäßen Vorrichtung können sowohl absorptive als auch reflektive Polarisatoren eingesetzt werden. Bevorzugt werden Polarisatoren verwendet, die als dünne optische Filme vorliegen. Beispiele für reflektive Polarisatoren, die in der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendet werden können, sind DRPF- (diffusive reflective polariser film, 3M), DBEF- (dual brightness enhanced film, 3M), DBR- (layered-polymer distributed Bragg reflectors, wie in US 7,038,745 und US 6,099,758 beschrieben) und APF-Filme (advanced polariser film, 3M, vgl. Technical

30

35

Digest SID 2006, 45.1, US 2011/0043732 und US 7023602). Weiterhin können Polarisatoren basierend auf Drahtgittern (WGP, wire-grid-polarisers), welche Infrarotlicht oder VIS-Licht reflektieren, eingesetzt werden. Beispiele für absorptive Polarisatoren, welche in den erfindungsgemäßen Vorrichtungen eingesetzt werden können, sind der
5 Itos XP38-Polarisatorfilm und der Nitto Denko GU-1220DUN-Polarisatorfilm. Ein Beispiel für einen circularen Polarisator, welcher erfindungsgemäß verwendet werden kann, ist der Polarisator APNCP37-035-STD (American Polarizers). Ein weiteres Beispiel ist der Polarisator CP42 (ITOS).

10

Es ist bevorzugt, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung genau eine schaltbare Schicht aufweist.

Bevorzugt hat die Schicht S eine Dicke von 13 bis 50 μm , besonders
15 bevorzugt von 14 bis 45 μm und ganz besonders bevorzugt von 15 bis 40 μm . Dies bewirkt insbesondere ein optisch einheitliches Erscheinungsbild über die Fläche, bei dem Schichtdickenänderungen durch die Substratwelligkeiten bezogen auf ein Flächen-Subelement von 10x10cm bezogen auf kleinste und größte beobachtete Schichtdicke kleiner 10%,
20 vorzugsweise kleiner 5% und besonders bevorzugt kleiner 1% sind.

Bevorzugt weist die Schicht S einen Lichttransmissionsgrad des Hellzustands $\tau_{v \text{ hell}}$, berechnet nach der Europäischen Norm EN410, Gleichung (1), von mindestens 30%, bevorzugt mindestens 35%,
25 besonders bevorzugt mindestens 40% und ganz besonders bevorzugt mindestens 50% auf. Der Lichttransmissionsgrad des Hellzustands $\tau_{v \text{ hell}}$ der schaltbaren Schicht wird in Prozent angegeben. Er wird berechnet aus dem Verhältnis des Lichttransmissionsgrads der schaltbaren Schicht im Hellzustand der Vorrichtung bezogen auf eine Vorrichtung mit schaltbarer
30 Schicht ohne Farbstoff als Referenz. Er wird nach der Europäischen Norm EN410, Gleichung (1) (Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen) ermittelt aus den spektralen Transmissionsgraden unter Berücksichtigung der relativen spektralen Verteilung der Normlichtart und des spektralen
35 Hellempfindlichkeitsgrads des Normalbeobachters.

5 Bevorzugt ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht S mindestens zwei verschiedene dichroitische Verbindungen aufweist, bevorzugt genau 2, 3, 4, 5 oder 6 verschiedene dichroitische Verbindungen, besonders bevorzugt genau 2, 3 oder 4 verschiedene dichroitische Verbindungen.

Es ist weiterhin bevorzugt, dass mindestens eine der dichroitischen Verbindungen lumineszierend ist, bevorzugt fluoreszierend.

10 Unter Fluoreszenz wird dabei verstanden, dass eine Verbindung durch Absorption von Licht einer bestimmten Wellenlänge in einen elektronisch angeregten Zustand versetzt wird, wobei die Verbindung anschließend unter Emission von Licht in den Grundzustand übergeht. Bevorzugt hat das emittierte Licht eine längere Wellenlänge als das absorbierte Licht.
15 Weiterhin bevorzugt ist der Übergang vom angeregten Zustand in den Grundzustand spin-erlaubt, erfolgt also ohne Änderung des Spins. Weiterhin bevorzugt ist die Lebensdauer des angeregten Zustands der fluoreszierenden Verbindung kürzer als 10^{-5} s, besonders bevorzugt kürzer als 10^{-6} s, ganz besonders bevorzugt zwischen 10^{-9} und 10^{-7} s.

20 Die Absorptionsspektren der dichroitischen Verbindungen im flüssigkristallinen Medium ergänzen sich bevorzugt derart, dass für das Auge der Eindruck von schwarzer Farbe der Vorrichtung entsteht. Besonders bevorzugt ist die Vorrichtung in allen ihren Schaltzuständen in
25 der Durchsicht farblos, wobei ein grauer oder schwarzer Eindruck ebenfalls als farblos gilt.

30 Bevorzugt decken die zwei oder mehr dichroitischen Verbindungen des flüssigkristallinen Mediums einen großen Teil des sichtbaren Spektrums ab. Bevorzugt wird dies dadurch erreicht, dass mindestens eine dichroitische Verbindung rotes Licht absorbiert, mindestens eine grünes bis gelbes Licht absorbiert und mindestens eine blaues Licht absorbiert.

35 Wie genau eine Mischung von dichroitischen Verbindungen hergestellt werden kann, die für das Auge schwarz bzw. grau erscheint, ist dem

- 10 -

Fachmann bekannt und beispielsweise in Manfred Richter, Einführung in die Farbmétrie, 2. Auflage, 1981, ISBN 3-11-008209-8, Verlag Walter de Gruyter & Co., beschrieben.

5 Weiterhin bevorzugt absorbieren die dichroitischen Verbindungen vorwiegend Licht im UV-VIS-NIR-Bereich, d. h. in einem Wellenlängenbereich von 320 bis 2000 nm. UV-Licht, VIS-Licht und NIR-Licht sind dabei wie oben definiert. Besonders bevorzugt weisen die dichroitischen Verbindungen Absorptionsmaxima auf, die im Bereich von 400 bis 1300 nm liegen.

10

Der Anteil aller dichroitischen Verbindungen zusammen im flüssigkristallinen Medium beträgt bevorzugt insgesamt 0.01 bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 0.1 bis 7 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt 0.2 bis 7 Gew.-%. Der Anteil einer einzelnen dichroitischen Verbindung beträgt bevorzugt 0.01 bis 10 Gew.-%, bevorzugt 0.05 bis 7 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt 0.1 bis 7 Gew.-%.

15

Der genau bevorzugte Anteil der dichroitischen Verbindungen am flüssigkristallinen Medium ist abhängig von der Dicke der Schicht S. Es ist insbesondere bevorzugt, dass das Produkt aus Anteil der dichroitischen Verbindungen an der flüssigkristallinen Schicht und der Dicke der Schicht zwischen $8 \text{ und } 40 \text{ Gew.-%} * \mu\text{m}$, besonders bevorzugt zwischen $10 \text{ und } 35 \text{ Gew.-%} * \mu\text{m}$ liegt.

20

25 Weiterhin bevorzugt sind die dichroitischen Verbindungen gewählt aus den in B. Bahadur, Liquid Crystals - Applications and Uses, Vol. 3, 1992, World Scientific Publishing, Abschnitt 11.2.1 angegebenen Verbindungsklassen und besonders bevorzugt aus den in der dort vorhandenen Tabelle aufgeführten expliziten Verbindungen.

30

Bevorzugt ist mindestens eine dichroitische Verbindung, besonders bevorzugt sind alle dichroitischen Verbindungen gewählt aus Azoverbindungen, Anthrachinonen, Methinverbindungen, Azomethinverbindungen, Merocyaninverbindungen, Naphthochinonen,

35

- 11 -

Tetrazinen, Perylenen, Terrylenen, Quaterrylenen, höheren Rylenen, Squarainen, Benzothiadiazolen, Diketopyrrolopyrrolen und Pyrromethenen.

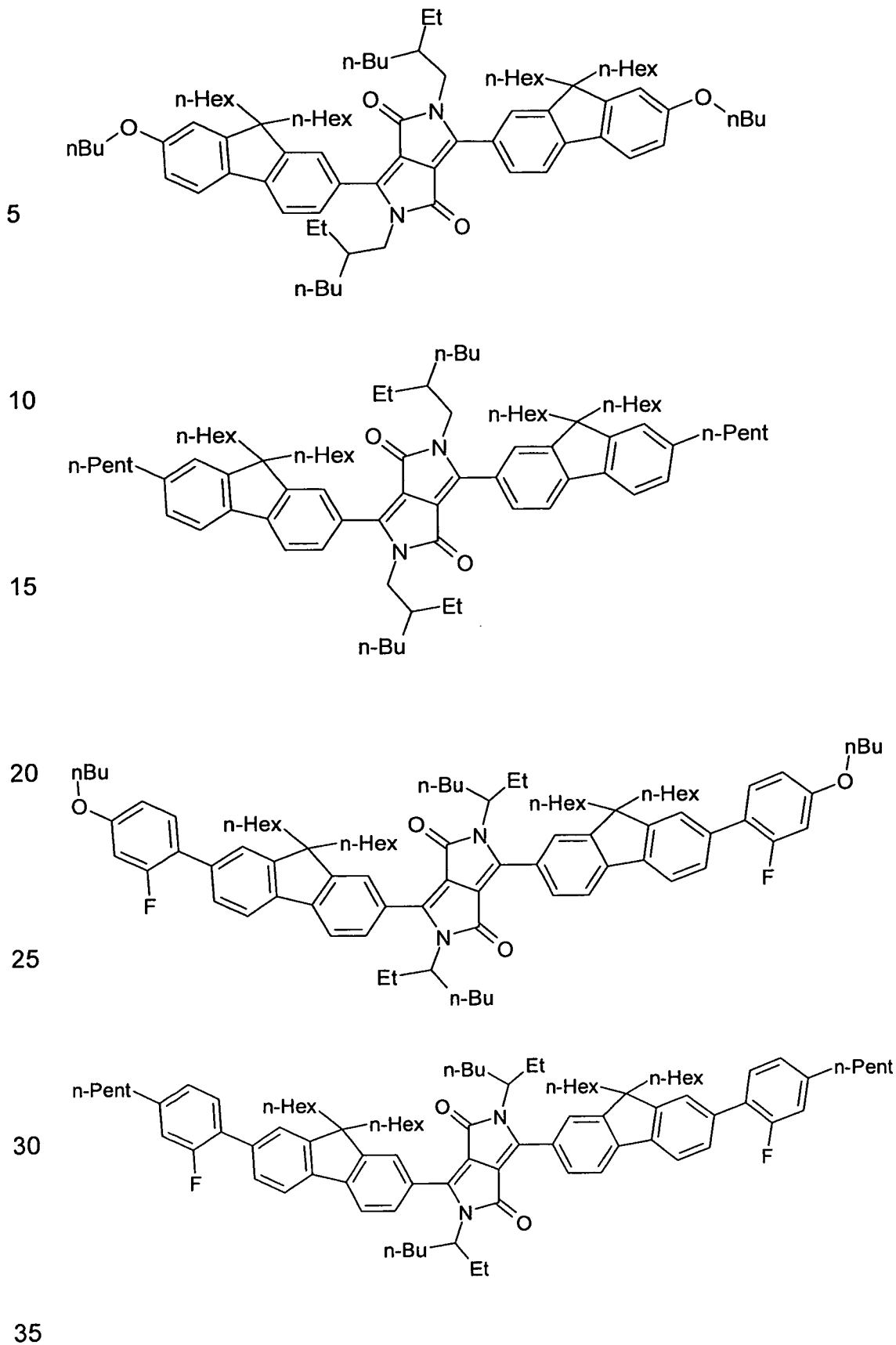
5 Anthrachinonfarbstoffe sind beispielsweise beschrieben in EP 34832, EP 44893, EP 48583, EP 54217, EP 56492, EP 59036, GB 2065158, GB 2065695, GB 2081736, GB 2082196, GB 2094822, GB 2094825, JP-OS 55-123673, DE 3017877, DE 3040102, DE 3115147, DE 3115762, DE 3150803 und DE 3201120, Naphthochinonfarbstoffe sind beispielsweise beschrieben in DE 3126108 und DE 3202761, Azofarbstoffe in EP 43904, DE 3123519, WO 82/2054, GB 2079770, JP-OS 56-57850, JP-OS 56-104984, US 4308161, US 4308162, US 4340973, T. Uchida, C. Shishido, H. Seki und M. Wada: Mol. Cryst. Liq. Cryst. 39, 39-52 (1977) und H. Seki, C. Shishido, S. Yasui und T. Uchida: Jpn. J. Appl. Phys. 21, 191-192 (1982), und Perylene in EP 60895, EP 68427 und WO 82/1191.

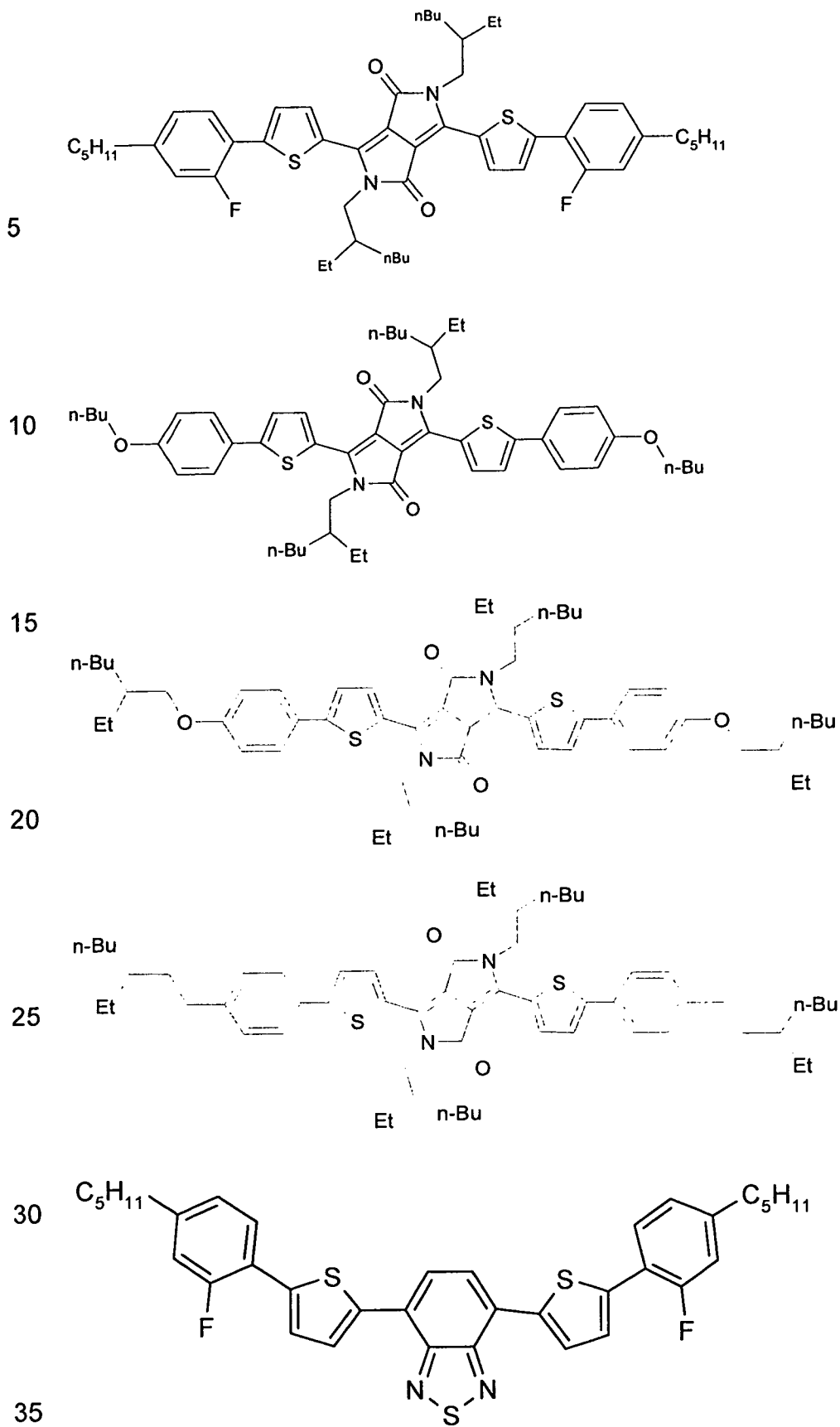
15 Ganz besonders bevorzugt sind Benzothiadiazol-Farbstoffe, wie beispielsweise in JP 2008/268762, JP 2003/104976, WO2004002970, X. Zhang et al., J. Mater. Chem. 2004, 14, 1901-1904, X. Zhang et al., J. Mater. Chem., 2006, 16, 736-740, und X. Li et al., Org. Lett. 2008, 10, 17, 3785-3787, und in der noch nicht offengelegten Anmeldung EP 13002711.3 offenbart. Weiterhin ganz besonders bevorzugt sind Rylen-Farbstoffe, wie beispielsweise in EP 2166040, US 2011/0042651, EP 68427, EP 47027, EP 60895, DE 3110960 und EP 698649 offenbart. Weiterhin ganz besonders bevorzugt sind Diketopyrrolopyrrole, wie beispielsweise in WO 2015/090497 offenbart.

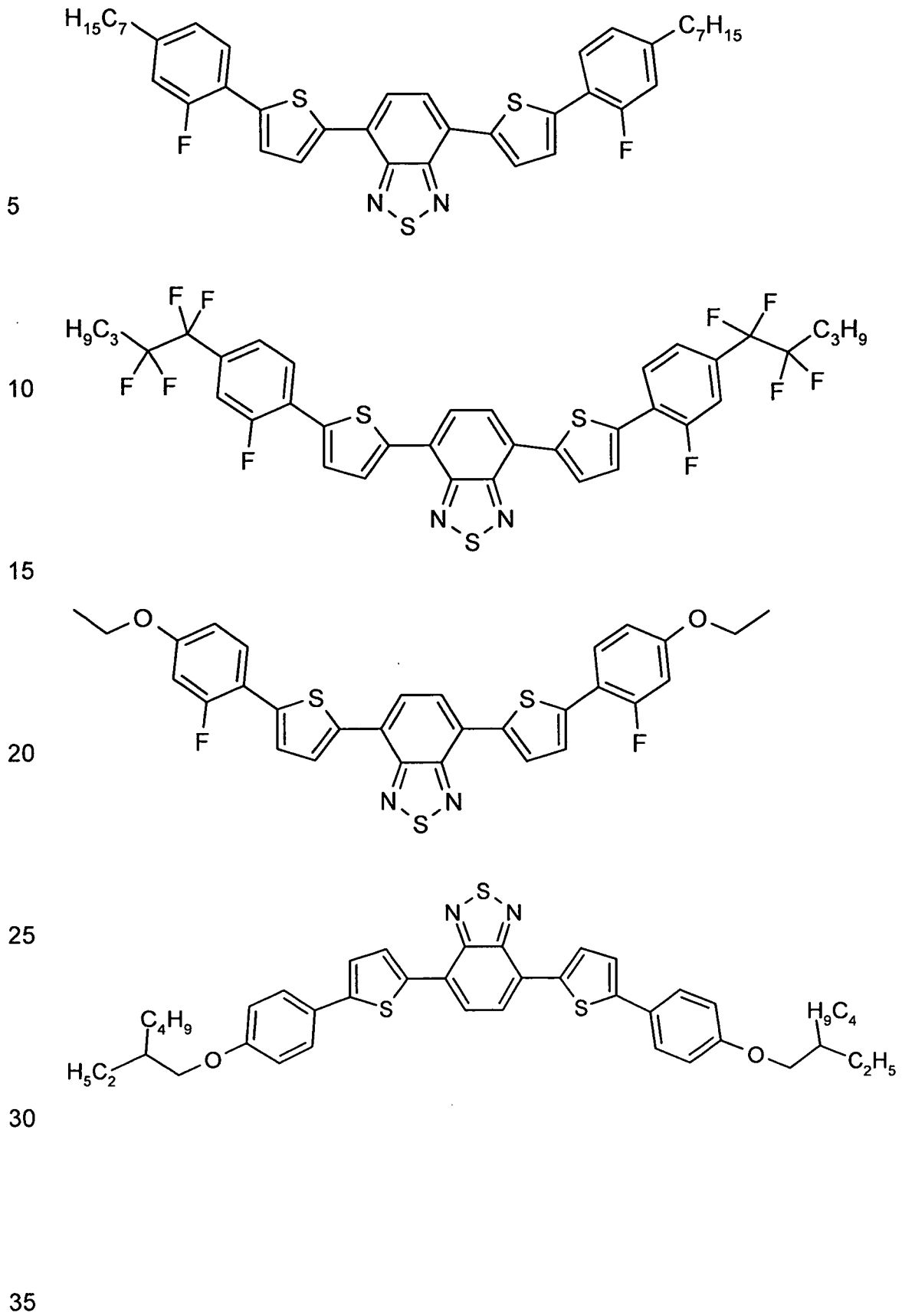
25 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält das flüssigkristalline Medium ausschließlich dichroitische Verbindungen gewählt aus den Klassen der Benzothiadiazol-Farbstoffe, Azofarbstoffe, Diketopyrrolopyrrolfarbstoffe und Rylen-Farbstoffe.

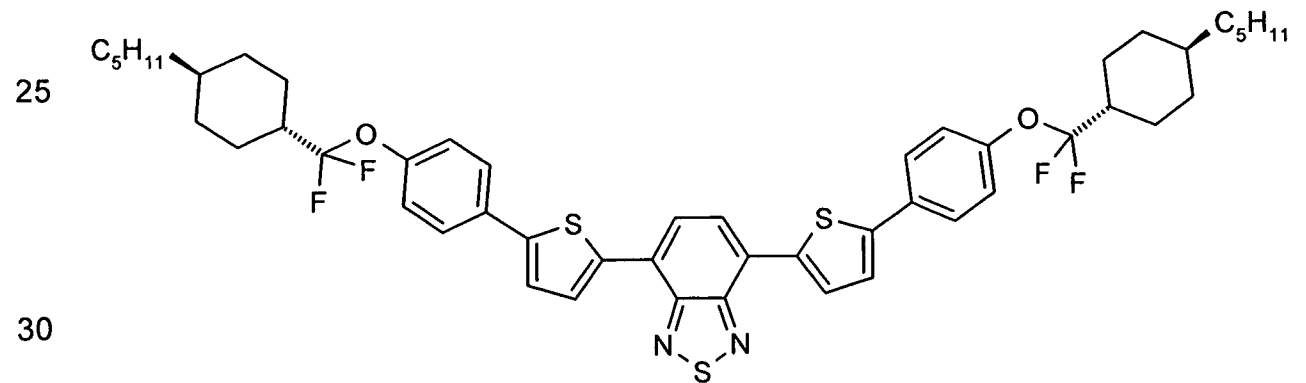
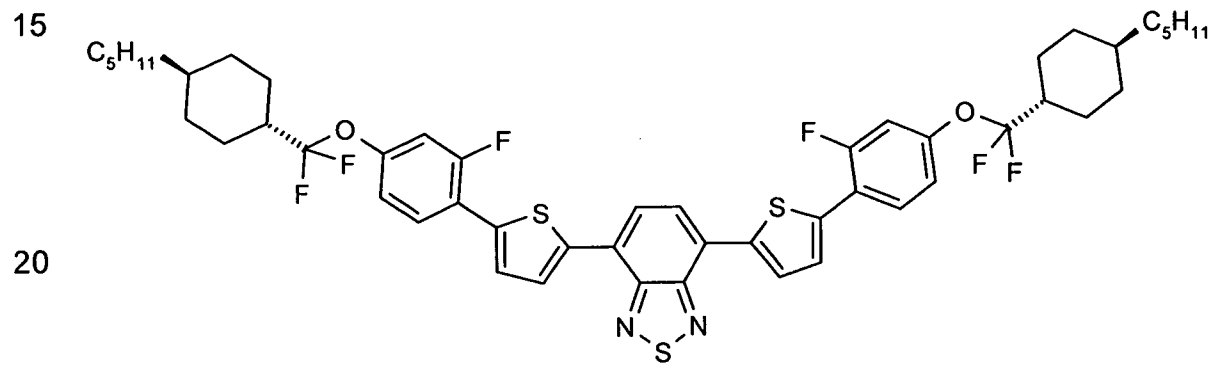
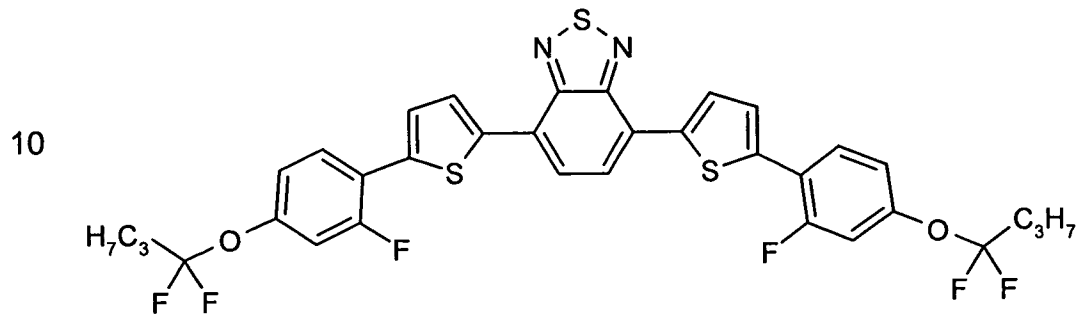
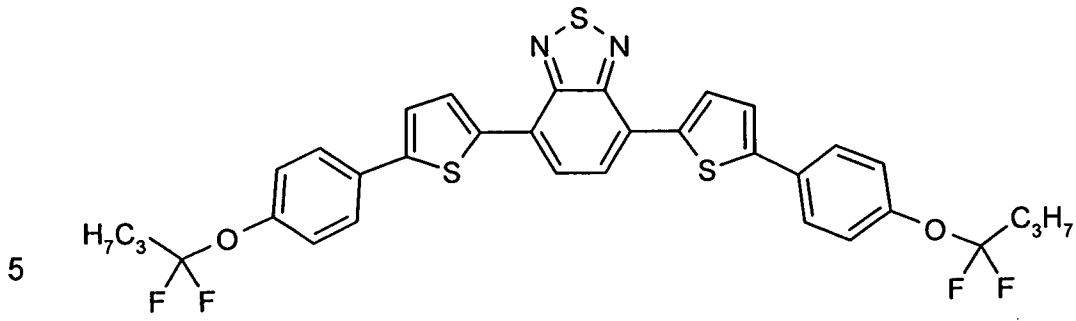
30 Beispiele für bevorzugte dichroitische Verbindungen, die im flüssigkristallinen Medium enthalten sein können, sind in der folgenden Tabelle abgebildet.

35



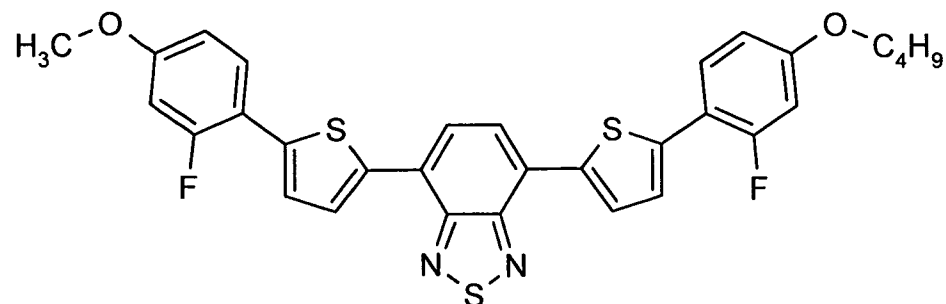
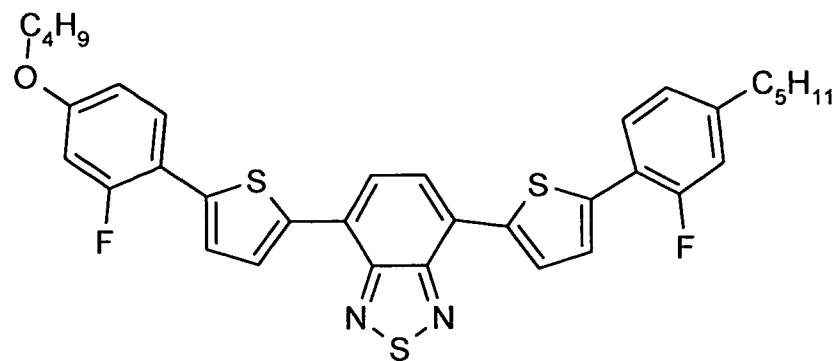
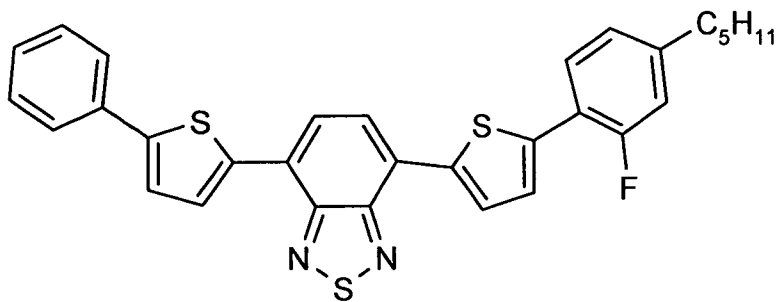
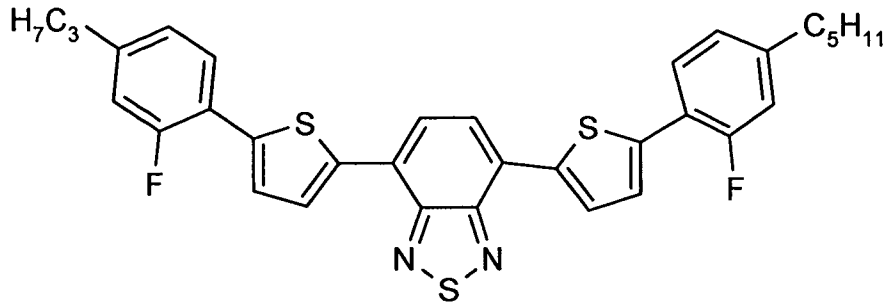
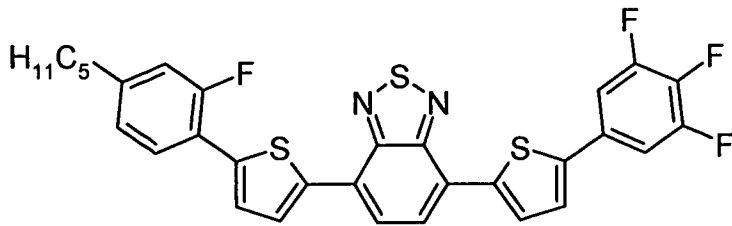


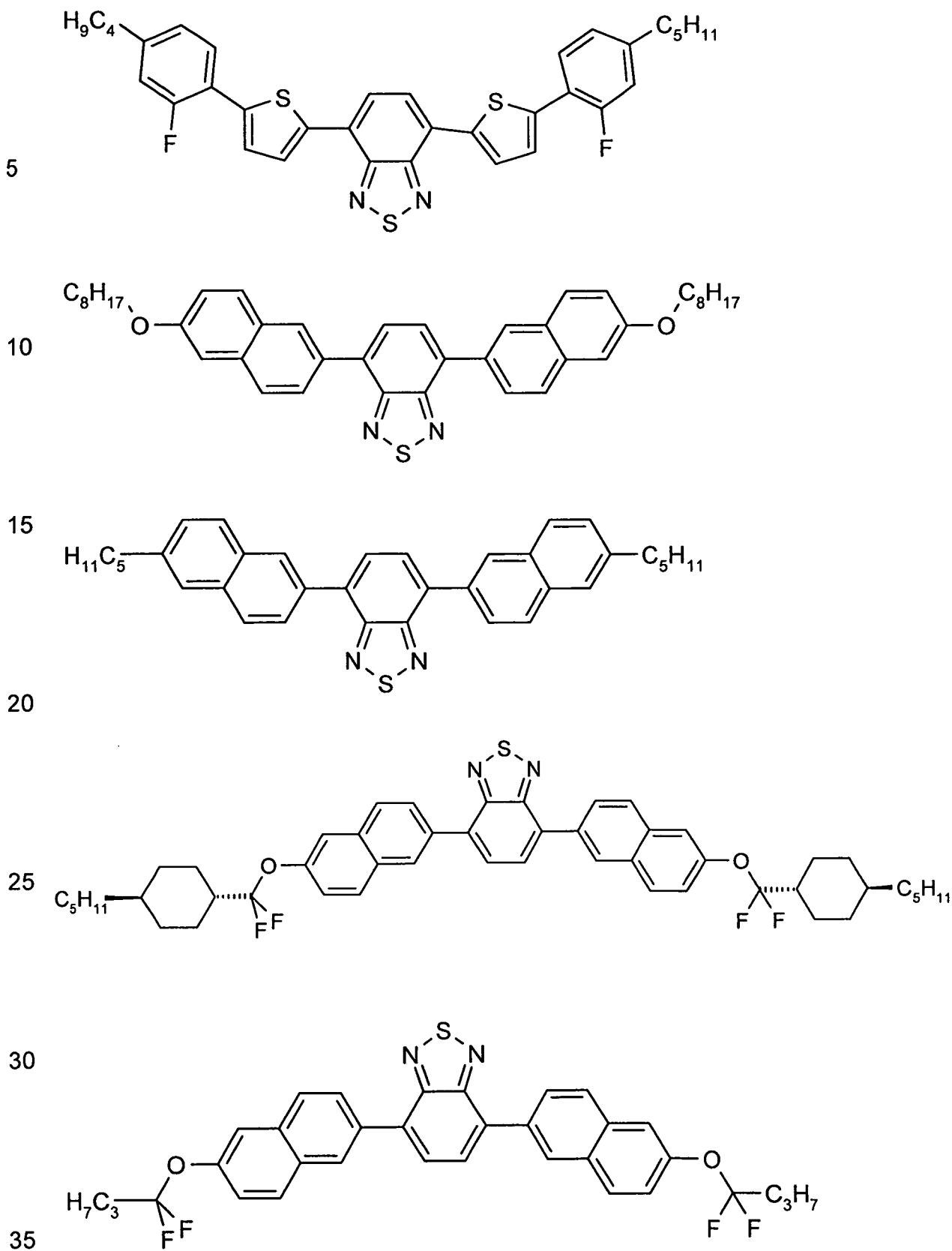




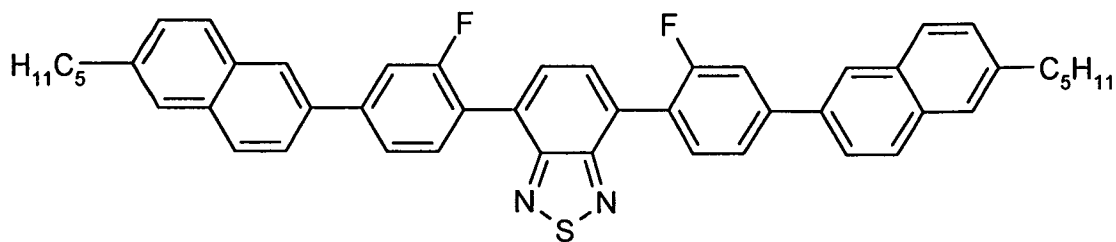
35

- 16 -

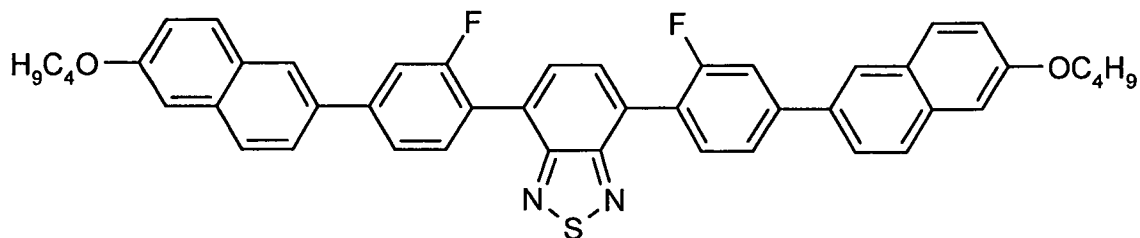




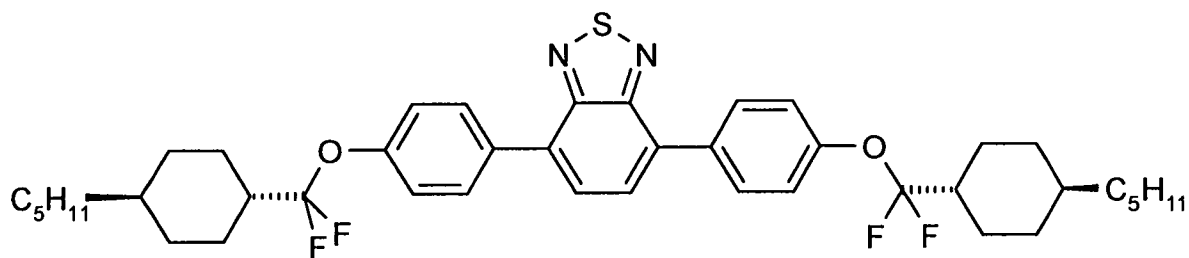
5



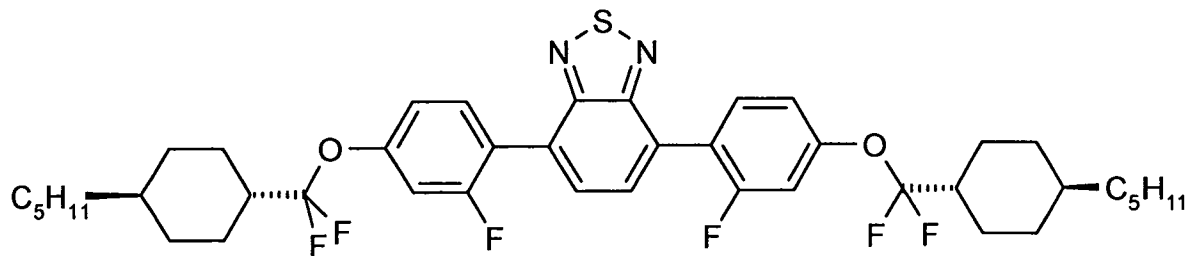
10



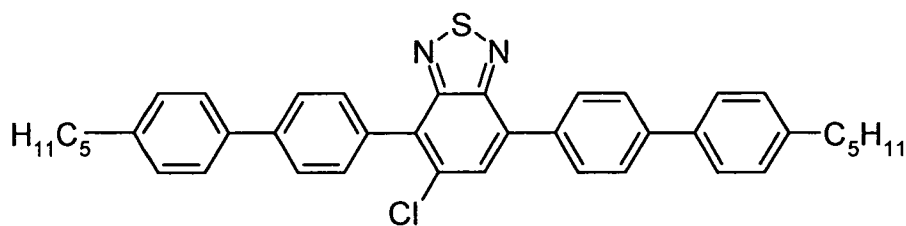
15



20

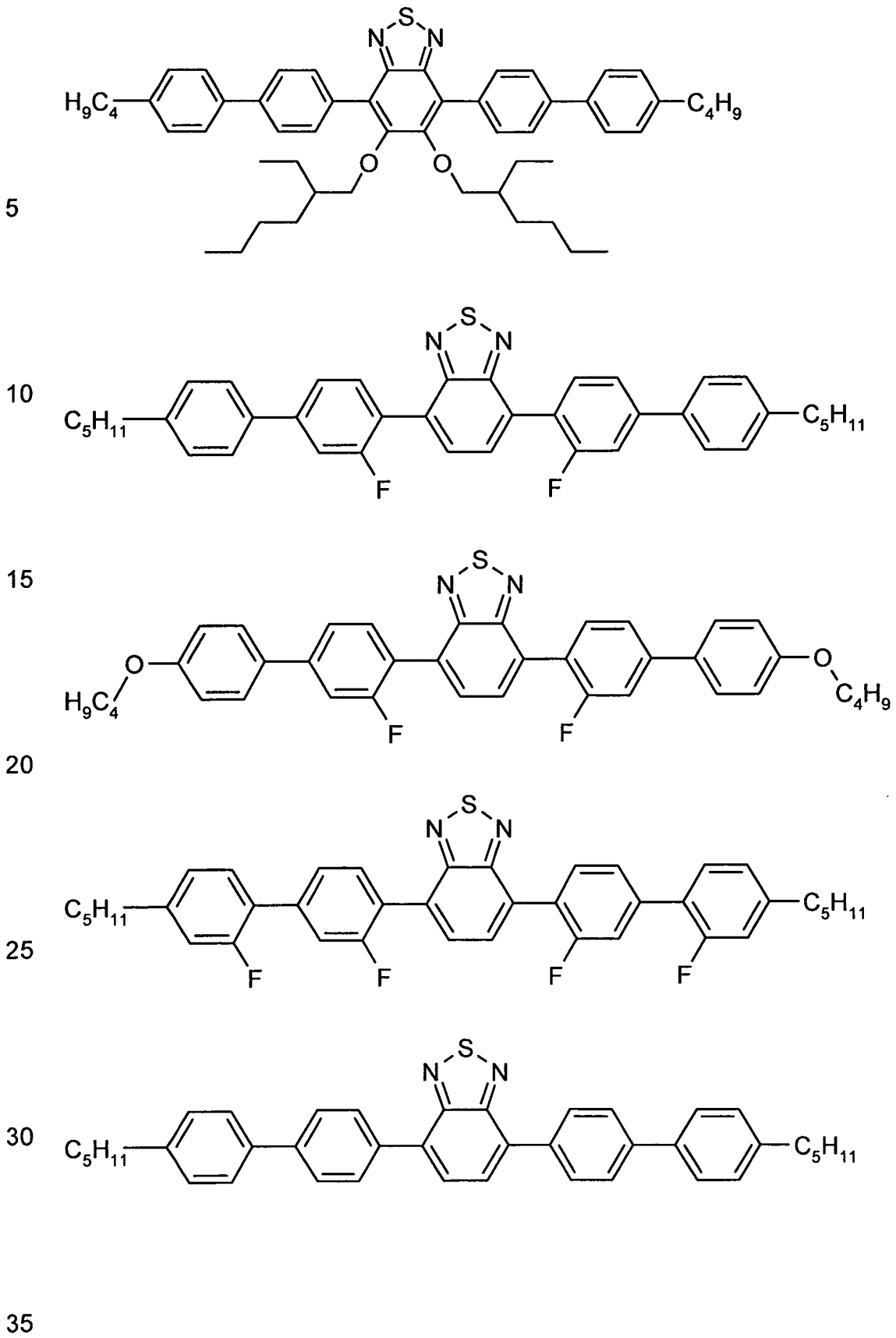


25

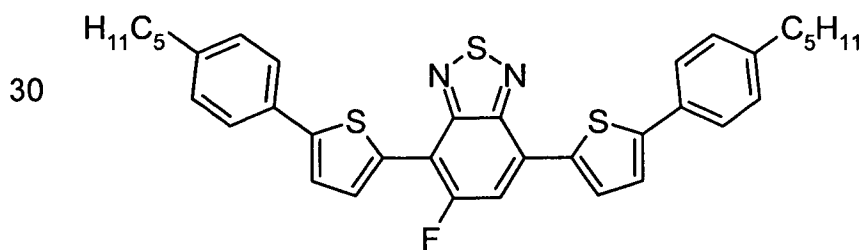
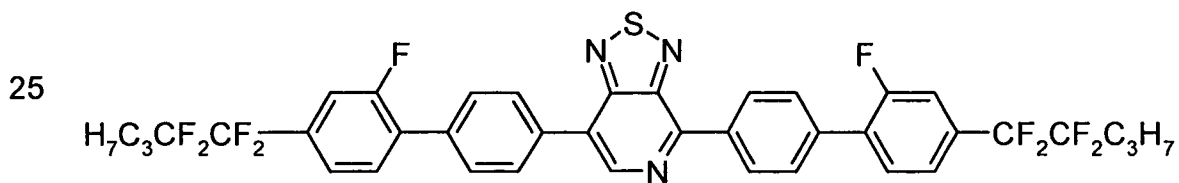
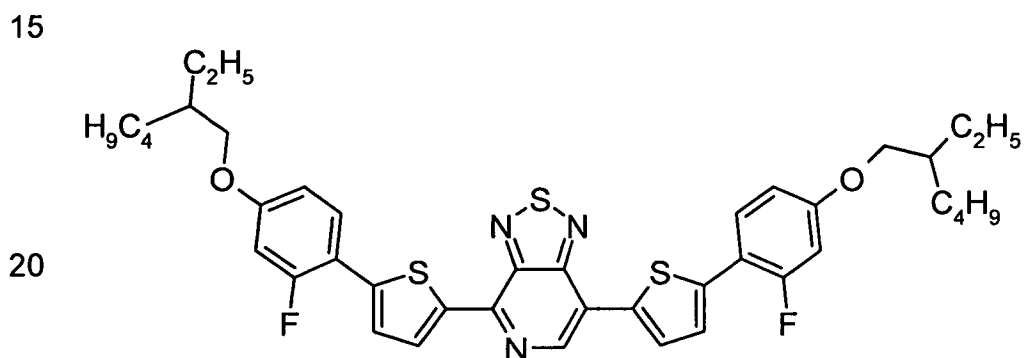
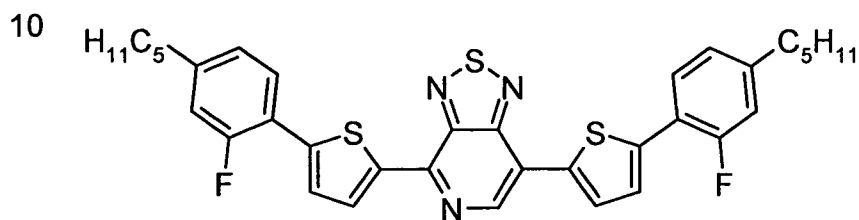
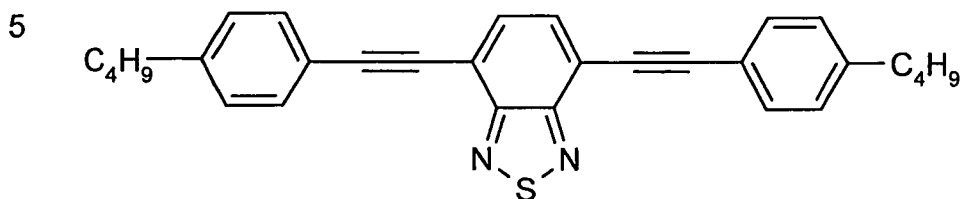
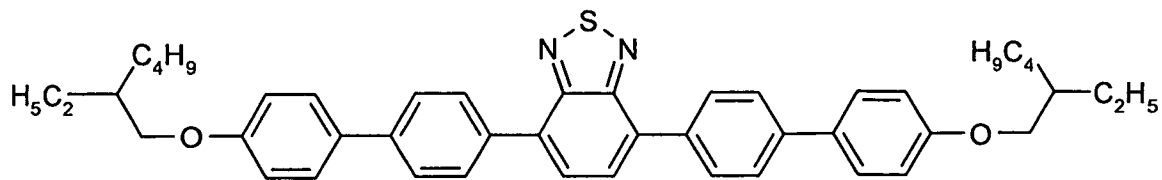


30

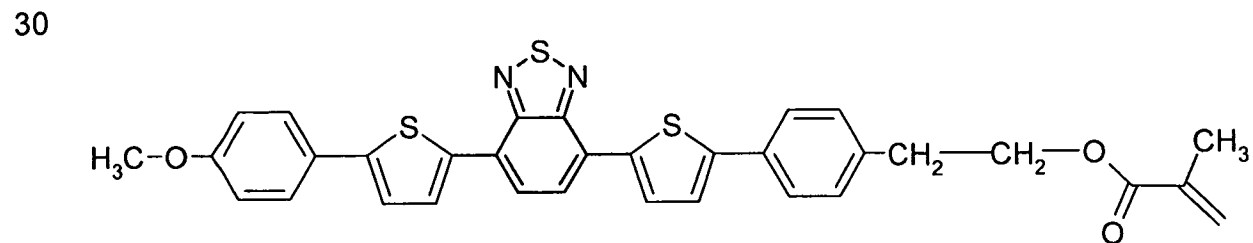
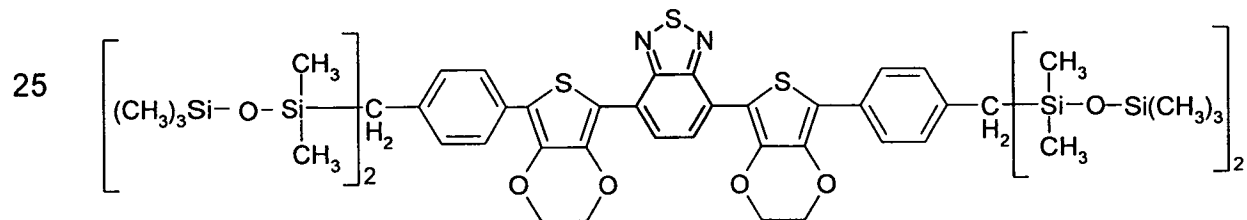
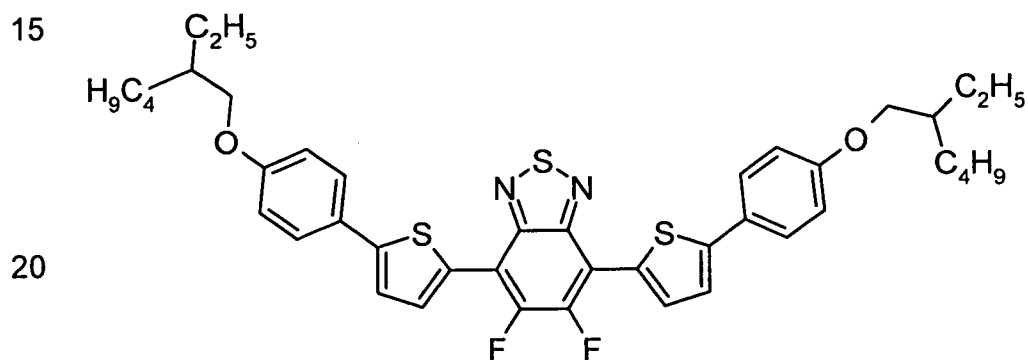
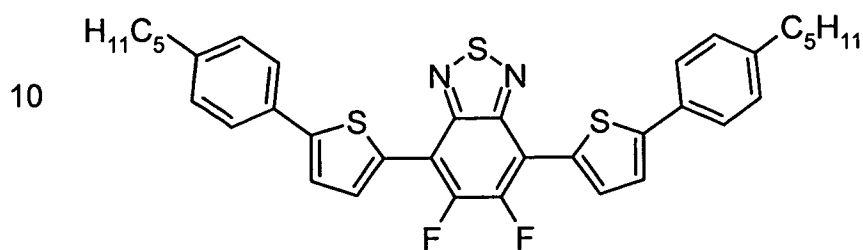
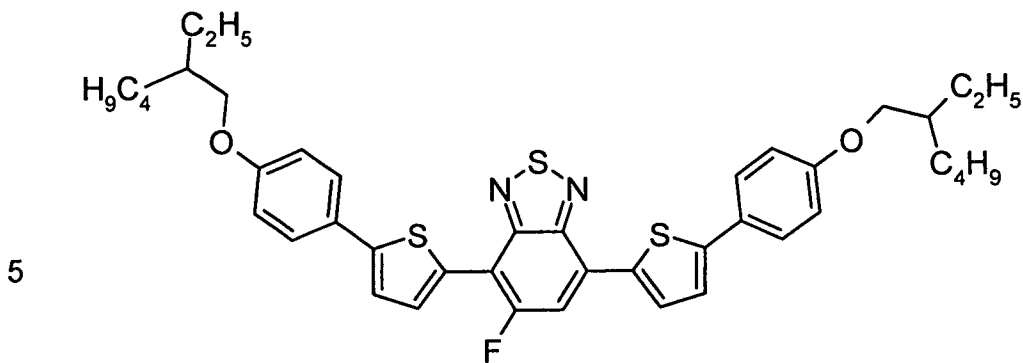
35

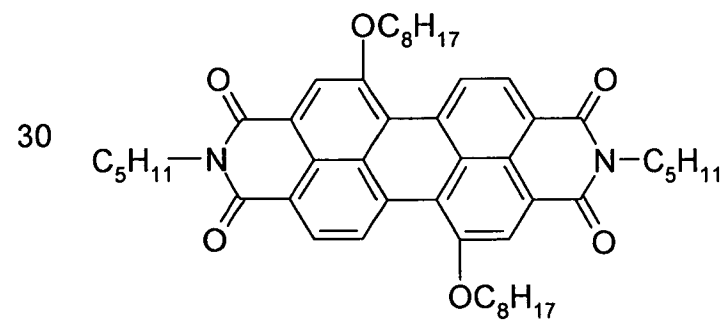
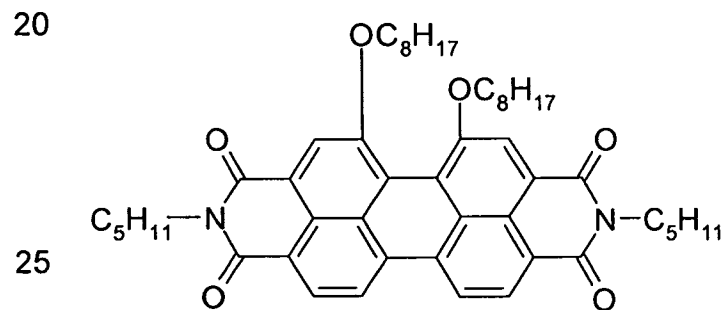
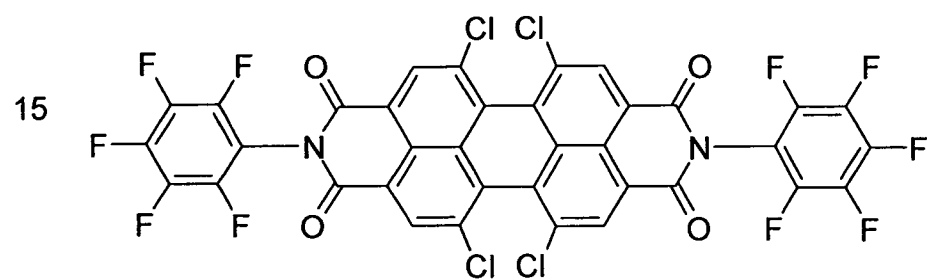
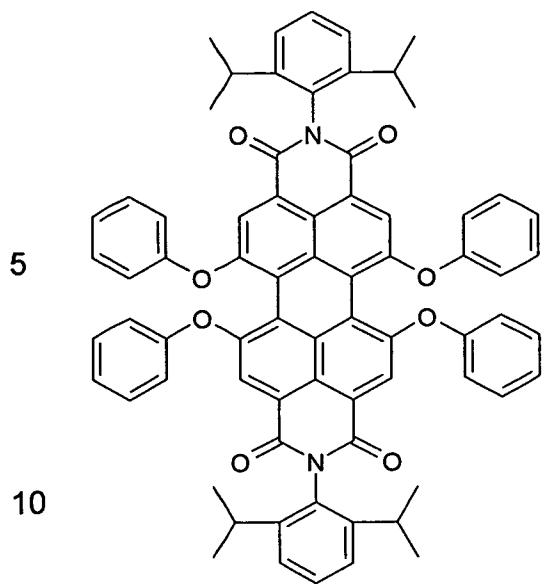


- 20 -

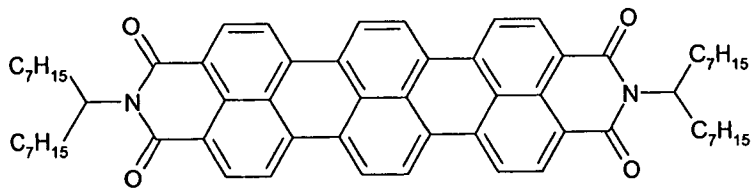


35

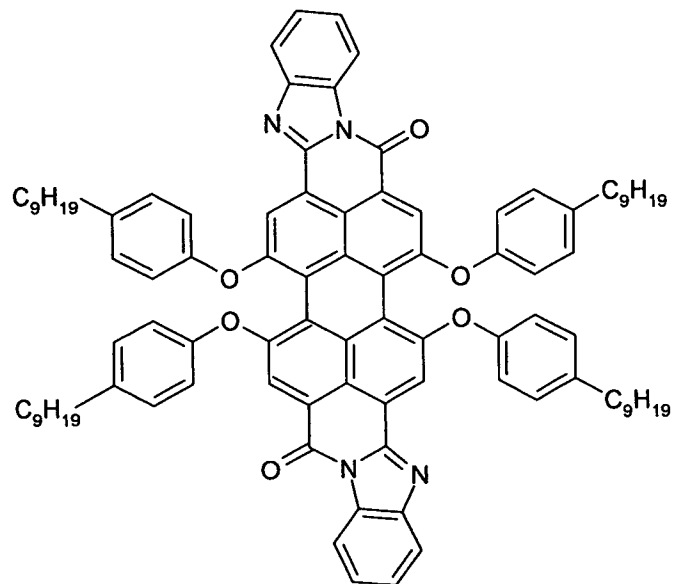




- 24 -



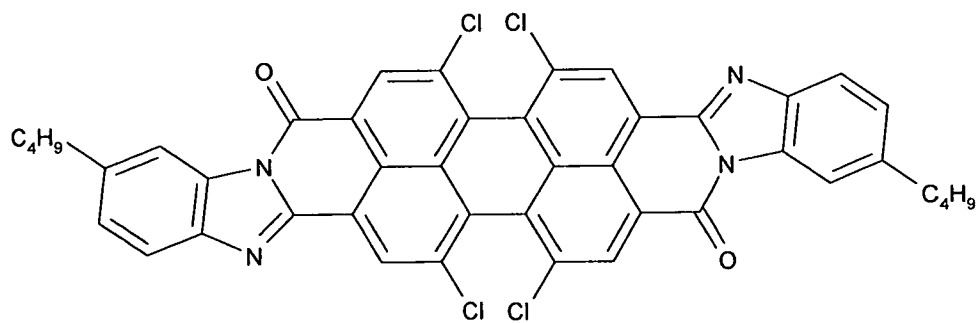
5



10

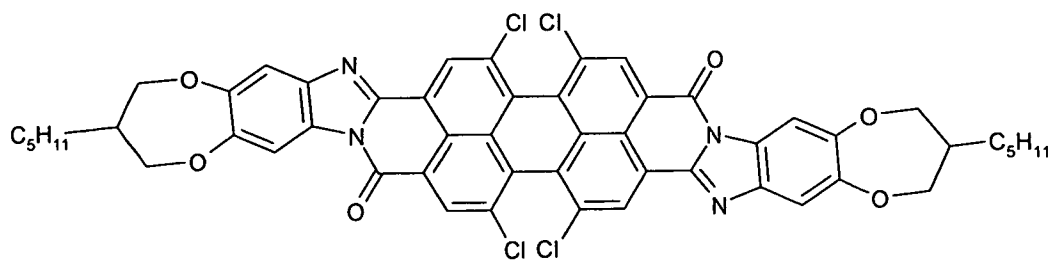
15

20

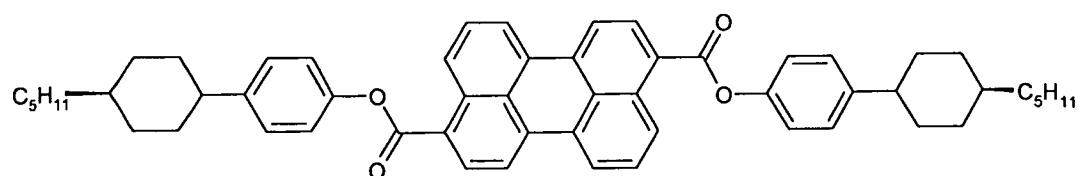


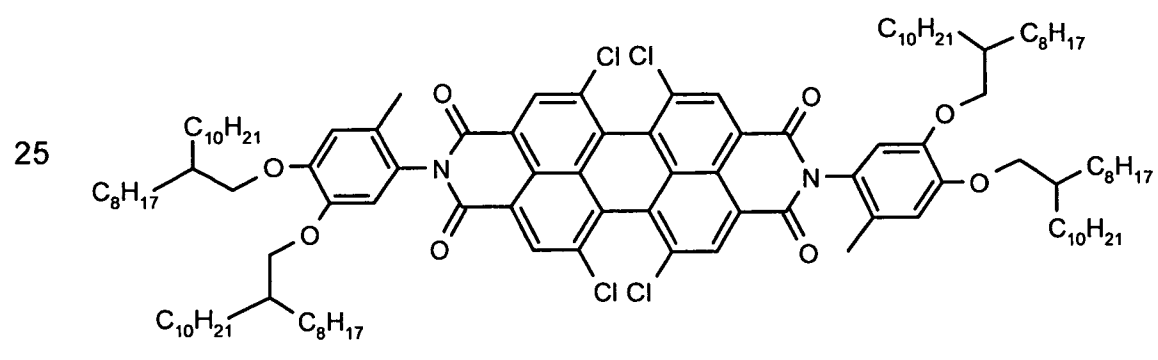
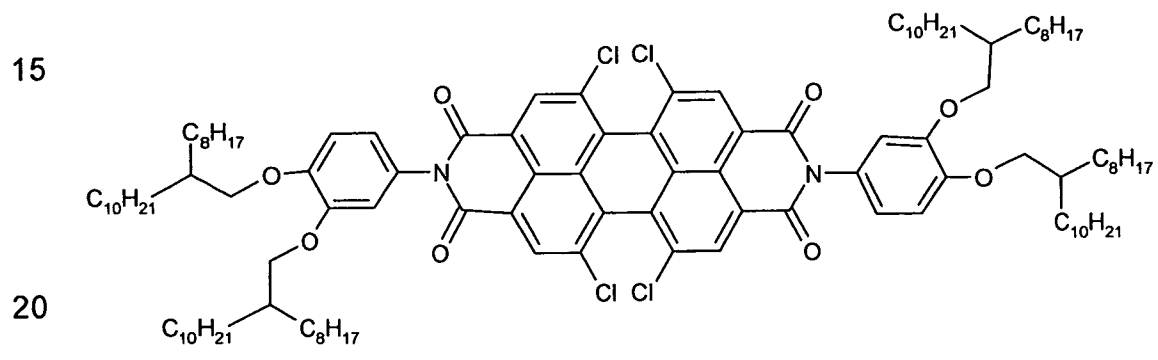
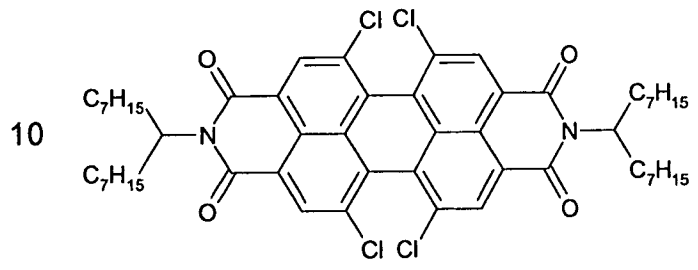
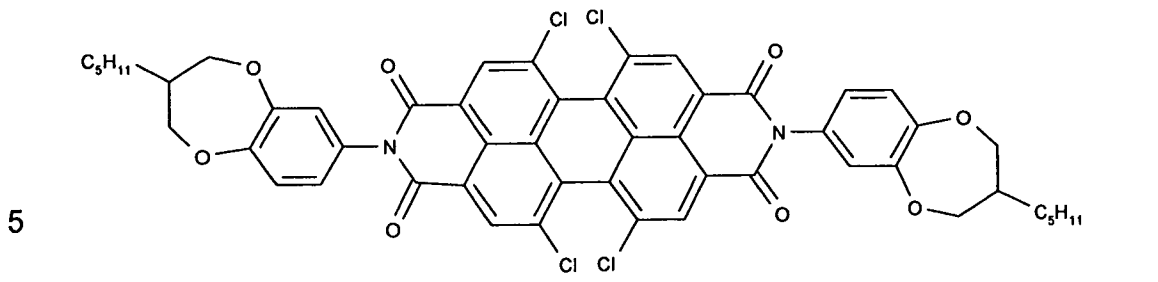
25

30

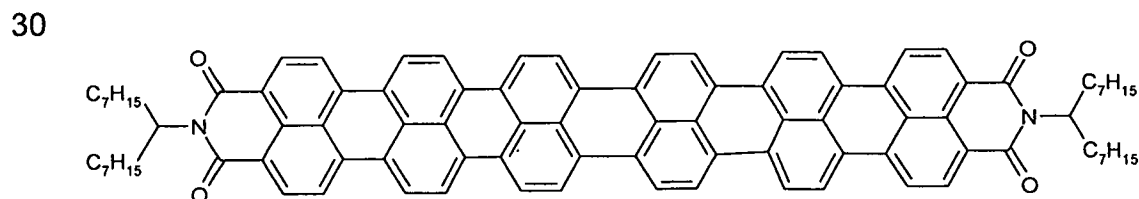
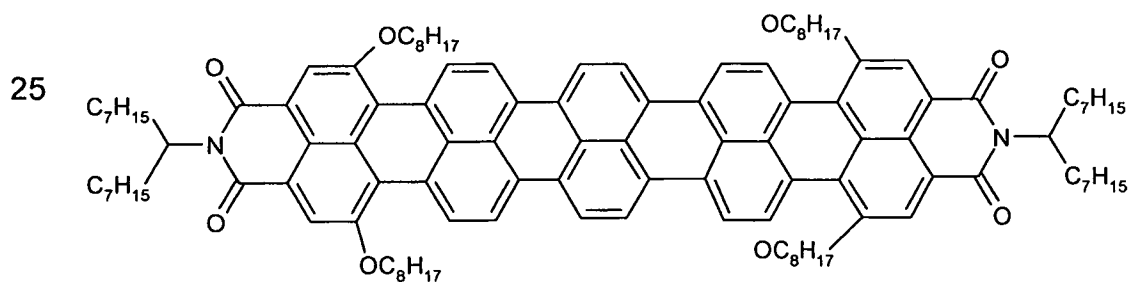
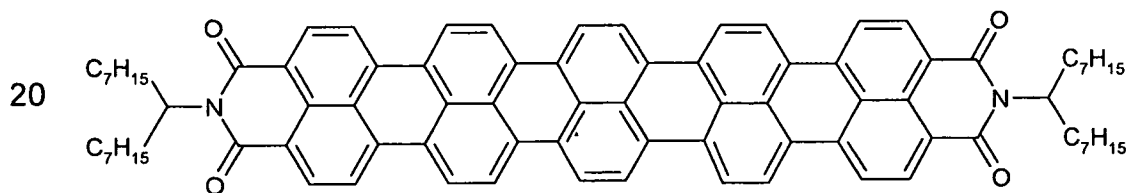
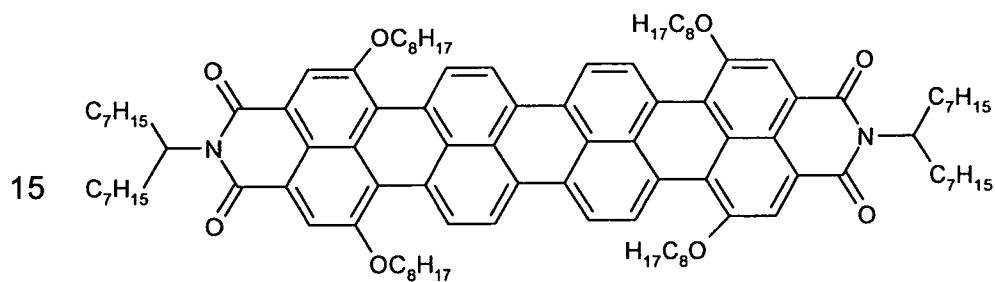
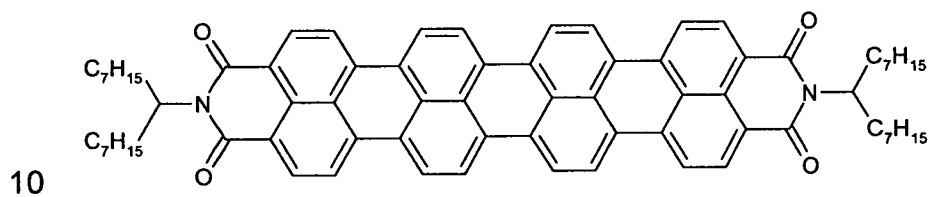
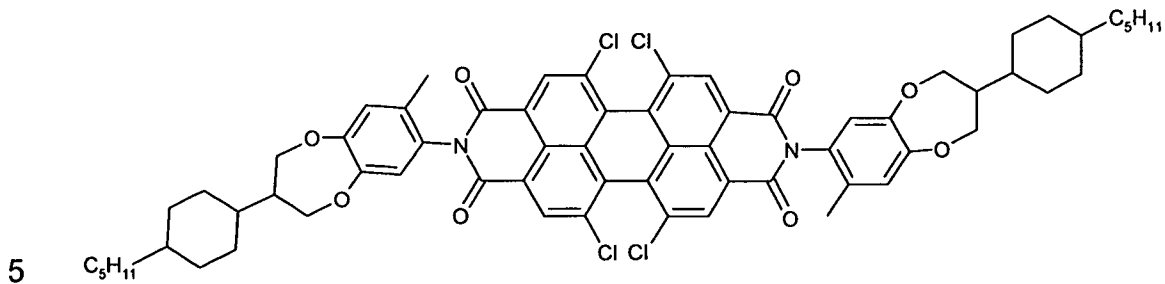


35

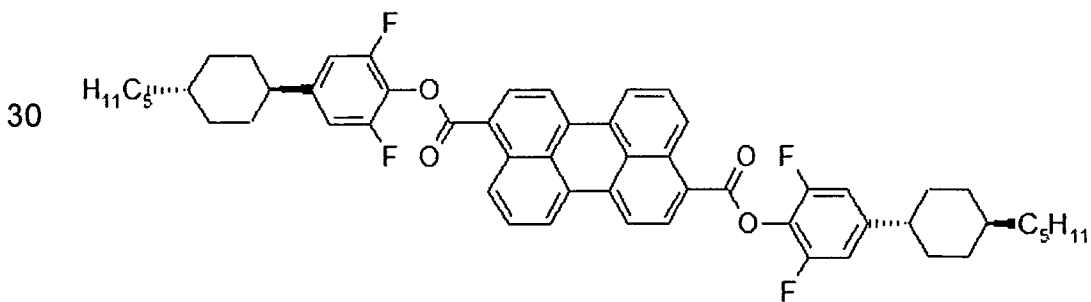
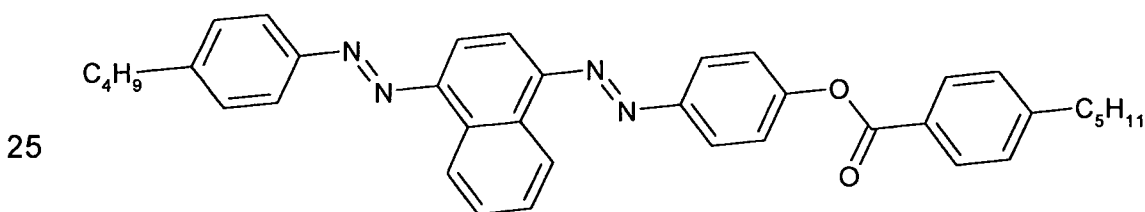
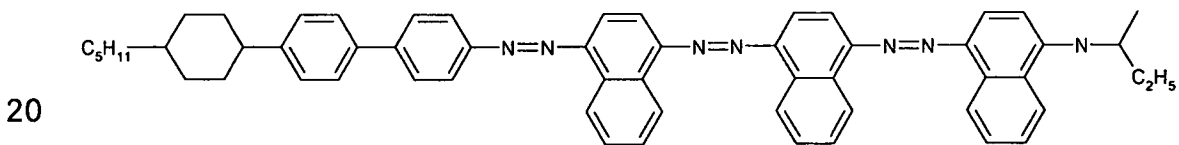
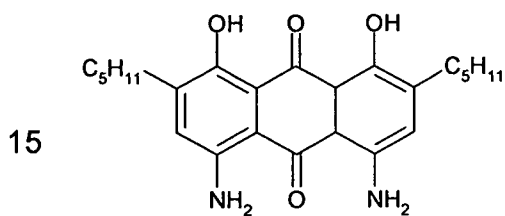
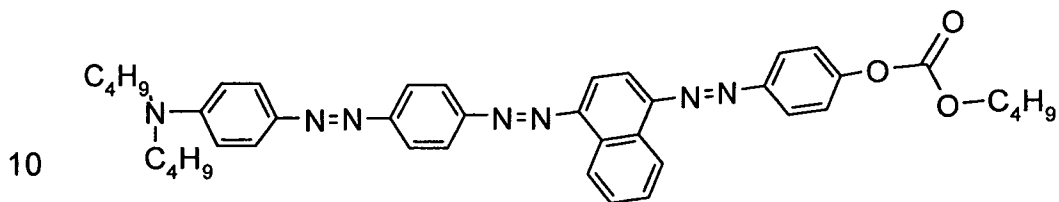
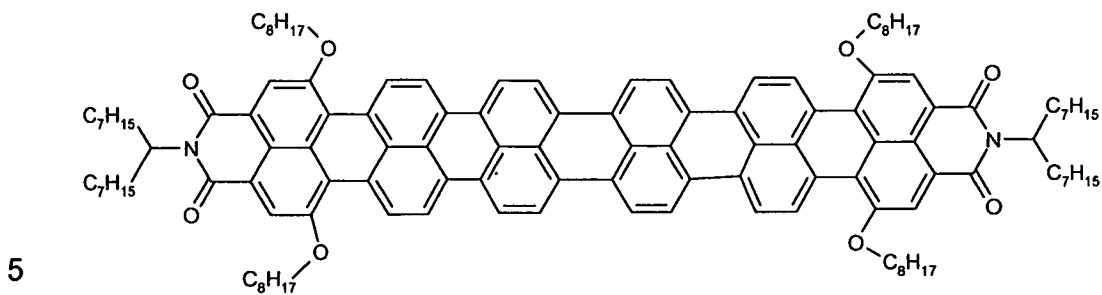




35

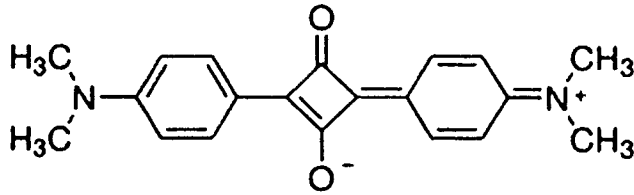


35

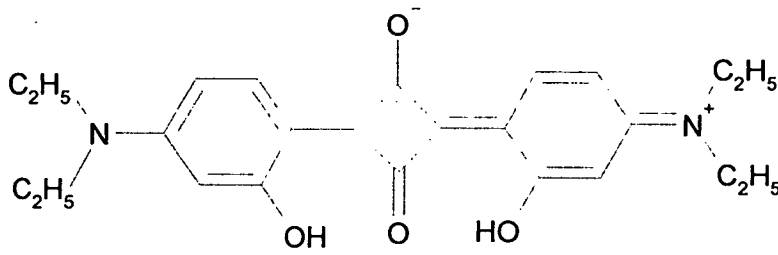


35

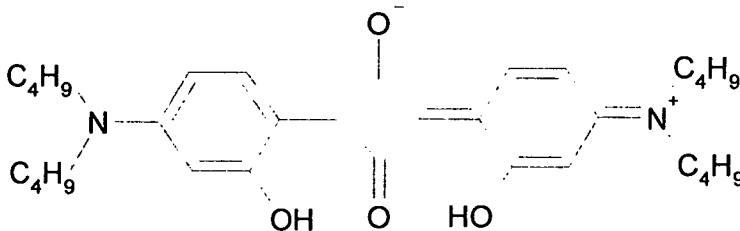
- 28 -



5

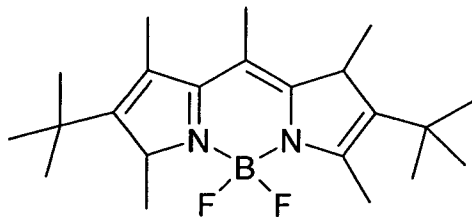


10



15

20



25

Die schaltbare Schicht S der Vorrichtung umfasst ein flüssigkristallines Medium.

30

Bevorzugt ist das flüssigkristalline Medium bei Betriebstemperatur der Vorrichtung nematisch flüssigkristallin. Besonders bevorzugt ist es in einer Spanne von $\pm 20^\circ\text{C}$, ganz besonders bevorzugt in einer Spanne von $\pm 30^\circ\text{C}$ über- und unterhalb der Betriebstemperatur der Vorrichtung nematisch flüssigkristallin.

35

Erfindungsgemäß liegen die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums entweder im Schaltzustand der Vorrichtung ohne angelegte Spannung

- 29 -

oder im Schaltzustand der Vorrichtung mit angelegter Spannung in einem verdrillt nematischen Zustand vor.

5 Bevorzugt liegen die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums im Schaltzustand der Vorrichtung ohne angelegte Spannung in einem verdrillt nematischen Zustand und planar ausgerichtet vor. In diesem Fall ist es weiterhin bevorzugt, dass die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums im Zustand mit angelegter Spannung unverdrillt nematisch und homeotrop ausgerichtet vorliegen.

10 Gemäß einer alternativen Ausführungsform liegen die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums im Schaltzustand der Vorrichtung ohne angelegte Spannung unverdrillt nematisch und homeotrop ausgerichtet vor. In diesem Fall ist es weiterhin bevorzugt, dass die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums im Zustand mit angelegter Spannung in einem
15 verdrillt nematischen Zustand und planar ausgerichtet vorliegen.

Bevorzugt beträgt die Verdrillung der Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S im verdrillt nematischen Zustand über die gesamte Schichtdicke gesehen weniger als eine
20 vollständige Umdrehung, besonders bevorzugt zwischen 30 und 270°, ganz besonders bevorzugt zwischen 100° und 260°, noch stärker bevorzugt zwischen 160 und 255° und am stärksten bevorzugt zwischen 230 und 250°.

25 Hierdurch wird ein nochmals erhöhter Schaltheub erhalten, insbesondere wenn die Vorrichtung auch eine geringe Dicke d der Schaltschicht S aufweist, bevorzugt eine Dicke d der Schaltschicht S, welche der Gleichung

30
$$d < 1 \mu\text{m} / \Delta n$$

entspricht, mit Δn als der optischen Anisotropie des flüssigkristallinen Mediums der Schaltschicht S.

35

- 30 -

Ein Beispiel für eine solche Verdrillung der Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums ist in Fig. 2 gezeigt (vgl. Erläuterung in folgendem Abschnitt).

5 Gemäß einer alternativen, unter bestimmten Bedingungen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beträgt die Verdrillung der Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S im verdrillt nematischen Zustand über die gesamte Schichtdicke betrachtet zwischen 270° und fünf vollständigen Umdrehungen (1800°), bevorzugt zwischen 320° und drei vollständigen Umdrehungen (1080°),
10 besonders bevorzugt zwischen 340° und 740° , und ganz besonders bevorzugt zwischen 360° und 720° . Solche Ausführungsformen sind insbesondere dann bevorzugt, wenn keine Zwischenzustände zwischen den beiden Grundzuständen „Ein“ und „Aus“ angesteuert werden, sondern nur die genannten beiden Grundzustände.

15 Weiterhin bevorzugt hat das flüssigkristalline Medium einen Klärpunkt, bevorzugt einen Phasenübergang von einem nematisch flüssigkristallinen Zustand zu einem isotropen Zustand, im Temperaturbereich von 70°C bis 170°C , bevorzugt von 90°C bis 160°C , besonders bevorzugt von 95°C
20 bis 150°C und ganz besonders bevorzugt von 105°C bis 140°C .

Bevorzugt ist die dielektrische Anisotropie des flüssigkristallinen Mediums kleiner als -3, besonders bevorzugt kleiner als -7, und ganz besonders bevorzugt kleiner als -8.

25 Gemäß einer alternativen, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform ist weiterhin die dielektrische Anisotropie $\Delta\epsilon$ des flüssigkristallinen Mediums größer als 3, besonders bevorzugt größer als 7, und ganz besonders bevorzugt größer als 8.

30 Weiterhin bevorzugt umfasst das flüssigkristalline Medium 3 bis 30 verschiedene Verbindungen, bevorzugt 8 bis 20, besonders bevorzugt 10 bis 18 verschiedene Verbindungen.

35

- 31 -

Weiterhin bevorzugt hat das flüssigkristalline Medium einen Betrag der optische Anisotropie (Δn) kleiner 0.075, besonders bevorzugt kleiner 0.06, insbesondere kleiner 0.05.

5 Weiterhin bevorzugt hat das flüssigkristalline Medium einen spezifischen elektrischen Widerstand von mehr als 10^{10} Ohm*cm.

10 Verbindungen, welche als Bestandteile des flüssigkristallinen Mediums verwendet werden können, sind dem Fachmann bekannt und können beliebig gewählt werden.

15 Weiterhin ist es bevorzugt, dass das flüssigkristalline Medium mindestens eine Verbindung enthält, welche Strukturelemente basierend auf 1,4-Phenylenen und 1,4-Cyclohexylenen aufweist. Besonders bevorzugt ist es, dass das flüssigkristalline Medium mindestens eine Verbindung enthält, welche 2, 3 oder 4, besonders bevorzugt 3 oder 4 Strukturelemente basierend auf 1,4-Phenylenen und 1,4-Cyclohexylenen aufweist.

20 Das flüssigkristalline Medium kann eine oder mehrere chirale Verbindungen enthalten. Diese liegen dann bevorzugt in einer Gesamtkonzentration von 0.01 bis 3 Gew.-%, besonders bevorzugt von 0.05 bis 1 Gew.-% vor. Um hohe Werte für die Verdrillung zu erhalten, kann die Gesamtkonzentration der chiralen Verbindungen auch höher als 3 Gew.-% gewählt werden, bevorzugt bis maximal 10 Gew.-%. Durch die Verwendung eines chiralen Dotanden im flüssigkristallinen Medium kann die Richtung der Verdrillung im Sinne einer rechts- oder linksgängigen Helix eingestellt werden.

30 Es können auch Kombinationen von zwei oder mehr verschiedenen chiralen Dotierstoffen verwendet werden. Dadurch kann die Temperaturstabilität der Vorrichtung verbessert werden.

35 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die chiralen Dotierstoffe auch mit lichtabsorbierenden Eigenschaften ausgestattet, also Farbstoffe.

- 32 -

Bevorzugt ist die chirale Verbindung so gewählt, dass sie eine Helixganghöhe p der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums induziert, die folgender Gleichung entspricht, wobei d die Dicke der Schicht S ist:

$$0.1 < d/p < 0.8, \text{ bevorzugt}$$

5

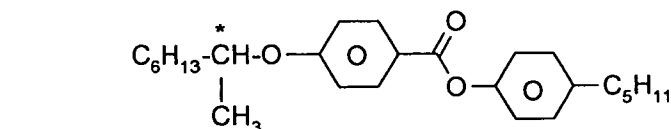
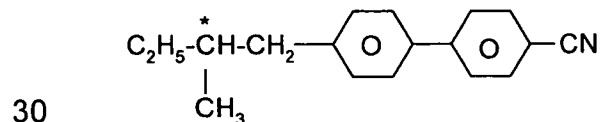
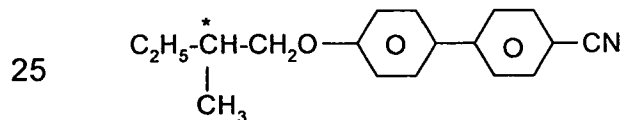
$$0.3 < d/p < 0.75, \text{ besonders bevorzugt}$$

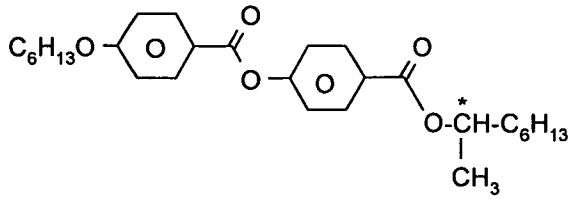
$$0.4 < d/p < 0.7.$$

10 Besonders bevorzugt ist es, dass der Wert für den Quotienten d/p der Verdrillung der Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S angepasst ist. Insbesondere ist es bevorzugt, dass für eine Verdrillung von 180° ein Wert für d/p von 0.1 bis 0.7 gewählt wird, für eine Verdrillung von 220° ein Wert für d/p von 0.23 bis 0.73 gewählt

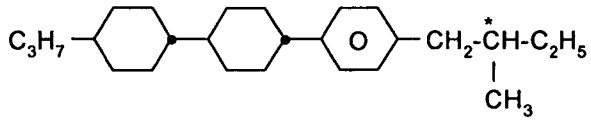
15 wird, für eine Verdrillung von 240° ein Wert für d/p von 0.28 bis 0.78 gewählt wird, und für eine Verdrillung von 270° ein Wert für d/p von 0.33 bis 0.77 gewählt wird. Für Zwischenwerte der Verdrillung ist entsprechend zu interpolieren.

20 Bevorzugte chirale Verbindungen zur Verwendung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die in der folgenden Tabelle abgebildeten Verbindungen:

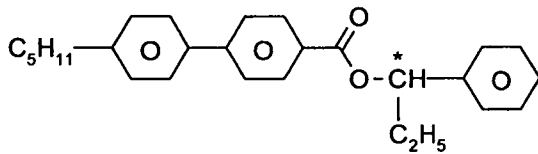




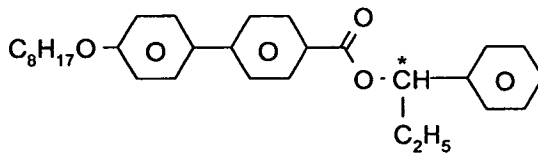
5



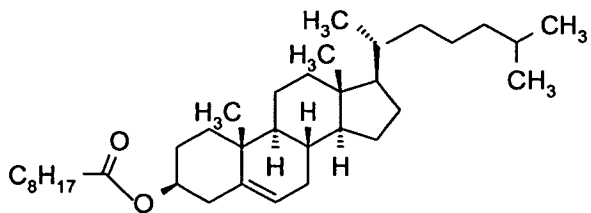
10



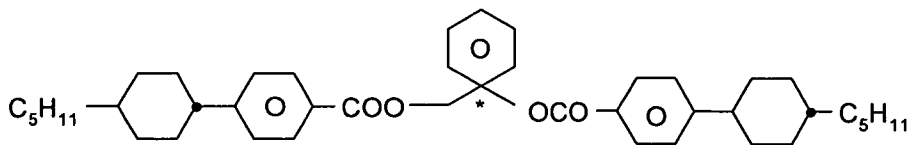
15



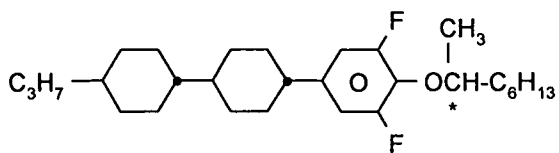
20



25

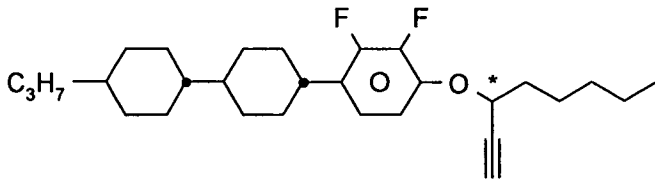


30

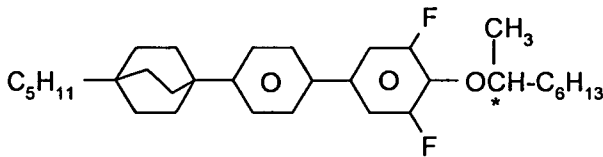


35

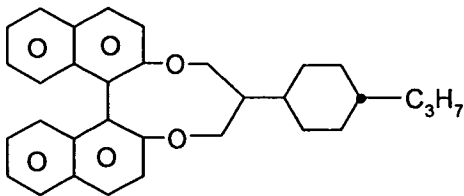
- 34 -



5



10



15

Das flüssigkristalline Medium enthält bevorzugt einen oder mehrere Stabilisatoren. Die Gesamtkonzentration der Stabilisatoren liegt bevorzugt zwischen 0.00001 und 10 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen 0.0001 und 1 Gew.-% der Gesamtmischung.

20

Die Vorrichtung weist bevorzugt Mittel zur Ausrichtung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S durch elektrische Spannung auf. Bevorzugt weist sie zwei oder mehr Elektroden auf, die zu beiden Seiten der Schicht S angebracht sind oder in einer weiteren bevorzugten

25

Ausführungsform auch nur auf einer der Schichten S angebracht sind. Die Elektroden bestehen bevorzugt aus ITO oder aus einer dünnen, bevorzugt transparenten Metall- und/oder Metalloxidschicht, beispielsweise aus Silber oder einem alternativen, dem Fachmann für diese Verwendung bekannten Material und sind in einer dem Fachmann bekannten Weise im Hinblick

30

auf das verwendete Material für die Schaltschicht entsprechend angeordnet. Die Elektroden sind bevorzugt mit elektrischen Anschlüssen versehen. Die Stromversorgung wird bevorzugt durch eine Batterie, einen Akkumulator, eine Supercapazität oder durch externe Stromversorgung bereitgestellt.

35

- 35 -

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist bevorzugt die folgende Schichtabfolge auf, wobei die Schichten bevorzugt unmittelbar aneinander angrenzen (vgl. auch Fig. 1):

1) Substratschicht, bevorzugt Glasschicht oder Polymerschicht

2) elektrisch leitende Schicht, bevorzugt ITO-Schicht

5 3) Orientierungsschicht O1

4) schaltbare Schicht S

5) Orientierungsschicht O2

6) elektrisch leitende Schicht, bevorzugt ITO-Schicht

7) Substratschicht, bevorzugt Glasschicht oder Polymerschicht.

10 Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass die Vorrichtung weitere Schichten umfasst oder in einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform weniger Schichten umfasst.

15 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass sie sämtliche Energie, die sie zur Schaltung der schaltbaren Schicht S benötigt, selbst erzeugt. Die Vorrichtung ist also bevorzugt autonom und benötigt keine von außen zugeführte Energie. Dazu umfasst sie bevorzugt eine Vorrichtung zur
20 Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie, besonders bevorzugt eine Solarzelle.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Vorrichtung zur Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie elektrisch mit den
25 Mitteln zur elektrischen Schaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung verbunden. Die Bereitstellung der Energie durch die Solarzelle kann direkt oder indirekt, d. h. über eine dazwischengeschaltete Batterie oder Akkumulator oder sonstige Einheit zur Speicherung von Energie, erfolgen. Bevorzugt ist die Solarzelle außen an der Vorrichtung angebracht oder sie
30 ist innen in der Vorrichtung angebracht, wie beispielsweise in WO 2009/141295 offenbart. Bevorzugt eingesetzt werden Solarzellen, die bei diffusem Licht besonders effizient sind, sowie transparente Solarzellen. Es können beispielsweise Silicium-Solarzellen oder organische Solarzellen in den erfindungsgemäßen Vorrichtungen verwendet werden.

35

- 36 -

Weiterhin bevorzugt enthält die erfindungsgemäße Vorrichtung ein Lichtleitsystem, welches Licht aus der schaltbaren Schicht S zu einer Einheit leitet, welche Lichtenergie in elektrische Energie oder Wärmeenergie umwandelt. Bevorzugt ist das Lichtleitsystem aufgebaut wie in WO 2009/141295 beschrieben. Das Lichtleitsystem sammelt und konzentriert Licht, das auf die Vorrichtung trifft. Bevorzugt sammelt und konzentriert es Licht, das von fluoreszierenden dichroitischen Verbindungen in der schaltbaren Schicht S enthaltend das flüssigkristalline Medium emittiert wird. Das Lichtleitsystem steht mit einer Vorrichtung zur Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie, bevorzugt einer Solarzelle, in Kontakt, so dass das gesammelte Licht konzentriert auf diese trifft.

Bevorzugt leitet das Lichtleitsystem Licht durch innere Totalreflexion. Bevorzugt ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Lichtleitsystem mindestens einen Wellenlängen-selektiven Spiegel aufweist, welcher bevorzugt gewählt ist aus einer oder mehreren cholesterischen Flüssigkristallschichten.

Bevorzugt ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass sie eine oder mehrere Glasschichten umfasst, welche in entspiegelter Ausführung vorliegen. Die Herstellung von Antireflexionsbeschichtungen erfolgt durch Beschichtungsmethoden der Dünnschichttechnik. Dazu zählen beispielsweise die physikalische Gasphasenabscheidung, wie thermisches Verdampfen und Sputterdeposition. Die Entspiegelung kann durch ein Einfeldschichtsystem oder durch ein Mehrfeldschichtsystem erreicht werden.

Bevorzugt ist die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei oder mehr Glasschichten aufweist, und dass der Lichtreflexionsgrad p_v nach Norm EN410 der Gesamtheit der Schichten der Vorrichtung mit Ausnahme der schaltbaren Schicht S kleiner als 35 % ist, bevorzugt kleiner als 30 % ist, besonders bevorzugt kleiner als 25 % ist und ganz besonders bevorzugt kleiner als 20 % ist.

35

- 37 -

Besonders bevorzugt liegt ein wie oben angegebener Lichtreflexionsgrad ρ_v nach Norm EN410 der Gesamtheit der Schichten der Vorrichtung mit Ausnahme der schaltbaren Schicht S vor, und die Vorrichtung enthält drei oder mehr Glasschichten.

5 Der Lichtreflexionsgrad ρ_v der Vorrichtung wird bestimmt, indem mit einem Spektralphotometer die spektralen Reflektionsgrade der Schichtenanordnung gemessen werden, und indem daraus gemäß der Norm EN410, Gleichung (4), unter Berücksichtigung der relativen spektralen Verteilung der Normlichtart und des spektralen Hellempfindlichkeitsgrad des Normalbeobachters der Parameter ρ_v berechnet wird.

15 Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann für beliebige Räume verwendet werden, insbesondere für solche Räume, die nur begrenzten Luftaustausch mit der Umgebung aufweisen und lichtdurchlässige Begrenzungsflächen aufweisen, durch die Energie-Eintrag von außen in Form von Lichtenergie stattfinden kann. Die Vorrichtung ist bevorzugt auf einer lichtdurchlässigen Fläche oder in einer Öffnung eines Gebäudes, eines Containers, eines Fahrzeugs oder eines sonstigen weitgehend geschlossenen Raums aufgebracht. Besonders bevorzugt ist die Verwendung der Vorrichtung für Räume, welche starker Sonneneinstrahlung durch lichtdurchlässige Flächen, beispielsweise durch Fensterflächen, ausgesetzt sind.

25 Bevorzugt ist die erfindungsgemäße Vorrichtung zur homogenen Regulierung des Lichteintritts durch eine Fläche in einen Raum geeignet. Unter homogen wird dabei verstanden, dass der Lichteintritt durch die Fläche über eine größere Ausdehnung gleichmäßig stark ist. Bevorzugt beträgt die Ausdehnung mindestens 0.01 m^2 , besonders bevorzugt mindestens 0.1 m^2 , ganz besonders bevorzugt mindestens 0.5 m^2 , und am stärksten bevorzugt mindestens 1 m^2 . Homogen, also gleichmäßig, ist dabei in Abgrenzung zu gemustert oder nach Domänen unterteilt (gepixelt) zu verstehen, wie es bei optischen Schaltvorrichtungen der Fall ist, die in Anzeigevorrichtungen verwendet werden. Geringfügige Abweichungen von der Homogenität, insbesondere wenn sie durch Defekte entstehen, werden bei dieser Definition vernachlässigt.

Weiterer Gegenstand der Erfindung ist die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur homogenen Regulierung des Lichteintritts durch eine lichtdurchlässige Fläche in einen Raum.

5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann zusätzlich auch zur ästhetischen Raumgestaltung eingesetzt werden, beispielsweise indem sie Licht- und Farbeffekte erzeugt. Auch kann sie zur Signalerzeugung verwendet werden. Beispielsweise können Tür- und Wandelemente enthaltend die erfindungsgemäße Vorrichtung von einem lichtundurchlässigen,
10 beispielsweise grauen oder farbigen Zustand in einen transparenten Zustand geschaltet werden. Die Vorrichtung kann auch eine weiße oder farbige flächige Hinterleuchtung, die in der Helligkeit moduliert wird, oder eine gelbe flächige Hinterleuchtung, die mit einer blauen Gast-Wirtsanzeige in ihrer Farbe moduliert wird, umfassen. Weitere ästhetische
15 Effekte können durch seitlich einstrahlende Lichtquellen wie weiße oder farbige LEDs in Kombination mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erzeugt werden. Auch können eine oder beide Glasseiten der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit angerauhtem oder strukturiertem Glas versehen sein zur Lichtauskopplung oder zur Lichteffekterzeugung.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung Bestandteil eines Fensters, besonders bevorzugt eines Fensters mit Mehrscheiben-Isolierglas. Dabei können eine oder beide der optionalen Substratschichten der Vorrichtung die Scheiben des Fensters
25 darstellen.

Bevorzugt umfasst das Fenster enthaltend die Vorrichtung insgesamt drei oder mehr Glasscheiben. Dabei ist es bevorzugt, dass die Vorrichtung zwischen zwei Glasscheiben des Fensters angeordnet ist.

30 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung im Inneren von Mehrscheiben- Isolierglas angebracht oder außen an einem solchen Glas angebracht. Allgemein bevorzugt ist die Verwendung auf einer zum Innenraum hin gerichteten Seite einer Scheibe oder im Zwischenraum
35 zwischen zwei Glasscheiben bei Mehrscheiben- Isolierglas. Es sind jedoch

auch andere Anordnungen denkbar und in bestimmten Fällen vorzuziehen. Der Fachmann kann dabei Vor- und Nachteile bestimmter Anordnungen bezüglich der Haltbarkeit der Vorrichtung, optischen und ästhetischen Gesichtspunkten, praktischen Gesichtspunkten bezüglich der Reinigung der Scheiben sowie bezüglich der Reaktivität der Vorrichtung gegenüber Temperaturänderungen gegeneinander abwägen.

5

Besonders bevorzugt ist eine Anordnung, bei der eine erste Glasscheibe des Fensters durch eine Glasscheibe der Vorrichtung gebildet ist, so dass die Schichtenabfolge des Fensters enthaltend die Vorrichtung wie folgt ist:

10

- 1) Glasschicht
- 2) elektrisch leitende Schicht, bevorzugt ITO-Schicht
- 3) Orientierungsschicht
- 4) schaltbare Schicht S
- 5) Orientierungsschicht
- 6) elektrisch leitende Schicht, bevorzugt ITO-Schicht
- 7) Glasschicht
- 8) Glasschicht,

15

wobei zwischen der Glasschicht 7) und 8) ein Freiraum vorliegt, welcher beispielsweise mit einem isolierenden Gas, wie einem Edelgas, gefüllt sein kann.

20

Bevorzugt ist das Fenster derart angeordnet, dass die Schicht 1) an den Außenraum und die Schicht 8) an den Innenraum angrenzt. Eine umgekehrte Anordnung ist jedoch auch möglich und unter bestimmten Bedingungen bevorzugt.

25

Die oben angegebene Schichtenfolge kann durch weitere Schichten, wie beispielsweise zusätzliche Glasschichten oder Schutzschichten, beispielsweise gegen UV-Strahlung, gegen NIR-Strahlung, gegen VIS-Strahlung und/oder gegen physische Beschädigung, ergänzt sein.

30

Ein Fenster enthaltend die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch Nachrüsten eines bereits bestehenden Fensters gemäß dem Stand der Technik oder durch komplette Neuherstellung erhalten werden.

35

- 40 -

Bevorzugt ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Flächenausdehnung von mindestens 0.05 m^2 aufweist, bevorzugt mindestens 0.1 m^2 , besonders bevorzugt mindestens 0.5 m^2 und ganz besonders bevorzugt mindestens 0.8 m^2 .

5 Die Vorrichtung stellt eine schaltbare Vorrichtung dar. Unter Schaltung der Vorrichtung wird dabei eine Änderung der Lichtdurchlässigkeit der Vorrichtung verstanden. Diese kann erfindungsgemäß zur Regulierung des Licht-Durchtritts durch die Vorrichtung genutzt werden. Die Vorrichtung ist bevorzugt elektrisch schaltbar.

10

Der Schaltvorgang erfolgt im Fall von elektrischer Schaltung durch eine Ausrichtung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums durch das Anlegen von Spannung. Die mindestens eine dichroitische Verbindung wird dadurch ebenfalls ausgerichtet, so dass ein Unterschied in der

15 Lichtdurchlässigkeit der Vorrichtung bewirkt wird.

15

In einer bevorzugten Ausführungsform wird dabei die Vorrichtung von einem Zustand mit hoher Absorption, d. h. geringer Lichtdurchlässigkeit, der ohne Spannung vorliegt, durch Anlegen von Spannung in einen

20 Zustand mit geringerer Absorption, d. h. höherer Lichtdurchlässigkeit, geschaltet. Bevorzugt ist das flüssigkristalline Medium in beiden Zuständen nematisch. Der Zustand ohne angelegte Spannung ist bevorzugt dadurch gekennzeichnet, dass die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums, und damit die dichroitischen Verbindungen, parallel zur Oberfläche der

25 Vorrichtung ausgerichtet vorliegen (homogene Orientierung). Dies wird bevorzugt durch eine entsprechend gewählte Orientierungsschicht erreicht. Der Zustand unter Spannung ist bevorzugt dadurch gekennzeichnet, dass die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums, und damit die dichroitischen Verbindungen, senkrecht zur Oberfläche der Vorrichtung vorliegen.

30 Bevorzugt ist wenigstens ein überwiegender Teil der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S im Zustand mit angelegter elektrischer Spannung senkrecht zur Ebene der Schicht S ausgerichtet.

30

In einer alternativen, ebenfalls möglichen und in bestimmten Fällen

35 bevorzugten Ausführungsform wird die Vorrichtung von einem Zustand mit

35

- 41 -

niedriger Absorption, d. h. hoher Lichtdurchlässigkeit, der ohne Spannung vorliegt, durch Anlegen von Spannung in einen Zustand mit höherer Absorption, d. h. geringerer Lichtdurchlässigkeit, geschaltet. Bevorzugt ist das flüssigkristalline Medium in beiden Zuständen nematisch. Der Zustand ohne angelegte Spannung ist bevorzugt dadurch gekennzeichnet, dass die

5 Moleküle des flüssigkristallinen Mediums, und damit die dichroitischen Verbindungen, senkrecht zur Oberfläche der Vorrichtung ausgerichtet vorliegen (homeotrope Orientierung). Dies wird bevorzugt durch eine entsprechend gewählte Orientierungsschicht erreicht. Der Zustand unter Spannung ist bevorzugt dadurch gekennzeichnet, dass die Moleküle des

10 flüssigkristallinen Mediums, und damit die dichroitischen Verbindungen, parallel zur Oberfläche der Vorrichtung vorliegen. Bevorzugt ist wenigstens ein überwiegender Teil der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S im Zustand mit angelegter elektrischer Spannung parallel zur

15 Ebene der Schicht S ausgerichtet.

15

20

25

30

35

Beschreibung der Abbildungen

Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Schichtenabfolge einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Dabei sind Substratschicht (1), elektrisch leitfähige Schicht (2), Orientierungsschicht O1 (3a), schaltbare Schicht S (4),
 5 Orientierungsschicht O2 (3b), eine weitere elektrisch leitfähige Schicht (2) und eine weitere Substratschicht (1) hintereinander, direkt aneinander angrenzend angeordnet.

Fig. 2 zeigt einen senkrechten Blick auf die Orientierungsschichten O1 (3a) und O2 (3b). O2 liegt vom Betrachter her gesehen hinter O1. Der Pfeil (5) stellt die Reiberichtung der Orientierungsschicht O1 dar. Der Pfeil (6) stellt die Reiberichtung der Orientierungsschicht O2 dar. Das Symbol (7) verdeutlicht die Verdrillung der flüssigkristallinen Verbindungen der
 10 schaltbaren Schicht zwischen den Orientierungsschichten O1 und O2. Im vorliegenden Fall beschreiben die flüssigkristallinen Verbindungen eine
 15 linksgängige Helix mit einem Drehwinkel von 270° zwischen den Orientierungsschichten O1 und O2, da sie an der Grenzfläche zu O1 parallel zur Reiberichtung von O1 ausgerichtet sind, und an der
 20 Grenzfläche zu O2 parallel zur Reiberichtung von O2 ausgerichtet sind.

Beschreibung der Bezugszeichen

1	Substratschicht, bevorzugt aus Glas oder Polymer
2	elektrisch leitfähige Schicht
25	3a Orientierungsschicht O1
4	Schaltbare Schicht S
3b	Orientierungsschicht O2
5	Reiberichtung in der Orientierungsschicht O1
6	Reiberichtung in der Orientierungsschicht O2
30	7 Verdrillungswinkel der flüssigkristallinen Verbindungen der schaltbaren Schicht (linksgängige Helix, wenn O2 hinter O1 liegt)

Ausführungsbeispiele

Im Folgenden werden Strukturen von flüssigkristallinen Verbindungen durch Abkürzungen wiedergegeben (Akronyme). Diese Abkürzungen werden in WO 2012/052100 explizit vorgestellt und erklärt (S. 63 - 89), so dass zur Erläuterung der Abkürzungen in der vorliegenden Anmeldung auf die genannte offengelegte Anmeldung verwiesen wird. Darüber hinaus werden folgende Akronyme verwendet:

10		BCN-nm
		CCN-nm

15 Alle physikalischen Eigenschaften werden nach "Merck Liquid Crystals, Physical Properties of Liquid Crystals", Status Nov. 1997, Merck KGaA, Deutschland bestimmt und gelten für eine Temperatur von 20°C. Der Wert von Δn wird bei 589 nm bestimmt.

20 A) Aufbau der Vorrichtungen

Die verwendeten Vorrichtungen werden hergestellt und weisen die folgende Schichtabfolge auf:

- 25 a) Glasschicht aus poliertem 1.1 mm Soda-Lime-Glas von Corning
- b) ITO-Schicht, 200 Angström
- c) Orientierungsschicht O1 aus Polyimid JALS-2096-R1 von JSR, gerieben
- 30 d) Schaltbare Schicht mit flüssigkristallem Medium (Zusammensetzung und Dicke unten bei den entsprechenden Beispielen angegeben)
- e) Orientierungsschicht O2, wie c) aufgebaut; in unten angegebenem Winkel zur Reiberichtung der Schicht c) gerieben
- f) wie b)
- 35 g) wie a)

- 44 -

Die ITO-Schichten werden entsprechend kontaktiert, um elektrisch schaltbar zu sein.

B) Verwendete flüssigkristalline Mischungen

5

Die folgenden Mischungen werden hergestellt

	Mischung	M-1	
10	n_e (20°C, 589.3nm)	1.5514	
	n_o (20°C, 589.3nm)	1.4737	
	Δn (20°C, 589.3nm)	0.0777	
	$\epsilon_{\text{parallel}}$ (20°C, 1kHz)	3.40	
15	$\epsilon_{\text{senkrecht}}$ (20°C, 1kHz)	7.1	
	$\Delta\epsilon$ (20°C, 1kHz)	-3.7	
	HTP (S-811, 20°C)	10.06 μm^{-1}	
	Zusammensetzung	Verbindung	%
20		CY-3-O2	12
		CY-5-O2	12
		CCY-3-O2	13
		CCY-5-O2	13
		CCY-3-1	8
		CCZC-3-3	4
25		CCZC-3-5	3
		CCZC-4-3	3
		CC-3-4	6
		CC-3-5	6
		CC-3-O3	8
30		CC-5-O1	4
		CC-5-O2	4
		CP-3-O2	4

35

- 45 -

	Mischung	M-2	
	n_e (20°C, 589.3nm)	1.5186	
	n_o (20°C, 589.3nm)	1.4750	
5	Δn (20°C, 589.3nm)	0.0436	
	$\epsilon_{\text{parallel}}$ (20°C, 1kHz)	3.32	
	$\epsilon_{\text{senkrecht}}$ (20°C, 1kHz)	8.11	
10	$\Delta\epsilon$ (20°C, 1kHz)	-4.8	
	HTP (S-811, 20°C)	8.22 μm^{-1}	
	Zusammensetzung	Verbindung	%
		CCN-47	20
		CCN-55	21
15		CC-3-O1	11
		CC-5-O1	5
		CC-5-O2	5
		CCZC-3-3	4
		CCZC-3-5	4
20		CCZC-4-3	4
		CCZC-4-5	4
		BCN-55	22

25

30

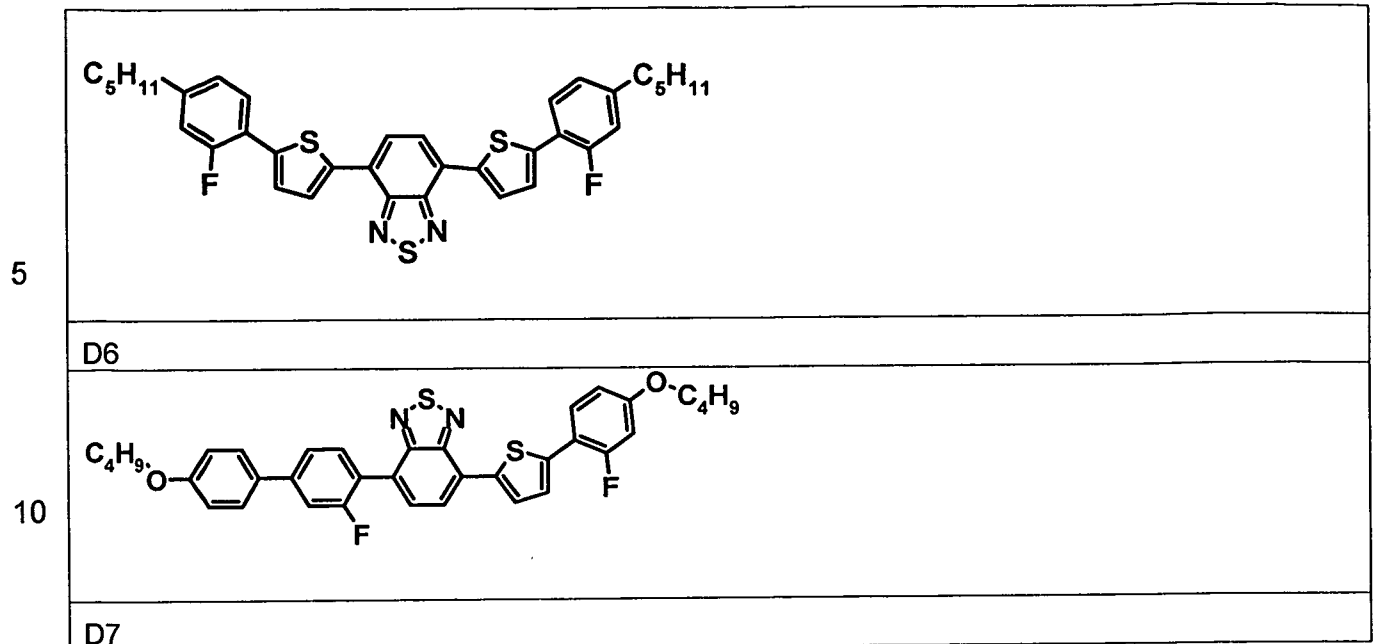
35

- 46 -

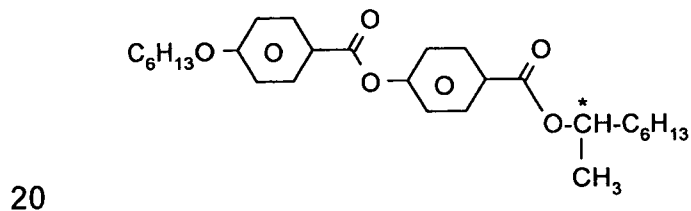
	Mischung	M-3	
	n_e (20°C, 589.3nm)	1.5222	
5	n_o (20°C, 589.3nm)	1.4779	
	Δn (20°C, 589.3nm)	0.0443	
	$\epsilon_{\text{parallel}}$ (20°C, 1kHz)	3.39	
	$\epsilon_{\text{senkrecht}}$ (20°C, 1kHz)	8.94	
10	$\Delta\epsilon$ (20°C, 1kHz)	-5.5	
	HTP (S-811, 20°C)		
	Zusammensetzung	Verbindung	%
		CCN-47	15
15		CCN-55	15
		CCN-33	8
		CCZC-3-3	3
		CCZC-3-5	3
		CC-3-O1	11
		CC-5-O1	5
20		CCZCC-2-3	2
		CCZCC-3-2	2
		CCZCC-4-2	2
		CCZCC-4-3	2
		BCN-35	16
25		BCN-55	16
30			
35			

C) Verwendete Farbstoffe

5	<p>Chemical structure of a dye consisting of a central naphthalene ring system. It is substituted with two azo groups (-N=N-) and a diethylamine group (-N(C₂H₅)₂). The azo groups are connected to a benzene ring with a butyl group (-C₄H₉) and another benzene ring with a butyl ester group (-O-C(=O)-C₄H₉).</p>
10	<p>D1</p> <p>Chemical structure of dye D1, featuring a central naphthalene ring system. It is substituted with two azo groups (-N=N-). One azo group is connected to a benzene ring with a butyl group (-C₄H₉), and the other is connected to a benzene ring with a butyl ester group (-O-C(=O)-C₄H₉).</p>
15	<p>D2</p> <p>Chemical structure of dye D2, featuring a central naphthalene ring system. It is substituted with two azo groups (-N=N-). One azo group is connected to a benzene ring which is further connected to a cyclohexane ring with a pentyl group (-C₅H₁₁). The other azo group is connected to a benzene ring with a pentyl ester group (-O-C(=O)-C₅H₁₁).</p>
25	<p>D3</p> <p>Chemical structure of dye D3, a complex phthalocyanine derivative. It features a central macrocyclic ring system with four nitrogen atoms. The structure is substituted with two chlorine atoms (-Cl) and four octyl groups (-OC₈H₁₇).</p>
30	<p>D4</p> <p>Chemical structure of dye D4, a complex phthalocyanine derivative. It features a central macrocyclic ring system with four nitrogen atoms. The structure is substituted with two ethyl groups (-C₂H₅), two butyl groups (-C₄H₉), and two pentyl groups (-C₅H₁₁).</p>
35	<p>D5</p>



15 D) Verwendeter chiraler Dotierstoff



E) Verfahren zur Transmissionsmessung

25 Die Spektren mit den STN-Einzelzellen werden im Spektrometer Perkin Elmer Lambda 1050 gegen eine Referenz gemessen. D.h. optische Verluste durch Reflexion an Grenzflächen sind eliminiert. Die Messungen werden am Autronic DMS-301 bis 80°C durchgeführt.

30 In allen Fällen werden die Vorrichtungen durch Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden vom Dunkel- in den Hellzustand geschaltet. Es wird in beiden Zuständen jeweils der Lichttransmissionsgrad gemäß der Norm EN410, Gleichung (1), bestimmt.

35

Vergleichsbeispiel 1

97.5% der Mischung M-1 werden mit 0,5% D1, 0.9% D2 und 1.1% D3 versetzt. Von dieser Mischung werden 98.26% mit 0,78% chiralem Dotierstoff versetzt. Der Pitch beträgt 12,7 μ m.

5

Die Mischung wird in die oben beschriebene Vorrichtung mit einer Schichtdicke von 8.5 μ m gefüllt. Der Tiltwinkel der Zelle beträgt: 87,3° relativ zur Substratebene. Die Verdrillung (Winkel zwischen den Reibrichtungen von O1 und O2) beträgt 240°.

10

Die Transmissionswerte der Vorrichtung werden wie unter E) angegeben bestimmt:

15

Temperatur [°C]	τ_v Dunkelzustand [%]	τ_v Hellzustand [%]	$\Delta\tau_v$ [%]
20	24.0	74.5	50.5

Die Vorrichtung aus Vergleichsbeispiel 1 zeigt deutlich sichtbare Streifen aus der Glaswelligkeit bzw. sichtbare Partikeldefekte.

20

25

30

35

Vergleichsbeispiel 2

98.611% Mischung M-1 werden mit 0.278% D1, 0.500% D2 und 0.611% D3 versetzt. Von dieser Mischung werden 99,57% mit 0,43% chiraalem Dotierstoff versetzt. Der Pitch beträgt 23,1 μm .

5

Die Mischung wird in die oben beschriebene Vorrichtung mit einer Schichtdicke von 15.5 μm gefüllt. Der Tiltwinkel der Zelle beträgt: 87,3° relativ zur Substratebene. Die Verdrillung (Winkel zwischen den Reibrichtungen von O1 und O2) beträgt 240°.

10

Die Transmissionswerte der Vorrichtung werden wie unter E) angegeben bestimmt:

15

Temperatur [°C]	τ_V Dunkelzustand [%]	τ_V Hellzustand [%]	$\Delta\tau_V$ [%]
20	29,4	74,4	45.0

Im Vergleich von Vergleichsbeispiel 2 mit Vergleichsbeispiel 1 zeigt sich, dass die Erhöhung der Schichtdicke von 8,5 μm auf 15,5 μm zu einem deutlichen Verlust an Transmissionshub ($\Delta\tau_V$) bei 20°C um 5,5% führt. Die Vorrichtung aus Vergleichsbeispiel 1 zeigt im Vergleich zu der Vorrichtung aus Vergleichsbeispiel 2 jedoch deutlich sichtbare Streifen aus der Glaswelligkeit bzw. sichtbare Partikeldefekte.

20

25

30

35

Beispiel 1

98.57% Mischung M-2 werden mit 0,33% D1, 0.50% D2 und 0.60% D3 versetzt. Von dieser Mischung werden 98.82% mit 1.18% chiraalem Dotierstoff versetzt. Der Pitch beträgt 10,32 μm .

5

Die Mischung wird in die oben beschriebene Vorrichtung mit einer Schichtdicke von 15.4 μm gefüllt. Der Tiltwinkel der Zelle beträgt: 88.5° relativ zur Substratebene. Die Verdrillung (Winkel zwischen den Reibrichtungen von O1 und O2) beträgt 240°.

10

Die Transmissionswerte der Vorrichtung werden wie unter E) angegeben bestimmt:

15

Temperatur [°C]	τ_V Dunkelzustand [%]	τ_V Hellzustand [%]	$\Delta\tau_V$ [%]
20	24.4	71.8	47.4

Die Vorrichtung aus Beispiel 1 zeigt gegenüber Vergleichsbeispiel 2 bei 15,4 μm eine Verbesserung im Transmissionshub ($\Delta\tau_V$) um 2,4%. Die Verbesserung des Transmissionshubs bei dickeren Schichtdicken ist eindeutig aufgezeigt. Zudem sind aufgrund der fast doppelten Schichtdicke im Vergleich zu Vergleichsbeispiel 1 weniger sichtbare Streifen aus der Glaswelligkeit bzw. weniger sichtbare Partikeldefekte zu erkennen.

20

Beispiel 2

25

96.71% Mischung M-2 werden mit 2.0% D4, 0.33% D5, 0.26% D6 und 0.70% D7 versetzt. Von dieser Mischung werden 98.82% mit 1.18% chiraalem Dotierstoff versetzt. Der Pitch beträgt 10,32 μm .

30

Die Mischung wird in die oben beschriebene Vorrichtung mit einer Schichtdicke von 15.4 μm gefüllt. Der Tiltwinkel der Zelle beträgt: 88.5° relativ zur Substratebene. Die Verdrillung (Winkel zwischen den Reibrichtungen von O1 und O2) beträgt 240°.

35

Die Transmissionswerte der Vorrichtung werden wie unter E) angegeben bestimmt:

Temperatur [°C]	τ_V Dunkelzustand [%]	τ_V Hellzustand [%]	$\Delta\tau_V$ [%]
20	26.1	72.9	47.4

Die Vorrichtung aus Beispiel 2 zeigt gegenüber Vergleichsbeispiel 2 bei einer Schichtdicke von 15,4 μm eine Verbesserung im Transmissionshub ($\Delta\tau_V$) bei 20°C um 1.8%. Zudem sind aufgrund der fast doppelten Schichtdicke im Vergleich zu Vergleichsbeispiel 1 weniger sichtbare Streifen aus der Glaswelligkeit bzw. weniger sichtbare Partikeldefekte zu erkennen.

Beispiel 3

15

98.57% Mischung M-3 werden mit 0,33% D1, 0.50% D2 und 0.60% D3 versetzt. Von dieser Mischung werden 99,476 % mit 0,524 % chiraalem Dotierstoff versetzt. Der Pitch beträgt 23.1 μm .

20

Die Mischung wird in die oben beschriebene Vorrichtung mit einer Schichtdicke von 15.4 μm gefüllt. Der Tiltwinkel der Zelle beträgt: 88.5° relativ zur Substratebene. Die Verdrillung (Winkel zwischen den Reibrichtungen von O1 und O2) beträgt 240°.

25

Die Transmissionswerte der Vorrichtung werden wie unter E) angegeben bestimmt:

Temperatur [°C]	τ_V Dunkelzustand [%]	τ_V Hellzustand [%]	$\Delta\tau_V$ [%]
20°C	22.9	72.7	49.8

30

Das Beispiel 3 zeigt gegenüber Vergleichsbeispiel 2 bei 15,4 μm eine deutliche Verbesserung im Transmissionshub ($\Delta\tau_V$) um 4,8%. Die Verschlechterung im Transmissionshub ($\Delta\tau_V$) durch die größere Schichtdicke zwischen den Vergleichsbeispielen 1 und 2 ist gemäß Beispiel

35

- 53 -

3 kompensiert worden. Zudem sind aufgrund der fast doppelten Schichtdicke im Vergleich zu Vergleichsbeispiel 1 weniger sichtbare Streifen aus der Glaswelligkeit bzw. weniger sichtbare Partikeldefekte zu erkennen.

5

10

15

20

25

30

35

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regulierung des Lichteintritts in einen Raum,
umfassend eine schaltbare Schicht S mit einer Dicke von mehr als 12
5 μm enthaltend ein flüssigkristallines Medium, das mindestens eine
dichroitische Verbindung enthält, wobei für die Dicke d der Schicht S
und die optische Anisotropie Δn des flüssigkristallinen Mediums der
Schicht S gilt:

$$d < 1 \mu\text{m} / \Delta n$$

10

und wobei die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S
im Schaltzustand der Vorrichtung ohne angelegte elektrische
Spannung oder im Schaltzustand der Vorrichtung mit angelegter
elektrischer Spannung in einem verdrillt nematischen Zustand
15 vorliegen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die
Dicke d der Schicht S und die optische Anisotropie Δn des
flüssigkristallinen Mediums der Schicht S gilt:

20

$$d < 0.9 \mu\text{m} / \Delta n$$

und

25

$$d > 0.2 \mu\text{m} / \Delta n .$$

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
genau eine Orientierungsschicht, bezeichnet als O1, an die eine Seite
der schaltbaren Schicht S angrenzt, und genau eine andere
30 Orientierungsschicht, bezeichnet als O2, an die gegenüberliegende
Seite der schaltbaren Schicht S angrenzt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die
Orientierungsschichten O1 und O2 derart gestaltet sind, dass sie im
angrenzenden Bereich der Schicht S jeweils unterschiedlich
35

- 55 -

ausgerichtete Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums bewirken.

- 5
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Reiberichtungen der Orientierungsschichten O1 und O2 einen Winkel von 30 bis 270° einschließen.
- 10
6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Orientierungsschichten O1 und O2 eine homogene Anordnung der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S angrenzend an die Orientierungsschicht bewirken.
- 15
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Orientierungsschichten O1 und O2 an ihrer Oberfläche angrenzend an die Schicht S geriebenes Polyimid aufweisen.
- 20
8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S bei homogener Ausrichtung im Zustand ohne angelegte Spannung einen Winkel von 1° bis 10° mit der Ebene der Orientierungsschicht O1 bzw. O2 einschließen.
- 25
9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S bei homeotroper Ausrichtung im Zustand ohne angelegte Spannung einen Winkel von 89° bis 70° mit der Ebene der Orientierungsschicht O1 bzw. O2
- 30
- einschließen.
10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie keinen Polarisator umfasst.

35

- 56 -

11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht S eine Dicke zwischen 13 und 50 μm hat.
- 5 12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht S einen Lichttransmissionsgrad des Hellzustands $\tau_{\text{v hell}}$, berechnet nach der Europäischen Norm EN410, Gleichung (1), von mindestens 30% aufweist.
- 10 13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht S mindestens zwei verschiedene dichroitische Verbindungen aufweist.
- 15 14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass sie in allen ihren Schaltzuständen in der Durchsicht farblos ist.
- 20 15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der dichroitischen Verbindungen gewählt ist aus Azoverbindungen, Anthrachinonen, Methinverbindungen, Azomethinverbindungen, Merocyaninverbindungen, Naphthochinonen, Tetrazinen, Perylenen, Terrylenen, Quaterrylenen, höheren Rylenen, Squarainen, Benzothiadiazolen, Diketopyrrolopyrrolen und Pyrromethenen.
- 25 16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Moleküle des flüssigkristallinen Mediums im Schaltzustand der Vorrichtung ohne angelegte Spannung in einem verdrillt nematischen Zustand und homogen ausgerichtet vorliegen und im Schaltzustand der Vorrichtung mit angelegter Spannung unverdrillt nematisch und homeotrop ausgerichtet vorliegen.
- 30 17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrillung der
- 35

- 57 -

Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S im verdrillt nematischen Zustand über die gesamte Schichtdicke gesehen zwischen 135° und 270° beträgt.

- 5
18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrillung der Orientierungsachsen der Moleküle des flüssigkristallinen Mediums der Schicht S im verdrillt nematischen Zustand über die gesamte Schichtdicke betrachtet zwischen 320° und drei vollständigen Umdrehungen beträgt.
- 10
19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Anisotropie $\Delta\epsilon$ des flüssigkristallinen Mediums kleiner als -3 ist.
- 15
20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Anisotropie Δn des flüssigkristallinen Mediums kleiner als 0.075 ist.
- 20
21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das flüssigkristalline Medium eine oder mehrere chirale Verbindungen in einer Gesamtkonzentration von 0.01 bis 3 Gew.-% enthält.
- 25
22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Vorrichtung zur Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie umfasst.
- 30
23. Fenster, enthaltend eine Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 22.
- 35
24. Verwendung einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 22 zur homogenen Regulierung des Lichtdurchtritts durch eine lichtdurchlässige Fläche in einen Raum.

1/1

Fig. 1

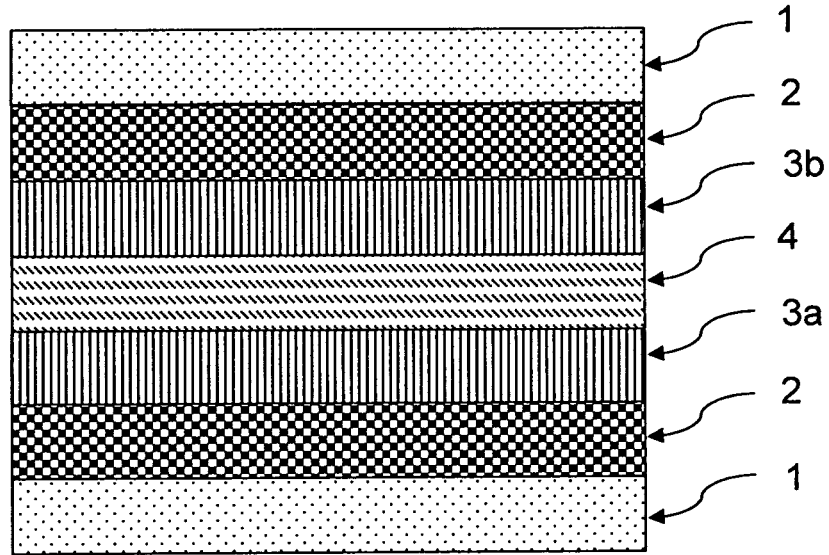
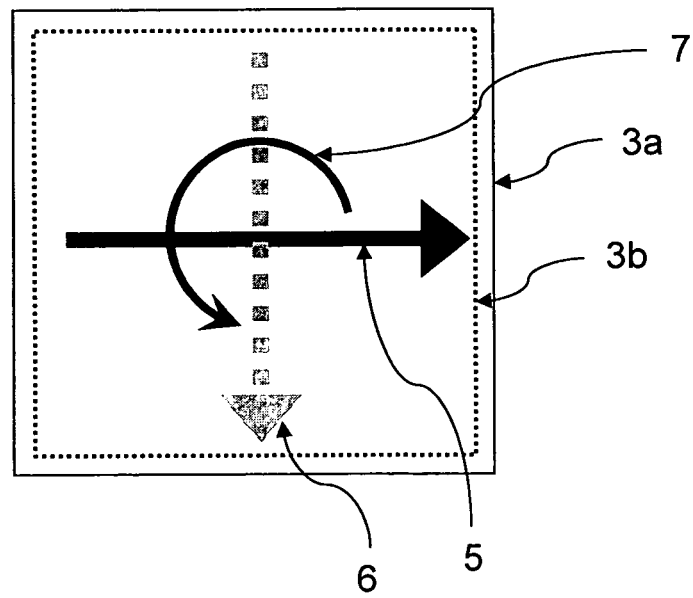


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/002108

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C09K19/02 C09K19/60 C09K19/30
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C09K
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/180525 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 13 November 2014 (2014-11-13) page 23, lines 1-3 page 37, lines 13-14 page 20, line 26 - page 21, line 13 examples; compounds claims	1-24
X	WO 2015/055274 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 23 April 2015 (2015-04-23) page 4, lines 4-9 examples; compounds claims	1-24
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 1 March 2017	Date of mailing of the international search report 09/03/2017
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Serbetsoglou, A
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/002108

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/135240 A2 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 12 September 2014 (2014-09-12) page 14, lines 3-4 page 22, lines 20-21 claims; examples; compounds -----	1-24
X	WO 2015/090506 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 25 June 2015 (2015-06-25) page 11, lines 20-25 page 65, lines 8-14 claims; examples; compounds -----	1-24
A	WO 2012/052100 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]; JUNGE MICHAEL [DE]) 26 April 2012 (2012-04-26) cited in the application examples; compounds claims -----	1-24
A	WO 2014/090373 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 19 June 2014 (2014-06-19) pages 68-70; examples claims -----	1-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/002108

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2014180525	A1	13-11-2014	CN 105190419 A	23-12-2015
			EP 2994795 A1	16-03-2016
			JP 2016517049 A	09-06-2016
			KR 20160005116 A	13-01-2016
			TW 201512750 A	01-04-2015
			US 2016085108 A1	24-03-2016
			WO 2014180525 A1	13-11-2014
WO 2015055274	A1	23-04-2015	CN 105683822 A	15-06-2016
			EP 3058421 A1	24-08-2016
			JP 2016536634 A	24-11-2016
			KR 20160071459 A	21-06-2016
			TW 201523077 A	16-06-2015
			US 2016257885 A1	08-09-2016
			WO 2015055274 A1	23-04-2015
WO 2014135240	A2	12-09-2014	CN 105103046 A	25-11-2015
			EP 2965147 A2	13-01-2016
			JP 2016510907 A	11-04-2016
			KR 20150123901 A	04-11-2015
			TW 201443491 A	16-11-2014
			US 2016033807 A1	04-02-2016
			WO 2014135240 A2	12-09-2014
WO 2015090506	A1	25-06-2015	CN 105829497 A	03-08-2016
			EP 3083885 A1	26-10-2016
			JP 2017501450 A	12-01-2017
			KR 20160099694 A	22-08-2016
			TW 201534701 A	16-09-2015
			US 2016319592 A1	03-11-2016
			WO 2015090506 A1	25-06-2015
WO 2012052100	A1	26-04-2012	CN 103180409 A	26-06-2013
			EP 2630217 A1	28-08-2013
			JP 5964310 B2	03-08-2016
			JP 2013545129 A	19-12-2013
			KR 20130132811 A	05-12-2013
			TW 201221631 A	01-06-2012
			US 2013208227 A1	15-08-2013
			WO 2012052100 A1	26-04-2012
WO 2014090373	A1	19-06-2014	CN 104837959 A	12-08-2015
			EP 2931839 A1	21-10-2015
			JP 2016505671 A	25-02-2016
			KR 20150095813 A	21-08-2015
			TW 201428092 A	16-07-2014
			US 2015299577 A1	22-10-2015
			WO 2014090373 A1	19-06-2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C09K19/02 C09K19/60 C09K19/30 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C09K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2014/180525 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 13. November 2014 (2014-11-13) Seite 23, Zeilen 1-3 Seite 37, Zeilen 13-14 Seite 20, Zeile 26 - Seite 21, Zeile 13 Beispiele; Verbindungen Ansprüche	1-24
X	WO 2015/055274 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 23. April 2015 (2015-04-23) Seite 4, Zeilen 4-9 Beispiele; Verbindungen Ansprüche	1-24
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
1. März 2017	09/03/2017	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Serbetsoglou, A	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2014/135240 A2 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 12. September 2014 (2014-09-12) Seite 14, Zeilen 3-4 Seite 22, Zeilen 20-21 Ansprüche; Beispiele; Verbindungen -----	1-24
X	WO 2015/090506 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 25. Juni 2015 (2015-06-25) Seite 11, Zeilen 20-25 Seite 65, Zeilen 8-14 Ansprüche; Beispiele; Verbindungen -----	1-24
A	WO 2012/052100 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]; JUNGE MICHAEL [DE]) 26. April 2012 (2012-04-26) in der Anmeldung erwähnt Beispiele; Verbindungen Ansprüche -----	1-24
A	WO 2014/090373 A1 (MERCK PATENT GMBH [DE]) 19. Juni 2014 (2014-06-19) Seiten 68-70; Beispiele Ansprüche -----	1-24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/002108

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014180525 A1	13-11-2014	CN 105190419 A	23-12-2015
		EP 2994795 A1	16-03-2016
		JP 2016517049 A	09-06-2016
		KR 20160005116 A	13-01-2016
		TW 201512750 A	01-04-2015
		US 2016085108 A1	24-03-2016
		WO 2014180525 A1	13-11-2014
WO 2015055274 A1	23-04-2015	CN 105683822 A	15-06-2016
		EP 3058421 A1	24-08-2016
		JP 2016536634 A	24-11-2016
		KR 20160071459 A	21-06-2016
		TW 201523077 A	16-06-2015
		US 2016257885 A1	08-09-2016
		WO 2015055274 A1	23-04-2015
WO 2014135240 A2	12-09-2014	CN 105103046 A	25-11-2015
		EP 2965147 A2	13-01-2016
		JP 2016510907 A	11-04-2016
		KR 20150123901 A	04-11-2015
		TW 201443491 A	16-11-2014
		US 2016033807 A1	04-02-2016
		WO 2014135240 A2	12-09-2014
WO 2015090506 A1	25-06-2015	CN 105829497 A	03-08-2016
		EP 3083885 A1	26-10-2016
		JP 2017501450 A	12-01-2017
		KR 20160099694 A	22-08-2016
		TW 201534701 A	16-09-2015
		US 2016319592 A1	03-11-2016
		WO 2015090506 A1	25-06-2015
WO 2012052100 A1	26-04-2012	CN 103180409 A	26-06-2013
		EP 2630217 A1	28-08-2013
		JP 5964310 B2	03-08-2016
		JP 2013545129 A	19-12-2013
		KR 20130132811 A	05-12-2013
		TW 201221631 A	01-06-2012
		US 2013208227 A1	15-08-2013
		WO 2012052100 A1	26-04-2012
WO 2014090373 A1	19-06-2014	CN 104837959 A	12-08-2015
		EP 2931839 A1	21-10-2015
		JP 2016505671 A	25-02-2016
		KR 20150095813 A	21-08-2015
		TW 201428092 A	16-07-2014
		US 2015299577 A1	22-10-2015
		WO 2014090373 A1	19-06-2014