



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 260 450 B1**

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑨ Veröffentlichungstag der Patentschrift: 04.12.91

⑤① Int. Cl.⁵: G02F 1/137

②① Anmeldenummer: 87111870.9

②② Anmeldetag: 17.08.87

⑤④ Flüssigkristallanzeige.

③⑩ Priorität: 12.09.86 CH 3671/86

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.03.88 Patentblatt 88/12

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
04.12.91 Patentblatt 91/49

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 018 180
DE-A- 3 327 272
DE-A- 3 503 259
GB-A- 2 145 837

⑦③ Patentinhaber: F. HOFFMANN-LA ROCHE AG
Postfach 3255
CH-4002 Basel(CH)

⑦② Erfinder: Leenhouts, Frans, Dr.
Violaweg 73
CH-4303 Kaiseraugst(CH)
Erfinder: Schadt, Martin, Dr.
Liestalerstrasse 77
CH-4411 Seltisberg(CH)

⑦④ Vertreter: Finkener und Ernesti Patentanwälte
Heinrich-König-Strasse 119
W-4630 Bochum 1(DE)

EP 0 260 450 B1

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

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Flüssigkristallanzeigezelle bestehend aus einer hochverdrillten nematischen Flüssigkeitsschicht, die zwischen zwei mit Elektroden und Oberflächenorientierungen versehenen Platten und Polarisatoren angeordnet ist, und die eine positive dielektrische Anisotropie aufweist.

Die Erfindung betrifft insbesondere eine Flüssigkristallanzeigezelle der obenerwähnten Art, bei der die nematische Flüssigkeitsschicht einen geringen optischen Gangunterschied aufweist.

Seit einiger Zeit ist bekannt, dass Flüssigkristallanzeigezellen mit hochverdrillten nematischen Flüssigkristallen trotz ihrer intensiven Interferenzfarben im ausgeschalteten Zustand gegenüber denjenigen mit 90°-Verdrillung Vorteile aufweisen. Unter hochverdrillten nematischen Strukturen versteht man dabei solche, die um mehr als 90° verdrillt sind. Es versteht sich, dass zur Erzielung einer derartigen Verdrillung eine Dotierung mit chiralen Zusätzen in der Regel erforderlich ist.

Die Vorteile der Flüssigkristallzellen mit hochverdrillten nematischen Strukturen liegen vor allem in einer besonders steilen elektro-optischen Charakteristik und einem grossen Sichtwinkelbereich. Die steile elektro-optische Charakteristik führt zu hohen Multiplexverhältnissen, die zur Verwirklichung von Anzeigen mit hoher Informationsdichte notwendig sind.

Abgesehen von bereits früher gemachten Vorschlägen von hochverdrillten Flüssigkristallzellen, die auf dem sogenannten Guest-Host-Effekt beruhen, war eine der ersten hochverdrillten nematischen Flüssigkristallzellen ohne Farbstoffzusatz diejenige, die in der Europäischen Patentanmeldung Nr. 131 216 von Amstutz, H. et al. beschrieben ist. Bei dieser Zelle weist der Flüssigkristall eine Verdrillung um 180° bis 360° auf. Die Polarisatoren sind gegenüber den Orientierungsrichtungen an den Platten um einen Winkel zwischen 20° und 70° verdreht. Das Verhältnis zwischen Schichtdicke und Ganghöhe des Flüssigkristalls d/p liegt zwischen 0,5 und 0,95. Die Zelle benötigt an den Elektrodenoberflächen eine spezielle Wandorientierung, die grosse Kippwinkel des nematischen Direktors bewirkt. Derartige Wandorientierungen sind in der Herstellung aufwendig und damit teuer.

Die Patentanmeldung GB-A-2 145 837 beschreibt eine Flüssigkristallanzeigezelle, die einen hochverdrillten, chiral dotierten, nematischen Flüssigkristall mit natürlicher Ganghöhe P und mit positiver dielektrischer Anisotropie verwendet.

Danach wurde in zunehmendem Masse und an verschiedenen Stellen an der Entwicklung von Flüssigkristallzellen mit hochverdrillten nematischen Strukturen gearbeitet. Dies daher, weil Flüssigkristallanzeigen immer mehr auch in grossflächigen, hochinformativen Anwendungen eingesetzt werden und dafür eine hohe Multiplexierbarkeit Voraussetzung ist. So wurden bereits viele Winkelbereiche zwischen 90° und 360° für die Verdrillung und für die Anordnung der Polarisatoren zu den Oberflächenorientierungen und zueinander, sowie für die Verhältnisse der optischen Anisotropie Δn , des Elektrodenabstands bzw. der Dicke d und der natürlichen Ganghöhe P des chiral-dotierten nematischen Flüssigkristalls zueinander vorgeschlagen. Für jede der bekannt gewordenen hochverdrillten Strukturen wurden verschiedene Vorteile geltend gemacht, in der Hauptsache die erwähnte bessere Multiplexierbarkeit und der bessere Sichtwinkelbereich. Als nachteilig erweisen sich die intensiven Interferenzfarben solcher Anzeigezellen, die - um Farbvariationen zu vermeiden - äusserst präzise Plattenabstände und damit teure Herstellungsprozesse voraussetzen. Ferner verhindert die starke inhärente Farbigkeit solcher Anzeigen deren Verwendung als farbneutrale elektrooptische Schalter, wie sie u.a. in Farbfernseh Anwendungen oder bei farbigen Bildschirmen benötigt werden.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe ergibt sich aus dem vorhandenen Bedürfnis nach noch besseren Flüssigkristallanzeigezellen mit insbesondere geringerer inhärenter Farbigkeit, der Möglichkeit zur Erzeugung von Grautönen, einfacher Herstellung, kurzen Schaltzeiten bei gleichzeitig hohem optischen Kontrast, geringer Sichtwinkelabhängigkeit, guter Multiplexierbarkeit und geringer Abhängigkeit des Anzegebildes gegenüber Schwankungen des Plattenabstandes der Zelle.

Es wurde nun gefunden, dass mit einer speziellen Kombination von Zellen- und Materialparametern überraschenderweise wesentlich bessere Ergebnisse erzielt werden, als dies von hochverdrillten nematischen Flüssigkristallanzeigen bisher bekannt ist.

Die Flüssigkristallanzeigezelle nach der Erfindung zeichnet sich aus durch die Kombination gemäss dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 1.

Der soeben definierte Winkelbereich schliesst sowohl positive als auch negative Kontrast-Darstellungen der Zelle ein.

Bei positiver Kontrast-Darstellung erscheinen elektrisch angesteuerte Segmente dunkel auf hellem Hintergrund; bei negativer Kontrast-Darstellung ist die Situation umgekehrt.

Im folgenden werden anhand der beiliegenden Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Es zeigen

Figur 1 eine schematische, auseinandergezogene Darstellung einer Flüssigkristallanzeigezelle nach der Erfindung

Figur 2 ein Diagramm der Winkelanordnung, der Oberflächenorientierungen und der Polarisatoren zueinander

5 Figur 3 eine Spannungs-Kontrastkurve für eine bevorzugte Ausführungsform.

Die vorliegende Flüssigkristallanzeigezelle ist weitgehend ähnlich aufgebaut wie bekannte Zellen, z.B. Twisted Nematic LCDs (Schadt und Helfrich, Appl. Phys. Lett. 18, 127 [1971]), sodass auf den Aufbau hier nicht im einzelnen eingegangen werden muss. Sie besteht aus einer Flüssigkristallschicht 1, die zwischen zwei im wesentlichen zueinander planparallelen Platten 2,3 aus durchsichtigem Material, z.B. Glas, Acrylglas, Kunststoffolien etc., angeordnet ist. Vor der vorderen Platte 3 befindet sich ein Polarisator 5, der vorzugsweise mit der Platte verbunden, beispielsweise aufgeklebt ist. Entsprechend ist der hinteren Platte 3 ein Polarisator 4 zugeordnet. Die Platten haben einen Abstand d voneinander.

Auf ihren dem Flüssigkristall zugewandten Oberflächen weisen die Platten 2,3 die üblichen, zur Darstellung von Zeichen oder Bildpunkten segmentierten Elektrodenbeschichtungen 6 auf. Ausserdem sind die Oberflächen so behandelt, dass sie auf die angrenzenden Flüssigkristallmoleküle eine Richtwirkung ausüben und damit die Richtung des nematischen Direktors \hat{n} bestimmen. Diese Behandlung besteht beispielsweise im Reiben der Oberfläche in einer Richtung oder im Schrägaufdampfen orientierender Schichten, etc., wobei es zwar nicht erforderlich aber auch nicht nachteilig ist, einen Kippwinkel vorzusehen. Das Ergebnis dieser Behandlung wird für den Zweck dieser Beschreibung als Oberflächenorientierung bezeichnet. Die Oberflächenorientierung auf der vorderen Platte 2 ist durch den Pfeil 7 dargestellt. Auf der hinteren Platte 3 ist die Oberflächenorientierung zu derjenigen auf der vorderen Platte parallel und durch den Pfeil 8 gekennzeichnet. Wie aus der folgenden Beschreibung ersichtlich wird, ist es nicht dringend notwendig, die Oberflächenorientierung der beiden Platten parallel zueinander zu machen. Abweichungen in beiden Richtungen sind möglich, ohne dass die Funktion der Zelle wesentlich verschlechtert wird.

Der zur vorderen Platte gehörige Polarisator 4 ist so angeordnet, dass seine Polarisationsrichtung im wesentlichen parallel oder senkrecht zur Oberflächenorientierung an der Platte 2 ist. Auf der hinteren Seite ist der Polarisator 5 so angeordnet, dass seine Polarisationsrichtung senkrecht bzw. parallel zur Oberflächenorientierung 8 auf der Platte 3 ist, wenn die Zelle in positiver Kontrast-Darstellung betrieben wird.

Der Flüssigkristall 1 ist ein nematischer Flüssigkristall, der mit chiralen Zusätzen dotiert ist. Dadurch wird dem nematischen Flüssigkristall eine spontane Verdrillung mit einer bestimmten Ganghöhe P vermittelt. Durch das Zusammenwirken der spontanen Verdrillung infolge der chiralen Zusätze und der Oberflächenorientierung nimmt der Flüssigkristall eine Verdrillung von 180° an. Dies bewirkt die in Fig. 1 dargestellte Verdrehung der nematischen Direktoren \hat{n}_1 an der vorderen Platte und \hat{n}_2 an der hinteren Platte um 180° gegeneinander.

In Figur 2 sind die Winkelverhältnisse der nematischen Direktoren und der Polarisationsrichtungen zueinander dargestellt. \hat{n}_1 ist, wie erwähnt, der nematische Direktor an der vorderen Platte 2, \hat{n}_2 der nematische Direktor an der rückseitigen Platte 3. Der Verdrillungswinkel zwischen den beiden nematischen Direktoren wird mit ϕ bezeichnet. Dieser Winkel ist im bevorzugten Ausführungsbeispiel 180° . Er kann aber nach oben und nach unten von 180° abweichen. Gute Ergebnisse werden mit Absolutwerten von ϕ erzielt, die bei rechtssinniger oder linkssinniger Verdrillung zwischen 120° und 260° liegen.

Die Polarisationsrichtung des vorderseitigen Polarisators 4 ist mit P_1 bezeichnet. Sie ist beim vorliegenden Ausführungsbeispiel parallel zum nematischen Direktor \hat{n}_1 . Die Polarisationsrichtung P_1 des vorderen Polarisators 4 kann aber um einen Winkel β vom nematischen Direktor \hat{n}_1 abweichen und zwar mit guten Ergebnissen im Bereich $0^\circ < \beta < 360^\circ$. Die Polarisationsrichtung P_1 des vorderen Polarisators 4 kann aber auch senkrecht zum nematischen Direktor \hat{n}_1 liegen und jene von P_2 parallel zu \hat{n}_1 . Auch dabei ist eine Abweichung mit guten Ergebnissen im Bereich $0^\circ < \beta < 360^\circ$ zulässig. Die Polarisationsrichtung P_2 des hinteren Polarisators 5 ist gegenüber jener des vorderen Polarisators P_1 um einen Winkel ψ verdreht, der im bevorzugten Ausführungsbeispiel einer positiven Kontrast-Darstellung 90° beträgt (gekreuzte Polarisatoren). Dieser Winkel kann aber zwischen 0° und 180° liegen. Eine Umkehr des Kontrasts erfolgt bei sonst gleichen Winkeln ϕ und β mit $\psi = 0^\circ$ (parallele Polarisatoren). Bei einer weiteren bevorzugten Ausführung für eine negativ Kontrast-Darstellung ist $\phi = 180^\circ$, $\beta = 0^\circ$ und $\psi = 135^\circ$. Die Variationsbreiten sind im Diagramm der Figur 2 durch entsprechende Schattierungen angedeutet.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist z.B. $\phi = -175^\circ$, $\beta = 350^\circ$, $\psi = 70^\circ$ (positiver Kontrast), bzw. $\phi = -175^\circ$, $\beta = 5^\circ$ und $\psi = 135^\circ$ (negativer Kontrast); wobei folgende Flüssigkristallmischung (Mischung "A") in $d = 5 \mu\text{m}$ dicker Schicht verwendet wurde:

Komponente		Konzentration (Gew.%)
5	Od(4)CP = p-[trans-4-(4-Pentenyl)cyclohexyl]benzonnitril	8,780
	3CPO2 = 1-Aethoxy-4-(trans-4-propylcyclohexyl)benzol	7,320
	3CPS = p-(trans-4-Propylcyclohexyl)phenylisothiocyanat	11,700
	4P(1)P = p-(5-Butyl-2-pyrimidinyl)benzonnitril	4,870
	3CAP2 = 4-Aethyl-1-[2-(trans-4-propylcyclohexyl)äthyl]benzol	4,390
	4CEPO2 = trans-4-Butylcyclohexancarbonsäure-p-äthoxyphenylester	10,730
10	5CEPO1 = trans-4-Pentylcyclohexancarbonsäure-p-methoxyhexylester	10,730
	4CEC4 = trans-4-Butylcyclohexancarbonsäure-trans-4-butylcyclohexylester	9,280
	4PP(1)P = p-[5-(4-Butylphenyl)-2-pyrimidinyl]benzonnitril	4,400
	φd(4)CPP = 4'-[trans-4-(4-Pentenyl)cyclohexyl]biphenylcarbonitril	6,850
	Od(4)CPP3 = 4'-[trans-4-(4-Pentenyl)cyclohexyl]-4-propylbiphenyl	5,850
15	5CPAC4 = 1-[2-(trans-4-Butylcyclohexyl)äthyl]-4-(trans-4-pentylcyclohexyl)benzol	9,750
	5CPPAC4 = 4-[2-(trans-4-Butylcyclohexyl)äthyl]-4'-(trans-4-pentylcyclohexyl)biphenyl	5,350

Diese Mischung wurde noch mit einem geeigneten chiralen Zusatz versehen.

Ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung wurde mit der folgenden Mischung "B" hergestellt:

20

25

30

35

40

45

50

55

Komponente		Konzentration (Gew. %)
φd(3)CP	= p-[trans-4-(3-Butenyl)cyclohexyl]benzotrifl	10,000
1d(3)CP	= p-[trans-4-(3E-Pentenyl)cyclohexyl]benzotrifl	10,000
4P(1)P	= p-[trans-4-(3E-Pentenyl)cyclohexyl]benzotrifl	6,000
5CC(O)d(3)φ	= r-1-Cyan-1-(3-butenyl)-cis-4-(trans-4-pentylcyclohexyl)cyclohexan	10,000
4CEC4	= r-1-Cyan-1-(3-butenyl)-cis-4-(trans-4-pentylcyclohexyl)cyclohexan	12,000
5CEC3	= trans-4-Pentylcyclohexancarbonsäure-trans-4-propylcyclohexylester	12,000
3CEC3	= trans-4-Propylcyclohexancarbonsäure-trans-4-propylcyclohexylester	10,000
5CPAC4	= trans-4-Propylcyclohexancarbonsäure-trans-4-propylcyclohexylester	12,000
5CPPAC4	= trans-4-Propylcyclohexancarbonsäure-trans-4-propylcyclohexylester	4,000
3CEPCd(3)1	= trans-4-Propylcyclohexancarbonsäure-p-[trans-4-(3E-pentenyl)cyclohexyl]phenylester	8,000
5CPAPAC4	= 4-(trans-4-Pentylcyclohexyl)-4'-[2-(trans-4-butylcyclohexyl)äthyl]-1,1'-äthylendibenzol	6,000

Auch diese Mischung wurde mit einem geeigneten chiralen Zusatz versehen.

Die Bezeichnungsweise der Komponenten ist dem Fachmann bekannt. Es wird hierfür z.B. auf die Publikationen von Schadt, M. et al. in Mol. Cryst. Liq. Cryst. 122 (1985) 241ff und in Proc. Int. Displ. Res. Conf., San Diego (1985) verwiesen.

In der folgenden Tabelle 1 sind alle relevanten Parameter dieser beiden Mischungen "A" und "B" und von Zellen mit diesen Mischungen zusammengestellt.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Tabelle 1

Parameter	Mischung "A"		Mischung "B"	
Klärpunkt T_{c1} [°C]	81		77	
Schmelzpunkt T_m [°C]	<-30		<-30	
Diel.Konst.parall. ϵ	8,99		10,3	
Dielek. Anisotropie $\Delta\epsilon$	4,31		6,2	
n_o	1,482		1,499	
Optische Anisotropie Δn	0,088		0,125	
k_{11} [10 ⁻¹² N]	11,13		11,34	
k_{22} [10 ⁻¹² N]	4,98		4,47	
k_{33}/k_{11}	1,31		1,04	
Viskosität $\eta(+22^\circ\text{C})$ [mPa·s]	24		27	
Viskosität $\eta(-20^\circ\text{C})$ [mPa·s]	350		460	
Optischer Gangunterschied $\Delta n \cdot d$ [µm]	0,44		0,625	
Verdrillungswinkel	-180°	-90°	-180°	-90°
Elektrodenabstand [µm]	5	6	5	8
2d/P (P=Ganghöhe)	0,55	0	0,6	0

Mit diesen Mischungen wurden die in der folgenden Tabelle 2 zusammengestellten elektro-optischen
 55 Resultate erzielt. Den Ergebnissen, die mit der Vorliegenden neuen Zelle erreicht wurden, sind jeweils die
 Werte gegenübergestellt, die mit den gleichen Flüssigkristallmischungen in einer konventionellen Drehzelle
 erzielt wurden.

Tabelle 2

	Mischung "A"		Mischung "B"	
	neue Zelle	Drehzelle	neue Zelle	Drehzelle
$V_{10} (\theta = 0^\circ)$ [V]	2,33	2,09	1,91	2,00
$V_{50} (\theta = 0^\circ)$ [V]	2,41	2,44	2,01	2,24
Stellheit d. Transmissionskurve $p_o (\theta = 0^\circ)$	0,032	0,169	0,052	0,121
$r_T (\theta = 0^\circ)$ [%/°C]	-	-	-0,28	-0,28
$r_\theta (V = V_{10})$ [%/° θ]	-	-	-0,081	-0,49
Multiplexverhältnis N_{max}	1008	42	390	77
$\theta =$ Sichtwinkel				

Von den in Tabelle 2 zusammengestellten Parametern bedeuten:

- V_{10} die optische Schwellenspannung, bei 10% Extinktion (bzw. Transmission)
- V_{50} die Spannung bei 50% Transmission
- p_o die Stellheit der Transmissionskurve bei Blickwinkel $\theta = 0^\circ$ gemäss der Formel

$$p_o = \frac{V_{50} - V_{10}}{V_{10}}$$

- N_{max} die maximale Zahl der multiplexierbaren Zeilen gemäss Alt und Pleshko

$$N_{max} = \left[\frac{(1+p)^2 + 1}{(1+p)^2 - 1} \right]^2$$

- r_T die Temperaturabhängigkeit der Schwellenspannung V_{10} zwischen 0°C und 40°C

$$r_T = \frac{V_{10}(40^\circ\text{C}) - V_{10}(0^\circ\text{C})}{40^\circ\text{C}} \cdot \frac{100\%}{V_{10}(22^\circ\text{C})} \quad [\%/\text{°C}]$$

- r_θ die Winkelabhängigkeit der Schwellenspannung V_{10} zwischen $\theta = 10^\circ$ - 40°

$$r_\theta = \frac{V_{10}(40^\circ) - V_{10}(10^\circ)}{30^\circ} \cdot \frac{100\%}{V_{10}(10^\circ)} \quad [\%/\text{°}\theta]$$

- θ der Lichteinfallswinkel oder Sichtwinkel.

Das Produkt $\Delta n \cdot d$ beträgt beim vorliegenden Ausführungsbeispiel mit Mischung "A" $0,44 \mu\text{m}$ und mit Mischung "B" $0,625 \mu\text{m}$. Es kann mit guten Ergebnissen im Bereich $0,25 < \Delta n \cdot d < 0,7 \mu\text{m}$ eingestellt werden.

Der Absolutwert des Verhältnisses der Schichtdicke d zur natürlichen Ganghöhe P beträgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel ca. 0,3 und kann mit guten Ergebnissen im Bereich $0,2 < d/P < 0,8$ variiert

werden.

In Figur 3 ist die für das elektro-optische Verhalten charakteristische Kontrastkurve gezeigt, die mit weissem Licht aufgenommen wurde. Die extreme Steilheit dieser Kurve lässt erkennen, dass mit einer derartigen Zelle ein hohes Multiplexverhältnis erzielbar ist. Tatsächlich wurden bereits Multiplexverhältnisse von über 1000:1 bei einem Kontrast von 5:1 erzielt (siehe Tab. 2). Auch die Winkelabhängigkeit ist wesentlich besser als bei 90° Drehzellen (Tab. 2) und mindestens gleich gut wie bei anderen bekannten hochverdrillten Zellenstrukturen. Die sehr geringe Welligkeit der Kurve im ausgeschalteten als auch im eingeschalteten Zustand ist eine Folge der geringen inhärenten Farblichkeit der Zelle (schwarz-weiß, bzw. weiss-schwarz Kontrast).

Mit den in den folgenden Tabelle 3 und 4 zusammengestellten Konfigurationen mit bestimmten Werten für das Produkt $\Delta n \cdot d$ und für die Winkel ϕ , β und ψ wurden besonders gute Ergebnisse erzielt. Diese Konfigurationen stellen daher bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung dar. Dabei ist die Dotierung mit chiralen Zusätzen jeweils so gewählt, dass die sich ergebende Ganghöhe zusammen mit dem Plattenabstand den gewünschten Verdrillungswinkel ϕ ergibt. Tabelle 3 enthält Konfiguration, die einen positiven Kontrast ergeben; Tabelle 4 enthält Konfigurationen für negativen Kontrast.

Tabelle 3

ϕ (°)	$\Delta n \cdot d$ (μm)	β (°)	ψ (°)
180	0,4 - 0,7	0 ± 20	90 ± 20
"	"	90 ± 20	-80 ± 20
210	0,4 - 0,5	0 ± 20	90 ± 20
"	"	90 ± 20	-80 ± 20
"	0,6	0 ± 30	90 ± 20
"	"	100 ± 20	-90 ± 30
"	0,7	10 ± 30	70 ± 30
"	"	110 ± 20	-110 ± 20
240	0,4	10 ± 20	95 ± 20
"	"	100 ± 20	-90 ± 20
"	0,5	30 ± 20	95 ± 15
"	"	120 ± 20	-90 ± 25
"	0,6	30 ± 25	85 ± 20
"	"	120 ± 25	-90 ± 25
"	0,7	30 ± 25	80 ± 30
"	"	130 ± 30	-100 ± 25
270	0,5	30 ± 30	80 ± 20
"	0,6	50 ± 30	70 ± 30
"	"	140 ± 30	-100 ± 30
"	0,7	60 ± 30	60 ± 30
"	"	140 ± 30	-110 ± 30

Tabelle 4

	ϕ (°)	$\Delta n \cdot d$ (μm)	β (°)	ψ (°)
5	180	0,4	25 ± 20	40 ± 20
	"	0,5	30 ± 20	30 ± 20
		"	125 ± 20	40 ± 20
		0,6	40 ± 20	10 ± 20
		"	130 ± 20	10 ± 20
10		0,7	60 ± 20	150 ± 20
		"	150 ± 20	150 ± 20
	210	0,4	40 ± 20	50 ± 20
	"	"	130 ± 20	50 ± 20
	"	0,5	45 ± 20	30 ± 20
15	"	"	135 ± 20	30 ± 20
		0,6	60 ± 20	10 ± 20
		"	150 ± 20	10 ± 20
	"	0,7	80 ± 20	160 ± 20
	"	"	170 ± 20	160 ± 20
20	240	0,5	160 ± 20	30 ± 20
	"	0,6	75 ± 20	20 ± 20
	"	"	170 ± 20	10 ± 20
	"	0,7	0 ± 30	170 ± 20
	"	"	85 ± 20	170 ± 20
25	270	0,5	170 ± 20	40 ± 20
	"	0,6	10 ± 20	20 ± 20
	"	"	100 ± 20	20 ± 20
	"	0,7	30 ± 40	10 ± 20
	"	"	125 ± 40	10 ± 20
30				

Die oben beschriebene Zelle kann sowohl in Transmission als auch in Reflexion betrieben werden.

Patentansprüche

- 35 1. Flüssigkristallzelle aus einem zwischen zwei mit Elektroden und Oberflächenorientierungen versehenen Platten und Polarisatoren angeordneten hochverdrillten, chiral dotierten nematischen Flüssigkristall mit natürlicher Ganghöhe P und mit positiver dielektrischer Anisotropie, gekennzeichnet durch die Kombination aus einem Verdrillungswinkel ϕ zwischen 120° und 260° , einem Produkt aus Brechungsindex-Anisotropie und Dicke des Flüssigkristalls $\Delta n \cdot d$ von $0,2$ bis $0,7 \mu\text{m}$ und einem Dicken/Ganghöhen-Verhältnis d/P von $0,2$ bis $0,8$.
- 40 2. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrillungswinkel ϕ 180° beträgt.
- 45 3. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch $\phi = 180^\circ$, einem Winkel β zwischen der Richtung der Oberflächenorientierung und der Polarisationsrichtung an der lichteinfallsseitigen Platte von 0° und einem Winkel ψ zwischen der Polarisationsrichtung an der lichteinfallsseitigen Platte und der Polarisationsrichtung an der lichtausfallsseitigen Platte von 90° .
- 50 4. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass $\phi = 180^\circ$, $\beta = 0^\circ$ und $\psi = 135^\circ$.
5. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel $\beta = 0^\circ \pm 10^\circ$ und der Winkel $\psi = 90^\circ \pm 40^\circ$ beträgt.
- 55 6. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass $\beta = 0^\circ$ ist und $\psi = 135^\circ$ beträgt.
7. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass $\beta = 90^\circ \pm 10^\circ$ und die Polarisatoren gekreuzt sind.

8. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass $\Delta n \cdot d = 0,4-0,6 \mu\text{m}$ beträgt.
9. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Dicken/Ganghöhenverhältnis $d/P = 0,25$ bis $0,4$ beträgt.
- 5 10. Flüssigkristallzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zelle in Reflexion betrieben wird.

Claims

10

1. A liquid crystal display cell comprising a highly twisted, chirally doped nematic liquid crystal having natural pitch P and positive dielectric anisotropy disposed between two plates having electrodes and surface orientations and polarizers, characterized by the combination of a twist angle ϕ between 120° and 260° , a product from refractive index - anisotropy and liquid crystal thickness $\Delta n \cdot d$ of 0.2 to $0.7 \mu\text{m}$ and a thickness/pitch ratio d/p of 0.2 to 0.8 .
- 15 2. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized in that the twist angle ϕ is 180° .
- 20 3. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized by $\phi = 180^\circ$, an angle β between the surface orientation direction and the polarization direction of the plate on the light incidence side of 0° and an angle ψ between the polarization direction of the plate on the light incidence side and the polarization direction of the plate on the light exit side of 90° .
- 25 4. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized in that $\phi = 180^\circ$, $\beta = 0^\circ$ and $\psi = 135^\circ$.
5. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized in that the angle $\beta = 0^\circ \pm 10^\circ$ and the angle $\psi = 90^\circ \pm 40^\circ$.
- 30 6. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized in that $\beta = 0^\circ$ and $\psi = 135^\circ$.
7. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized in that $\beta = 90^\circ \pm 10^\circ$ and the polarizers are crossed.
- 35 8. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized in that $\Delta n \cdot d = 0.4-0.6 \mu\text{m}$.
9. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized in that the thickness/pitch ratio $d/P = 0.25$ to 0.4 .
- 40 10. A liquid crystal cell according to claim 1, characterized in that the cell is operated in reflection.

40

Revendications

- 45 1. Cellule d'afficheur à cristaux liquides, formée d'un cristal liquide nématique à dopage chiral, présentant une haute torsion, avec un pas naturel P et à anisotropie diélectrique positive, qui est disposé entre deux plaques-polariseurs pourvues d'électrodes et d'orientations de surface, caractérisée par la combinaison d'un angle de torsion ϕ compris entre 120° et 260° , d'un produit de l'anisotropie d'indice de réfraction et de l'épaisseur du cristal $\Delta n \cdot d$ de $0,2$ à $0,7 \mu\text{m}$ et d'un rapport épaisseur/pas d/P de $0,2$ à $0,8$.
- 50 2. Cellule d'afficheur à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'angle de torsion $\phi = 180^\circ$.
- 55 3. Cellule d'afficheur à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée par $\phi = 180^\circ$, un angle β entre la direction de l'orientation de surface et la direction de polarisation sur la plaque côté entrée de la lumière de 0° et un angle ψ entre la direction de polarisation sur la plaque côté entrée de la lumière et la direction de polarisation sur la plaque côté sortie de la lumière de 90° .
4. Cellule d'afficheur à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée en ce que $\phi = 180^\circ$, $\beta =$

0° et $\psi = 135^\circ$.

- 5
6. Cellule d'afficheur à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée en ce que β est de 0° et ψ est de 135° .
- 10
7. Cellule d'afficheur à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée en ce que β est de $90^\circ \pm 10^\circ$ et les polariseurs sont croisés.
8. Cellule d'afficheur à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée en ce que $\Delta n \cdot d$ est de 0,4 à 0,6 μm .
- 15
9. Cellule d'afficheur à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée en ce que le rapport épaisseur/pas d/P est de 0,25 à 0,4.
- 20
10. Cellule d'afficheur à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée en ce que la cellule est utilisée en réflexion.

25

30

35

40

45

50

55

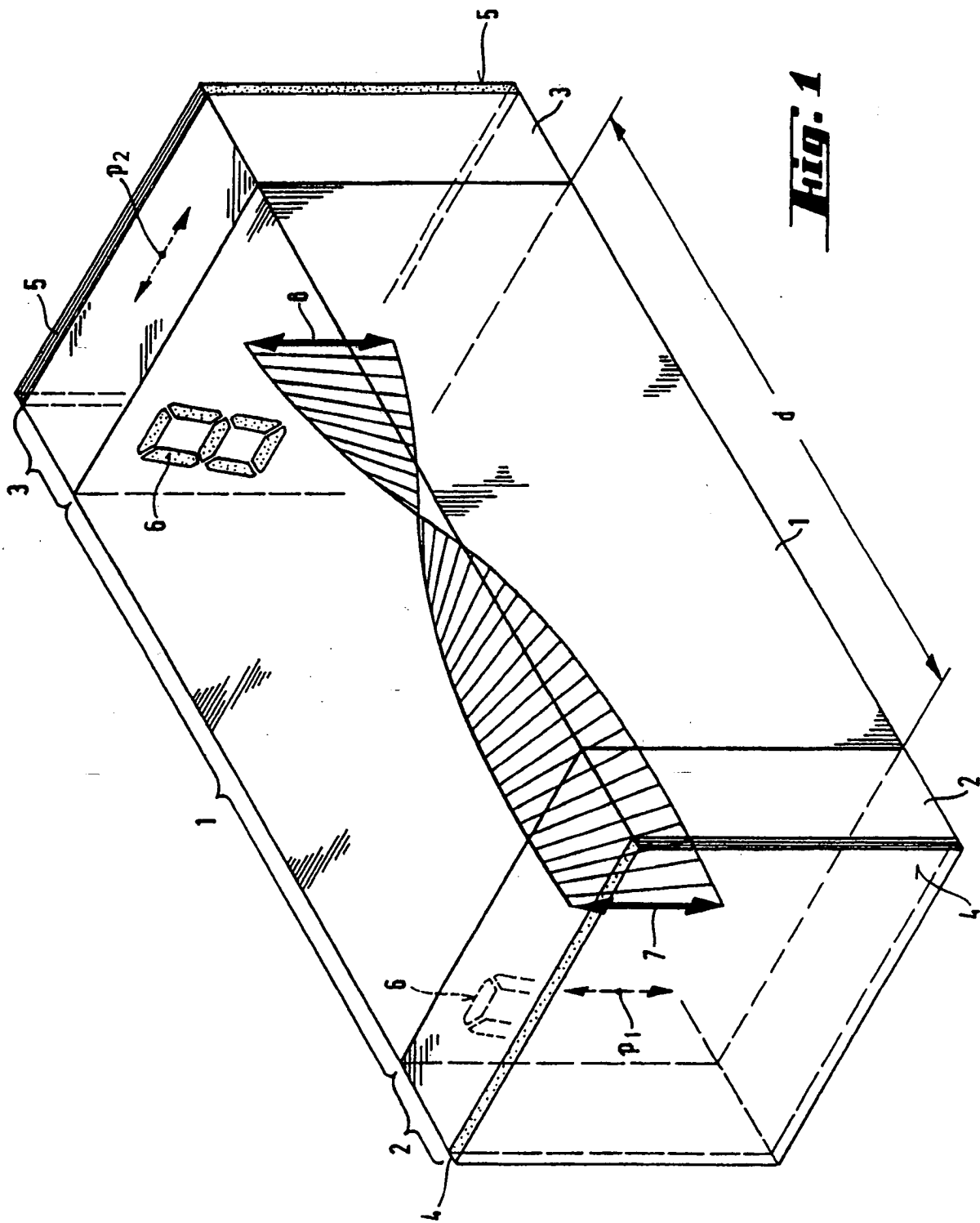


Fig. 1

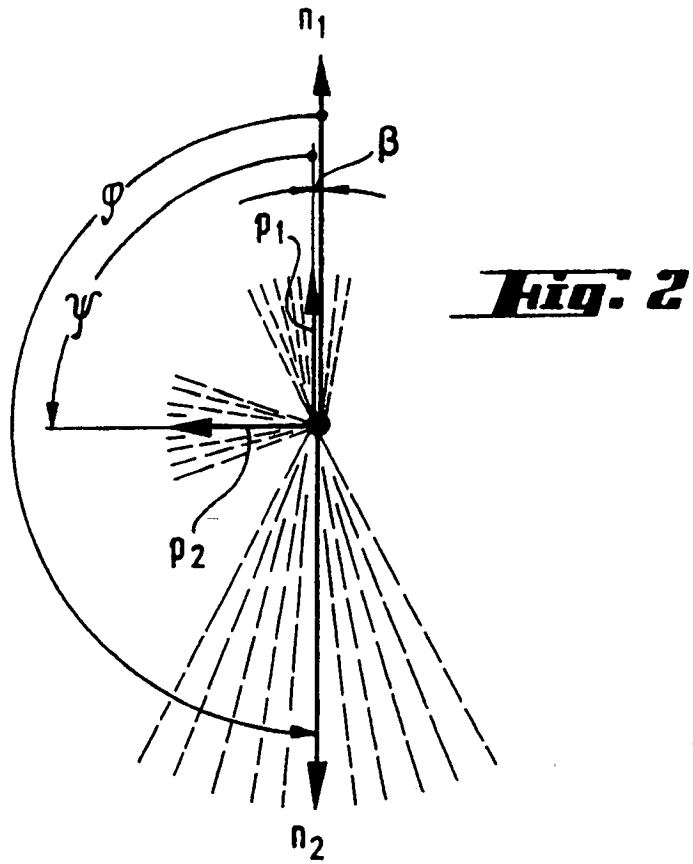


Fig. 2

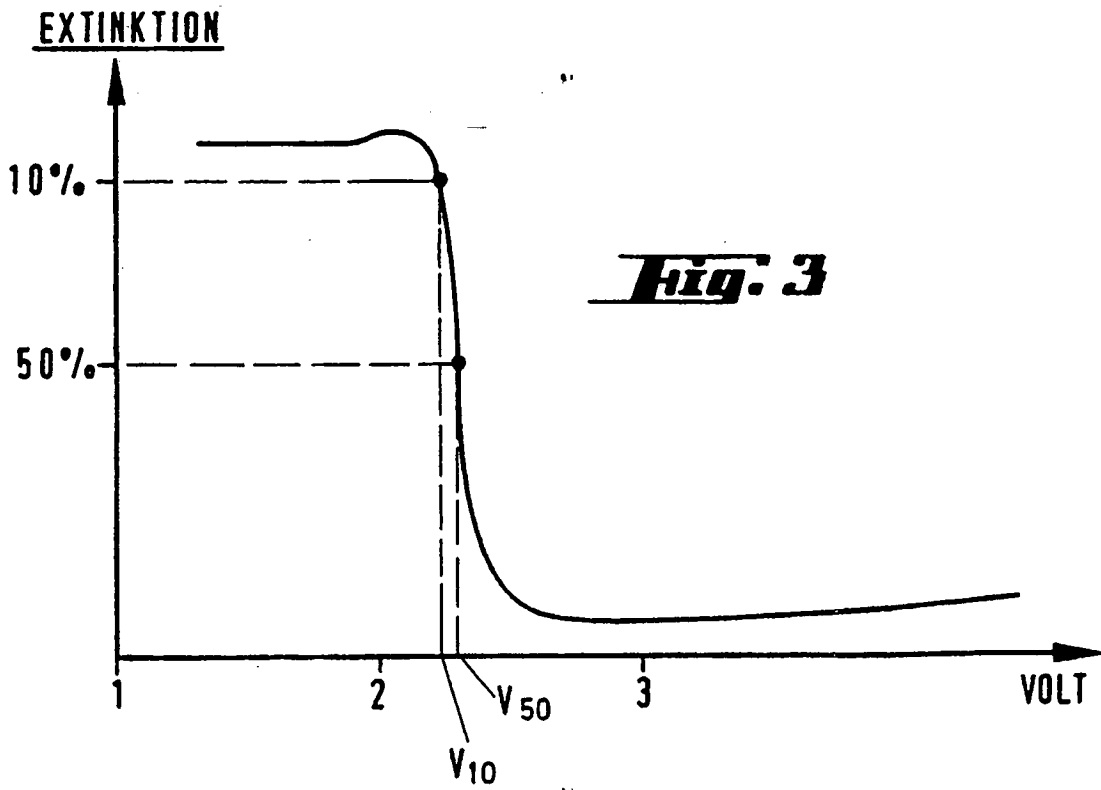


Fig. 3

For official use



OFFICE OF THE COMPTROLLER OF PATENT OFFICE 30-01

Reference U07456GB

£ 30.

The	FILING OF TRANSLATION OF	
Patent	EUROPEAN PATENT (UK) UNDER	
Office	SECTION 77(6)(a)	
-----	Form 54/77	Patents Act 1977

1 European Patent number

0260450

2 Proprietor's details

Name F. Hoffmann-La Roche AG

Address

Postfach 3255, CH-4002 BASEL, Switzerland

Postcode

ADP number

3 European Patent Bulletin date

Date

04 DEC 91

Handwritten mark resembling '05'

4 Agent's details

FORRESTER KETLEY & CO.

5 Address for service

Name Forrester Ketley & Co.

Address Forrester House
52 Bounds Green Road
LONDON

Postcode N11 2EY

ADP number 00000133001

Signature

..Forrester Ketley & Co.
Forrester Ketley & Co. (Agents)

Date 6 FEB 92

Reminder

Have you attached

- one duplicate copy of this form?
- two copies of the translation including any drawings
(verified to the satisfaction of the Comptroller)?
- any continuation sheets (if appropriate)?

I, ROY VREELAND, a Fellow of the Institute of Linguists, and a Fellow of the Institute of Translation and Interpreting, of Forrester, Ketley & Co., Forrester House, 52 Bounds Green Road, London N11 2EY, do hereby certify that I am well acquainted with the English and German languages and that to the best of my knowledge and belief the attached is a true translation into the English language of European Patent No. 0 260 450.

Signature

A handwritten signature in cursive script, enclosed in a rectangular box. The signature appears to be 'R. Vreeland'.

The invention relates to a liquid crystal display (LCD) cell comprising a highly twisted nematic liquid layer which is disposed between two plates having electrodes and surface orientations and polarisers and which has a positive dielectric anisotropy.

The invention relates more particularly to an LCD cell of the kind set out wherein the nematic liquid crystal layer has a very small optical path difference.

It has been known for some time that LCD cells having highly twisted nematic liquid crystals, despite their intensive interference colours in the off state, have advantages over similar cells having a 90° twist. The term "highly twisted nematic structures" is to be understood as denoting structures having a twist of more than 90° . Of course, doping with chiral additives is usually necessary to produce such a twist.

The main advantages of liquid crystal cells having highly twisted nematic structures are a very steep electro-optical characteristic and a wide viewing angle range. The steep electro-optical characteristic results in high multiplex ratios which are necessary to provide displays of high information density.

Apart from earlier proposals for high-twist liquid crystal cells based on the guest-host effect, one of the first high-twist nematic liquid crystal cells without any colouring additive was the one disclosed in European Patent Application No. 131 216 of Amstutz, H. et al. The liquid crystal of this cell has a twist of from 180° to 360° . The polarisers are offset at angle

of from 20° to 70° relatively to the orientation directions on the plates. The ratio d/P between the layer thickness and pitch of the liquid crystal is between 0.5 and 0.95. The cell requires a special wall orientation on the electrode surfaces, leading to high tilt angles of the nematic director. Wall orientations of this kind are complex to produce and therefore expensive.

The patent application GB-A-2 145 837 describes a liquid crystal display cell using a high-twist, chirally doped, nematic liquid crystal with a natural pitch P and positive dielectric anisotropy.

Subsequently, increasing work has done in various places on the development of liquid crystal cells having high-twist nematic structures, because LCDs are being increasingly used in large-area high-density-information applications and high multiplexibility is essential for this particular use. Thus, many angle ranges between 90° and 360° for the twist and for the arrangement of the polarisers relatively to the surface orientations and to one another and for the proportions of the optical anisotropy Δn , the electrode distance or thickness d and the natural pitch P of the chirally doped nematic liquid crystal relatively to one another have been suggested. Various advantages have been alleged for each of the disclosed high-twist structures, with the emphasis on improved multiplexibility and improved range of viewing angles. A disadvantage was found to be the intensive interference colours of such display cells which, if colour variations are to be avoided, call for very

accurate plate spacing and, therefore, expensive production processes. Also, the strong inherent colouring of such displays is an obstacle to their use as neutral-colour electro-optical switches such as are required inter alia for colour TV or for coloured display screens.

The problem which it is the object of the invention to solve arises from the present need for even better LCD cells with more particularly less inherent colouring, the possibility of producing grey tones, simple production, short switching times together with high optical contrast, reduced dependence upon viewing angle, good multiplexibility and a display picture little affected by variations in the plate spacing of the cell.

It has now been found that, using a special combination of cell and material parameters, much better results can surprisingly be achieved than previously known from high-twist nematic liquid crystal displays.

The LCD cell according to the invention is distinguished by the combination according to the characterising part of claim 1.

The angle range just defined includes both positive and negative contrast displays of the cell.

In positive contrast displays electrically energised segments appear dark on a bright background

whereas in negative displays the situation is the converse.

Embodiments of the invention will be described hereinafter with reference to the drawings wherein:

Fig. 1 is a diagrammatic exploded view of an LCD cell according to the invention;

Fig. 2 is a diagram showing the arrangement of angles, the surface orientations and the polarisers relatively to one another, and

Fig. 3 illustrates a voltage-contrast curve of a preferred embodiment.

The LCD cell according to the invention is of very similar construction to known cells, such as twisted nematic LCDs (Schadt and Helfrich, Appl. Phys, Lett. 18, 127 [1971]), so that there is no need here to go into constructional details. It comprises a liquid crystal layer 1 disposed between two plates 2, 3 which are disposed substantially plane-parallel to one another and which are made of a transparent material, such as glass, acrylic glass, plastic films or the like. A polariser 5 is disposed in front of plate 3 and is preferably connected thereto, for example, by sticking. A polariser 4 is similarly associated with the rear plate 3. The plates are separated from one another by a spacing d .

On their surfaces facing the liquid crystal the plates 2 have conventional electrode coatings 6

segmented for the display of characters or dots. Also, the surfaces are so treated as to exert a directional effect on the adjacent liquid crystal molecules and thus determine the direction of the nematic director \hat{n} . The treatment resides, for example, in rubbing the surface in one direction or in the oblique evaporation coating of orienting layers etc; it is not necessary, but neither is it disadvantageous, to provide a tilt angle. The result of this treatment will be called surface orientation for the purpose of the present description. An arrow 7 indicates the surface orientation on the front plate 2. The surface orientation on the rear plate 3 extends parallel to that of the front plate and is indicated by an arrow 8. As will become apparent hereinafter, it is not vital for the surface orientations of the two plates to be parallel to one another. Variations in both directions are possible without substantial impairment of cell operation.

The front plate polariser 4 is so disposed that its polarisation direction extends substantially parallel or perpendicular to the surface orientation of the plate 2. The rear polariser 5 is so disposed that its polarisation direction extends perpendicularly or parallel to the surface orientation 8 of the plate 3 when the cell is operated in positive contrast display.

The liquid crystal 1 is a nematic liquid crystal doped with chiral additives. The crystal 1 therefore takes on a spontaneous twist having a predetermined pitch P . As a result of co-operation between the spontaneous twist, due to the chiral additives, and the

surface orientation the crystal assumes a twist of 180° . This results in the twist, shown in Fig. 1, of the nematic directors \hat{n}_1 , on the front plate and \hat{n}_2 on the rear plate of 180° relatively to one another.

Fig. 2 illustrates the relative angular relationships of the nematic directors and the polarisation directions. As previously stated \hat{n}_1 is the nematic director on the front plate 2 and \hat{n}_2 is the nematic director on the back plate 3. The angle of twist between the two nematic directors has the reference ϕ . This angle is 180° in the preferred embodiment. However, it can vary on either side of 180° . Satisfactory results are obtained with absolute values of ϕ of between 120° and 260° for either a right-hand or left-hand twist.

The front polarizer 4 has a polarization direction P_1 . In this embodiment such direction extends parallel to the nematic director \hat{n}_1 . However, the direction P_1 can vary by an angle β from the nematic director \hat{n}_1 , satisfactory results being obtained in the range $0^\circ < \beta < 360^\circ$. However, the direction P_1 can be perpendicular to the nematic director \hat{n}_1 , and the polarization direction P_2 can be parallel to \hat{n}_1 . Here again satisfactory results are obtained within a range of variation $0^\circ < \beta < 360^\circ$. The polarization direction P_2 of the rear polarizer 5 is rotated relatively to the polarization direction P_1 of the front polarizer 4 by an angle ψ which in the preferred embodiment of a positive contrast display is 90° (crossed polarizers). However, the angle ψ can be between 0° and 180° . Contrast reversal occurs at angles ϕ and β , which are

equal in other respects, when $\psi = 0^\circ$ (parallel polarizers). In another preferred embodiment for a negative contrast display, $\phi = 180^\circ$, $\beta = 0^\circ$ and $\psi = 135^\circ$. The variation spreads are indicated by corresponding shadings in the diagram of Fig. 2.

In an especially preferred embodiment, for example, $\phi = -175^\circ$, $\beta = 350^\circ$ and $\psi = 70^\circ$ (positive contrast) and $\phi = 175^\circ$, $\beta = 5^\circ$ and $\psi = 135^\circ$ (negative contrast); the following liquid crystal mixture (mixture A) in a layer $d = 5 \mu\text{m}$ thick was used:

<u>Component</u>	<u>Concentration</u> (weight %)
$\emptyset d(4)CP$ = p-[trans-4-(4-pentenyl)cyclohexyl]benzotrile	8.780
3CP02 = 1-ethoxy-4-(trans-4-propylcyclohexyl)benzene	7.320
3CPS = p-(trans-4-propylcyclohexyl)-phenyl isothiocyanate	11.700
4P(1)P = p-(5-butyl-2-pyrimidinyl)-benzotrile	4.870
3CAP2 = 4-ethyl-1-[2-(trans-4-propylcyclohexyl)ethyl]benzene	4.390
4CEPO2 = trans-4-butylcyclohexane-carboxylic acid p-ethoxyphenyl ester	10.730

5CEP01	= trans-4-pentylcyclohexane-carboxylic acid p-methoxyhexyl ester	10.730
4CEC4	= trans-4-butylcyclohexane-carboxylic acid trans-4-butylcyclohexyl ester	9.280
4PP(1)P	= p-[5-(4-butylphenyl-2-pyrimidinyl)benzotrile	4.400
Ød(4)CPP	= 4'-[trans-4-(pentenyl)cyclohexyl]biphenylcarbonitrile	6.850
Od(4)CPP3	= 4'-[trans-4-(4-pentenyl)cyclohexyl]-4-propylbiphenyl	5.850
5CPAC4	= 1-[2-(trans-4-butylcyclohexyl)ethyl]-4-(trans-4-pentylcyclohexyl)benzene	9.750
5CPPAC4	= 4-[2-(trans-4-butylcyclohexyl)ethyl]-4'-(trans-4-pentylcyclohexyl)biphenyl	5.350

This mixture was also given an appropriate chiral additive.

A second embodiment of the invention was prepared using the following mixture "B":

<u>Component</u>	<u>Concentration</u> (weight %)
Ød(3)CP = p-[trans-4-(3-butenyl)-cyclohexyl]benzotrile	10.000
ld(3)CP = p-[trans-4-(3E-pentenyl)-cyclohexyl]benzotrile	10.000
4P(1)P = p-[trans-4-(3E-pentenyl)-cyclohexyl]benzotrile	6.000

5CC(0)d (3)Ø	= r-1-cyan-1-(3-butenyl)-cis-4-(trans-4-pentylcyclohexyl)cyclohexane	10.000
4CEC4	= r-1-cyano-1-(3-butenyl)-cis-4-(trans-4-pentylcyclohexyl)cyclohexane	12.000
5CEC3	= trans-4-pentylcyclohexanecarboxylic acid trans-4-propylcyclohexyl ester	12.000
3CEC3	= trans-4-propylcyclohexanecarboxylic acid trans-4-propylcyclohexyl ester	10.000
5CPAC4	= trans-4-propylcyclohexanecarboxylic acid trans-4-propylcyclohexyl ester	12.000
5CPPAC4	= trans-4-propylcyclohexanecarboxylic acid trans-4-propylcyclohexyl ester	4.000
3CEPCd(3)1	= trans-4-propylcyclohexanecarboxylic acid p-[trans-4-(3E-pentenyl)cyclohexyl]phenyl ester	8.000
5CPAPAC4	= 4-(trans-4-pentylcyclohexyl)-4'-[2-(trans-4-butylcyclohexyl)ethyl]-1,1'-ethylene-dibenzene	6.000

This mixture too was given an appropriate chiral additive.

The designation of the components is known to those skilled in the l.c. technology. Reference is made in this connection, for example, to the publications of Schadt, M. et al in Mol. Cryst. Liq. Cryst. 122 (1985) 241ff and in Proc. Int. Displ. Res. Conf., San Diego (1985).

All the relevant parameters of these two mixtures "A" and "B" and of cells with these mixtures are compiled in the following Table 1.

Table 1

Parameter	Mixture "A"		Mixture "B"	
Clearing point T_{cl} [°C]	81		77	
Melting point T_m [°C]	<-30		<-30	
Diel.const. parall. ϵ	8.99		10.3	
Dielec. anisotropy $\Delta\epsilon$	4.31		6.2	
no	1.482		1.499	
Optical anisotropy Δn	0.088		0.125	
k_{11} [10 ⁻¹² N]	11.13		11.34	
k_{22} [10 ⁻¹² N]	4.98		4.47	
k_{33}/k_{11}	1.31		1.04	
Viscosity $\eta(+22^\circ\text{C})$ [mPa·s]	24		27	
Viscosity $\eta(-20^\circ\text{C})$ [mPa·s]	350		460	
Optical path difference $\Delta n \cdot d$ [μm]	0.44		0.625	
Twist angle	-180°	-90°	-180°	90°
Electrode gap [μm]	5	6	5	8
2d/p (p = pitch)	0.55	0	0.6	0

The electro-optical results compiled in the following Table 2 were obtained with these mixtures. The results achieved with the novel cell according to the invention are in each case compared with the values obtained with the same liquid crystal mixtures in a conventional twisted nematic (TN) cell.

Table 2

	Mixture "A"		Mixture "B"	
	New cell	TN cell	New cell	TN cell
V ₁₀ ($\theta = 0^\circ$) [V]	2.33	2.09	1.91	2.00
V ₅₀ ($\theta = 0^\circ$) [V]	2.41	2.44	2.01	2.24
Steepness of transmission curve p ₀ ($\theta = 0^\circ$)	0.032	0.169	0.052	0.121
r _T ($\theta = 0^\circ$) [%/°c]	-	-	~-0.28	-0.28
r _{θ} (V = V ₁₀) [%/° θ)]	-	-	-0.081	-0.49
Multiplex ratio N _{max}	1008	42	390	77

θ = Viewing angle

Key to Table 2:

- V₁₀ denotes the optical threshold voltage at 10% extinction (or transmission);
- V₅₀ denotes the voltage at 50% transmission;
- p₀ denotes the steepness of the transmission curve at a viewing angle $\theta = 0^\circ$ in accordance with the formula

$$p_0 = \frac{V_{50} - V_{10}}{V_{10}}$$

- N_{\max} denotes the maximum number of multiplexible lines according to Alt and Pleshko

$$N_{\max} = \left[\frac{(1+p)^2 + 1}{(1+p)^2 - 1} \right]^2$$

- r_T denotes the temperature dependence of the threshold of voltage V_{10} between 0°C and 40°C ;

$$r_T = \frac{V_{10}(40^\circ\text{C}) - V_{10}(0^\circ\text{C})}{40^\circ\text{C}} \cdot \frac{100\%}{V_{10}(22^\circ\text{C})} \quad [\% / ^\circ\text{C}]$$

- r_θ denotes the angular dependence of the threshold voltage V_{10} between $\theta = 10^\circ$ and 40° ;

$$r_\theta = \frac{V_{10}(40^\circ) - V_{10}(0^\circ)}{30^\circ} \cdot \frac{100\%}{V_{10}(10^\circ)} \quad [\% / ^\circ\theta]$$

- θ denotes the light incidence angle or viewing angle.

In this exemplified embodiment with mixture "A" the product $\Delta n \cdot d$ was $0.44 \mu\text{m}$ and with mixture "B" $0.625 \mu\text{m}$. It can be set to the range $0.25 < \Delta n \cdot d < 0.7 \mu\text{m}$ with good results.

The absolute value of the ratio of layer thickness d to the natural pitch P is approximately 0.3 in the present embodiment and can be varied with good results in the range $0.2 < d/P < 0.8$.

Fig. 3 shows the contrast curve characteristic of the electro-optical behaviour and taken in white light. The extreme steepness of this curve shows that a cell of this kind can provide a high multiplex ratio. In fact multiplex ratios of more than $1000 : 1$ at a contrast of $5 : 1$, have been achieved (see Table 2). Also, the angle dependence is much better than with 90° TN cells (Table 2) and at least equally as good as in other known high-twist cell structures. The very reduced waviness of the curve both in the "off" and "on" states is a result of the low inherent colouring of the cell (black-white or white-black contrast).

Especially good results were achieved with the configurations compiled in Tables 3 and 4 below having defined values for the products $\Delta n \cdot d$ and for the angle ϕ , β and ψ . These configurations therefore represent preferred embodiments of the invention. The doping with chiral additives is selected in each case so that the resulting pitch together with the plate gap provides the desired twist angle ϕ . Table 3 contains configurations which result in a positive contrast; table 4 contains configurations for negative contrast.

Table 3

ϕ ($^{\circ}$)	$\Delta n \cdot d$ (μm)	β ($^{\circ}$)	ψ ($^{\circ}$)
180	0.4-0.7	0 ± 20	90 ± 20
"	"	90 ± 20	-80 ± 20
210	0.4-0.5	0 ± 20	90 ± 20
"	"	90 ± 20	-80 ± 20
"	0.6	0 ± 30	90 ± 20
"	"	100 ± 20	-90 ± 30
"	0.7	10 ± 30	70 ± 30
"	"	110 ± 20	-110 ± 20
240	0.4	10 ± 20	95 ± 20
"	"	100 ± 20	-90 ± 20
"	0.5	30 ± 20	95 ± 15
"	"	120 ± 20	-90 ± 25
"	0.6	30 ± 25	85 ± 20
"	"	120 ± 25	-90 ± 25
"	0.7	30 ± 25	80 ± 30
"	"	130 ± 30	-100 ± 25
270	0.5	30 ± 30	80 ± 20
"	0.6	50 ± 30	70 ± 30
"	"	140 ± 30	-100 ± 30
"	0.7	60 ± 30	60 ± 30
"	"	140 ± 30	-110 ± 30

Table 4

φ (°)	$\Delta n \cdot d$ (μm)	β (°)	ψ (°)
180	0,4	25 ± 20	40 ± 20
"	0,5	30 ± 20	30 ± 20
"	"	125 ± 20	40 ± 20
"	0,6	40 ± 20	10 ± 20
"	"	130 ± 20	10 ± 20
"	0,7	60 ± 20	150 ± 20
"	"	150 ± 20	150 ± 20
210	0,4	40 ± 20	50 ± 20
"	"	130 ± 20	50 ± 20
"	0,5	45 ± 20	30 ± 20
"	"	135 ± 20	30 ± 20
"	0,6	60 ± 20	10 ± 20
"	"	150 ± 20	10 ± 20
"	0,7	80 ± 20	160 ± 20
"	"	170 ± 20	160 ± 20
240	0,5	160 ± 20	30 ± 20
"	0,6	75 ± 20	20 ± 20
"	"	170 ± 20	10 ± 20
"	0,7	0 ± 30	170 ± 20
"	"	85 ± 20	170 ± 20
270	0,5	170 ± 20	40 ± 20
"	0,6	10 ± 20	20 ± 20
"	"	100 ± 20	20 ± 20
"	0,7	30 ± 40	10 ± 20
"	"	125 ± 40	10 ± 20

The cell hereinbefore described can be operated in transmission and in reflection.

C L A I M S

1. A liquid crystal display (LCD) cell comprising a highly twisted, chirally doped nematic liquid crystal disposed between two plates having electrodes and surface orientations, and polarisers, the liquid crystal having a natural pitch P and a positive dielectric anisotropy, characterised by the combination of: a twist angle ϕ between 120° and 250° , a product of refractive index anisotropy and liquid crystal thickness $\Delta n \cdot d$ between 0.2 and $0.7 \mu\text{m}$ and a thickness/pitch ratio d/P between 0.2 and 0.8 .
2. A cell according to claim 1, characterised in that the twist angle ϕ is 180° .
3. A cell according to claim 1, characterised by $\phi = 180^\circ$; an angle β between the surface orientation direction and the polarization direction of the plate on the light incidence side of 0° and an angle ψ between the polarisation direction of the plate on the light incidence side and the polarisation direction of the plate on the light exit side of 90° .
4. A cell according to claim 1, characterised in that $\phi = 180^\circ$, $\beta = 0^\circ$ and $\psi = 135^\circ$.
5. A cell according to claim 1, characterised in that the angle $\beta = 0^\circ \pm 10^\circ$ and the angle $\psi = 90^\circ \pm 40^\circ$.
6. A cell according to claim 1, characterised in that $\beta = 0^\circ$ and $\psi = 135^\circ$.

7. A cell according to claim 1, characterised in that $\beta = 90^\circ \pm 10^\circ$ and the polarisers are crossed.

8. A cell according to claim 1, characterised in that $\Delta n \cdot d$ is $0.4 - 0.6 \mu\text{m}$.

9. A cell according to claim 1, characterised in that the ratio d/P of thickness to pitch is from 0.25 to 0.4 .

10. A cell according to claim 1, characterised in that the cell is operated in reflection.

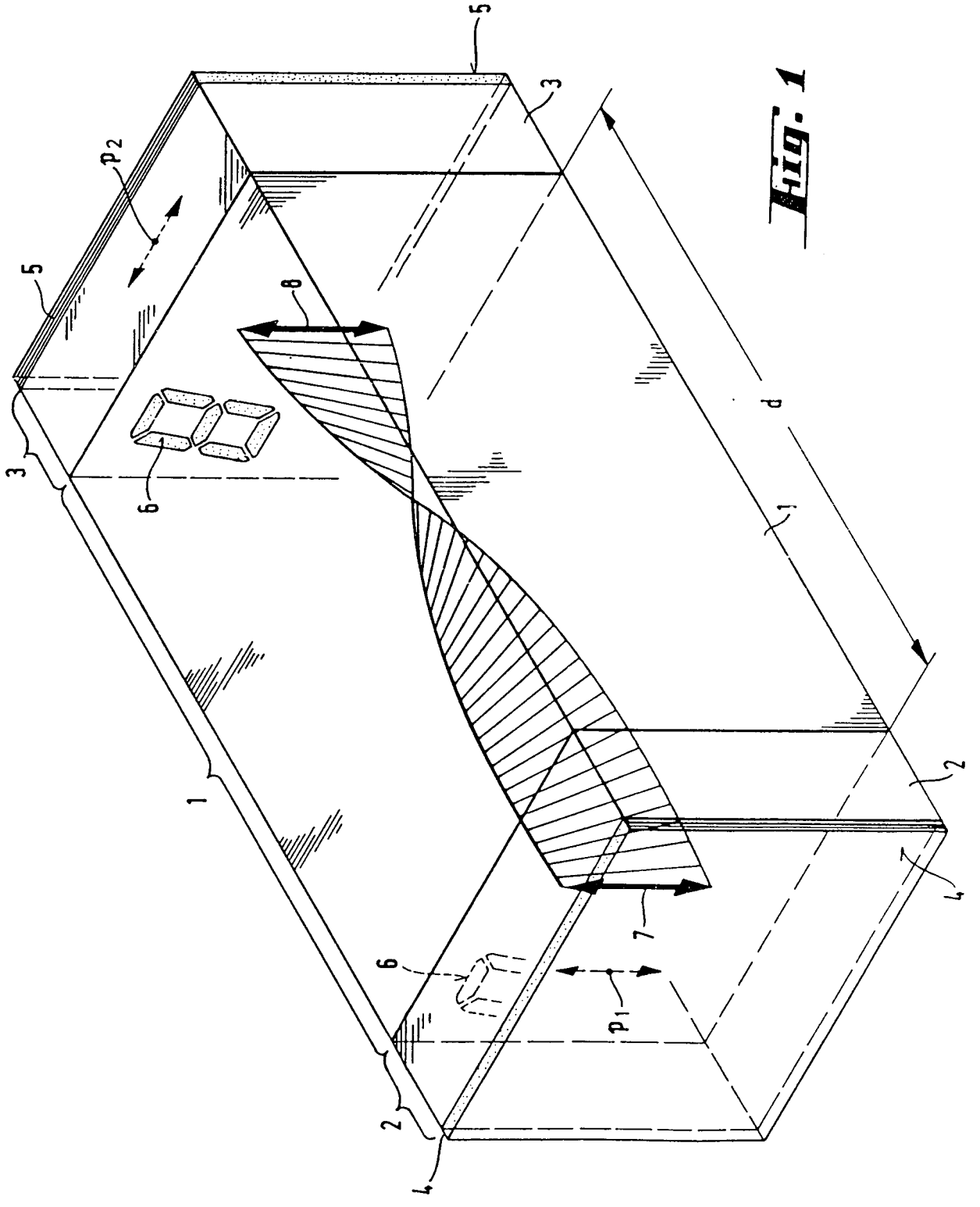


FIG. 1

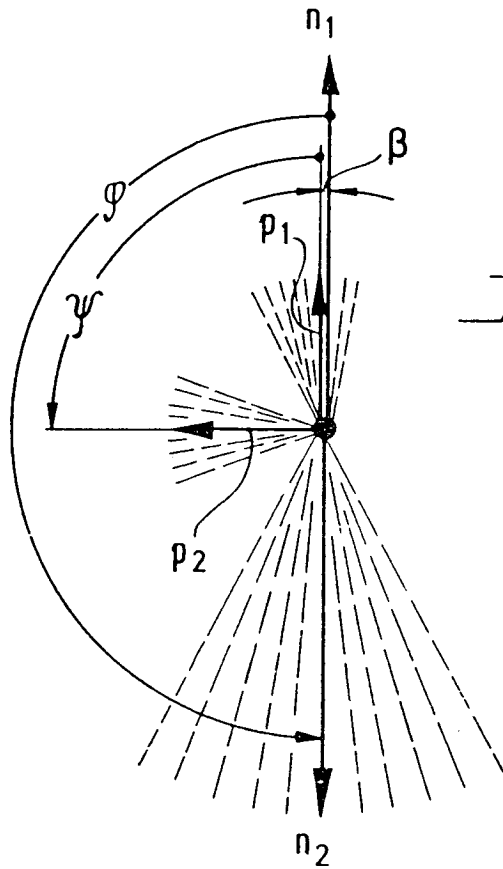


Fig. 2

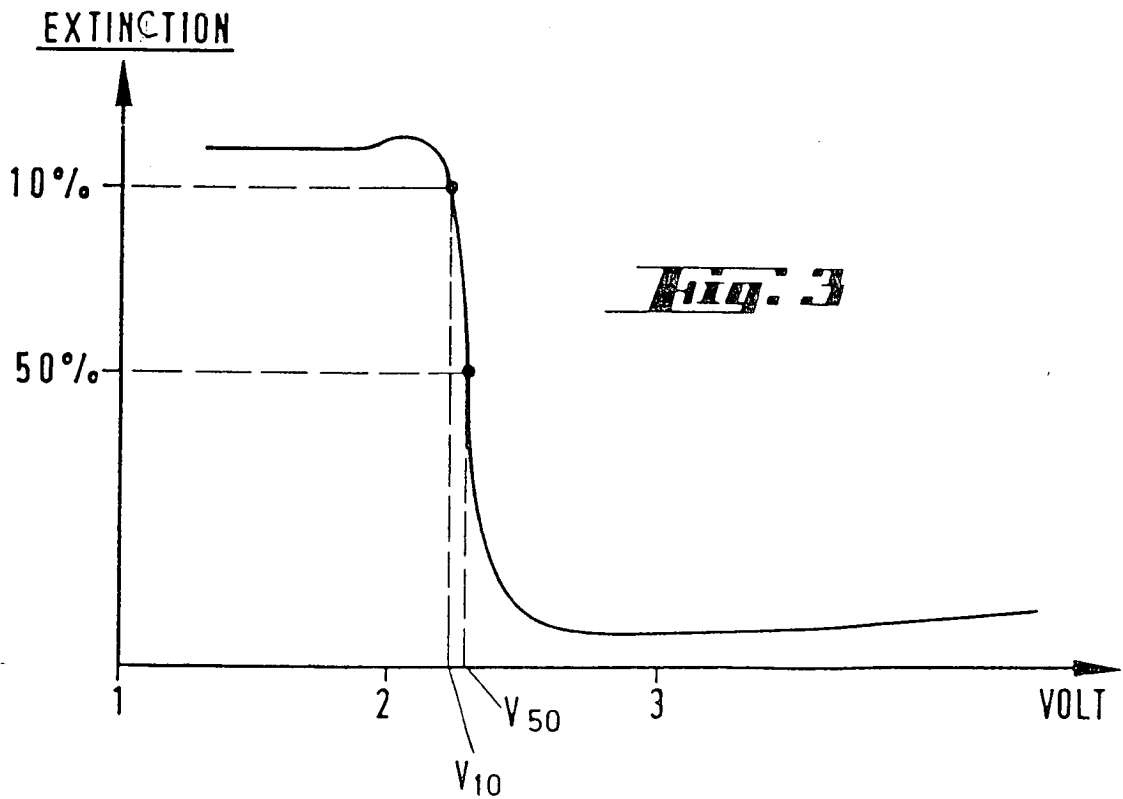


Fig. 3

REGISTER ENTRY FOR EP0260450

European Application No EP87111870.9 filing date 17.08.1987

Application in German

Priority claimed:

12.09.1986 in Switzerland - doc: 367186

Designated States BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE AT

Title LIQUID CRYSTAL DISPLAY

Applicant/Proprietor

F. HOFFMANN-LA ROCHE & CO. AKTIENGESELLSCHAFT, CH-4002 Basel, Switzerland
[ADP No. 50482934001]

Inventors

DR. FRANS LEENHOUTS, Violaweg 73, CH-4303 Kaiseraugst, Switzerland
[ADP No. 55535876001]

DR. MARTIN SCHADT, Liestalerstrasse 77, CH-4411 Seltisberg, Switzerland
[ADP No. 55535884001]

Classified to

G2F
G02F

Address for Service

FORRESTER KETLEY & CO, Forrester House, 52 Bounds Green Road, LONDON, N11
2EY, United Kingdom [ADP No. 00000133001]

EPO Representative

FINKENER UND ERNESTI PATENTANWÄLTE, Heinrich-König-Strasse 119, D-4630
Bochum 1, Federal Republic of Germany [ADP No. 50083369001]

Publication No EP0260450 dated 23.03.1988 and granted by EPO 04.12.1991.

Publication in German

Examination requested 17.08.1987

Patent Granted with effect from 04.12.1991 (Section 25(1)) with title LIQUID
CRYSTAL DISPLAY.. Translation filed 06.02.1992

25.07.1989 Notification from EPO of change of Applicant/Proprietor details
from

F. HOFFMANN-LA ROCHE & CO. AKTIENGESELLSCHAFT, CH-4002 Basel,
Switzerland [ADP No. 50482934001]

to

F. HOFFMANN-LA ROCHE AG, Postfach 3255, CH-4002 Basel, Switzerland
[ADP No. 56779911001]

Entry Type 25.14 Staff ID. RD06 Auth ID. EPT

04.11.1991 Notification from EPO of change of EPO Representative details from
FINKENER UND ERNESTI PATENTANWÄLTE, Heinrich-König-Strasse 119,
D-4630 Bochum 1, Federal Republic of Germany [ADP No. 50083369001]
to
FINKENER UND ERNESTI PATENTANWÄLTE, Heinrich-König-Strasse 119,
W-4630 Bochum 1, Federal Republic of Germany [ADP No. 50083369001]
Entry Type 25.14 Staff ID. RD06 Auth ID. EPT

05.11.1991 FILE RAISED.

Entry Type 10.1 Staff ID. LM2 Auth ID. AA

13.02.1992 FORRESTER KETLEY & CO, Forrester House, 52 Bounds Green Road,
LONDON, N11 2EY, United Kingdom [ADP No. 00000133001]
registered as address for service

Entry Type 8.11 Staff ID. DC1 Auth ID. F54

**** END OF REGISTER ENTRY ****

OA80-01
EP

OPTICS - PATENTS

28/02/94 15:03:52
PAGE: 1

RENEWAL DETAILS

PUBLICATION NUMBER

EP0260450

PROPRIETOR(S)

F. HOFFMANN-LA ROCHE AG, Postfach 3255, CH-4002 Basel, Switzerland

DATE FILED

17.08.1987

DATE GRANTED

04.12.1991

DATE NEXT RENEWAL DUE

17.08.1994

DATE NOT IN FORCE

DATE OF LAST RENEWAL

20.07.1993

YEAR OF LAST RENEWAL

07

STATUS

PATENT IN FORCE