

Beschreibung

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

Die Erfindung betrifft insbesondere eine Flüssigkristallanzeigezelle der oben erwähnten Art, bei der die nematische Flüssigkristallschicht einen geringen optischen Gangunterschied aufweist.

Es ist bekannt, dass Flüssigkristallanzeigezellen zur Erzielung eines hohen Multiplexverhältnisses eine steile elektro-optische Charakteristik aufweisen müssen. Die entsprechende Entwicklung konzentrierte sich auf hochverdrehte nematische Strukturen. Unter hochverdrehten nematischen Strukturen versteht man dabei solche, die um mehr als 90° verdreht sind. Es versteht sich, dass zur Erzielung einer derartigen Verdrehung eine Dotierung mit chiralen Zusätzen in der Regel erforderlich ist.

Die Vorteile der Flüssigkristallzellen mit hochverdrehten 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.

Dabei wurde weitgehend ausser Acht gelassen, dass für bestimmte Anwendungen nicht das hohe Multiplexverhältnis, sondern die Möglichkeit der Erzielung einer möglichst differenzierten Grauskala im Vordergrund steht. Dies ist speziell beispielsweise für Fernsichtanwendungen der Fall.

Die Bedeutung einer Grauskala für die Projektion von Farbbildern geht aus EP-A 23 796 hervor. Diese Druckschrift beschreibt ein Projektionssystem, bei dem ein Projektionsstrahl in einer Flüssigkristallzelle mittels einer Bildinformation moduliert wird, die in einem zweiten, auf der anderen Seite der Flüssigkristallzelle einfallenden Strahl enthalten ist. Es handelt sich also um ein verhältnismässig komplexes System, bei dem die prinzipielle Einfachheit von Flüssigkristallanzeigezellen nicht mehr zum Tragen kommt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Flüssigkristallanzeigezelle bereitzustellen, die eine speziell geringe Steilheit der elektro-optischen Charakteristik aufweist.

Erfindungsgemäss wird dies erreicht durch eine Flüssigkristallanzeigezelle der eingangs erwähnten Art, die sich auszeichnet durch die Kombination aus einem Verdrehungswinkel ϕ zwischen 10° und 80° , einem Winkel θ zwischen der Richtung der Oberflächenorientierung und Polarisationsrichtung an der lichteinfallseitigen Platte von -30° bis 80° , einem Winkel ψ zwischen den Polarisationsrichtungen der beiden Polarisatoren von 80° bis 140° und einem optischen Gangunterschied $\Delta n \cdot d$ von $0,2$ bis $0,7 \mu\text{m}$.

Für den Zweck dieser Beschreibung sind die angegebenen Winkel wie folgt zu verstehen: Der Verdrehungswinkel ist der Winkel, den die durch die beiden nematischen Direktoren auf der vorderen, lichteinfallseitigen und auf der rückseitigen Platte definierten, zu den Platten senkrechten Ebenen miteinander einschliessen, bzw. mit anderen Worten, um den die nematischen Direktoren gegeneinander verdreht sind. Diese Definition entspricht der im Fachgebiet üblichen Bezeichnung.

Der Winkel θ ist der Winkel zwischen der Oberflächenorientierung auf der vorderen Platte bzw. dem nematischen Direktor n_1 an dieser Platte und der Polarisationsrichtung des dieser Platte zugeordneten Polarisators. Positive Werte des Winkels θ geben an, dass die Polarisationsrichtung ausserhalb des Winkels ϕ liegt, negative Werte für θ geben eine Polarisationsrichtung an, die zwischen den nematischen Direktoren liegt.

Der Winkel ψ ist der Winkel, um den die Polarisatoren gegeneinander verdreht sind. Als gekreuzt werden die Polarisatoren bezeichnet, wenn sie ohne zwischen ihnen erfolgende Lichtbeeinflussung den Lichtdurchgang weitgehend sperren. Das bedeutet, dass sich der Begriff "gekreuzt" nicht ausschliesslich auf eine Verdrehung von 90° beschränkt, sondern alle hier in Betracht kommenden Werte von ψ umfasst.

Die so gebildete Zelle ergibt eine positive Kontrastdarstellung und ist vor allem für niedrige Werte von Δn und $\theta \neq 0$ überraschenderweise nicht farbig.

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

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 2 befindet sich ein Polarisator 4, der vorzugsweise mit der Platte verbunden, beispielsweise aufgeklebt ist. Entsprechend ist der hinteren Platte 3 ein Polarisator 5 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 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 gegenüber derjenigen auf der vorderen Platte verdreht und durch den Pfeil 8 gekennzeichnet.

Der zur vorderen Platte gehörige Polarisator 4 ist so angeordnet, dass seine Polarisationsrichtung relativ zum Verdrehungswinkel nach aussen einen bestimmten Winkel einschliesst, auf den im weiteren noch genauer eingegangen wird. Auf der hinteren Seite ist der Polarisator 5 so angeordnet, dass seine Polarisationsrichtung mit der des ersten Polarisators gekreuzt ist.

Der Flüssigkristall 1 ist ein nematischer Flüssigkristall, der mit chiralen Zusätzen dotiert sein kann.

In Figur 2 sind die Winkelverhältnisse der nematischen Direktoren und der Polarisationsrichtungen zueinander dargestellt. Mit n_1 ist, wie erwähnt, der nematische Direktor an der vorderen Platte 2, mit n_2 der nematische Direktor an der rückseitigen Platte 3 bezeichnet. Der Verdrehungswinkel zwischen den beiden nematischen Direktoren ist mit ϕ bezeichnet. Dieser Winkel ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel ca. 50° . Er kann aber nach oben und nach unten abweichen. Gute Ergebnisse werden mit Absolutwerten von ϕ erzielt, die bei rechtesinniger oder linksinniger Verdrehung zwischen 10° und 80° , vorzugsweise zwischen 20° und 60° , besonders bevorzugt zwischen 30° und 50° liegen.

Die Polarisationsrichtung des vorderseitigen Polarisators 4 ist mit P_1 bezeichnet. Sie ist beim vorliegenden Ausführungsbeispiel um einen Winkel $\theta = 20^\circ$ gegenüber dem nematischen Direktor n_1 verdreht. Die Polarisationsrichtung P_1 des vorderen Polarisators 4 kann aber um einen Winkel θ im Bereich $-30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ vom nematischen Direktor n_1 abweichen. Die Polarisatoren können also symmetrisch zu den nematischen Direktoren angeordnet werden. Die Bedingung hierfür ist $\theta = (90^\circ - \phi)/2$, sofern $\psi = 90^\circ$. Die Symmetrie ist bevorzugt, aber nicht zwingend. 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 90° beträgt. Dieser Winkel kann aber mit guten Ergebnissen zwischen 80° und 110° liegen. Die Polarisationsrichtungen P_1 und P_2 können auch ohne negativen Einfluss auf die Ergebnisse miteinander vertauscht werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist z.B. $\phi = 30^\circ$, $\theta = 30^\circ$, $\psi = 90^\circ$, wobei folgende Flüssigkristallmischung (Mischung "A") in $d = 3,4 \mu\text{m}$ dicker Schicht verwendet wurde:

Mischung "A"KomponenteKonzentration
(Gew. %)

6d(4)CP	p-[trans-4-(4-Pentenyl)cyclohexyl]benzonitril	8.000
5CP	p-(trans-4-Pentylcyclohexyl)-benzonitril	11.000
4P(1)P	p-(5-Butyl-2-pyrimidinyl)-benzonitril	3.000
5CAPO2	p-[2-(trans-4-pentylcyclohexyl)-äthyl]-äthoxybenzol	6.000
3CEC3	trans-4-Propylcyclohexancarbon-säure-trans-4-propylcyclohexyl-ester	8.000
4CEC4	trans-4-Butylcyclohexancarbon-säure-trans-4-butylcyclohexyl-ester	11.000
5CEC3	trans-4-Pentylcyclohexancarbon-säure-trans-4-propylcyclohexyl-ester	11.000
5CPAC4	1-[2-(trans-4-Butylcyclohexyl)-äthyl]-4-(trans-4-pentylcyclohexyl)benzol	9.500
5CPPAC4	4-[2-(trans-4-Butylcyclohexyl)-äthyl]-4'-(trans-4-pentyl-cyclohexyl)biphenyl	5.500
5CPAPAC4	4-(trans-4-Pentylcyclohexyl)-4'-[2-(trans-4-butylcyclohexyl)-äthyl]-1,1'-äthylendibenzol	7.000
4CEPO2	trans-4-Butylcyclohexancarbon-säure-p-äthoxy-phenylester	11.000
5CEPO1	trans-4-Pentylcyclohexancarbon-säure-p-methoxyhexylester	9.000

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

Mischung "B"KomponenteKonzentration
(Gew. %)

4P(1)P	p-(5-Butyl-2-pyrimidinyl)-benzonitril	8,820
6d(3)CP	p-[trans-4-(3-Butenyl)-cyclohexyl]benzonitril	7,390
1d(3)CP	p-[trans-4-(3E-Pentenyl)-cyclohexyl]benzonitril	7,420
6d(4)CPP	4'-[trans-4-(4-Pentenyl)-4-biphenylcarbonitril	6,170
3CEC3	trans-4-Propylcyclohexancarbon-säure-trans-4-propylcyclohexylester	21,050
4CEC4	trans-4-Butylcyclohexancarbon-säure-trans-4-butylcyclohexylester	28,100
5CEC3	trans-4-Pentylcyclohexancarbon-säure-trans-4-propylcyclohexylester	21,050

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 die relevanten Parameter dieser beiden Mischungen "A" und "B" zusammengestellt.

Tabelle 1

	Mischung "A"	Mischung "B"
Klärpunkt T_{C1} [°C]	72	42,5
Schmelzpunkt T_m [°C]	<-20	<0
n_o	1,432	1,476
Optische Anisotropie Δn	0,086	0,072
Viskosität	23	21
η (bei 22°C) [mPa.s]		

Mit diesen Mischungen wurden die in der folgenden Tabelle 2 zusammengestellten elektro-optischen 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 (jeweils dritte Spalte) erzielt wurden.

Tabelle 2**Mischung "A"**

	$\phi=30^\circ$	$\phi=60$	$\phi=90$
	$\theta=30$	$\theta=15$	$\theta=0$
	$\psi=90$	$\psi=90$	$\psi=90$
V_{10} (Volt)	2.165	2.058	1.971
V_{50} (Volt)	2.893	2.617	2.265
P_0	0.337	0.271	0.149
d [μm]	3.4	3.8	4.0
$d\Delta n$ [μm]	0.29	0.33	0.34

Mischung "B"

	$\phi=30^\circ$	$\phi=60$	$\phi=90$
	$\theta=30$	$\theta=15$	$\theta=0$
	$\psi=90$	$\psi=90$	$\psi=90$
V_{10} (Volt)	1.662	1.614	1.441
V_{50} (Volt)	2.092	2.015	1.671
P_0	0.319	0.248	0.159
d [μm]	4.5	6.0	7.0
$d\Delta n$ [μm]	0.32	0.43	0.50

Von den in Tabelle 2 zusammengestellten Parameter bedeuten:

- V_{10} die optische Schwellenspannung bei 10% Extinktion bzw. 90% Transmission
- V_{50} die Spannung bei 50% Extinktion oder Transmission
- P_0 die Steilheit der Transmissionskurve bei einem Lichteinfall- oder Sichtwinkel $\beta=0^\circ$ gemäss der Formel

$$P_0 = \frac{V_{50} - V_{10}}{V_{10}}$$

In Figur 3 sind die für das elektro-optische Verhalten charakteristischen Kontrastkurven im Vergleich zur klassischen Drenzelle gezeigt, die mit weißem Licht aufgenommen wurden, nämlich für $\phi = 30^\circ$, $\theta = 30^\circ$, $\psi = 90^\circ$ (Kurve I), für $\phi = 60^\circ$, $\theta = 15^\circ$, $\psi = 90^\circ$ (Kurve II) und für $\phi = 90^\circ$, $\theta = 0^\circ$, $\psi = 90^\circ$ (Drehzelle, Kurve III). Es ist ersichtlich, dass mit zunehmendem Verdrillungswinkel die Kurve steiler wird.

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

Patentansprüche

1. Flüssigkristallanzeigezelle aus einem zwischen zwei Elektroden (6) und Oberflächenorientierungen versehenen Platten (2,3) und Polarisatoren (4,5) angeordneten verdrehten nematischen Flüssigkristall (1) mit positiver dielektrischer Anisotropie, einem Verdrillungswinkel ϕ von 10° bis 80° , einem Winkel θ zwischen der Richtung der Oberflächenorientierung und der Polarisationsrichtung an einer der beiden Platten (2) von -30° bis 60° , wobei negative Werte für θ bedeuten, dass die genannte Polarisationsrichtung innerhalb des durch den Verdrillungswinkel ϕ gebildeten Bereiches liegt, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ψ zwischen den Polarisationsrichtungen der beiden Polarisatoren (4,5) 80° bis 110° und das als optischer Gangunterschied bezeichnete Produkt $\Delta n \cdot d$, aus der optischen Anisotropie Δn und der Dicke d des Flüssigkristalls $0,2$ bis $0,7 \mu\text{m}$ betragen.
2. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet, durch einen optischen Gangunterschied $\Delta n d$ von $0,3$ bis $0,5 \mu\text{m}$.
3. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet, durch einen Verdrillungswinkel ϕ zwischen 20° und 60° .
4. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 3, gekennzeichnet, durch einen Verdrillungswinkel ϕ zwischen 30° und 50° .
5. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel θ durch die Bedingung $\theta = (90^\circ - \phi)/2$ definiert ist, wobei der Winkel zwischen den Polarisatoren $\psi = 90^\circ$.
6. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Winkel θ zwischen 0° und 60° .
7. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Winkel θ zwischen -30° und 0° .
8. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Winkel ψ von 90° .

Claims

1. A liquid crystal display (LCD) cell comprising a twisted nematic liquid crystal (1) disposed between two plates (2, 3) and polarizers having electrodes (6) and surface orientations, the liquid crystal having a positive dielectric anisotropy, a twist angle ϕ of from 10° to 80° , an angle θ between the surface orientation direction and the polarization direction at one of the two plates (2) from -30° to 60° , negative angles of θ meaning that the said polarization direction lies within the area formed by the twist angle ϕ , characterised in that the angle ψ between the polarization directions of the two polarizers (4, 5) is from 80° to 110° , and the optical path difference being the product $\Delta n \cdot d$ of the optical anisotropy Δn and the thickness d of the liquid crystal is from 0.2 to $0.7 \mu\text{m}$.
2. A cell according to claim 1, characterized by an optical path difference $\Delta n d$ of from 0.3 to $0.5 \mu\text{m}$.

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

In Figur 3 sind die für das elektro-optische Verhalten charakteristischen Kontrastkurven im Vergleich zur klassischen Drenzelle gezeigt, die mit weissem Licht aufgenommen wurden, nämlich für $\phi = 30^\circ$, $\theta = 30^\circ$, $\psi = 90^\circ$ (Kurve I), für $\phi = 60^\circ$, $\theta = 15^\circ$, $\psi = 90^\circ$ (Kurve II) und für $\phi = 90^\circ$, $\theta = 0^\circ$, $\psi = 90^\circ$ (Drehzelle, Kurve III). Es ist ersichtlich, dass mit zunehmendem Verdrillungswinkel die Kurve steiler wird.

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

Patentansprüche

1. Flüssigkristallanzeigezelle aus einem zwischen zwei Elektroden (6) und Oberflächenorientierungen versehenen Platten (2,3) und Polarisatoren (4,5) angeordneten verdrehten nematischen Flüssigkristall (1) mit positiver dielektrischer Anisotropie, einem Verdrillungswinkel ϕ von 10° bis 80° , einem Winkel θ zwischen der Richtung der Oberflächenorientierung und der Polarisationsrichtung an einer der beiden Platten (2) von -30° bis 60° , wobei negative Werte für θ bedeuten, dass die genannte Polarisationsrichtung innerhalb des durch den Verdrillungswinkel ϕ gebildeten Bereiches liegt, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ψ zwischen den Polarisationsrichtungen der beiden Polarisatoren (4,5) 80° bis 110° und das als optischer Gangunterschied bezeichnete Produkt $\Delta n \cdot d$, aus der optischen Anisotropie Δn und der Dicke d des Flüssigkristalls $0,2$ bis $0,7 \mu\text{m}$ betragen.
2. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet, durch einen optischen Gangunterschied $\Delta n d$ von $0,3$ bis $0,5 \mu\text{m}$.
3. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet, durch einen Verdrillungswinkel ϕ zwischen 20° und 60° .
4. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 3, gekennzeichnet, durch einen Verdrillungswinkel ϕ zwischen 30° und 50° .
5. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel θ durch die Bedingung $\theta = (90^\circ - \phi)/2$ definiert ist, wobei der Winkel zwischen den Polarisatoren $\psi = 90^\circ$.
6. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Winkel θ zwischen 0° und 60° .
7. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Winkel θ zwischen -30° und 0° .
8. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Winkel ψ von 90° .

Claims

1. A liquid crystal display (LCD) cell comprising a twisted nematic liquid crystal (1) disposed between two plates (2, 3) and polarizers having electrodes (6) and surface orientations, the liquid crystal having a positive dielectric anisotropy, a twist angle ϕ of from 10° to 80° , an angle θ between the surface orientation direction and the polarization direction at one of the two plates (2) from -30° to 60° , negative angles of θ meaning that the said polarization direction lies within the area formed by the twist angle ϕ , characterised in that the angle ψ between the polarization directions of the two polarizers (4, 5) is from 80° to 110° , and the optical path difference being the product $\Delta n \cdot d$ of the optical anisotropy Δn and the thickness d of the liquid crystal is from 0.2 to $0.7 \mu\text{m}$.
2. A cell according to claim 1, characterized by an optical path difference $\Delta n d$ of from 0.3 to $0.5 \mu\text{m}$.



3. A cell according to claim 1, characterized by a twist angle ϕ of from 20° to 60° .
4. A cell according to claim 3, characterized by a twist angle ϕ of from 30° to 50° .
5. A cell according to claim 1, characterized in that the angle θ is defined by the condition $\theta = (90^\circ - \phi)/2$, the angle ψ between the polarizers being 90° .
6. A cell according to claim 1, characterized by an angle θ of from 0° to 60° .
7. A cell according to claim 1, characterized by an angle θ of from -30° to 0° .
8. A cell according to claim 1, characterized by an angle ψ of 90° .

Revendications

1. Cellule d'affichage à cristaux liquides constituée d'un cristal liquide (1) nématique torsadé disposé entre deux plaques (2, 3) munies d'électrodes (6) et d'orientations de surface et deux polariseurs (4, 5), ce cristal liquide (1) ayant une anisotropie diélectrique positive, un angle de torsion ϕ de 10° à 80° , un angle θ entre la direction de l'orientation de surface et la direction de polarisation sur l'une des deux plaques (2) de -30° à 60° , où les valeurs négatives pour θ signifient que la direction de polarisation mentionnée se situe à l'intérieur du domaine formé par l'angle de torsion ϕ , caractérisée en ce que l'angle ψ entre les directions de polarisation des deux polariseurs (4, 5) est compris entre 80° et 110° et en ce que le produit $\Delta n \cdot d$ de l'anisotropie optique Δn et de l'épaisseur d du cristal liquide décrit comme différence de pas optique s'élève à 0.2 à $0.7 \mu\text{m}$.
2. Cellule d'affichage à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée par une différence de pas optique $\Delta n \cdot d$ de 0.3 à $0.5 \mu\text{m}$.
3. Cellule d'affichage à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée par un angle de torsion ϕ compris entre 20° et 60° .
4. Cellule d'affichage à cristaux liquides selon la revendication 3, caractérisée par un angle de torsion ϕ compris entre 30° et 50° .
5. Cellule d'affichage à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'angle θ est défini par la condition $\theta = (90^\circ - \phi)/2$, où l'angle entre les polariseurs $\psi = 90^\circ$.
6. Cellule d'affichage à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée par un angle θ compris entre 0° et 60° .
7. Cellule d'affichage à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée par un angle θ compris entre -30° et 0° .
8. Cellule d'affichage à cristaux liquides selon la revendication 1, caractérisée par un angle ψ de 90° .

