



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 237 552 A5

4(51) G 02 F 1/13

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP G 02 F / 280 443 7	(22)	09.09.85	(44)	16.07.86
(31)	P3433248.0	(32)	11.09.84	(33)	DE

(71)	siehe (73)
(72)	Scheuble, Bernhard, Dr.; Baur, Günter, Dr.; Fehrenbach, Waltraud, DE
(73)	Merck Patent GmbH, 6100 Darmstadt, DE

(54) Elektrooptische Anzeigeelemente

(57) Bei geeigneter Wahl der Flüssigkristallparameter K_3/K_1 und $\Delta\epsilon/\epsilon_\perp$ wird es möglich, bei elektrooptischen Anzeigeelementen sowohl eine minimale Blickwinkelabhängigkeit als auch gleichzeitig eine steile elektrooptische Kennlinie bei Betrieb im ersten Transmissionsminimum zu erzielen.

Patentansprüche:

1. Elektrooptisches Anzeigeelement mit einer aus mindestens zwei Komponenten bestehenden flüssigkristallinen Phase, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektrooptische Kennlinie im ersten Transmissionsminimum mindestens so steil ist wie im zweiten Transmissionsminimum.
2. Elektrooptisches Anzeigeelement nach Anspruch 1, auf der Basis einer verdrehten nematischen Zelle.
3. Elektrooptisches Anzeigeelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Flüssigkristallparameter so eingestellt werden, daß gilt $K_3/K_1 \leq 0,4$ und $\Delta\epsilon/\epsilon_1 \leq 0,3$.
4. Elektrooptisches Anzeigeelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Flüssigkristallparameter so eingestellt werden, daß gilt $K_3/K_1 \leq 0,8$ und $\Delta\epsilon/\epsilon_1 \leq 0,05$.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein elektrooptisches Anzeigeelement mit einer sehr geringen Blickwinkelabhängigkeit des Kontrastes und einer besonders steilen elektrooptischen Kennlinie.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für Flüssigkristall-Anzeigeelemente werden die Eigenschaften nematischer oder nematisch-cholesterischer flüssigkristalliner Materialien ausgenutzt, ihre optischen Eigenschaften wie Lichtdurchlässigkeit, Lichtstreuung, Doppelbrechung, Reflexionsvermögen oder Farbe unter dem Einfluß elektrischer Felder signifikant zu verändern. Die Funktion derartiger Anzeigeelemente beruht dabei beispielsweise auf den Phänomenen der dynamischen Streuung, der Deformation aufgerichteter Phasen oder dem Schadt-Helfrich-Effekt in der verdrehten Zelle.

Unter diesen gebräuchlichen Typen von Flüssigkristall-Anzeigeelementen haben in letzter Zeit insbesondere die auf der Basis der verdrehten nematischen Zelle (TN-Zelle) besondere Bedeutung erlangt, weil sie mit relativ niedrigen Steuerspannungen betrieben werden können, die auch von kleinen Batterien unschwer zur Verfügung gestellt werden können. Weiterhin können diese Anzeigeelemente bisher am besten als Matrix-Anzeigeelemente gebaut werden, die Darstellung hoher Informationsdichte ohne eine unvermeidbar große Anzahl von Ansteuerungs-, Zu- und Ableitungen ermöglichen.

In der praktischen Anwendung gibt es jedoch bei der TN-Zelle, insbesondere in der Form von Matrix-Anzeigeelementen, noch beträchtliche Schwierigkeiten. Dazu gehören vor allem die mehr oder weniger ausgeprägte Blickwinkelabhängigkeit des Kontrastes und die eingeschränkte Multiplexierbarkeit.

Für beide Probleme sind in der Literatur bereits Lösungsvorschläge zu finden, die zum Teil in die Praxis umgesetzt worden sind. So kann z. B. durch geeignete Wahl von Brechungsindexanisotropie n und Zellenlänge d die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrastes einer TN-Zelle signifikant verbessert werden. [L. Pohl, G. Weber, R. Eidenschink, G. Baur and W. Fehrenbach, Appl. Phys. Lett. 38 (1981) 497].

Insbesondere im sogenannten ersten Transmissionsminimum nach Gooch und Tarry [C. H. Gooch and H. A. Tarry, J. Phys. D8 (1975) 1575] ergibt sich eine minimale Blickwinkelabhängigkeit des Kontrastes. Hierfür muß die Bedingung

$$d \cdot \Delta n = \frac{\lambda \cdot \sqrt{3}}{2}$$

erfüllt sein (λ = Wellenlänge des benutzten Lichtes). Die Multiplexierbarkeit einer TN-Zelle wird bestimmt durch die Flüssigkristallparameter K_1 , K_2 , K_3 (elastische Konstanten für die Spreizung, Verdrehung, Biegung), durch die Dielektrizitätskonstanten ϵ_1 und ϵ_2 und durch die Brechungsindizes n_o und n_e , sowie durch Zellparameter wie z. B. Twistwinkel und Tiltwinkel an der Substratoberfläche. Der Einfluß dieser Material- und Zellenparameter wurde bereits von mehreren Autoren untersucht [D. W. Berreman J. Appl. Phys. 46 (1975) 3746; F. Gharadjedaghi and J. Robert, Rev. Phys. Appl. 11 (1976) 467; G. Baur, in „The Physics and Chemistry of Liquid Crystal Devices“ (ed. by G. J. Sprokel) Plenum, New York, (1981) pp. 61; G. Baur, Mol. Cryst. Liq. Cryst. 63 (1981) 45; C. Z. van Doorn, C. J. Gerritsma and J. J. M. J. de Klerk, in „The Physics and Chemistry of Liquid Crystal Devices“ (ed. by G. J. Sprokel) Plenum, New York, (1980), pp. 95; F. J. Kahn and H. Birecki, in „The Physics and Chemistry of Liquid Crystal Devices“ (ed. by G. J. Sprokel) Plenum, New York, (1980a), (1980b), pp. 125].

Nach einer Näherungsformel wird die Multiplexierbarkeit abgeschätzt durch

$$p = 0.133 + 0.0266(K_3/K_1 - 1) + 0.433 \ln \left(\frac{d \cdot \Delta n}{2\lambda} \right)^2$$

[M. Schadt and P. R. Gerber, Zeitschrift Naturforsch. 37 a (1982) 165].

Je kleiner p desto höher ist die Multiplexierbarkeit. Nach dieser Abschätzung geht nur das Verhältnis K_3/K_1 und $\Delta n \cdot d$ in die Steilheit der elektrooptischen Kennlinie und damit die Multiplexierbarkeit ein. Das Verhältnis K_2/K_1 und $(\epsilon_{\perp} - \epsilon_{\parallel})/\epsilon_{\perp} = \Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ wird vernachlässigt.

Experimentelle Untersuchungen von TN-Zellen mit bisher überwiegend verwendeten Flüssigkristallmaterialien haben ergeben, daß die Steilheit der elektrooptischen Kennlinie im zweiten Transmissionsminimum besser ist als im ersten Minimum, wohingegen die Blickwinkelabhängigkeit im ersten Minimum besser ist als im zweiten Transmissionsminimum. Mit den bisher bekannten Lösungsvorschlägen können zwar die bei der Konstruktion und der Anwendung von TN-Zellen auftretenden wichtigsten Schwierigkeiten einzeln, jedoch nicht gleichzeitig gelöst werden.

Ziel der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, elektrooptische Anzeigeelemente zur Verfügung zu stellen, bei denen sowohl eine minimale Blickwinkelabhängigkeit als auch gleichzeitig eine möglichst steile elektrooptische Kennlinie durch Betrieb der Anzeigeelemente im ersten Transmissionsminimum nach Gooch und Tarry gewährleistet ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Es wurde nun gefunden, daß es bei geeigneter Wahl der Flüssigkristallparameter überraschenderweise möglich wird, sowohl eine minimale Blickwinkelabhängigkeit als auch gleichzeitig eine steile elektrooptische Kennlinie durch Betrieb der Anzeigeelemente im ersten Transmissionsminimum zu erzielen.

Gegenstand der Erfindung ist somit ein elektrooptisches Anzeigeelement mit einer aus mindestens zwei Komponenten bestehenden flüssigkristallinen Phase, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrooptische Kennlinie im ersten Transmissionsminimum mindestens so steil ist wie im zweiten Transmissionsminimum.

Der Aufbau des erfindungsgemäßen Flüssigkristall-Anzeigeelementes aus Polarisatoren, Elektrodengrundplatten und Elektroden mit einer solchen Oberflächenbehandlung, daß die Vorzugsorientierung der jeweils daran angrenzenden Flüssigkristall-Moleküle von der einen zur anderen Elektrode gewöhnlich um 90° gegeneinander verdreht ist, entspricht der für derartige Anzeigeelemente üblichen Bauweise. Dabei ist der Begriff der üblichen Bauweise hier weit gefaßt und umfaßt auch alle literaturbekannten Abwandlungen und Modifikationen der verdrehten nematischen Zelle, insbesondere auch Matrix-Anzeigeelemente sowie die zusätzlich Magnete enthaltenden Anzeigeelemente nach der DE-OS 2748738. Ein wesentlicher Unterschied der erfindungsgemäßen Anzeigeelemente zu den bisher üblichen auf der Basis der verdrehten nematischen Zelle besteht jedoch in der Wahl der Flüssigkristallparameter der Flüssigkristallschicht. Während beispielsweise das Verhältnis K_3/K_1 bei den üblichen flüssigkristallinen Phasen für derartige Anzeigeelemente $> 0,8$ ist das Verhältnis $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ normalerweise zwischen 1,2 und 1,7 liegt, ist das Verhältnis K_3/K_1 bei den erfindungsgemäßen Anzeigeelementen $\leq 0,8$.

In den erfindungsgemäßen Anzeigeelementen werden flüssigkristalline Phasen eingesetzt, bei denen die Flüssigkristallparameter K_3/K_1 und $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ so gewählt werden, daß sowohl eine minimale Blickwinkelabhängigkeit als auch gleichzeitig eine möglichst steile elektrooptische Kennlinie durch Betrieb der Anzeigeelemente im ersten Transmissionsminimum gewährleistet ist.

Fig. 1 ist eine schematische Zeichnung, die veranschaulicht welche Wertepaare der Parameter K_3/K_1 und $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ gewählt werden können (unterhalb des schraffierten Bereichs) damit die elektrooptische Kennlinie im ersten Transmissionsminimum steiler ist als im zweiten.

Oberhalb des schraffierten Bereiches ist die elektrooptische Kennlinie im zweiten Transmissionsminimum steiler als im ersten Minimum (V_{50}/V_{10} [1. Minimum] $> V_{50}/V_{10}$ [2. Minimum]). Vorzugsweise werden Wertpaare der Parameter K_3/K_1 und $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ gewählt, die unterhalb des schraffierten Bereiches in Fig. 1 liegen. Elektrooptische Anzeigeelemente, deren elektrooptische Kennlinie im ersten Transmissionsminimum steiler ist als im zweiten Transmissionsminimum, sind somit bevorzugt. Besonders bevorzugte Parameterkombinationen sind $K_3/K_1 \leq 0,4$ und $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp} \leq 0,3$ sowie $K_3/K_1 \leq 0,8$ und $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp} \leq 0,05$. Der in Fig. 1 eingezeichnete schraffierte Bereich stellt die Grenze dar, bei der die Steilheit der elektrooptischen Kennlinie im ersten Minimum gleich der im zweiten Minimum ist. Wird K_3/K_1 und/oder $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ kleiner, dann ist die Steilheit im ersten Minimum besser als im zweiten Minimum.

Vorzugsweise wird ein möglichst kleines Verhältnis K_3/K_1 gewählt, beispielsweise 0,8 bis 0,2, insbesondere 0,7 bis 0,3. Je kleiner der Wert für K_3/K_1 gewählt wird, desto größer kann $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ über erfindungsgemäße Anzeigeelemente sein und desto günstiger wird die Schwellenspannung. Um eine günstige Schwellenspannung zu erzielen wird somit $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ vorzugsweise $\geq 0,05$ insbesondere $\geq 0,1$ gewählt.

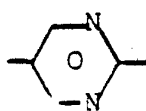
Die Dicke der Flüssigkristallschicht des erfindungsgemäßen Anzeigeelements und/oder die optische Anisotropie Δn des Flüssigkristallmaterials werden so gewählt, daß gilt,

$$d \cdot \Delta n = \frac{\lambda}{2} \cdot \sqrt{3}$$

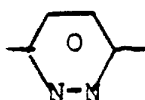
wobei für die Wellenlänge λ der üblicherweise für die maximale Empfindlichkeit des menschlichen Auges verwendete Wert 550 nm eingesetzt wird. Die Schichtdicken der erfindungsgemäßen Anzeigeelemente können beispielsweise im Bereich von 2 bis $10 \mu\text{m}$ liegen. Vorzugsweise werden möglichst geringe Schichtdicken gewählt, wobei die Untergrenze für d durch die geforderten Qualitätsnormen der Massenproduktion bestimmt wird. Ein besonders bevorzugter Bereich für d ist somit 3 bis $8 \mu\text{m}$, insbesondere 4 bis $7 \mu\text{m}$.

Flüssigkristalline Dielektrika, deren Materialparameter in den erfindungsgemäßen Bereichen liegen, können aus üblichen flüssigkristallinen Basismaterialien hergestellt werden. Aus der Literatur sind zahlreiche derartige Materialien bekannt. Zweckmäßig enthalten die für die erfindungsgemäßen Anzeigeelemente verwendeten Dielektrika mindestens 15, vorzugsweise mindestens 30, insbesondere mindestens 95 Gew.-% eines Gemisches aus mindestens zwei, vorzugsweise drei bis 15, insbesondere vier bis zehn flüssigkristallinen Verbindungen, die jeweils mindestens ein Strukturelement ausgewählt aus Reihe I

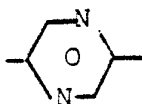
bis VIII enthalten, wobei die Strukturelemente I bis IV gegebenenfalls auch z. B. durch F, Cl, CH₃ und/oder CN substituiert sein können oder in Form der entsprechenden N-Oxide vorliegen können:



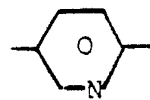
(I)



(II)



(III)



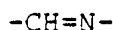
(IV)



(V)



(VI)



(VII)



(VIII)

Vorzugsweise enthalten diese Flüssigkristallverbindungen zusätzlich eine 1,4-Phenylengruppe. Geeignete Materialien sind beispielsweise beschrieben in DE-OS 2257588, 2306738, 2017727, 2321632, EP-OS 0126883, USP 3,997,536, 4,062,798, 4,462,923, 4,389,329, 4,364,838, 4,066,570, 4,452,718, 4,419,262, 4,510,069, JP-OS 144,770/84, 144,771/84, 144,772/84, 43,961/83, D. Demus et al., Flüssige Kristalle in Tabellen, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1979 und D. Demus et al., Flüssige Kristalle in Tabellen II, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1984. Derartige Dielektrika können zusätzlich Farb- und/oder Dotierstoffe in den gebräuchlichen Mengen enthalten, wenn dadurch die Flüssigkristallparameter nicht aus den erfindungsgemäßen Bereichen geführt werden.

Ausführungsbeispiele

Die folgenden Beispiele sollen die Erfindung erläutern, ohne sie zu begrenzen. Wenn nichts anderes angegeben ist, bedeuten Angaben von Prozent Gew.-%. Alle Temperaturangaben bedeuten Grad Celsius.

Beispiel 1

Eine TN-Zelle mit einer flüssigkristallinen Phase bestehend aus

15% 2-p-Methoxyphenyl-5-hexylpyrimidin,

15% 2-p-Pentoxyphenyl-5-hexylpyrimidin,

15% 2-p-Heptoxyphenyl-5-hexylpyrimidin,

13% 2-p-Nonoxyphenyl-5-hexylpyrimidin,

15% 2-p-Methoxyphenyl-5-heptylpyrimidin,

15% 2-p-Heptoxyphenyl-5-heptylpyrimidin,

12% 2-p-Nonoxyphenyl-5-heptylpyrimidin,

(Klärpunkt 53°) zeigt eine dielektrische Anisotropie $\Delta\epsilon$ von +0,9, ein ϵ_{11} von 4,0, ein $\epsilon_{\perp}$ von 3,1, ein $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ von 0,29, eine optische Anisotropie Δn von 0,168 und ein K_3/K_1 von 0,40. Der Anstellwinkel α_0 an der Glasoberfläche ist 0,5°. Eine derartige TN-Zelle zeigt bei Betrieb im 1. Minimum (d. h. d. $\Delta n = 0,48$) eine Steilheit der elektrooptischen Kennlinie von 1,11 (V_{50}/V_{10}), während bei Betrieb im 2. Minimum die Steilheit schlechter ist ($V_{50}/V_{10} = 1,12$).

Beispiel 2

Eine TN-Zelle mit einer flüssigkristallinen Phase bestehend aus

14% 2-p-Methoxyphenyl-5-hexylpyrimidin,

14% 2-p-Pentoxyphenyl-5-hexylpyrimidin,

14% 2-p-Heptoxyphenyl-5-hexylpyrimidin,

13% 2-p-Nonoxyphenyl-5-hexylpyrimidin,

14% 2-p-Methoxyphenyl-5-heptylpyrimidin,

14% 2-p-Heptoxyphenyl-5-heptylpyrimidin,

12% 2-p-Nonoxyphenyl-5-heptylpyrimidin und

5% r-l-Cyan-cis-4-(trans-4-butylcyclohexyl)-l-heptylcyclohexan

(Klärpunkt 55°) zeigt eine dielektrische Anisotropie $\Delta\epsilon$ von +0,5, eine $\Delta\epsilon/\epsilon_{\perp}$ von 0,14 und ein K_3/K_1 von 0,42. Diese Zelle hat bei Betrieb im 1. Minimum eine Steilheit V_{50}/V_{10} von 1,08, während V_{50}/V_{10} im 2. Minimum 1,095 ist. Die Steilheit der Kennlinie ist somit im 1. Minimum wesentlich besser.

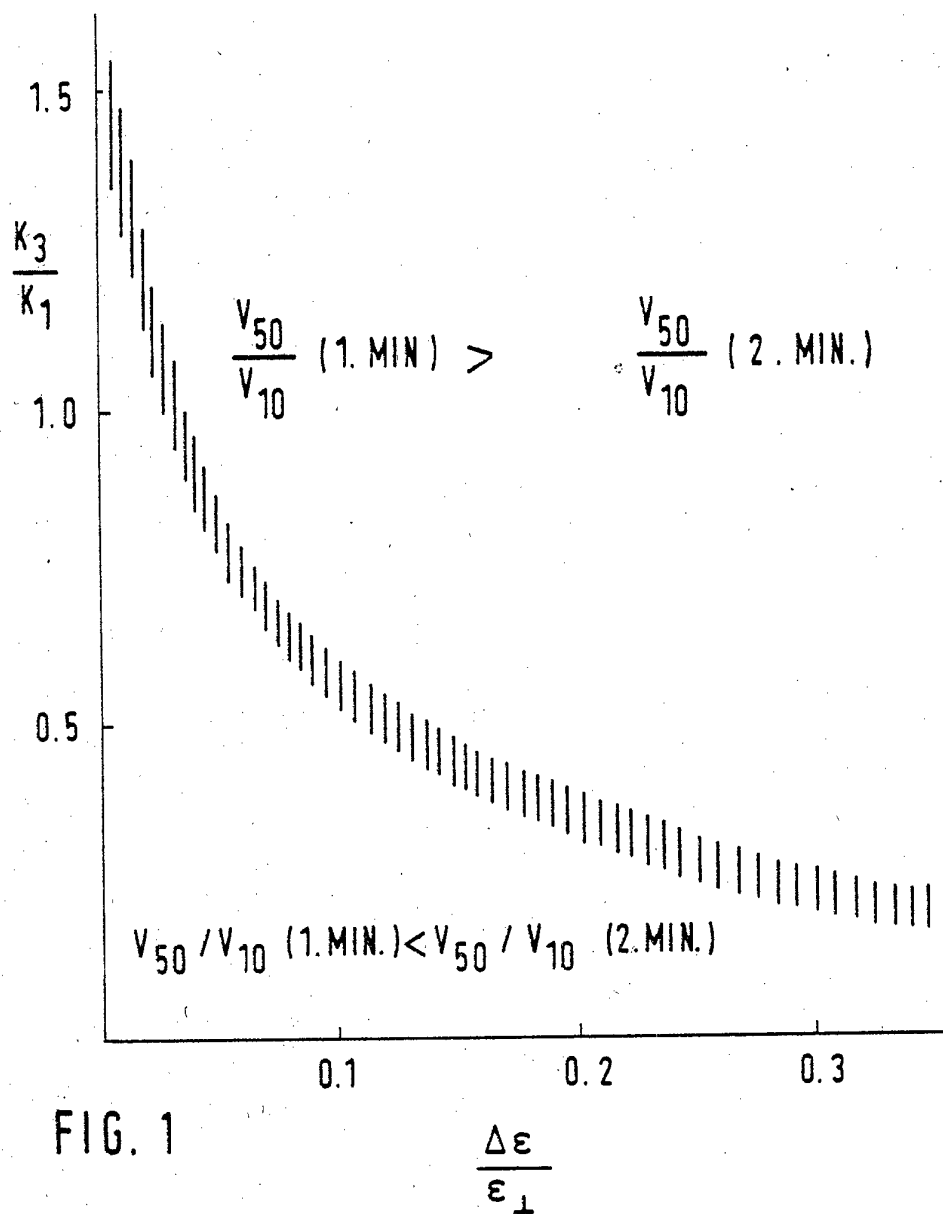


FIG. 1