(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 572 210**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 16192**

(51) Int Cl⁴ : G 09 G 3/36; G 02 F 1/133.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 23 octobre 1984.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 17 du 25 avril 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS).* — FR.

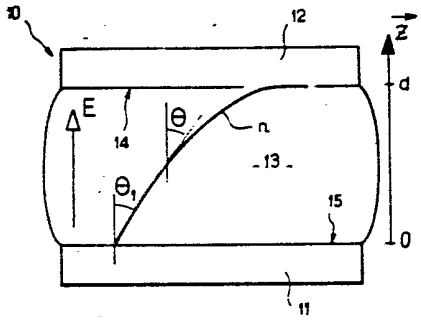
(72) Inventeur(s) : Georges Durand et Nelamangala Madhusudana.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin, Schrimpf, Warcoin et Ahner.

(54) Perfectionnements aux cellules optiques à cristaux liquides utilisant un effet de birefringence contrôlée.

(57) La présente invention concerne un procédé électro-optique à cristaux liquides selon lequel on dispose une matière 13 qui comprend des molécules douées de propriétés nématiques entre deux plaques transparentes parallèles 11, 12. De plus, selon l'invention, on confère à ladite matière une structure hybride définissant un directeur nématique *n* courbé dans un plan perpendiculaire aux plaques, tel que le directeur nématique soit d'orientation planaire sur l'une des plaques et d'orientation homéotrope sur l'autre plaque, on assure un ancrage faible de la matière sur l'une au moins des plaques, tel que la longueur d'extrapolation « L », définie par le rapport K/w de la constante élastique de courbure —K— sur l'énergie de courbure —w—, soit de l'ordre de grandeur de l'épaisseur de la matière contenue entre les plaques ou supérieure à cette épaisseur, puis on applique un champ électrique E, de valeur contrôlée et d'orientation normale aux plaques 11, 12 sur la matière 13.



FR 2 572 210 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention concerne les dispositifs optiques utilisant des cristaux liquides et se rapporte plus particulièrement à des perfectionnements aux cellules optiques utilisant des cristaux liquides en phase nématique.

La présente invention concerne plus précisément un procédé électrooptique à cristaux liquides et un dispositif électrooptique à cristaux liquides utilisant un effet de biréfringence électriquement contrôlée.

La biréfringence électriquement contrôlée dans les cristaux liquides nématiques est un mode bien connu de couplage électrooptique. Il a été produit jusqu'à présent par couplage d'un champ électrique appliqué sur une cellule contenant un cristal liquide, avec l'anisotropie diélectrique du cristal liquide, comme évoqué par exemple dans les documents - APPLIED PHYSICS, vol. 11, n° 1, Septembre 1976, Springer - Verlag 1976, K. Fahrenschon et al : "Déformation of a Pretilted Nematic Liquid Crystal Layer in an Electric Field", pages 67-74 - et - JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 47 n° 9, Septembre 1976, American Institute of Physics 1976, S. Matsumoto et al : "Filed - induced deformation of hybrid-aligned nematic liquid crystals : New multicolor liquid crystal display ", pages 3842-3845.

En d'autres termes, l'effet de biréfringence électriquement contrôlée jusqu'ici mis en évidence est lié à une variation dans la direction d'alignement des molécules due au couplage du champ électrique appliqué sur une cellule avec l'anisotropie diélectrique du cristal liquide contenu dans celle-ci.

Dans la pratique, on constate, lorsqu'une telle cellule optique est placée entre un polariseur et un analyseur et éclairée en lumière blanche, que la transmission de la lumière devient fortement chromatique, et en faisant varier la tension appliquée entre les élec-

trodes de la cellule, on peut modifier la couleur apparente de cette cellule.

Les observations de l'effet de biréfringence électriquement contrôlée ont jusqu'ici révélé une variation quadratique du retard optique en fonction du champ électrique appliqué.

En raison de l'allure de la loi observée, le phénomène est bien entendu difficile à contrôler.

Les inventeurs viennent maintenant proposer un nouveau procédé électrooptique permettant d'obtenir une variation linéaire du retard optique en fonction du champ électrique appliqué.

Pour ce faire, les inventeurs proposent un procédé électrooptique à cristaux liquides selon lequel:

a) on dispose une matière qui comprend des molécules douées de propriétés nématiques entre deux plaques transparentes parallèles, le procédé étant caractérisé par le fait qu'il comprend de plus les étapes consistant :

b) à conférer à ladite matière une structure hybride définissant un directeur nématique (n) courbé dans un plan perpendiculaire aux plaques, tel que le directeur nématique soit d'orientation planaire sur l'une des plaques et d'orientation homéotrope sur l'autre plaque,

c) à assurer un ancrage faible de la matière sur l'une au moins des plaques, tel que la longueur d'extrapolation "L", définie par le rapport K/w de la constante élastique de courbure -K- sur l'énergie de courbure -w-, soit de l'ordre de grandeur de l'épaisseur (d) de la matière contenue entre les plaques, ou supérieure à cette épaisseur, et

d) à appliquer un champ électrique E, de valeur contrôlée et d'orientation normale aux plaques sur la matière.

Les inventeurs ont en effet démontré et constaté expérimentalement que en utilisant une cellule nématique hybride présentant un ancrage faible au moins sur l'une des parois de la cellule, on pouvait coupler le champ électrique appliqué, linéairement avec la polarisation électrique spontanée provenant de l'effet flexoélectrique inhérent à la structure hybride de la cellule.

On rappelle que le directeur nématique est le vecteur unitaire représentatif de la direction préférentielle d'alignement des molécules.

On rappelle par ailleurs que les cellules à cristal liquide à directeur nématique de structure hybride (courbé dans un plan pour présenter une orientation planaire d'une part, une orientation homéotrope d'autre part) sont couramment dénommées cellules HAN (Hybrid Aligned Nematic).

De façon avantageuse, selon l'invention, les étapes b) et c) comprennent l'application d'un traitement de surface sur l'une au moins des surfaces des plaques orientée vers la matière.

Plus précisément encore, de préférence, le traitement de surface comprend l'application d'un revêtement sur l'une au moins des surfaces des plaques orientée vers la matière.

Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, à l'étape d), le champ électrique est faible et tel que la polarisation induite, linéaire en fonction du champ électrique, soit inférieure à la polarisation spontanée, en volume flexoélectrique due à la structure hybride de la cellule.

En prenant un champ électrique supérieur, le phénomène observé ne serait pas linéaire. Ces dispositions seront explicitées ultérieurement.

Par ailleurs, selon l'invention à l'étape a)

on réalise de préférence un dopage de la matière introduite entre les deux plaques, à l'aide d'un constituant présentant un potentiel redox faible.

Comme cela sera explicité par la suite, cette caractéristique permet d'éliminer, ou tout du moins de limiter, l'effet d'écran obtenu lorsque la tension électrique appliquée aux bornes de la cellule est inférieure au potentiel redox de la matière.

La présente invention concerne de plus un procédé consistant à superposer plusieurs cellules comportant chacune une matière qui comprend des molécules douées de propriétés nématiques entre deux plaques transparentes parallèles, cellules sur chacune desquelles sont opérées par ailleurs les étapes b), c) et d) précitées.

La présente invention concerne également un dispositif électrooptique à cristaux liquides du type comprenant une cellule qui se compose de deux plaques transparentes parallèles entre lesquelles est disposée une matière qui comprend des molécules douées de propriétés nématiques, caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens d'orientation agencés pour conférer à la matière contenue entre les plaques une structure hybride définissant un directeur nématique (n) courbé dans un plan perpendiculaire aux plaques, tel que le directeur nématique soit d'orientation planaire sur l'une des plaques et d'orientation homéotrope sur l'autre plaque,

- des moyens de contrôle aptes à assurer un ancrage faible de la matière sur l'une au moins des plaques, tel que la longueur d'extrapolation "L", définie par le rapport K/w de la constante élastique de courbure -K- sur l'énergie de courbure -w-, soit de l'ordre de

grandeur de l'épaisseur (d) de la matière contenue entre les plaques, ou supérieure à cette épaisseur, et

- des électrodes ménagées sur les plaques pour appliquer sur la matière un champ électrique E, de valeur contrôlée et d'orientation normale aux plaques.

Les moyens d'orientation et de contrôle,de façon avantageuse, comprennent un traitement de surface sur une face au moins des plaques orientée vers la matière.

Plus précisément encore, de préférence, les moyens d'orientation et de contrôle comprennent un revêtement déposé sur une face au moins des plaques orientée vers la matière.

Selon un mode de réalisation avantageux de la présente invention, le revêtement est opéré par dépôt d'un silane dans une solution aqueuse fortement diluée d'alcool isopropylique.

Selon une caractéristique préférentielle , le dispositif électrooptique conforme à la présente invention comprend des moyens d'alimentation électrique aptes à appliquer une différence de potentiel contrôlée entre les électrodes associées aux plaques, telle que le champ électrique soit faible, c'est-à-dire que la polarisation induite, linéaire en fonction du champ électrique, soit inférieure à la polarisation spontanée en volume flexoélectrique due à la structure hybride de la cellule.

En outre, selon l'invention, la matière introduite entre les deux plaques contient de préférence un agent dopant présentant un potentiel redox faible.

La présente invention concerne également un dispositif électrooptique comprenant plusieurs cellules superposées du type précité.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique en coupe d'une cellule optique à cristaux liquides utilisée dans le cadre de la présente invention,
- la figure 2 représente une courbe relevée sur une cellule optique à cristaux liquides classique, représentative de la variation du retard optique pour une lumière polarisée dans le plan où se courbe le directeur nématique en fonction de la tension appliquée entre les électrodes de cette cellule,
- la figure 3 représente une courbe similaire relevée sur une cellule optique à cristaux liquides conforme à la présente invention, représentative de la variation du retard optique en fonction de la tension appliquée entre les électrodes de cette cellule.

Comme cela est schématiquement illustré sur la figure 1, la cellule optique élémentaire 10 utilisée selon l'invention comprend de façon classique en soi deux plaques transparentes parallèles 11 et 12, par exemple en verre équipées d'électrodes respectives parallèles non illustrées sur la figure 1, et entre lesquelles est insérée une matière 13 comprenant des molécules douées de propriétés nématiques.

La matière 13 est maintenue entre les deux plaques 11 et 12 de la cellule 10 par une pièce annulaire (non représentée sur la figure 1) qui joue également le rôle de pièce d'écartement. De préférence, cette pièce annulaire sera réalisée en un matériau électriquement isolant.

La cellule 10 comporte en outre des moyens dits d'orientation (non représentés sur les figures) aptes à contrôler l'orientation et l'ancrage des molécules de

la matière 13 sur les plaques 11 et 12 pour conférer à la matière 13 une structure dite hybride définissant un directeur nématique n courbé dans un plan perpendiculaire aux plaques 11 et 12, tel que le directeur nématique n soit d'un côté sensiblement tangentiel à l'une des plaques - 12 en l'espèce-, de l'autre côté sensiblement orthogonal à l'autre plaque - 11 en l'espèce-.

L'ancrage des molécules ainsi défini est dit planaire sur la plaque 12 et homéotrope sur la plaque 11.

Les moyens d'orientation précités comprennent avantageusement, de façon classique en soi, des traitements de surface des plaques 11 et 12 consistant à appliquer des revêtements sur la face de ces plaques dirigée vers la matière 13.

Des exemples de tels traitements seront indiqués ultérieurement.

La courbure du directeur nématique n résultant de la distorsion "mécanique" imposée dans la couche de cristal liquide nématique 13 par le traitement de surface, lors du remplissage de la cellule, induit une polarisation en volume flexoélectrique $\vec{P}$. Ce phénomène a été mis en évidence par MEYER R.B. et décrit dans la publication Phys. Rev. Lett. 22 (1969) 918.

En fait, on sait maintenant que la constante flexoélectrique e est principalement d'origine quadrupolaire électrique. En ne retenant que l'effet de volume qui ne se ramène pas à la surface, on démontre que la polarisation en volume flexoélectrique $\vec{P}$, proportionnelle à e_+/d, a une forte composante perpendiculaire aux plaques, qui se couple avec le champ appliqué $\vec{E}$.

On définit d comme étant la distance entre les deux plaques parallèles 11 et 12 et e_+ la composante " isotrope " de la constante flexoélectrique, $e_+ = e_1 + e_3$ où e_1 représente la composante de la constante flexoélectrique e dûe à la divergence et e_3 la composante de la constante flexoélectrique e dûe à la courbure proprement dite
c'est-à-dire

$$\vec{P} = e_1 \vec{n} (\text{div } n) + e_3 (\overrightarrow{\text{rot } \vec{n}} \times \vec{n}) \qquad (1)$$

Quand le champ électrique externe est appliqué entre les plaques 11 et 12 perpendiculairement à celles-ci, le directeur nématique $\vec{n}$ restant contenu dans le plan précité perpendiculaire aux plaques 11 et 12, l'orientation de $\vec{n}$ peut être caractérisée par une simple variable $\theta(z)$ correspondant à l'inclinaison relative θ du directeur nématique $\vec{n}$ par rapport à un axe $\vec{z}$ s'étendant perpendiculairement aux plaques 11 et 12.

Dans ces conditions, l'énergie libre par unité de surface due à la flexopolarisation, à savoir $\int -(P.E)dz$ est de la forme $\int f(\theta)\ (d\theta/dz)dz$.

Comme cela a été précédemment évoqué, selon l'invention, on réalise un ancrage faible des molécules de matière 13 sur l'une au moins des plaques 11, 12.

La valeur de l'ancrage, selon l'invention, est caractérisée en comparant la "longueur d'extrapolation" -L- à l'épaisseur -d- de l'échantillon de cristal liquide 13 contenu entre les plaques 11 et 12.

On rappelle que la longueur d'extrapolation L est définie par la relation :

$$L = K/w \qquad (2)$$

dans laquelle

K représente la constante élastique de courbure du milieu 13 et

w représente l'énergie de courbure intervenant

dans l'expression classique de l'énergie d'ancrage en fonction de l'angle θ précité : $w/_2 \sin^2\theta$.

Plus précisément, selon l'invention, l'ancrage est dit fort si $L \ll d$ (3)

tandis que l'ancrage est dit faible

si $L \cong d$ (4)

ou $L > d$ (5)

La démonstration qui va suivre se rapporte à un modèle simplifié associé à un champ électrique faible de telle sorte que la contribution flexoélectrique soit prépondérante et l'énergie liée à l'anisotropie diélectrique, quadratique en fonction du champ E, puisse être négligée.

Par ailleurs, sans que cela puisse être considéré comme limitatif, on considérera dans la suite de la démonstration le cas d'une énergie d'ancrage très forte sur la plaque 12 d'ancrage planaire et une énergie d'ancrage très faible sur la plaque 11 d'ancrage homéotrope.

Enfin, dans le développement qui suit, on approximera les constantes élastiques classiques k_1, k_2, et k_3 caractérisant la divergence, la torsion et la courbure par une constante élastique unique K.

Sur la base des hypothèses ci-dessus, l'énergie libre par unité de surface, de l'échantillon de matière, est définie par la relation :

$$F_s = \int \left[\frac{K}{2}\left(\frac{d\theta}{dz}\right)^2 + (e_1+e_3)\sin\theta\cos\theta\frac{d\theta}{dz}E \right] dz + \frac{W_1}{2}\sin^2\theta \qquad (6)$$

dans laquelle l'indice -1- qualifie les paramètres aux limites de l'ancrage homéotrope (W_1, énergie de courbure en l'espèce, au niveau de la plaque 11).

L'équation d'Euler - Lagrange conduit à la relation :

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{\pi/2 - \theta_1}{d} \qquad (7)$$

L'équation d'équilibre des couples sur la surface de la plaque 11 s'écrit :

$$K\left(\frac{d\theta}{dz}\right) + (e_1+e_3)\sin\theta_1\cos\theta_1 E = W_1 \sin\theta_1\cos\theta_1 \qquad (8)$$

qui après transformation peut s'écrire :

$$\frac{\frac{\pi}{2} - \theta_1}{\sin^2\theta_1} = \frac{d}{2}\left[\frac{1}{L_1} - \frac{(e_1 + e_3)}{K} E\right] \qquad (9)$$

On remarquera que l'équation (9) qualifie la dépendance de θ_1 par rapport à E dans l'hypothèse où les valeurs des paramètres L_1 d'une part et (e_1+e_3) d'autre part sont non négligeables.

On démontre alors que la différence de trajet optique, ou retard optique, est définie par la relation :

$$\Delta l = n_o \left[\int_o^d \frac{1}{\sqrt{1-R\sin^2\theta}}\, dz - d\right] \qquad (10)$$

dans laquelle

$$R = (n_e - n_o) / n_e \qquad (11)$$

où n_e et n_o sont les indices de réfraction ordinaire et extraordinaire du milieu.

En développant la relation (10) avec $R \cong 0{,}2$ et en considérant la tension appliquée entre les électrodes de la cellule, et donc le champ électrique E, faibles, on obtient la relation :

$$\Delta l \cong \left(\frac{n_o Rd}{4}\right)\left[1 + \left(\frac{L_1}{d}\right)\left\{1 + \left(\frac{L_1(e_1+e_3)\ E}{K}\right)\right\}\right] \qquad (12)$$

Les trois termes entre parenthèses figurant dans la relation (12) qualifient l'influence respective des différents phénomènes physiques.

Le premier terme $\left(\frac{n_o Rd}{4}\right)$ détermine la valeur de Δl pour des ancrages forts.

Le second terme $\left(\frac{L_1}{d}\right)$ apporte une correction due à l'ancrange faible imposé selon l'invention.

Enfin, le troisième terme $\left(\frac{L_1(e_1 + e_3)\ E}{K}\right)$ qualifie l'effet optoélectronique linéaire dû à la flexoélectricité grâce à l'utilisation d'un ancrage faible.

Les inventeurs ont vérifié les caractéristiques ci-dessus évoquées -linéarité de l'effet de biréfringence en fonction du champ électrique appliqué- grâce à différents essais qui vont maintenant être décrits.

Ces essais ont été réalisée sur des cellules comprenant deux plaques de verre revêtues d'oxyde d'indium-étain et remplies d'un cristal liquide du type MBBA (Methoxybenzylidène Butylaniline).

La plaque 12 est recouverte d'un revêtement de monoxyde de silicium selon un angle oblique pour assurer une orientation planaire avec un ancrage fort sur cette plaque.

La plaque 11 est recouverte d'un revêtement de silane (DMOAP) dans une solution d'alcool isopropylique pour assurer une orientation homéotrope sur cette plaque.

Plus précisément, les plaques 11 utilisées dans les deux essais qui vont être décrits ultérieurement ont été préparées en utilisant des solutions de silane dans l'alcool isopropylique de dilutions différentes.

La plaque 11 utilisée dans le premier essai a été réalisée en utilisant une solution de silane dans l'alcool isopropylique de dilution moyenne afin d'obtenir un ancrage fort de la matière 13 tel que la longueur d'extrapolation L précédemment définie soit très inférieure à la distance d séparant les plaques 11 et 12.

Par contre, la plaque 11 utilisée dans le second essai a été réalisée en utilisant une solution de silane dans l'alcool isopropylique de dilution supérieure afin d'obtenir un ancrage faible de la matière 13 tel que la longueur d'extrapolation L soit de l'ordre de grandeur de la distance d séparant les plaques 11 et 12, voire supérieure à cette distance d.

Les inventeurs ont constaté en effet que la force d'ancrage due au traitement dépendait de la composition de la solution utilisée pour former le revêtement. Pour la bonne compréhension des techniques de contrôle d'ancrage par revêtement on se référera utilement aux documents : - J. Physique Lett. 45, L-613 (1984) G. Barbera, N.V. Madhusudana et G. Durand- et - Phys Letters 103A 385 (1984).

La différence de trajet optique, ou retard optique Δl est mesurée en utilisant un compensateur tournant en combinaison avec un microscope polarisant.

De plus, la plaque 12 d'orientation planaire était reliée à la borne positive d'une source d'alimentation électrique continue, tandis que la plaque 11 présentant une orientation homéotrope était reliée à la borne de masse. On remarquera que dans ces conditions

une tension positive correspond à un champ électrique E négatif dans la matière MBBA.

PREMIER ESSAI

Ce premier essai a été opéré sur une cellule du type précité présentant une épaisseur de matière MBBA égale à environ 22 µm, déterminée par une pièce d'écartement en Mylar.

Le cristal liquide MBBA utilisé était relativement pur ($T_{NI} \cong 42°C$).

Les mesures ont été opérées à température ambiante soit environ 20°C.

Les résultats des mesures obtenues sur cette cellule présentant des ancrages forts (longueur d'extrapolation inférieure à d) en faisant varier la tension, sont représentés sur la figure 2 annexée.

Les lectures ont été opérées en attendant plusieurs minutes après chaque modification de la tension afin de garantir des conditions d'équilibre lors de chaque mesure.

On remarque à l'examen de la figure 2 que la différence de trajet optique Δl est indépendante de la tension appliquée lorsque celle-ci évolue sensiblement entre +1V et -1V. Par contre, pour des tensions supérieures, la différence de trajet optique Δl augmente quel que soit le signe de la tension. Le phénomène est alors généralement quadratique.

SECOND ESSAI

Ce second essai a été réalisé sur une cellule présentant une épaisseur d de matière MBBA égale à environ 15µm, et un ancrage faible sur la plaque 11 d'orientation homéotrope, c'est-à-dire une longueur d'extrapolation L du même ordre de grandeur que l'épaisseur d.

Le cristal liquide MBBA utilisé n'était pas pur ($T_{NI} \cong 35°C$) et les essais ont été réalisés à $T_{NI} - T = 10°$.

Les résultats des mesures obtenues sur cette seconde cellule en faisant varier la tension appliquée sont représentés sur la figure 3 annexée.

Un simple examen de cette figure 3 montre que l'effet linéaire, reliant la différence de trajet optique Δl et la tension appliquée V, prédomine.

Plus précisément, l'effet linéaire apparaît pour des tensions supérieures à environ +1V et pour des tensions comprises sensiblement entre -1V et -3,5V. Au-delà de cette tension de -3,5V, la différence de trajet optique Δl augmente à nouveau sous l'influence de l'effet diélectrique.

Par ailleurs, comme dans le premier essai précédemment évoqué, on aperçoit un phénomène de palier entre sensiblement +1V et -1V. Ce phénomène de palier (absence de dépendance ou faible dépendance entre la différence de trajet optique et la tension appliquée) entre environ +1V et -1V est dû à un effet d'écran à l'égard du champ électrique résultant d'une accumulation d'ions à proximité des électrodes et rendant négligeable la différence de potentiel dans la masse du matériau cristal liquide contenu dans la cellule.

Au-delà du potentiel redox (environ $\pm$ 1V) des molécules de MBBA et des traces de butylaniline humide toujours présentes dans les échantillons de MBBA non parfaitement pur,l'effet d'écran diminue fortement. Cet effet d'écran a par ailleurs été mis en évidence par les inventeurs en étudiant la réponse de conductibilité électrique de la cellule lors d'inversion de différences de potentiel. Ces essais ont en effet révélé deux constantes de temps, l'une faible correspondant à la masse du cristal liquide qui possède de faible valeur de résistance et de capacité, l'autre forte correspondant aux limites du cristal liquide, dues aux couches minces d'accumulation d'ions auprès des

électrodes, qui possèdent de fortes valeurs de résistance et de capacité. Néanmoins, on remarquera que dans le cas du second essai dont les résultats de mesure sont illustrés sur la figure 3, la pente de la courbe $\Delta l/v$ dans la gamme +1V à -1v n'est pas nulle mais environ cinq fois plus faible que pour des tensions supérieures.

Par ailleurs, on remarquera à l'examen de la figure 2 que la pente de la courbe $\Delta l(V)$ est plus élevée pour des tensions positives (c'est-à-dire pour des champs électriques négatifs) que pour des tensions négatives (c'est-à-dire pour des champs électriques positifs). Cette différence de pente en fonction du signe de la tension appliquée observée avec un ancrage fort montre que même dans ces conditions l'effet flexoélectrique est non négligeable.

Les courbes de mesure illustrées sur les figures 2 et 3 permettent de calculer d'une part le rapport : longueur d'extrapolation / épaisseur du matériau cristal liquide - L_1/d - et d'autre part l'angle Θ_1.

Dans le premier essai, en utilisant les valeurs connues $n_o \cong 1,57$ et $R = 0,23$, ainsi que la valeur mesurée de Δl pour $V = o$ on obtient $L_1/d \cong 0,088$ à partir de la relation (12) et en utilisant la valeur $K \cong 0,7 \times 10^{-6}$ dyne on obtient d'autre part $\Theta_1 \cong 8°$ à partir de la relation (9).

Dans le second essai, en utilisant les valeurs connues $n_o = 1,55$ et $R \cong 0,19$ ainsi que la valeur mesurée de Δl pour $V = o$ on obtient d'une part $L_1/d \cong 0,72$ à partir de la relation (12) et en utilisant la valeur $K \cong 0,5.10^{-6}$ dyne on obtient d'autre part $\Theta_1 \cong 53°$ à partir de la relation (9).

Les rapports $L_1/d \cong 0,088$ et $L_1/d \cong 0,72$ obtenus respectivement dans le premier et le second cas montrent clairement que dans l'un de ceux-ci un ancrage fort était utilisé, dans l'autre un ancrage faible étant par contre assuré.

L'apparition d'une loi quadratique sur la figure 3 pour des tensions appliquées allant au-delà de -3,5V, montre la nécessité d'utiliser un champ électrique faible, tel que la polarisation induite, linéaire en fonction du champ électrique, soit inférieure à la polarisation spontanée en volume flexoélectrique due à la structure hybride de la cellule afin de minimiser l'énergie liée à l'anisotropie diélectrique, quadratique en fonction du champ.

On remarquera par ailleurs que en mesurant la pente dans la partie linéaire de la courbe représentée sur la figure 3 ou la pente de la contribution linéaire de la courbe représentée sur la figure 2 (on peut séparer la contribution linéaire de la contribution quadratique en comparant les valeurs de la courbe $\Delta l/V$) pour des valeurs correspondantes respectivement positive et négative de la tension appliquée), on peut calculer la valeur des paramètres $(e_1 + e_3)$ à partir de la relation (12).

Pour atténuer l'effet de palier précité observé entre sensiblement +1V et -1V, selon l'invention, on peut réaliser un dopage de la matière introduite entre les deux plaques à l'aide d'un constituant présentant un potentiel redox faible.

La présente invention peut trouver application dans tout processus ou dispositif nécessitant l'émission de caractères ou images de couleur contrôlée variable, notamment dans les écrans plats. La présente invention permet en effet l'apparition des couleurs

de l'échelle de Newton pour des tensions continues d'excitation très faibles.

Pour ce faire, on peut envisager, comme cela a été précédemment évoqué, de superposer plusieurs cellules du type précité. Cette disposition de superposition peut assurer des corrections. Cette disposition par ailleurs peut être intéressante lors de l'utilisation de matrices complexes.

On remarquera par ailleurs que en utilisant une cellule présentant sur l'une des deux plaques un ancrage fort, on peut, sur la base de la courbe relevée illustrant le retard optique Δl en fonction du champ appliqué E, évaluer l'énergie d'ancrage sous la forme du paramètre L/d.

Plus précisément, pour des angles faibles, le paramètre L/d peut être déterminé à l'aide de la relation (12) précitée :

$$\Delta l \cong \left(\frac{n_o R d}{4}\right)\left[1 + \left(\frac{L_1}{d}\right)\left\{1 + \left(\frac{L_1 (e_1 + e_3)\ E}{K}\right)\right\}\right]$$

dans laquelle

Δl représente le retard optique,

$R = (n_e - n_o) / n_e$ où

n_e et n_o sont les indices de réfractions ordinaire et extraordinaire du milieu,

d représente l'épaisseur de l'échantillon de cristal liquide entre les plaques,

e_1 représente la composante de la constante flexoélectrique e due à la divergence

e_3 représente la composante de la constante flexoélectrique e due à la courbure proprement dite,

E représente le champ électrique appliqué entre les plaques et

K représente la constante élastique de courbure du milieu.

Pour des angles forts, la détermination de L/d doit être opérée sur la base d'une relation du type de la relation (12) mais généralisée, c'est-à-dire en ne tenant pas compte des approximations pour angles faibles.

La détermination de ce paramètre L/d peut être réalisée en utilisant les valeurs connues des constantes élastiques, dans l'absolu, ou en utilisant des lames de comparaison pour faire des mesures relatives.

L'ancrage fort peut être opéré soit sur la lame présentant une orientation planaire, soit sur la plaque présentant une orientation homéotrope.

L'avantage de ce procédé sur la méthode évoquée dans les documents précités : -J. Physique Lett. 45, L-613 (1984) G. Barbera, N.V. Madhusudana et G. Durand- et - Phys. Letters 103A 385 (1984) - est que l'épaisseur de l'échantillon est uniforme.

Ainsi, on peut,lors d'une simple observation, sous microscope, observer l'uniformité de l'ancrage, et sa valeur sur la base d'une calibration en couleur, sur des lames déjà traitées pour former des électrodes.

L'application d'un champ électrique est bien entendu d'un emploi plus commode que la variation d'épaisseur pour obtenir la relation
couple de surface = $f(\theta)$ où θ représente l'angle de surface, relation qui définit l'énergie d'ancrage à tous les angles.

REVENDICATIONS

1. Procédé électrooptique à cristaux liquides selon lequel :

a) on dispose une matière (13) qui comprend des molécules douées de propriétés nématiques entre deux plaques transparentes parallèles (11, 12),

caractérisé par le fait qu'il comprend de plus les étapes consistant :

b) à conférer à ladite matière (13) une structure hybride définissant un directeur nématique (n) courbé dans un plan perpendiculaire aux plaques (11, 12),tel que le directeur nématique soit d'orientation planaire sur l'une des plaques et d'orientation homéotrope sur l'autre plaque,

c) à assurer un ancrage faible de la matière (13) sur l'une au moins des plaques (11, 12), tel que la longueur d'extrapolation "L", définie par le rapport K/w de la constante élastique de courbure -K- sur l'énergie de courbure -w-, soit de l'ordre de grandeur de l'épaisseur (d) de la matière (13) contenue entre les plaques (11,12) ou supérieure à cette épaisseur, et

d) à appliquer un champ électrique E, de valeur contrôlée et d'orientation normale aux plaques (11, 12) sur la matière (13).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les étapes b) et c) comprennent l'application d'un traitement de surface sur l'une au moins des faces (14, 15) des plaques (11, 12), orientée vers la matière (13).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que le traitement de surface comprend l'application d'un revêtement sur l'une au moins des surfaces (14, 15) des plaques (11, 12) orientée vers la matière (13).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que à l'étape d) le champ électrique E est faible et tel que la polarisation induite, linéaire en fonction du champ électrique soit inférieure à la polarisation spontanée, en volume flexoélectrique due à la structure hybride de la cellule.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que à l'étape a) on réalise un dopage de la matière (13) introduite entre les deux plaques (11, 12) à l'aide d'un constituant présentant un potentiel redox faible.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'il comprend l'étape consistant à superposer plusieurs cellules comprenant chacune une matière (13) qui comprend des molécules douées de propriétés nématiques entre deux plaques transparentes parallèles (11, 12), cellules sur chacune desquelles sont opérées par ailleurs les étapes b), c) et d) précitées.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes consistant, sur une cellule comprenant une plaque qui présente un ancrage fort, à relever la courbe représentative du retard optique Δl en fonction du champ électrique appliqué E et à déduire de cette courbe la valeur du paramètre L/d représentative de l'énergie d'ancrage sur la seconde plaque.

8. Procédé selon la revendication 7 caractérisé par le fait que le paramètre L/d est déterminé sur la base de la relation

$$\Delta l \cong \left(\frac{n_o R d}{4}\right)\left[1 + \left(\frac{L_1}{d}\right)\left\{1 + \left(\frac{L_1 (e_1 + e_3)\ E}{K}\right)\right\}\right]$$

dans laquelle

Δl représente le retard optique,

$R = (n_e - n_o) / n_e$ où

n_e et n_o sont les indices de réfractions ordinaire et extraordinaire du milieu,

d représente l'épaisseur de l'échantillon de cristal liquide entre les plaques,
e_1 représente la composante de la constante flexo-électrique e due à la divergence
e_3 représente la composante de la constante flexo-électrique e due à la courbure proprement dite,
E représente le champ électrique appliqué entre les plaques et
K représente la constante élastique de courbure du milieu.

9. Dispositif électrooptique à cristaux liquides du type comprenant une cellule qui se compose de deux plaques (11, 12) transparentes parallèles entre lesquelles est disposée une matière (13) qui comprend des molécules douées de propriétés nématiques, caractérisé par le fait qu'il comprend :

- des moyens d'orientation agencés pour conférer à la matière (13) contenue entre les plaques (11, 12) une structure hybride définissant un directeur nématique (n) courbé dans un plan perpendiculaire aux plaques (11, 12),tel que le directeur nématique (n) soit d'orientation planaire sur l'une des plaques et d'orientation homéotrope sur l'autre plaque,

- des moyens de contrôle aptes à assurer un ancrage faible de la matière (13) sur l'une au moins des plaques (11, 12), tel que la longueur d'extrapolation "L", définie par le rapport K/w de la constante élastique de courbure -K- sur l'énergie de courbure -w-, soit de l'ordre de grandeur de l'épaisseur (d) de la matière (13) contenue entre les plaques, ou supérieure à cette épaisseur, et

- des électrodes ménagées sur les plaques (11, 12) pour appliquer sur la matière (13) un champ électrique E, de valeur contrôlée et d'orientation normale aux plaques.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que les moyens d'orientation et de contrôle comprennent un traitement de surface sur une face (14, 15) au moins des plaques (11, 12) orientée vers la matière (13).

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé par le fait que les moyens d'orientation et de contrôle comprennent un revêtement déposé sur une face (14, 15) au moins des plaques (11, 12) orientée vers la matière (13).

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé par le fait que le revêtement est opéré par dépôt d'un silane dans une solution aqueuse fortement diluée d'alcool isopropylique.

13. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 12, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens d'alimentation électrique aptes à appliquer une différence de potentiel contrôlée entre les électrodes associées aux plaques (11, 12), telle que le champ électrique E soit faible, c'est-à-dire que la polarisation induite, linéaire en fonction du champ électrique, soit inférieure à la polarisation spontanée en volume flexoélectrique due à la structure hybride de la cellule.

14. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé par le fait que la matière (13) introduite entre les deux plaques (11, 12) contient un agent dopant présentant un potentiel redox faible.

15. Dispositif électrooptique, caractérisé par le fait qu'il comprend plusieurs cellules superposées conformes à l'une des revendications 9 à 14.

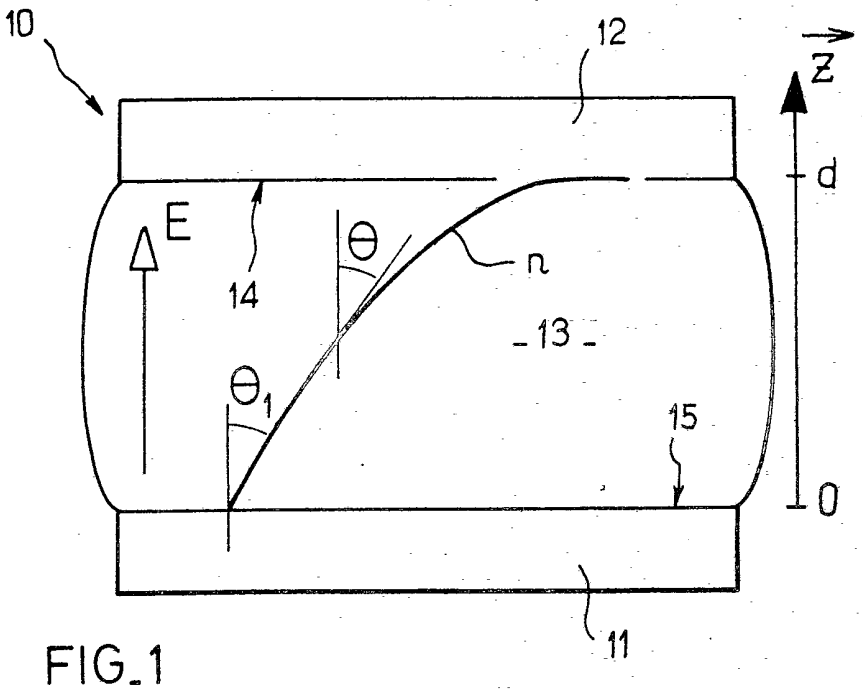


FIG_1

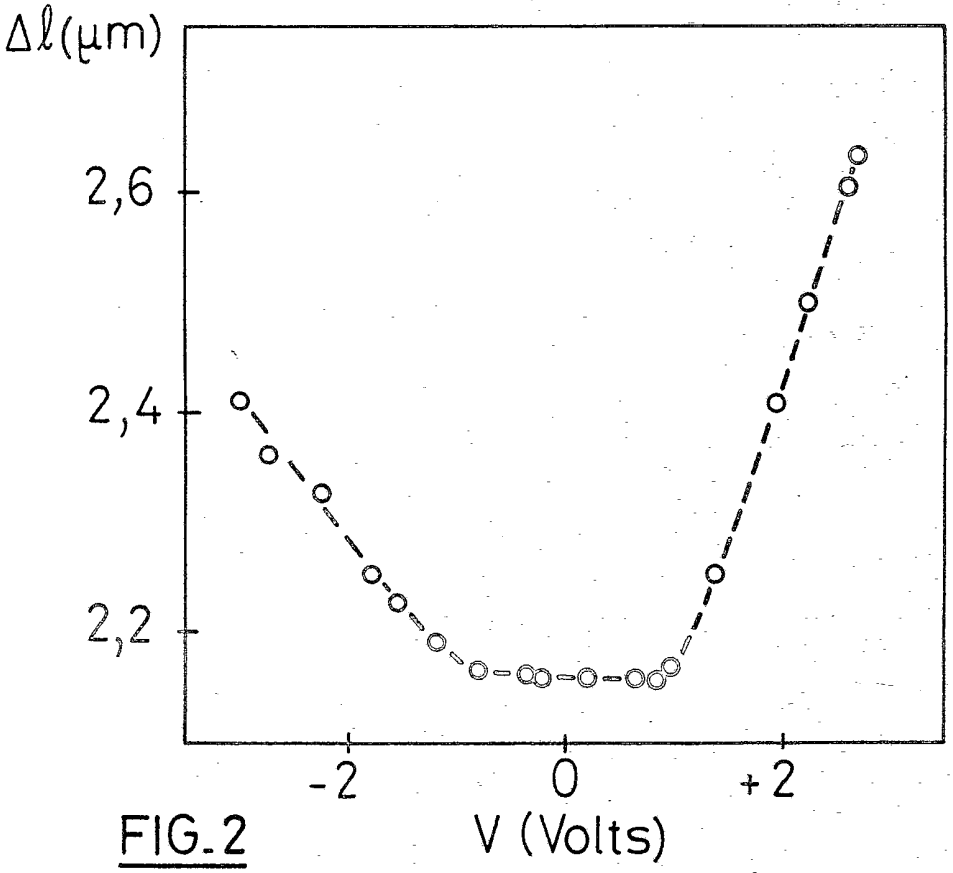


FIG_2

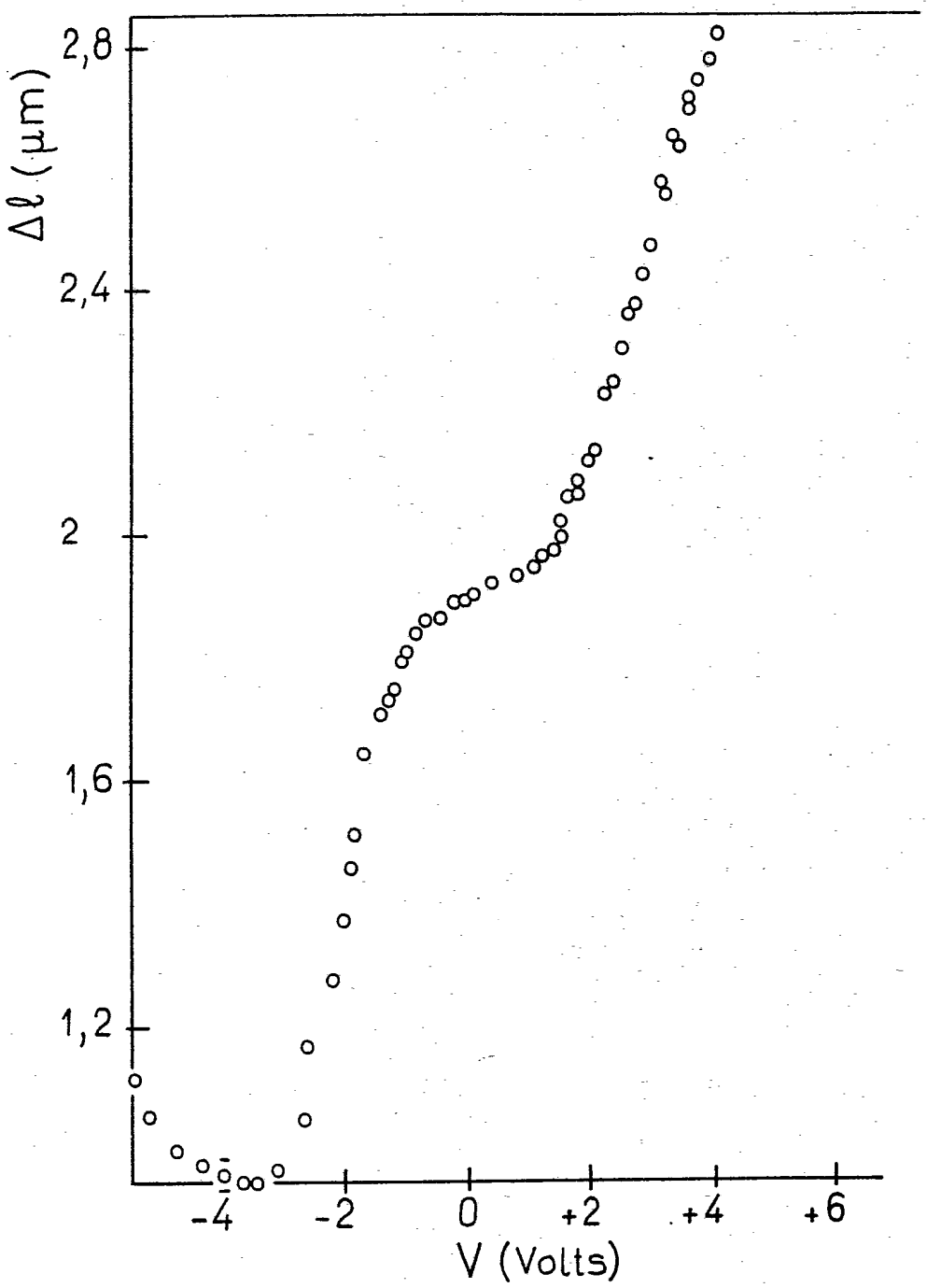


FIG_3