



⑫ **FASCICULE DE LA DEMANDE** A3 ⑪ **607 604 G**

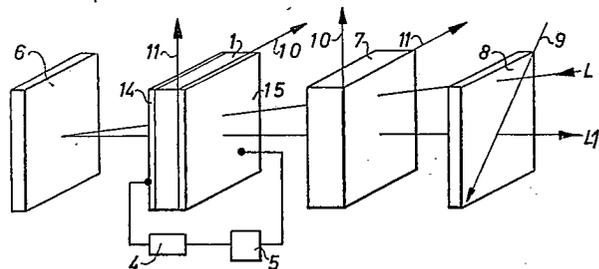
⑬

- ⑲
- ②① Numéro de la demande: 13824/73
- ⑥① Addition à:
- ⑥② Demande scindée de:
- ②② Date de dépôt: 27. 09. 1973
- ③① Priorité:
- ④② Demande publiée le: } 29. 09. 1978
④④ Fascicule de la demande }
publié le:
- ⑦① Requérant: Société Suisse pour l'Industrie Horlogère Management Services S.A.,
Bienne
- ⑦④ Mandataire:
- ⑦② Inventeur: Jacques Alain Déverin, Bienne

⑤⑥ Rapport de recherche au verso

⑤④ Dispositif d'affichage à mémoire à cristal solide pour pièce d'horlogerie électronique

⑤⑦ Dispositif d'affichage à mémoire pour pièce d'horlogerie électronique comprenant une base de temps, un circuit de commande (4) et une source de tension (5). Il comporte un monocristal monodomaine ferroélectrique (1) dont la réorientation sans inversion de la polarisation spontanée conduit à une réorientation des axes optiques (10, 11) ou dont l'inversion de la polarisation spontanée change le signe de l'activité optique, des électrodes (14, 15) reliées au circuit de commande et disposées de part et d'autre du monocristal (1) pour lui appliquer des impulsions le faisant basculer de façon réversible d'un état dans un autre optiquement différent, un polariseur (9) d'un côté du monocristal (1) et une surface réfléchissante ou diffusante (6) de l'autre.





RAPPORT DE RECHERCHE RECHERCHENBERICHT

Demande de brevet No.:
Patentgesuch Nr.:

13 824/73

I.I.B. Nr.:

HO 10 134

Documents considérés comme pertinents Einschlägige Dokumente		
Catégorie Kategorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes. Kennzeichnung des Dokuments, mit Angabe, soweit erforderlich, der massgeblichen Teile	Revendications con- cernées Betrifft Anspruch Nr.
	<p><u>DE-A-2 263 531</u> (K.K. SUWA SEIKOSHA) - p. 2, dernier al.; p. 3, dernier al.; p. 8, Ansprüche 1-3, 6, 7, 11, 12; fig. 1-6 et 8.</p> <p><u>CH-B-437 532</u> (SSIH) - p. 1, l. 47-66; p. 2, l. 7-43; p. 3, col.dr.; fig. 5 et 7.</p> <p><u>CH-A-11 699/69</u> (U.S. TIME CORPORATION) - col. 9, l. 50 à col. 10, l. 26; fig. 8, 9.</p> <p>Revue FR "Annales françaises de chronométrie et de micro-mécanique", 1971, p. 55-58, article de J.JOUANNIC "Affichage électronique de l'heure" - p. 57, col. g., 1er par.</p> <p><u>FR-A-2 049 049</u> (HITACHI) - p. 4, l. 22 à p. 5, l. 3; p. 7, l. 16-37; fig. 3-5.</p> <p>Revue JA "Journal of the Physical Society of Japan", Vol. 27, no 2, août 1969, p. 387-396, article de K.AIZA "Possible Species of "Ferro- elastic" Crystals and of Simultaneously Ferr- electric and Ferroelastic Crystals". - p. 394, table II; p. 395, par. 4.</p> <p>Revue US "Proceedings of the IEEE", Vol. 61, no 7, juillet 1973, p. 942-958. Artic- le de G.MARIE et al: "Single-Crystal Ferroelec- trics and their Application in Light-Valve Dis- play Devices" - p. 952, col. dr., p. 955, col. dr; p. 956, col. g, p. 957, col. g.</p> <p>Revue US "IEEE Transactions on Electron Devices", vol. ED-18, no 9, septembre 1971, p. 748-755, article de C.J.SALVO "Solid-State Light Valve". - p. 749, col. dr,</p> <p><u>US-A-3 069 973</u> (I. AMES) - Col. 3, l. 22-73; la figure</p>	<p>I, 1-3, 6 8, 13</p> <p>I, 7-9, 11</p> <p>I</p> <p>I</p> <p>I, 1-5, 7, 9, 11</p> <p>1</p> <p>2-9, 11, 12</p> <p>4, 10, 11</p> <p>6, 8, 10</p>
		<p>Domaines techniques recherchés Recherchierte Sachgebiete (INT. CL.²)</p>
		<p>Catégorie des documents cités Kategorie der genannten Dokumente: X: particulièrement pertinent von besonderer Bedeutung A: arrière-plan technologique technologischer Hintergrund O: divulgation non-écrite nichtschriftliche Offenbarung P: document intercalaire Zwischenliteratur T: théorie ou principe à la base de l'invention der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: demande faisant interférence kollidierende Anmeldung L: document cité pour d'autres raisons aus andern Gründen angeführtes Dokument &: membre de la même famille, document correspondant Mitglied der gleichen Patentfamilie; übereinstimmendes Dokument</p>
Etendue de la recherche/Umfang der Recherche.		
<p>Revendications ayant fait l'objet de recherches Recherchierte Patentansprüche:</p> <p>Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches Nicht recherchierte Patentansprüche: Raison: Grund:</p>		
Date d'achèvement de la recherche/Abschlussdatum der Recherche		Examinateur I.I.B./I.I.B Prüfer
16. 1.1975		BORMS/BRULEZ

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'affichage à mémoire pour pièce d'horlogerie électronique comprenant une base de temps, un circuit électronique de commande, une source de tension et un système élévateur de tension, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre au moins un monocristal monodomaine ferroélectrique dont, ou bien la réorientation sans inversion de la polarisation spontanée conduite à une réorientation de ses axes optiques de sorte que des domaines d'orientations différentes apparaissent optiquement différents, monocristal dont la ferroélasticité est couplée faiblement ou pas du tout à la ferroélectricité, ou bien l'inversion de la polarisation spontanée change le signe de son activité optique, de sorte que des domaines d'activités différentes apparaissent optiquement différents, des électrodes reliées au circuit électronique de commande et disposées de part et d'autre du monocristal pour lui appliquer des impulsions de tension susceptibles de le faire basculer de façon réversible d'un état stable à un autre état stable optiquement différent, au moins un polariseur d'un côté du monocristal et une surface réfléchissante ou diffusante de l'autre côté.

2. Dispositif d'affichage selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le monocristal est tel que la réorientation de la polarisation spontanée ou l'inversion d'une de ses composantes selon un de ses axes cristallographiques s'accompagne d'un basculement de l'indicatrice optique autour d'un axe d'un angle quelconque compris entre 0 et π , bornes non comprises.

3. Dispositif d'affichage selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le monocristal présente le phénomène d'activité optique naturelle et est défini par l'un des groupes de symétrie suivants: $1 = C_1$, $m = C_{1h}$, $2 = C_2$, $mm2 = C_{2v}$, $4 = C_4$, $3 = C_3$.

4. Dispositif d'affichage selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre un monocristal ferroélectrique compensateur non activable (7) de même nature que le premier monocristal (1) ou de nature différente, et que les deux monocristaux sont placés en position de compensation optique entre le polariseur (8) et la surface réfléchissante ou diffusante (6).

5. Dispositif d'affichage selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un second polariseur entre la surface réfléchissante ou diffusante et le premier monocristal.

6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que le premier monocristal est transparent dans le domaine visible et présente des électrodes (2 et 3) produisant un champ électrique dirigé perpendiculairement à l'épaisseur de ce monocristal.

7. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que le premier monocristal est transparent dans le domaine visible et présente des électrodes transparentes (14, 15) produisant un champ électrique dirigé selon l'épaisseur de ce monocristal.

8. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le monocristal (18) a une épaisseur correspondant à une lame demi-onde pour une longueur d'onde du spectre visible, et est muni d'électrodes (16 et 17) qui produisent un champ électrique dirigé perpendiculairement à l'épaisseur de ce monocristal, un second polariseur (22) étant disposé entre le monocristal (18) et la surface réfléchissante ou diffusante.

9. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le monocristal (18) a une épaisseur correspondant à une lame demi-onde pour une longueur d'onde du spectre visible, et est muni d'électrodes transparentes produisant un champ électrique dirigé selon l'épaisseur de ce monocristal, un second polariseur (22) étant disposé entre le monocristal (18) et la surface réfléchissante ou diffusante.

10. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le monocristal (18) a une épaisseur correspondant à une lame quart d'onde pour une longueur d'onde du spectre visible, et est muni d'électrodes produisant un champ électrique dirigé perpendiculairement à l'épaisseur du monocristal.

11. Dispositif d'affichage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le monocristal (18) a une épaisseur correspondant à une lame quart d'onde pour une longueur d'onde du spectre visible, et est muni d'électrodes transparentes produisant un champ électrique dirigé selon l'épaisseur du monocristal.

12. Dispositif d'affichage selon les revendications 2 à 11, caractérisé en ce qu'un filtre coloré est associé à au moins un des polariseurs (8, 21, 22, 31, 38).

15

20 La présente invention a pour objet un dispositif d'affichage à mémoire pour pièce d'horlogerie électronique comprenant une base de temps, un circuit électronique de commande, une source de tension et un système élévateur de tension, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre au moins un monocristal monodomaine ferroélectrique dont, ou bien la réorientation sans inversion de la polarisation spontanée conduite à une réorientation de ses axes optiques de sorte que des domaines d'orientations différents apparaissent optiquement différents, monocristal dont la ferroélasticité est couplée faiblement ou pas du tout à la ferroélectricité, ou bien l'inversion de la polarisation spontanée change le signe de son activité optique, de sorte que des domaines d'activités différentes apparaissent optiquement différents, des électrodes reliées au circuit électronique de commande et disposées de part et d'autre du monocristal pour lui appliquer des impulsions de tension susceptibles de le faire basculer de façon réversible d'un état stable à un autre état stable optiquement différent, au moins un polariseur d'un côté du monocristal et une surface réfléchissante ou diffusante de l'autre côté.

40 Il est bien connu que les cristaux ferroélectriques peuvent exister dans au moins deux états stables électriquement différents et qu'on peut les faire passer d'un état à l'autre en leur appliquant une tension électrique supérieure à une tension critique dite tension coercitive. Ce passage se fait avec une consommation d'énergie faible, compatible avec celle que l'on peut tirer de la pile d'une montre électronique.

Ainsi, par exemple, une partie d'un cristal de titanate de barium ferroélectrique peut être mise, à l'aide d'une tension électrique appliquée à travers des électrodes, dans un état où la polarisation spontanée $-P_s$ est dirigée selon le même axe, mais avec un signe opposé, que la polarisation P_s du reste du cristal; ces deux parties sont dites domaines antiparallèles. Il est bien connu que les propriétés optiques de réfraction de ces deux domaines antiparallèles sont identiques, car l'indicatrice optique - ellipsoïde caractérisant les indices de réfraction du cristal - est non polaire, et que les deux domaines ne peuvent pas être différenciés lors d'une observation en optique de polarisation, sauf peut-être pour la paroi les séparant qui diffuse la lumière.

60 On sait, d'autre part, que dans un cristal de titanate de barium la polarisation spontanée dans un domaine peut être perpendiculaire à la polarisation d'un domaine adjacent et que la paroi séparant ces deux domaines à 90° peut être déplacée à l'aide d'un champ électrique dirigé selon l'axe polaire d'un des domaines; le volume de ce dernier croît ou décroît selon que le champ appliqué le rend plus ou moins favorable énergétiquement. Dans ce cas, les indicatrices optiques des domaines sont perpendiculaires et les deux do-

maines apparaissent différents lors de l'observation entre polariseurs croisés.

L'utilisation des propriétés des domaines à 90° a été proposée pour un affichage de montre électronique (brevet CH 437 532). Mais les difficultés de fabrication de cristaux comprenant deux domaines à 90° et l'instabilité de ces derniers au cours du déplacement de la paroi les séparant en a rendu l'application malaisée. Aussi, le but de la présente invention est de pallier ces difficultés en utilisant des cristaux ferroélectriques dont les domaines optiquement différenciables soient caractérisés par des polarisations spontanées, soit réversibles, soit réorientables, c'est-à-dire soit des polarisations antiparallèles, soit des polarisations formant un angle quelconque différent de 180°. De cette façon l'unité d'affichage peut être formée d'au moins un cristal monodomaine dans lequel on crée ou détruit sélectivement un ou des domaines différents, évitant ainsi l'instabilité associée au déplacement d'une ou plusieurs parois préexistantes.

Le molybdate de gadolinium, dit GMO, ainsi que certaines boracites, sont des cristaux qui sont simultanément ferroélectriques et ferroélastiques à couplage fort. Dans le GMO, par exemple, il existe deux états stables électriques qui sont aussi des états stables élastiques; à l'aide d'un champ électrique, on peut faire passer un cristal d'un état P_s à un état antiparallèle $-P_s$, ce passage s'accompagnant d'une transition d'un état de contrainte à un état de contrainte différent mis en évidence par le fait que les axes cristallographiques a et b sont permutés au cours de la transition. Ce changement d'état peut être provoqué aussi en appliquant une force mécanique extérieure au cristal, supérieure à une force critique, perpendiculairement à l'axe polaire c. Comme déjà dit, les deux états stables se différencient par une permutation des axes cristallographiques a et b et, donc, aussi par une permutation des axes optiques. Ainsi, deux domaines antiparallèles ont une biréfringence de signe opposé et on peut les mettre en évidence au moyen des techniques de l'optique de polarisation.

L'utilisation des propriétés du GMO pour un composeur de page a été suggérée dans la demande FR 2 049 049 et même pour un affichage horloger dans la DTOS 2 263 531. Il s'avère que l'emploi du GMO est tout à fait impropre à un usage horloger puisque le cristal se rompt après un petit nombre de cycles à cause des efforts mécaniques dus au couplage ferroélastique ferroélectrique.

Cet état de fait a renforcé la forte prévention que l'on pouvait déjà avoir contre l'utilisation des cristaux ferroélectriques dans l'affichage rapide, après l'étude de l'article de G. Marie et J. Donjon, «Single Crystal Ferroelectrics and their Applications in Light-Valve Display Devices» (Proc. IEEE 61, 942-958 [July 1973]).

En dépit de cette condamnation presque définitive, on s'est posé la question de savoir si, malgré tout, des cristaux ferroélectriques monodomaines pouvaient exister, qui satisfassent aux exigences d'un affichage horloger et, dans ce cas, quelles conditions nécessaires et suffisantes ils devaient remplir. C'est cette démarche qui est à l'origine de la présente invention. Après de nombreux échecs, on a trouvé et vérifié expérimentalement que, pour que des domaines puissent apparaître optiquement différents, il faut, et il suffit de, soit réorienter, mais non inverser la polarisation spontanée d'un cristal ferroélectrique ferroélastique à couplage faible ou nul, soit inverser la polarisation spontanée d'un ferroélectrique présentant le phénomène d'activité optique. Tel est le cas, par exemple, du titanate de bismuth, respectivement, du germanate de plomb. En effet:

Le titanate de bismuth, $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, est un cristal ferroélectrique en dessous de 675°C appartenant à la classe de symétrie monoclinique m. L'axe polaire se trouve dans le plan cristallographique a-c, de sorte que la polarisation spon-

tanée se décompose en deux composantes P_{sa} et P_{sc} qui peuvent être inversées indépendamment. On peut donc réorienter la polarisation spontanée P_s en inversant séparément l'une de ses composantes P_{sa} ou P_{sc} et aussi inverser P_s en inversant simultanément ses deux composantes. L'inversion de P_s ne change pas les propriétés optiques du cristal, de sorte qu'on ne peut pas différencier des domaines antiparallèles. En revanche, la réorientation de P_s est accompagnée d'un basculement de l'indicatrice autour de l'axe non polaire b d'un angle valant environ 58°. Deux domaines d'orientations différentes pourront alors être différenciés à l'aide des méthodes de l'optique de polarisation. (D. A. Tambovtsev et al., Sov. Phys.-Cryst. 8, 713 [1964]; S. E. Cummins, J. Appl. Phys. 37, 2510 [1966]; S. E. Cummins and L. E. Cross, Appl. Phys. Lett. 10, 14 [1967].)

La présente invention exploite les propriétés des cristaux ferroélectriques de ce genre pour l'affichage de l'indication de l'heure dans une pièce d'horlogerie électronique. La puissance nécessaire à l'activation des modules d'affichage ferroélectrique est compatible avec celle délivrée par la pile alimentant une montre. Certains de ces cristaux ont en plus l'avantage de pouvoir être activés - c'est-à-dire que P_s peut être réorientée - par une tension électrique compatible avec celle délivrée par l'électronique de commande.

Le germanate de plomb, $5\text{PbO} \cdot 3\text{GeO}_2$, est ferroélectrique en dessous de 177°C et appartient à la classe de symétrie ponctuelle 3. Cette classe de symétrie permet le phénomène d'activité optique, lequel a été observé dans le germanate de plomb. Par application d'un champ électrique, on peut inverser la polarisation spontanée P_s dans une partie du cristal et créer ainsi un domaine antiparallèle au reste du cristal. L'inversion de P_s s'accompagne d'une inversion du signe de l'activité optique, c'est-à-dire un changement du sens de rotation du plan de polarisation de la lumière ayant traversé le cristal. (H. Iwasaki et al., Appl. Phys. Lett. 18, 444 [1971]; J. Appl. Phys. 43, 4907 [1972].)

Il devient alors possible de mettre en évidence des domaines antiparallèles en plaçant un cristal de germanate de plomb d'épaisseur convenablement choisie entre deux polariseurs, et de faire apparaître et disparaître ces domaines avec une tension électrique de commande.

L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit.

Les dessins annexés représentent, à titre d'exemple, des formes d'exécution du dispositif objet de l'invention et parmi lesquelles:

La fig. 1 et 1a montrent une vue schématique d'une variante d'exécution avec des électrodes transparentes produisant un champ électrique parallèle au faisceau lumineux.

La fig. 2 montre une vue schématique d'un dispositif comportant un cristal activé par des électrodes produisant un champ électrique transversal par rapport au faisceau lumineux.

La fig. 3 montre une vue schématique d'une autre forme d'exécution ayant un cristal placé entre deux polariseurs.

La fig. 4 montre une vue schématique d'une autre forme d'exécution, ayant un cristal placé entre un polariseur et une surface réfléchissante ou diffusante.

La fig. 5 montre une vue schématique d'une variante d'exécution selon les fig. 3 et 4, ayant un cristal activé longitudinalement par rapport au faisceau lumineux et placé entre deux polariseurs.

On se référera maintenant à la fig. 1 pour suivre la description du dispositif, objet de l'invention, qui comprend: un cristal ferroélectrique 1 dont la polarisation spontanée P_s ou une composante de P_s peut être inversée à l'aide d'un champ électrique appliqué au moyen de deux électrodes 14 et 15 reliées à un circuit électronique de commande 4 alimenté par une source 5; les électrodes 14 et 15 produisent un champ

électrique bipolaire longitudinal, c'est-à-dire parallèle au faisceau lumineux L respectivement L_1 . Le circuit de commande 4 peut contenir entre autres un circuit élévateur de tension qui amène la tension délivrée par la source 5 (pile) au niveau nécessaire pour basculer P_s du cristal 1.

Le cristal 1 dit actif est placé entre une surface réfléchissante ou diffusante 6 qui renvoie le faisceau lumineux L dans la direction L_1 , et un cristal 7 dont la composition chimique, la taille et l'orientation cristallographique, sont identiques à celles du cristal 1, mais qui n'est pas muni d'électrodes; le cristal 7 est compensateur et ses dimensions géométriques sont égales ou à peu près égales à celles du cristal 1. Si les dimensions géométriques des cristaux 1 et 7 sont identiques, le cristal compensateur 7 sert à compenser ou à doubler la biréfringence ou l'activité optique du cristal actif 1 selon l'orientation de la polarisation P_s du cristal 1.

Le dispositif comprend encore un polariseur 8 dont la direction de polarisation 9 est à 45° par rapport aux axes rapide 10 et lent 11 des cristaux 1 respectivement 7.

Le principe de fonctionnement est le suivant: les cristaux 1 et 7 sont des cristaux ferroélectriques présentant une activité optique naturelle dont le signe peut être changé par basculement de la polarisation spontanée P_s . Le montage est semblable à celui de la description précédente avec, toutefois, une restriction: la présence du second polariseur 8a est absolument nécessaire. Dans l'état «0», les activités optiques des cristaux 1 et 7 sont de signes contraires, de sorte que la rotation totale est nulle si les cristaux ont la même épaisseur et la lumière ne franchit pas le second polariseur. Elle n'est donc pas renvoyée par la surface réfléchissante 6 et le système apparaît noir. Par application d'une impulsion de tension convenablement choisie au cristal actif 1, pour obtenir l'état «1», on renverse sa polarisation spontanée P_s et, par conséquent, on change le signe de son activité optique. L'activité totale est donc non nulle et est égale au double de l'activité de chaque cristal s'ils ont même épaisseur. Le plan de polarisation d'une partie de la lumière (dépendant de la longueur d'onde) aura tourné et cette partie du spectre franchira le second polariseur, sera renvoyée en arrière et pourra sortir du système. Celui-ci aura un aspect coloré différent de l'état «0». En choisissant convenablement l'épaisseur des cristaux traversés par la lumière, on peut choisir la coloration de l'état «1» de façon à obtenir un contraste maximum.

On peut réaliser un tel système avec des cristaux de nitrite de sodium NaNO_2 , ou de germanate de plomb $5\text{PbO} \cdot 3\text{GeO}_2$, par exemple.

Dans une variante d'exécution se rapportant à la fig. 2, la disposition des éléments est semblable à celle de la fig. 1 avec cependant une différence dans l'emplacement des électrodes 2 et 3 qui ne doivent pas être nécessairement transparentes et qui produisent un champ électrique perpendiculaire au faisceau lumineux L respectivement L_1 . Dans cette variante d'exécution, on peut aussi utiliser des cristaux de nitrite de sodium ou de titanate de bismuth, par exemple.

Dans une autre forme d'exécution se rapportant à la fig. 3, le dispositif comprend un cristal 18 ferroélectrique activable électriquement au moyen d'électrodes 19, 20 qui sont reliées au circuit électronique de commande 4 et à la source 5; le cristal est placé entre deux polariseurs 21, 22, croisés ou parallèles.

Le dispositif comprend encore une surface réfléchissante ou diffusante 25 qui renvoie le faisceau lumineux L dans la direction L_1 .

Le principe de fonctionnement est le suivant: dans l'état «0», les axes principaux rapide et lent 23 et 24 du cristal sont parallèles aux directions de polarisation 9 des polariseurs 21 et 22. L'état de polarisation de la lumière n'est donc pas modifié par le cristal et la lumière franchit, respectivement est

arrêtée par le polariseur 22, selon qu'il est parallèle, respectivement perpendiculaire, au polariseur 21; le système apparaît clair, respectivement noir.

Pour obtenir l'état «1», on inverse une des composantes de P_s au moyen d'une impulsion de tension convenablement choisie. Cette réorientation de P_s s'accompagne d'un basculement de l'indicatrice optique, donc des axes rapide et lent 23 et 24 qui ne sont donc plus parallèles aux directions de polarisation 9 des polariseurs 21 et 22. L'état de polarisation de la lumière est modifié par le cristal 18 et une partie du spectre ne franchit pas les polariseurs. Le système a donc un aspect coloré différent de l'aspect correspondant à l'état «0». La coloration de l'état «1» peut être choisie par un ajustement judicieux de l'épaisseur du cristal traversé par la lumière.

Dans un exemple pratique de réalisation, le cristal 18 est une lame de titanate de bismuth $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ taillée de telle sorte que les faces tabulaires a-b ou (001) puissent être recouvertes d'électrodes 19, 20, de sorte que la tension bipolaire soit appliquée parallèlement à l'axe cristallographique $c = (001)$ et puisse commuter la composante c de la polarisation spontanée. Le cristal est taillé et orienté de façon que ses axes rapide et lent correspondant à une longueur d'onde du spectre de la lumière convenablement choisie soient parallèles aux directions de polarisation des polariseurs dans l'état initial. L'inversion de la composante c de la polarisation P_s provoque une rotation des axes rapide et lent d'un angle variable avec la longueur d'onde à cause de la dispersion, et de l'ordre de 50° .

Dans une variante d'exécution se rapportant à la fig. 3, la disposition des éléments est similaire à la description ci-dessus avec cependant une différence en ce qui concerne le cristal 18 qui est muni maintenant d'électrodes devant être transparentes et produire un champ électrique parallèle au faisceau lumineux L respectivement L_1 .

Dans une autre variante d'exécution selon la fig. 4, le polariseur 22 est supprimé. Les électrodes 29 et 30 produisent un champ électrique transversal au faisceau lumineux L respectivement L_1 . Il est bien entendu possible d'avoir également dans une autre forme d'exécution des électrodes transparentes (voir fig. 1) produisant un champ électrique parallèle au faisceau lumineux L respectivement L_1 .

Dans une variante d'exécution se rapportant à la fig. 5, on intercale un polariseur 38 entre la surface 32 et le cristal 28.

Comme montré dans la fig. 5, le cristal 28 est muni d'électrodes 39, 40 activables par le circuit électronique de commande 4, respectivement la source 5, et qui produisent un champ électrique parallèle au faisceau lumineux L, respectivement L_1 .

Il va sans dire que cette exécution peut avoir des électrodes (selon fig. 4) produisant un champ électrique transversal au faisceau lumineux L respectivement L_1 .

Dans toutes les formes d'exécution et les variantes décrites ci-dessus, le passage d'un état à un autre est obtenu par l'application d'une impulsion électrique d'amplitude et de durée appropriée à la substance formant le cristal actif. Le passage inverse est obtenu par l'application d'une impulsion de polarité opposée à celle de la première impulsion. Le système reste dans l'état dans lequel il a été mis sans que la tension électrique doive être maintenue; il ne bascule dans un autre état que sous l'influence d'une seconde impulsion de polarité contraire à celle de la première. Un tel système offre donc l'avantage de présenter un effet de mémoire.

On peut utiliser pour les systèmes décrits ci-dessus des cristaux ferroélectriques ferroélastiques à couplage faible ou nul tels que le basculement de la polarisation spontanée P_s ou d'une de ses composantes, soit accompagné d'un basculement de l'indicatrice optique, donc d'un basculement d'un angle différent de 180° des axes rapide et lent d'une coupe convenablement choisie ou du passage d'une section de l'in-

dicatrice à une section différente de cette même indicatrice, et aussi des cristaux ferroélectriques appartenant à une des classes énantiomorphes (1, 2, 222, 4, 422, 3, 32, 622, 23, 432) ou non énantiomorphes (4, 42m, m, mm2) présentant le phénomène d'activité optique dont le sens de rotation puisse être inversé par l'inversion de la polarisation spontanée P_s .

Dans la première catégorie de cristaux, on peut mentionner le titanate de bismuth $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$.

Dans la seconde catégorie, on peut mentionner le nitrite de sodium NaNO_2 et le germanate de plomb $\text{Pb}_5 \cdot \text{Ge}_3\text{O}_{11}$ et,

en général, tous les cristaux de symétrie polaire des classes énantiomorphes et non énantiomorphes présentant le phénomène de ferroélectricité, à savoir les cristaux de symétrie $1 = C_1$, $2 = C_2$, $m = C_{1h}$, $mm2 = C_{2v}$, $4 = C_4$, $3 = C_3$.

5 On peut naturellement dans toutes les formes d'exécution et les variantes décrites ci-dessus adjoindre un filtre coloré (interférentiel ou absorbant), associé au polariseur dans le but d'absorber la lumière colorée d'un des états «1» ou «0»,
10 provoquant ainsi une extinction plus complète et une augmentation du contraste.

