

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 10902

(54) Dispositif optique intégré modulateur indépendant de la polarisation incidente.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 02 F 1/03.

(22) Date de dépôt..... 22 juin 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 51 du 23-12-1983.

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme. — FR.

(72) Invention de : Michel Papuchon et Yannic Bourbin.

(73) Titulaire :

(74) Mandataire : Thomson-CSF, Philippe Guilguet, SCPI,
173, bd Haussmann, 75379 Paris Cedex 08.

DISPOSITIF OPTIQUE INTEGRE MODULATEUR
INDEPENDANT DE LA POLARISATION INCIDENTE

La présente invention concerne un dispositif optique intégré modulateur d'intensité lumineuse.

L'utilisation de l'effet électro-optique, mis en évidence notamment dans les matériaux ferroélectriques, a permis de réaliser des modulateurs de
5 lumière, selon des formes de réalisation diverses compatibles avec les techniques d'intégration selon lesquelles des guides d'onde optique sont obtenus dans un substrat d'indice n_0 en y créant des zones où l'indice de réfraction est supérieur à n_0 . L'un de ces modes de réalisation consiste en un interféromètre à deux bras dans lequel on crée, par effet électro-optique,
10 une différence de vitesse de propagation dans les deux bras, produisant un déphasage commandé électriquement entre les ondes issues des deux bras.

L'intensité lumineuse émergente varie avec le déphasage et est donc modulée par la tension analogique de commande qui induit l'effet électro-optique. La réponse d'un tel modulateur est sinusoïdale mais peut être
15 linéarisée en ajoutant une boucle de rétro-action opto-électronique. Un tel dispositif est décrit dans la demande de brevet européen publiée sous le numéro 0 017 571.

Mais en général, les substrats actifs utilisés en optique intégrée sont des matériaux anisotropes et biréfringents. Ceci signifie que leurs propriétés
20 sont différentes suivant les caractéristiques de l'onde lumineuse qui s'y propage, telles que sa direction de propagation, et sa polarisation.

Pour les modulateurs optiques intégrés utilisant l'effet électro-optique, généralement, l'onde polarisée TE et l'onde polarisée TM ne subiront pas les mêmes déphasages et donc, les propriétés du modulateur
25 seront différentes selon la polarisation incidente. Une façon de surmonter cet inconvénient et donc de réaliser un modulateur indépendant de la polarisation est d'utiliser deux configurations d'électrodes différentes permettant de bénéficier de coefficients électro-optiques différents : l'un pour l'onde TE et l'autre pour l'onde TM.

En agissant indépendamment sur chaque électrode on peut donc régler séparément les déphasages pour les ondes polarisées TE et TM. Mais cette solution est complexe puisqu'elle nécessite plusieurs systèmes d'électrodes et donc des connexions et des réglages multiples.

- 5 Pour pallier ces inconvénients le dispositif de l'invention n'utilise qu'un seul système d'électrodes dont la position est choisie pour égaliser les effets sur les ondes polarisées TE et TM.

L'invention a pour objet un dispositif optique intégré modulateur de phase comprenant à la surface d'un substrat plan possédant des propriétés
10 électro-optiques, au moins un guide d'onde réalisé par création d'une zone dans laquelle l'indice de réfraction est supérieur à celui du substrat, un premier mode guidé TE et un second mode guidé TM étant transmis dans ce guide d'onde à des profondeurs h et h' par rapport à la surface du substrat, et un jeu d'électrodes disposées de part et d'autre de ce guide d'onde pour
15 provoquer des champs électriques perpendiculaires à la direction du guide d'onde, ces électrodes pouvant recouvrir partiellement ce guide d'onde, ce jeu d'électrodes permettant de régler les déphasages des modes guidés TE et TM, caractérisé en ce que ce jeu d'électrodes comporte un couple unique de deux électrodes de formes rectangulaires de largeur b parallèles entre elles
20 et disposées à la surface du substrat symétriquement par rapport à un axe Δ' de direction parallèle à celle du guide d'onde, écartées d'une distance $2a$ l'une de l'autre, les deux modes TE et TM transmis ayant leurs axes de symétrie Δ_1 et Δ_2 dont les projections sur la surface du substrat sont respectivement à des distances c' et c de l'axe Δ' , ces modes TE et TM ayant
25 des rayons $W'y$ et W_y , et $W'z$ et W_z suivant deux axes perpendiculaires dans un plan orthogonal à la direction du guide d'onde, l'un de ces axes étant parallèle à la surface du substrat et en ce que les quantités a , b , c , c' , h , h' , W_y , $W'y$, W_z et $W'z$ sont telles que la relation $\Delta n_{TE} = \Delta n_{TM}$ soit vérifiée, Δn_{TE} et Δn_{TM} étant des variations d'indices transversales dans le substrat
30 correspondant aux deux modes guidés TE et TM.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à l'aide de la description ci-après et des figures annexées parmi lesquelles :

- les figures 1 et 2 représentent deux types de modulateurs optiques de l'art connu ;

- la figure 3 est un diagramme illustrant le fonctionnement des modulateurs des figures 1 et 2 ;

- la figure 4 représente un autre type de dispositif de l'art connu ;

- la figure 5 représente le dispositif de l'invention ;

5 - la figure 6 est un diagramme illustrant la réalisation du dispositif de l'invention.

Dans la description on considérera tout d'abord différents dispositifs de l'art connu pour bien définir le domaine du dispositif de l'invention qui peut être un modulateur de phase ou un modulateur d'amplitude : un
10 modulateur d'amplitude peut regrouper par exemple deux modulateurs de phase. Les dispositifs de l'art antérieur considérés sont donc, tout d'abord, deux modulateurs d'amplitude afin de mieux cerner le domaine de l'invention puis un modulateur de phase indépendant de la polarisation incidente.

On peut voir sur la figure 1 le schéma d'un interféromètre à deux bras
15 permettant de moduler l'intensité lumineuse I_E . Cet interféromètre comprend une branche de guide d'onde d'entrée 1 monomode dans laquelle est couplée une onde lumineuse d'intensité I_E . Cette branche 1 se sépare à la bifurcation B_1 en deux bras parallèles 2 et 3 constituant des guides monomodes, qui se rejoignent en une bifurcation B_2 pour former une branche
20 de guide d'onde de sortie monomode 4 où l'on peut récupérer une intensité I_S . Les directions de propagation dans les quatre guides sont les mêmes. En réalité cet interféromètre à deux bras possède deux sorties. En effet quand les signaux sont en opposition de phase, la lumière se propage à l'intérieur du substrat ; ce qui revient à exciter le mode supérieur qui ne se propage pas
25 dans le guide mais qui fuit dans le substrat. Des électrodes sont disposées de part et d'autre de chacun des guides 2 et 3, par exemple une électrode centrale E_0 , une électrode E_2 de l'autre côté du bras 2 et à laquelle on applique une tension V_2 et une électrode E_3 de l'autre côté du bras 3 à laquelle on applique une tension V_3 , l'électrode E_0 étant reliée à la masse.
30 La disposition des électrodes telle que représentée sur la figure 1, c'est à dire ne recouvrant pas les guides mais leur étant adjacents, provoque dans chacun des guides 2 et 3 des champ électriques perpendiculaires à la direction de propagation des ondes lumineuses et dans le plan de la figure. Dans ce cas, le mode de propagation utilisé dans les guides est un mode TE.

L'ensemble du dispositif est réalisé à la surface d'un substrat possédant des propriétés électro-optiques, tel que le niobate de lithium (LiNbO_3), le tantalate de lithium (LiTaO_3) ou l'arséniure de gallium (GaAs). Dans un substrat de niobate de lithium par exemple, les guides d'onde optique sont obtenus par diffusion de titane. Cette diffusion est sélective grâce à des procédés de photolithographie classique. Dans le cas de la figure 1 où les champs électriques appliqués aux guides sont dans le plan de la figure, il est préférable que l'axe C, ou axe qui porte l'indice extraordinaire, du niobate de lithium soit également dans ce plan et perpendiculaire à la direction de propagation commune aux guides 1 à 4, de façon à présenter l'effet électro-optique maximal. Si les tensions V_2 et V_3 sont de même signe, les champs provoquent des variations dans les vitesses de propagation des ondes lumineuses pour chacun des deux guides : la tension V_3 provoque une variation en sens inverse $-\Delta\beta_2$ qui lui est également proportionnelle. Ces variations de vitesse provoquent à l'emplacement de la bifurcation B_2 un déphasage entre les deux ondes issues des guides 2 et 3 qui se trouvaient primitivement en phase à la bifurcation B_1 . Ce déphasage $\Delta\Phi'$ est égal à $\Delta\beta_3 L_3 + \Delta\beta_2 L_2$ où L_2 et L_3 sont les longueurs des électrodes comprises entre les deux bifurcations B_1 et B_2 . En général $L_2 = L_3 = L$, si bien que $\Delta\Phi' = (\Delta\beta_3 + \Delta\beta_2) L$. Bien entendu, l'une des deux tensions V_2 ou V_3 peut être nulle, si bien que seule la variation $\Delta\beta_3$ ou $\Delta\beta_2$ intervient. On peut

mettre l'expression du déphasage $\Delta\Phi'$ sous la forme $\frac{\pi (V_3 + V_2)}{V_\pi}$ où V_π est la somme des tensions qui provoquent un déphasage $\Delta\Phi'$ égal à π . Les ondes lumineuses récupérées dans le guide 4 résultent de la combinaison des ondes issues des guides 2 et 3 arrivant dans la bifurcation B_2 c'est à dire deux

ondes d'intensité $\alpha \frac{I_E}{2}$ déphasées l'une par rapport à l'autre de $\Delta\Phi'$. On peut donc écrire l'intensité résultante I_S sous la forme

$$\alpha \frac{I_E}{2} (1 + M \cos \Delta\Phi') = \alpha \frac{I_E}{2} \left[1 + M \cos \frac{\pi (V_3 + V_2)}{V_\pi} \right]$$
 où α et M sont des constantes qui dépendent des pertes de couplage et de la dissymétrie de l'interféromètre. On aboutit à un résultat semblable avec une seule paire d'électrodes par exemple E_0 et E_3 . Dans ce cas $\Delta\beta_2 = 0$ et

$$I_S = \alpha \frac{I_E}{2} \left(1 + M \cos \frac{\pi V_3}{V_\pi} \right).$$

La figure 2 représente elle aussi le schéma d'un interféromètre à deux bras. Mais cette fois ci les électrodes E_3 et E_0 sont déposées à la surface du substrat au-dessus des deux guides 2 et 3. La disposition de ces électrodes
 5 provoque dans chacun de ces guides 2 et 3 des champs perpendiculaires à la propagation des ondes lumineuses, et perpendiculaires au plan de la figure. Il est préférable alors que l'axe C du niobate de lithium soit également perpendiculaire à la direction de propagation commune aux guides 1 à 4, et perpendiculaire au plan de la figure. Dans ce cas, le mode de propagation
 10 utilisé dans les guides est un mode TM.

La figure 3 est la courbe représentative de l'intensité émergente I_S relative aux deux types d'interféromètre représentés aux figures 1 et 2, en fonction du déphasage $\Delta\phi'$ existant à l'emplacement de la bifurcation B_2 , ou de la tension V égale à la tension (ou à la somme des tensions) appliquée à
 15 l'une au moins des électrodes E_2 et E_3 , prise avec son (leur) signe par rapport à la masse. Lorsque V est nul, l'intensité de sortie I_S est maximale et vaut I_{SM} . Lorsque la valeur absolue de V augmente, l'intensité lumineuse I_S diminue et la valeur minimale I_m est obtenue par $V = V_\pi$, cette valeur I_m est théoriquement nulle comme représentée sur la figure 3. Au voisinage de

20 $\frac{V_\pi}{2}$, la variation de I_S peut être considérée, au premier ordre, comme linéaire en fonction de $\Delta\phi'$ ou de V . Toutefois le taux d'harmoniques de la

variation de I_S en fonction de $V - \frac{V_\pi}{2}$ croît très rapidement lorsqu'on

25 s'éloigne de $\frac{V_\pi}{2}$.

Il est également possible de scinder en deux parties les électrodes 2 et 3. Une partie de la longueur de chaque bras de l'interféromètre peut être aussi soumise à un champ modulant provenant d'une première tension V_M
 30 tandis que l'autre partie est soumise à un champ modulant provenant d'une deuxième tension V_R .

Le fait d'appliquer des champs électriques de même intensité et de sens opposés aux deux bras 2 et 3 de l'interféromètre permet d'augmenter la sensibilité du modulateur, c'est à dire de diminuer les tensions modulantes nécessaires pour obtenir un déphasage donné.

Mais l'invention concerne plus particulièrement un dispositif modulateur optique intégré dont le fonctionnement est indépendant de la polarisation incidente. Ce modulateur, qui repose sur l'effet électro-optique dans des guides d'ondes obtenus, par exemple, dans du niobate de lithium (LiNbO_3) présente un grand intérêt toutes les fois où l'onde incidente ne présente pas un état de polarisation bien défini. En particulier il peut être utilisé conjointement à des fibres monomodes d'entrée et de sortie standards dans lesquelles on sait qu'un état de polarisation incident peut se transformer en un autre état à la sortie de la fibre. De plus, ce dernier peut évoluer dans le temps avec un certain nombre de paramètres tels que, par exemple, la température, la courbure de la fibre...

En général, les substrats actifs utilisés en optique intégrée sont des matériaux anisotropes et biréfringents. Ceci signifie, en général, que leurs propriétés sont différentes suivant les caractéristiques de l'onde lumineuse qui s'y propage, telles que sa direction de propagation, et sa polarisation. Ces remarques sont particulièrement vraies pour les modulateurs optique intégrés utilisant l'effet électro-optique : en général, l'onde polarisée transverse électrique ou "TE" et l'onde polarisée transverse magnétique ou "TM", ne subiront pas les mêmes déphasages et donc, les propriétés du modulateur seront différentes selon la polarisation incidente. Une façon de surmonter cet inconvénient est donc de réaliser un modulateur indépendant de la polarisation et d'utiliser deux configurations d'électrodes différentes permettant de bénéficier de coefficients électro-optiques différents : l'un pour l'onde TE et l'autre pour l'onde TM.

En agissant indépendamment sur chaque électrode on peut donc régler séparément les déphasages pour les onde polarisées TE et TM. Cette solution est relativement complexe puisqu'elle nécessite plusieurs systèmes d'électrodes et donc des connexions et des réglages multiples comme représenté à la figure 4. Ainsi le dispositif représenté à la figure 4 est un modulateur de phase. Il comporte un guide d'onde intégré 5 et deux couples de deux électrodes : les électrodes E_4 et E_5 permettant de régler le déphasage de l'onde polarisée transverse électrique ou "TE" et les électrodes E_6 et E_7 permettant de régler le déphasage de l'onde polarisée transverse magnétique ou "TM". En effet pour un couple donné d'électrodes E_4 et E_5 , associées à

une tension V , il est possible de trouver un autre couple d'électrodes E_6 et E_7 associées à une tension V' qui permette de ramener la polarisation de l'onde lumineuse comme elle était à l'entrée du circuit.

Contrairement à ce dispositif de l'art antérieur le dispositif de l'invention n'utilise qu'un seul système d'électrodes dont la position est choisie pour égaliser les effets sur les ondes polarisées TE et TM.

L'invention repose sur le principe de base schématisé sur la figure 6 où on a représenté en coupe un guide d'onde 7 muni d'électrodes E_8 et E_9 , ces électrodes étant coplanaires. Le champ électrique dans une telle structure est inhomogène et possède des composantes E_z et E_y dépendant chacune de z et y . Un mode guidé transmis 6 a son coeur situé à une distance 8 du milieu des électrodes et une distance 9 de la surface du substrat soient c' et c cette distance 8 pour respectivement les modes TE et TM, et h' et h cette distance 9 pour ces mêmes modes TE et TM. En effet ces deux modes ne sont pas forcément centrés au même endroit. Soient Δ_1 et Δ_2 leurs axes de symétrie. Sur la figure 6 on a supposé qu'ils étaient centrés au même endroit. Les deux axes Δ_1 et Δ_2 sont donc confondus. Soit $2a$ la distance interélectrodes et b la largeur de ces électrodes E_8 et E_9 ; l'axe de symétrie de ces électrodes étant l'axe Δ' . ϵ_z et ϵ_y sont les éléments tenseurs diélectriques en z et y .

On applique donc une différence de potentiel V aux bornes de ces électrodes E_8 et E_9 .

Si on considère que $T(z,y)$ et $T^*(z,y)$ sont les répartitions transversales des champs électriques des modes guidés TM et TE, on peut montrer que tout se passe comme si on devait considérer l'action de champs électriques "équivalents moyens" donnés par :

$$\mathcal{E}_z = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} E_z T(z,y) T^*(z,y) dz dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} T(z,y) T^*(z,y) dz dy}$$

30

$$\mathcal{E}_y = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} E_y T(z,y) T^*(z,y) dz dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} T(z,y) T^*(z,y) dz dy}$$

et des expressions équivalentes $\mathcal{C}'_z$ et $\mathcal{C}'_y$ pour $T'(z,y)$ -

T^* est la valeur conjuguée de T .

Les valeurs des champs électriques E_z et E_y sont donnés par les relations :

$$\begin{aligned} 5 \quad E_z &= -\frac{\partial W}{\partial z} = -\frac{V_2 - V_1}{2a J_1(K)} \sqrt{\frac{\epsilon z}{\epsilon y}} \operatorname{Re} \left[\frac{i}{\left[\left[1 - \left(\frac{y}{a} + \frac{iz}{a} \sqrt{\frac{\epsilon z}{\epsilon y}} \right)^2 \right] \left[1 - K^2 \frac{y}{a} + \frac{iz}{a} \sqrt{\frac{\epsilon z}{\epsilon y}} \right] \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \\ 10 \quad E_y &= -\frac{\partial W}{\partial y} = -\frac{V_2 - V_1}{2a J_1(K)} \operatorname{Re} \left[\frac{1}{\left[\left[1 - \left(\frac{y}{a} + \frac{iz}{a} \sqrt{\frac{\epsilon z}{\epsilon y}} \right)^2 \right] \left[1 - K^2 \frac{y}{a} + \frac{iz}{a} \sqrt{\frac{\epsilon z}{\epsilon y}} \right] \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \end{aligned}$$

Re étant la partie réelle de l'expression entre crochets $[\dots]$.

L'effet électro-optique résultant est alors décrit classiquement par des variations transversales d'indice Δn créée par effet électro-optique du type :

$$\Delta n \propto d \mathcal{C}$$

d étant le coefficient électro-optique correspondant à la variation d'indice recherchée et au champ $\mathcal{C}$. On conçoit alors que, pour un cristal donné, on puisse trouver une position des électrodes particulières avec lesquelles on

ait :

$$\Delta n_{TE} = \Delta n_{TM}$$

Si on considère le cas du niobate de lithium (LiNbO_3) orienté comme dans la figure 1, avec les coefficients électro-optiques correspondants on a :

$$25 \quad \Delta n_{TM} \approx \frac{n_e^3}{2} \Gamma_{zzz} \mathcal{C}_z$$

$$\Delta n_{TE} \approx \frac{n_o^3}{2} \left[\Gamma_{yyz} \mathcal{C}'_z + \Gamma_{yyy} \mathcal{C}'_y \right]$$

30 En supposant que les répartitions transversales des modes TE et TM sont données par des signaux gaussiens :

$$\text{pour l'onde TM : } T(z,y) \propto e^{-\left(\frac{z^2}{W_z^2} + \frac{y^2}{W_y^2} \right)}$$

pour l'onde TE : $T'(z,y) \propto e^{-\left(\frac{z^2}{W_z^2} + \frac{y^2}{W_y^2}\right)}$

On peut alors calculer Δn_{TM} et Δn_{TE} en fonction des paramètres de la structure souhaitée tels que notamment l'espace interélectrodes, la position des électrodes, la position des modes transmis par rapport à la surface du substrat.

Ainsi pour déterminer Δn_{TE} et Δn_{TM} on recherche tout d'abord la valeur des champs électriques en fonction de la largeur des électrodes et de la distance entre celles-ci, puis celui de la répartition transversale des ondes guidées TE et TM et celui des champs électriques moyens $\bar{\mathcal{E}}_y$ et $\bar{\mathcal{E}}_z$ pour ces deux types d'onde en fonction de la position des modes. Et alors on peut trouver une solution répondant à l'équation $\Delta n_{TE} = \Delta n_{TM}$ permettant de positionner les électrodes E_8 et E_9 par rapport au mode guidé.

Il y a plusieurs paramètres sur lesquels on peut jouer : largeur des électrodes b , espacement de ces électrodes $2a$ profondeur des modes TE et TM : h' et h , et décalage de ceux-ci par rapport au milieu des électrodes : c' et c . Il y a aussi la forme des modes TE et TM transmis : W'_z et W_z étant les rayons de ces modes selon Oz et W'_y et W_y selon Oy . Il est possible, en fixant $n-1$ parmi ces n paramètres de jouer sur le dernier. Ainsi à titre d'exemple on peut jouer sur la profondeur c .

Une possibilité pour résoudre cette équation est d'utiliser une résolution graphique telle que représentée à la figure 6, W et W' étant les rayons des modes.

On a considéré à titre d'exemple non limitatif

$$W_z = W'_y = 4 \text{ micromètres}$$

$$W_y = W'_z = 5 \text{ micromètres}$$

$$h = h' = 4 \text{ micromètres}$$

$$2a = 4 \text{ micromètres}$$

$$b = 5 \text{ micromètres}$$

pour une différence de potentiel $V = 1 \text{ Volt}$.

Sur la figure 6 la courbe 10 représente $\Delta n_{TM} = f(c)$ et la courbe 11 représente $\Delta n_{TE} = f(c)$.

On donc $\Delta n_{TE} = \Delta n_{TM}$ pour $c = c' = 2 \text{ micromètres}$.

La figure 6 donne donc un exemple où les paramètres utilisés sont précisés. On voit qu'il existe une position des électrodes par rapport aux modes guidés où $\Delta n_{TE} = \Delta n_{TM}$, c'est à dire qu'on a réalisé un modulateur électro-optique indépendant de la polarisation de la lumière incidente.

5 Avec un seul système d'électrodes et en choisissant la position de celles-ci par rapport au guide d'onde, on peut donc réaliser une structure simple conduisant à un circuit actif optique intégré indépendant de la polarisation.

10 Le dispositif de l'invention est donc un modulateur de phase indépendant de la polarisation incidente qui ne comporte contrairement au modulateur illustré à la figure 4, plus qu'un couple d'électrodes E_4 et E_5 par exemple.

15 Il est alors possible d'obtenir un circuit complexe indépendant de la polarisation en combinant plusieurs dispositifs de l'invention : Ainsi en regroupant deux modulateurs de phase, comme à la figure 1, on peut réaliser alors un modulateur d'amplitude indépendant lui aussi de la polarisation incidente.

20 Le dispositif de l'invention peut être réalisé aussi à la surface d'un autre substrat que le niobate de lithium possédant des propriétés électro-optiques, tel que, par exemple, le tantalate de lithium ($LiTaO_3$) ou l'arséniure de gallium (GaAs). Les relations donnant Δn_{TE} et Δn_{TM} sont alors différentes.

25 Le dispositif de l'invention peut être utilisé dans tous les circuits comportant un modulateur de phase. Il a été considéré dans les calculs avec une structure monomode, mais une structure multimode est parfaitement envisageable.

De tels principe peuvent être appliqués avantageusement dans tous les cas où une fibre monomode standard est utilisée et en particulier dans les télécommunications optiques.

REVENDECATIONS

1. Dispositif optique intégré modulateur de phase comprenant à la surface d'un substrat plan (13) possédant des propriétés électro-optiques au moins un guide d'onde réalisé par création d'une zone (6) dans laquelle l'indice de réfraction est supérieur à celui du substrat, un premier mode guidé TE et un second mode guidé TM étant transmis dans ce guide d'onde (7) à des profondeurs h et h' par rapport à la surface du substrat (13), et un jeu d'électrodes disposées de part et d'autre de ce guide d'onde (7) pour provoquer des champs électriques perpendiculaires à la direction du guide d'onde (7), ces électrodes pouvant recouvrir partiellement ce guide d'onde (7), ce jeu d'électrodes permettant de régler les déphasages des modes guidés TE et TM ; caractérisé en ce que ce jeu d'électrodes comporte un couple unique de deux électrodes (E_8 , E_9) de formes rectangulaires de largeur b parallèles entre elles et disposées à la surface du substrat symétriquement par rapport à un axe Δ' de direction parallèle à celle du guide d'onde (7), écartées d'une distance $2a$ l'une de l'autre, les deux modes TE et TM transmis ayant leurs axes de symétrie Δ_1 et Δ_2 dont les projections sur la surface du substrat (13) sont respectivement à des distances c' et c de l'axe Δ' , ces modes TE et TM ayant des rayons $W'y$ et Wy , et $W'z$ et Wz suivant deux axes perpendiculaires dans un plan orthogonal à la direction du guide d'onde (7), l'un de ces axes étant parallèle à la surface du substrat (13) et en ce que les quantités a , b , c , c' , h , h' , Wy , $W'y$, Wz et $W'z$ sont telles que la relation $\Delta n_{TE} = \Delta n_{TM}$ soit vérifiée, Δn_{TE} et Δn_{TM} étant des variations d'indices transversales dans le substrat correspondant aux deux modes guidés TE et TM.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat (13) est en niobate de lithium possédant un axe c qui porte l'indice extraordinaire, le guide d'onde étant obtenu par diffusion localisée de titane.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le substrat (13) est orienté de façon que son axe c soit parallèle aux champs électriques créés dans les guides.

4. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat (13) est en tantalate de lithium.

5. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat (13) est en Arséniure de Gallium.

6. Dispositif optique intégré modulateur d'amplitude comprenant un interféromètre à deux bras reliés à un guide d'entrée recevant un rayonnement optique incident, les fractions de rayonnement propagées dans ces deux bras se combinant à la sortie de l'interféromètre dans un guide de sortie, l'intensité du rayonnement émergeant étant fonction du déphasage introduit par un champ électrique modulant appliquée à au moins l'un des bras, caractérisé en ce qu'au moins l'un des bras comporte un dispositif optique intégré modulateur de phase selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

1/3

FIG. 1

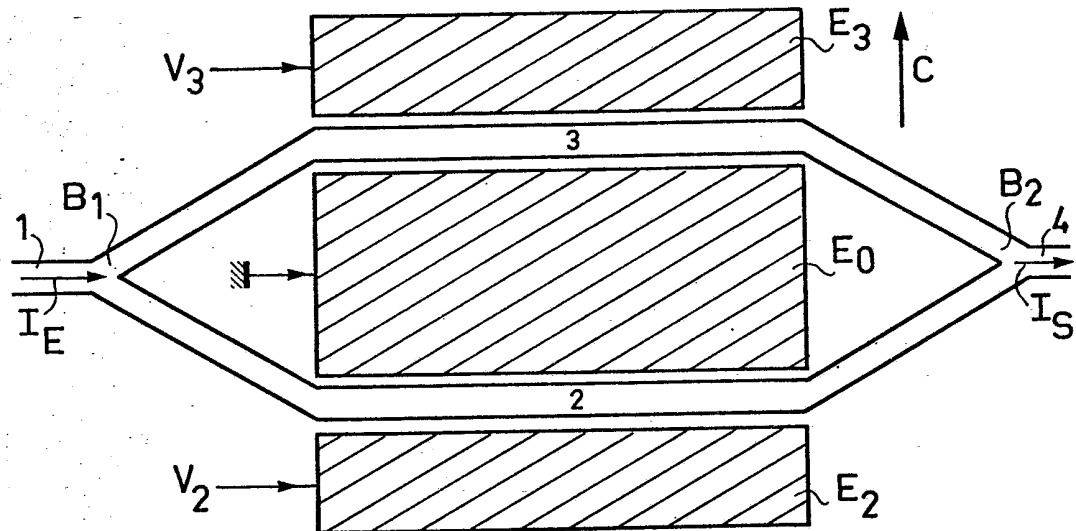
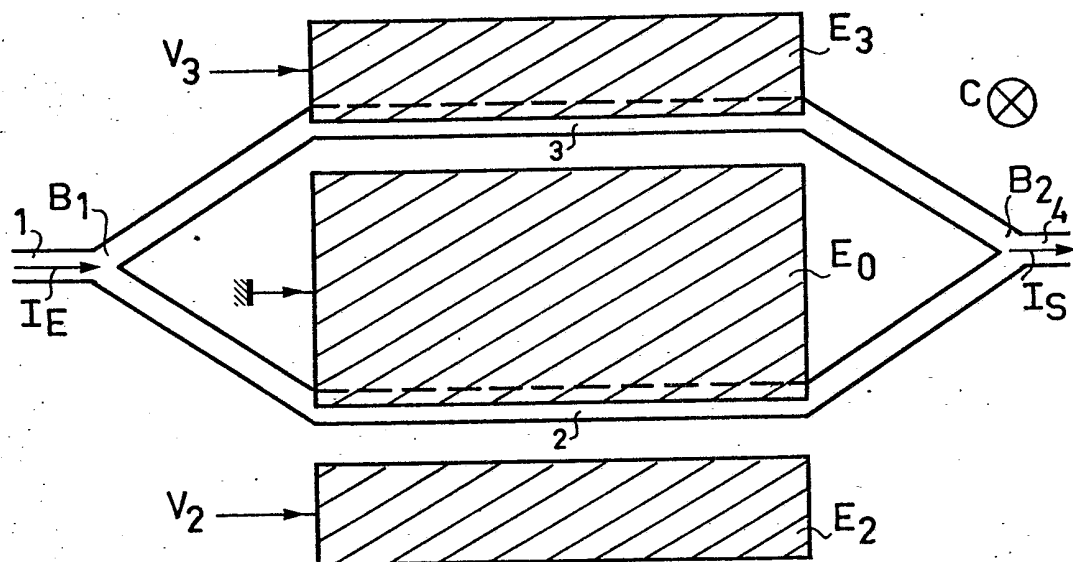


FIG. 2



2/3

FIG. 3

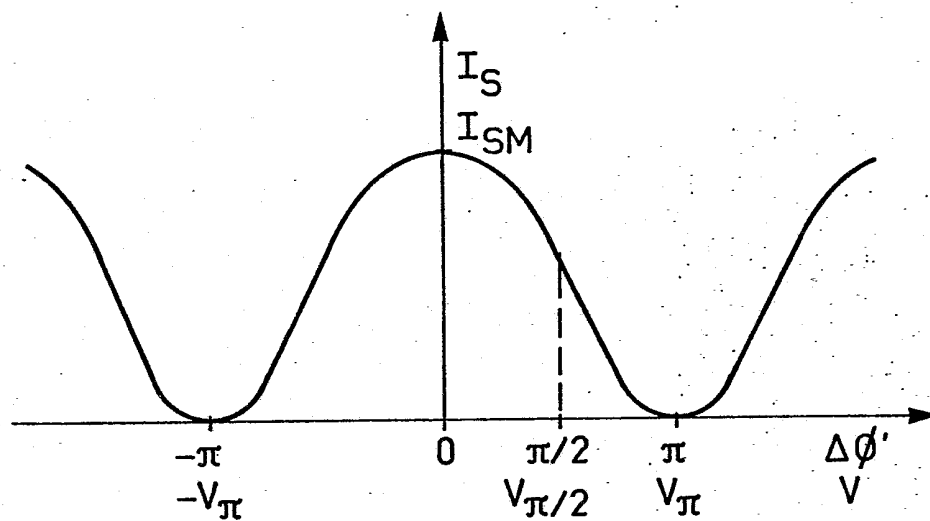
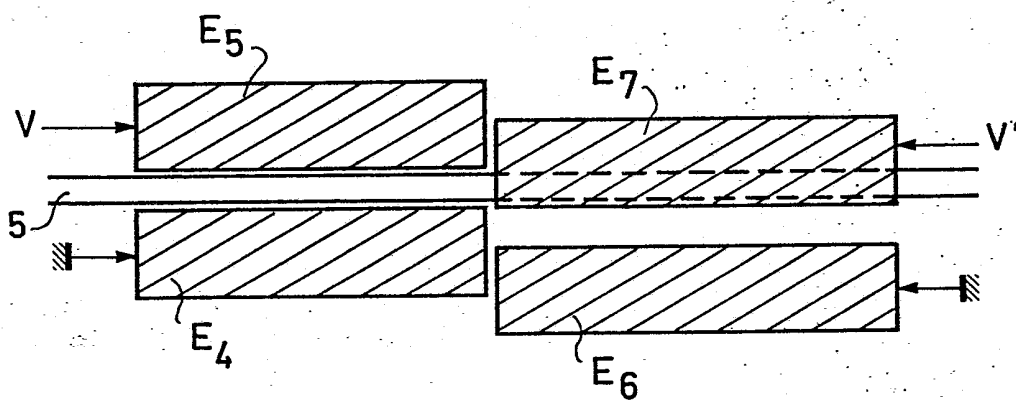


FIG. 4



3/3

FIG. 5

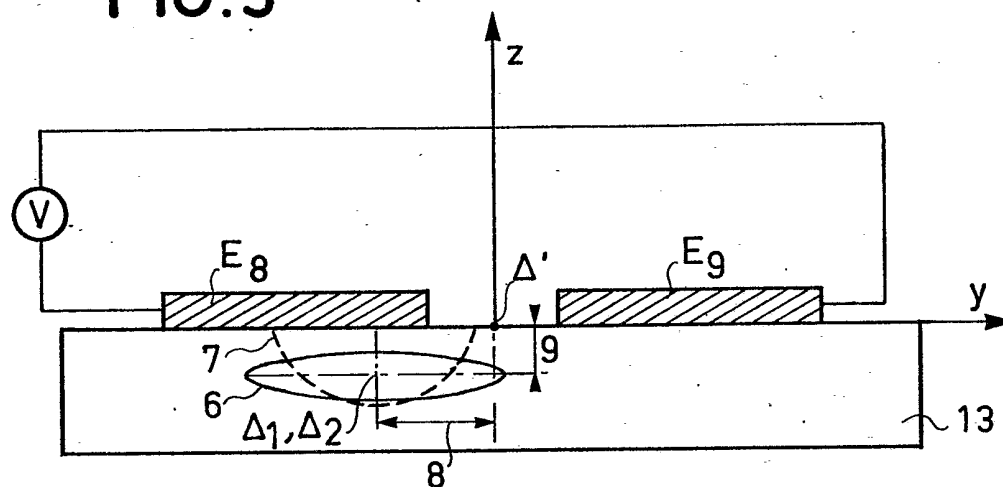


FIG. 6

