(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 602 883**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **86 11728**

(51) Int Cl⁴ : G 02 F 1/135.

# (12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 14 août 1986.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 7 du 19 février 1988.

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

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : THOMSON-CSF, Société Anonyme.* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** Bruno Mourey, José Magarino et Lydie Thirant.

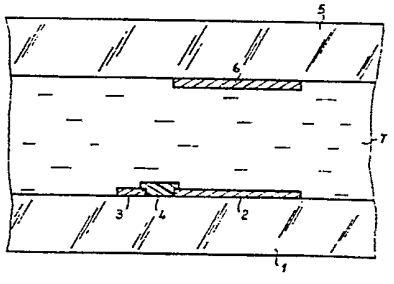
(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Georges Lincot, SCPI.

## (54) Valve optique à cristal liquide et à commande par effet photoconducteur.

(57) L'invention concerne une valve optique à cristal liquide et à commande par effet photoconducteur, composée d'au moins un point élémentaire d'affichage défini par le condensateur formé par deux électrodes placées en vis-à-vis, entre lesquelles est enserrée une couche de cristal liquide 7. La valve comprend une première lame 1 supportant une première électrode du condensateur ou électrode point 2, une électrode de commande 3 et un plot 4 en matériau photoconducteur réunissant électriquement l'électrode point et l'électrode de commande, la valve comprenant également une seconde lame 5 supportant la seconde électrode du condensateur ou contre-électrode 6.

Application : transformateur et projecteur d'image vidéo.




FR 2 602 883 - A1

# VALVE OPTIQUE A CRISTAL LIQUIDE ET A COMMANDE PAR EFFET PHOTOCONDUCTEUR

La présente invention concerne une valve optique, associant un matériau photoconducteur et un matériau électrooptique, qui est particulièrement bien adaptée à la conversion d'images.

Le principe de l'association dans une valve optique, d'un cristal liquide et d'un photoconducteur est déjà ancien. Le brevet FR 2 049 483 intitulé "Convertisseur d'images"a appliqué ce principe. Dans ce dispositif on place entre les armatures d'un condensateur plan le cristal liquide et le photoconducteur l'un au dessus de l'autre. Une tension électrique alternative est appliquée en permanence sur ce condensateur. La résistivité du photoconducteur est choisie telle que dans l'obscurité cette tension se reporte entièrement sur celui-ci. Sous l'effet de la lumière d'un faisceau d'écriture, la résistivité du photoconducteur diminue et une partie de la tension d'alimentation se retrouve sur le cristal liquide, conduisant un effet électrooptique qui module la lumière du faisceau de lecture.

De nombreux dispositifs ont été proposés. On peut trouver une synthèse à ce sujet dans le livre de L.M. Blinov : Electrooptical and Magneto-Optical Properties of Liquid Crystals (Edition John Wiley and Sons Limited).

Le point commun à tous ces dispositifs est la structure empilée ou en sandwich. Cette structure comprend : un substrat inférieur, une électrode, un photoconducteur, une barrière optique, un cristal liquide et une contre-lame.

Le principal problème de ce type de dispositif est la réalisation de la barrière optique qui sert à isoler optiquement le faisceau d'écriture et le faisceau de lecture. En effet, dans la majorité des applications , les faisceaux de lecture et d'écriture ont des longueurs d'onde proches.

Il faut donc réaliser un absorbant optique et un miroir diélectrique qui isolent les deux faisceaux. La technique mise en oeuvre

est un empilement de couches minces difficiles à réaliser. De plus, ceci oblige de travailler en réflexion au niveau faisceau de lecture, ce qui limite les effets électrooptiques utilisables et complique l'optique de lecture.

Le deuxième problème de ce type de dispositif est l'utilisation d'une tension électrique alternative sur l'ensemble afin de ne pas dégrader la durée de vie du cristal liquide. En effet, dans ce cas, la résistance du photoconducteur mise en série avec l'impédance du cristal liquide est partiellement shuntée par la capacité du photoconducteur. La sensibilité des dispositifs est donc souvent réduite à cause de ce phénomène.

Afin de résoudre ces deux problèmes, l'invention propose de remplacer l'empilement du photoconducteur et du cristal liquide par une juxtaposition de ceux-ci.

L'invention a donc pour objet une valve optique à cristal liquide et à commande par effet photoconducteur, la valve étant composée d'au moins un point élémentaire d'affichage défini par le condensateur formé par deux électrodes placées en vis-à-vis entre lesquelles est enserrée une couche de cristal liquide, caractérisée en ce que la valve comprend, pour adresser un point élémentaire :

- une première lame supportant de façon coplanaire une première électrode dudit condensateur ou électrode point, une électrode de commande et une zone en matériau photoconducteur réunissant électriquement l'électrode point et l'électrode de commande,
- une seconde lame supportant la seconde électrode dudit condensateur ou contre-électrode.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description ci-dessous donnée à titre non limitatif et au moyen des figures annexées parmi lesquelles :

-la figure 1 représente une valve optique à seul point élémentaire d'affichage selon l'invention,

- la figure 2 est un schéma électrique équivalent à un cristal liquide associé à un phooconducteur,

- les figures 3 et 4 sont des vues d'une valve optique selon

l'invention,

- les figures 5 à 8 illustrent un procédé de fabrication d'une valve optique selon l'invention,

- les figures 9 et 10 représentent des montages optiques utilisant une valve optique selon l'invention.

La figure 1 est une vue en coupe d'une valve optique selon l'invention. C'est la représentation la plus élémentaire. Cette valve comprend un substrat inférieur 1 ou lame sur lequel est déposée sur le côté interne à la valve, une électrode 2 appelée électrode point du substrat inférieur. Le substrat 1 supporte également une électrode de commande 3 et une zone photoconductrice représentée ici sous la forme d'un plot 4 reliant les électrodes 2 et 3. Une autre lame ou contre-lame 5 est disposée à une distance d'environ 10µ face à la lame 1. Elle supporte, sur le côté interne à la valve, une électrode 6 appelée contre-électrode et placée en vis-à-vis de l'électrode 2. Dans l'espace défini par les lames 1 et 5 est confinée une couche 7 de cristal liquide. L'électrode point et la contre-électrode sont placées en regard l'une de l'autre de façon à rendre négligeable la capacité parasite entre le plot photoconducteur 4 et la contre-électrode 6. Les lames 1 et 5 sont transparentes, par exemple en verre.

La tension électrique alternative est appliquée, comme dans les dispositifs précédents, entre l'électrode de commande et la contre-électrode. Ce type de géométrie résoud donc les deux problèmes des dispositifs précédents. En utilisant une structure planaire on diminue fortement la capacité parasite qui existait entre l'électrode de commande et le cristal liquide. En séparant géométriquement dans un même plan la fonction écriture (plot photoconducteur) et la fonction lecture (point cristal liquide), l'isolation optique des deux faisceaux est beaucoup plus aisée.

Le schéma électrique représenté à la figure 2 est équivalent à la valve optique selon l'invention. Le point A de ce schéma électrique représente l'électrode de commande 3 et le point B la contre-électrode 6. La résistance $R_{PC}$ représente la résistance du plot

photoconducteur 4, la capacité entre l'électrode de commande 3 et l'électrode 2 étant pratiquement nulle. La résistance $R_{XL}$ et la capacité $C_{XL}$ représentent respectivement la résistance et la capacité du cristal liquide entre les électrodes 2 et 6.

Pour un point de cristal liquide de 100µ de côté et une épaisseur de 10µ, $R_{XL}$ est de l'ordre de $2.10^{11}\Omega$ et $C_{XL}$ de l'ordre de 0,1pF. Le plot photoconducteur 4 peut être obtenu à partir de silicium amorphe déposé en phase vapeur (méthode dite CVD ou Chemical Vapor Deposition) assisté plasma à 250°C. La résistivité d'un tel dépôt vaut $10^{9}\Omega$ . cm dans l'obscurité et $10^{5}\Omega$ . cm sous un flux lumineux de 10 $mW/cm^2$. Si on prend un plot de silicium amorphe de 10µ de côté et de 0,2µ d'épaisseur, la résistance $R_{PC}$ sera de $2.10^{12}\Omega$ dans l'obscurité et de $2.10^{8}\Omega$ .cm pour un flux lumineux de 10 $mW/cm^2$.

On voit donc qu'en fonction du flux lumineux d'écriture, la résistance du photoconducteur est soit un ordre de grandeur au-dessus de celle du cristal liquide, soit trois ordres de grandeur au dessous. On a donc un très bon transfert de la tension électrique du photoconduteur vers le cristal liquide. Le temps nécessaire à l'inscription du point est donné par la constante $R_{PC} \times C_{XL}$ de charge du système et correspond à :

$$2.10^{8} \times 10^{-13} = 20\mu s$$

Il faut donc que le signal optique d'écriture ait une durée supérieure à 20µs. Un tube à rayon cathodique dont la persistance des luminophores est de l'ordre de 100µs peut donc être utilisé comme source de lumière d'inscription.

La tension électrique qui a été transférée sur le cristal liquide pendant le temps d'écriture se décharge à travers le circuit $R_{XL}.C_{XL}$, la résistance sous obscurité du photoconducteur isolant ce circuit RC du reste du dispositif. Le temps de décharge $R_{XL}.C_{XL}$ = 20 ms est donc compatible avec un rafraîchissement de l'information de 50 Hz classique pour les tubes de visualisation.

L'invention s'applique particulièrement bien à une valve optique possédant une pluralité de points élémentaires d'affichage. Dans

ce cas, la contre-électrode peut être soit un plan conducteur, soit gravée sélectivement au-dessus des zones photoconductrices ou sous forme des bandes.

Les figures 3 et 4 sont des vues partielles respectivement de dessus et de face (suivant la coupe AA) d'une telle valve optique. D'autres configurations sont encore possibles tout en restant dans le cadre de l'invention. Dans la figure 3 on n'a pas représenté les lames supports 10 et 11 qui sont apparentes dans la figure 4. Sur la lame 10 ou substrat inférieur, on a déposé un ensemble de lignes constituées d'une couche mince conductrice photogravée, des plots photoconducteurs 13 réalisés par photolithographie d'une couche mince et des électrodes points 14 réalisés par photolithographie d'une couche mince de matériau conducteur. La définition de la valve optique dépendra donc du nombre de points réalisés. Dans les dispositifs de l'art connu ces électrodes n'existaient pas car le photoconducteur était placé au-dessus du cristal liquide à commuter. La contre-lame 11 supporte les contre-électrodes 15 qui sont, sur la figure 3, représentées en pointillés. Les contre-électrodes 15 forment un ensemble de lignes réalisées à partir d'une couche mince conductrice gravée. A la différence des électrodes points, les contre-électrodes forment, dans ce cas particulier, des lignes continues. Elles sont par exemple parallèles aux électrodes de commande 12.

Les électrodes points et la contre-électrode correspondante sont placées en regard de façon qu'il n'existe pas de capacité parasite entre le plot photocondeucteur et la contre-électrode.

La couche 16 de cristal liquide est confinée dans l'espace séparant les lames 10 et 11.

On peut, comme on l'a représenté sur la figure 4, déposer sur la surface extérieure d'une des lames de verre des plots métalliques ou absorbants 17 en regard des plots photoconducteurs qui bloqueront la lumière de lecture. De plus, cette géométrie permet d'utiliser la valve en transmission.

Il entre dans le cadre de l'invention de placer le masque formé des plots 17 à l'intérieur de la valve optique pour éviter les effets de

parallaxe.

Les figures 5 à 8 illustrent le procédé de fabrication qui peut être utilisé pour réaliser ce type de valve optique. Les différentes étapes du procédé sont les suivantes. On dépose sur la lame 10, par la méthode CVD assistée plasma, une couche mince 21 de silicium amorphe de 0,2µ d'épaisseur et une couche 22 de silicium amorphe dopé $n^+$ par des atomes de phosphore de 0,02µ d'épaisseur (figure 5). On dépose ensuite une couche mince conductrice 23 (figure 6). Pour les valves utilisées en transmission ce peut être de l'oxyde mixte d'étain et indium (ITO). Pour les valves utilisées en réflexion ce peut être de l'aluminium.

La couche 23 est ensuite gravée par un procédé photolithographique pour former les électrodes de commande 12 et les électrodes point 14 (figure 7). On effectue alors une gravure plasma du silicium amorphe dopé, le dépôt conducteur faisant office de masque. Le dépôt de silicium $n^+$ est nécessaire pour assurer un contact ohmique entre le conducteur et le semiconducteur mais doit être enlevé au niveau de la partie photosensible. On obtient alors les plots photoconducteurs 13 (figure 8).

Sur la contre-lame on dépose et on grave des bandes conductrices en ITO qui serviront de contre-électrodes.

La suite de la technologie est identique à celle des afficheurs à cristal liquide. En transmission, les effets électrooptiques utilisés sont nombreux (nématique en hélice, biréfringence, diffusion, ...). En réflexion les effets électrooptiques sont moins nombreux et on peut utiliser, par exemple, la biréfringence.

A titre d'exemple, on va donner deux réalisations pratiques utilisant ce type de valve : un transformateur d'image incohérente en image cohérente et un projecteur d'image vidéo.

Le montage optique de la figure 9 représente un transformateur d'image incohérente en image cohérente. La valve optique 30 est utilisée en transmission. L'effet électrooptique mis en oeuvre peut être le nématique en hélice. L'image incohérente est obtenue par un tube à rayon cathodique 31, traverse un objectif 32

et est projetée via une lame dichroïque 33 sur la valve optique. Cette lame dichroïque a la propriété de réfléchir la lumière du tube cathodique et de transmettre la lumière du laser 34 (à condition que leur longueur d'onde soit différente). Lorsque le laser 34 utilisé a une longeur d'onde qui induirait des variations de résistivité du matériau photoconducteur, un masque optique 35 est placé sur la surface externe de la lame de verre côté laser. La lumière de lecture, émise par le laser 34, est collimatée par une lentille 36 et traverse la valve 30, placée entre deux polariseurs 37 et 38. Elle subit une modulation fonction de la lumière d'écriture.

Le montage optique de la figure 10 représente un projecteur d'image vidéo.

Dans cette application la lumière d'écriture est toujours obtenue à partir d'un tube à rayon cathodique 40. Une lentille 41 fait la projection de l'image du tube sur la valve 42. La valve fonctionne en réflexion en utilisant l'effet électrooptique de biréfringence électriquement contrôlée. Une source d'éclairage constituée par la lampe de projection 43, le condenseur 44, le polariseur 45 et le miroir 46 va éclairer la valve optique 42 en lumière collimatée polarisée après traversée de l'objectif de projection 47.

Un masque optique 48 réalisé par exemple par gravure de plots métalliques en regard des plots photoconducteurs de la valve 42 est déposé sur la surface intérieure de la valve. Ce masque empêche la lumière de lecture d'influencer les plots photoconducteurs. La lumière de lecture déphasée par la valve optique est analysée par le deuxième polariseur 49 et projetée vers l'écran de projection 50.

# REVENDICATIONS

1. Valve optique à cristal liquide et à commande par effet photoconducteur, la valve étant composée d'au moins un point élémentaire d'affichage défini par le condensateur formé par deux électrodes placées en vis-à-vis entre lesquelles est enserrée une couche de cristal liquide (7), caractérisée en ce que la valve comprend, pour adresser un point élémentaire :
- une première lame (1) supportant de façon coplanaire une première électrode dudit condensateur ou électrode point (2), une électrode de commande (3) et une zone (4) en matériau photoconducteur réunissant électriquement l'électrode point (2) et l'électrode de commande (3),
- une seconde lame (5) supportant la seconde électrode dudit condensateur ou contre-électrode (6).

2. Valve optique selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend une pluralité de points élémentaires d'affichage, une seule électrode servant de contre-électrode à toutes les électrodes points.

3. Valve optique selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend une pluralité de points élémentaires d'affichage, une même contre-électrode (15) étant commune à plusieurs électrodes points (14).

4. Valve optique selon la revendication 3, caractérisée en ce que ladite contre-électrode (15) se présente sous la forme d'une ligne.

5. Valve optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la ou les contre-électrodes n'ont pas de partie en regard des zones photoconductrices.

6. Valve optique selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisée en ce que les électrodes de commande (12) sont constituées de lignes, une même ligne permettant l'adressage d'une rangée d'électrodes points (14).

7. Valve optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que ladite zone photoconductrice comprend au moins un plot (13).

8. Valve optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que ledit matériau photoconducteur (13) est constitué de silicium amorphe.

9. Valve optique selon la revendication 8, caractérisée en ce que le contact ohmique entre le matériau photoconducteur (13) et les électrodes points (14) et de commande (12) est assuré par du silicium dopé $n^+$.

10. Valve optique selon la revendication 9, caractérisée en ce que le dopant du silicium est du phosphore.

11. Valve optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que, dans le cas où la valve est utilisée en transmission, les électrodes points (14) sont réalisées en oxyde mixte d'étain et d'indium.

12. Valve optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que, dans le cas où la valve est utilisée en réflexion, les électrodes points (14) sont réalisées en aluminium.

13. Valve optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que la valve comprend également des moyens (17) de masquage de la lumière de lecture, ces plots étant disposés en regard des plots photoconducteurs (13), à l'intérieur ou à l'extérieur de la valve.

FIG_1

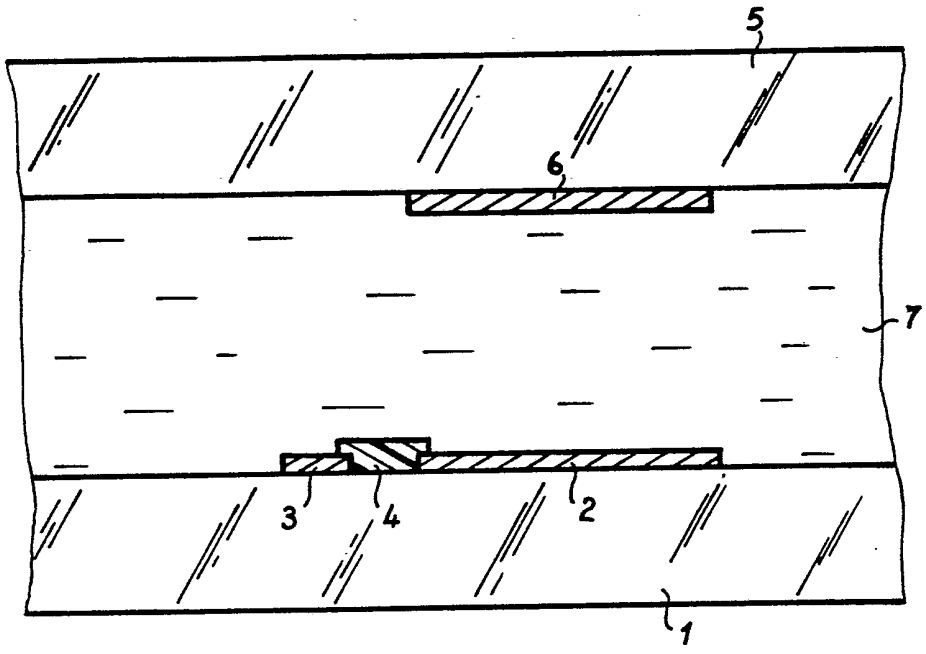



FIG_2

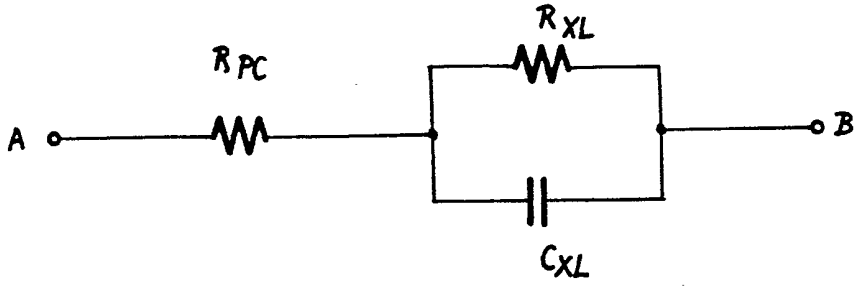


FIG_3

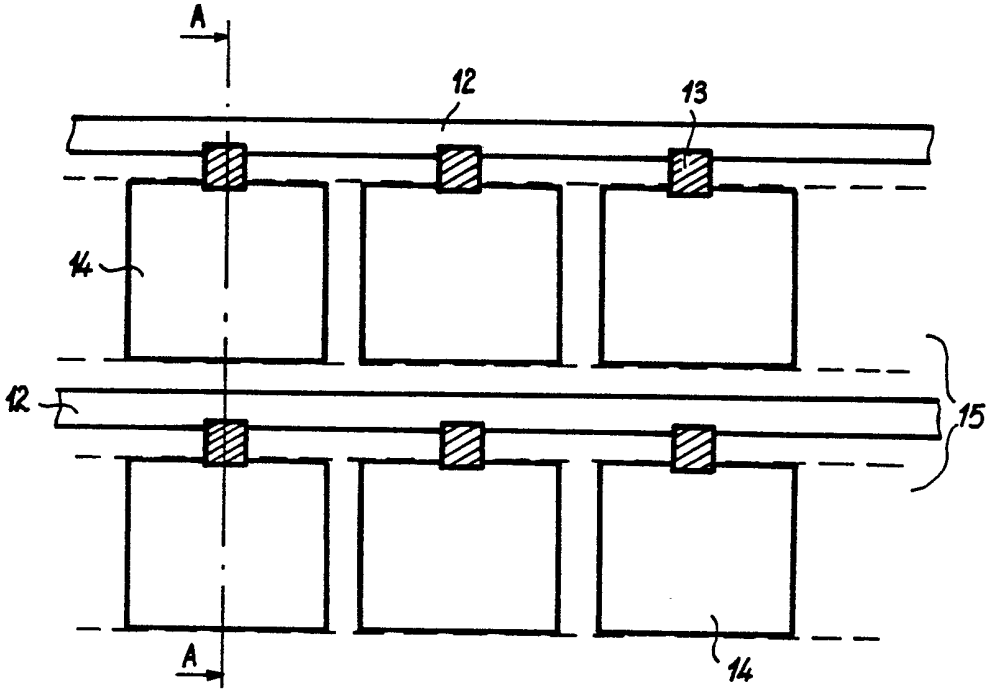



FIG_4

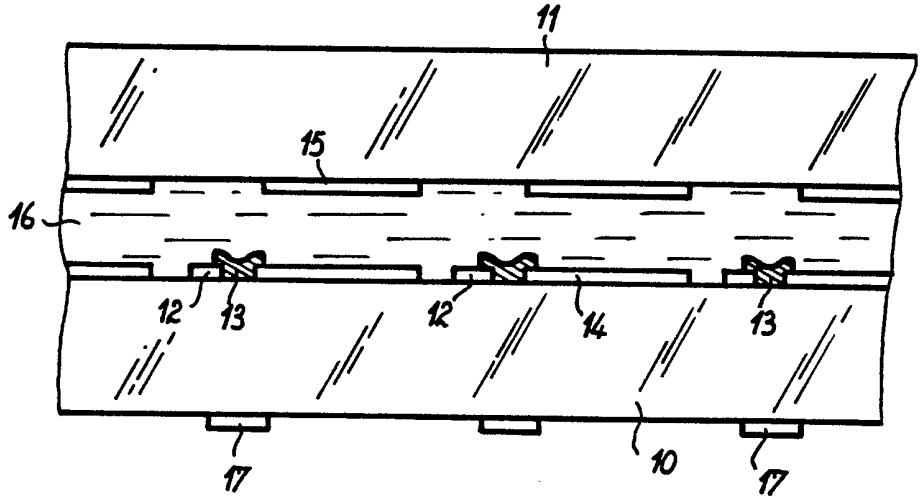


FIG_5

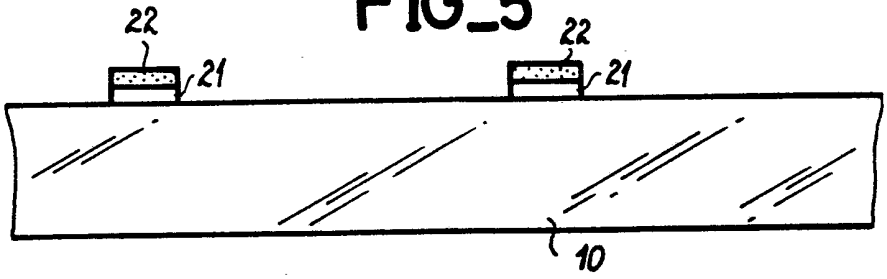



FIG_6

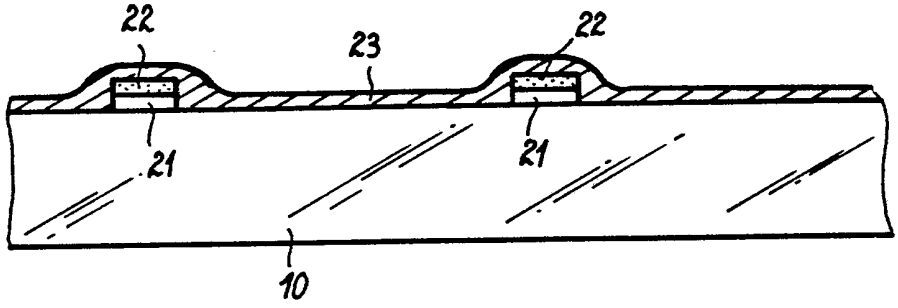



FIG_7

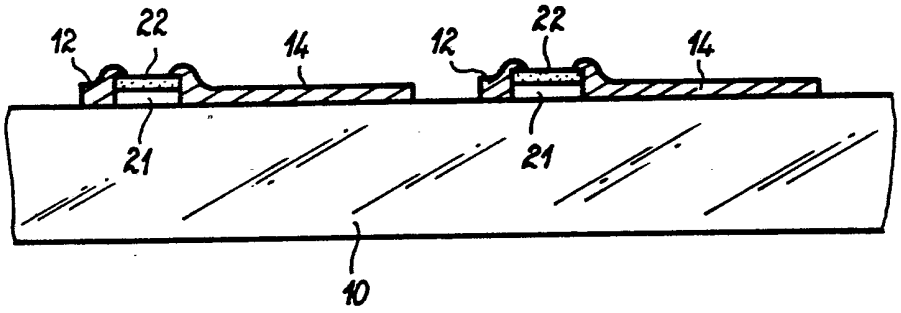
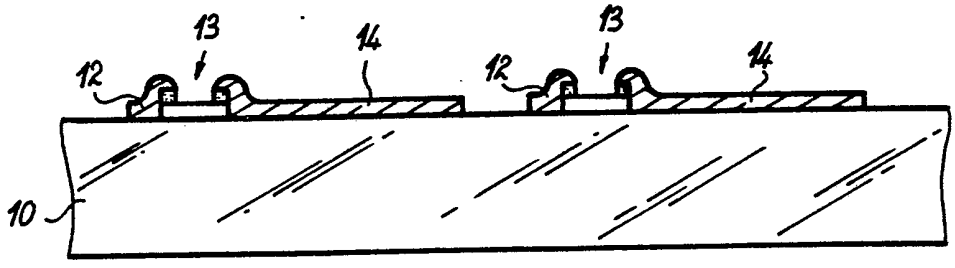



FIG_8



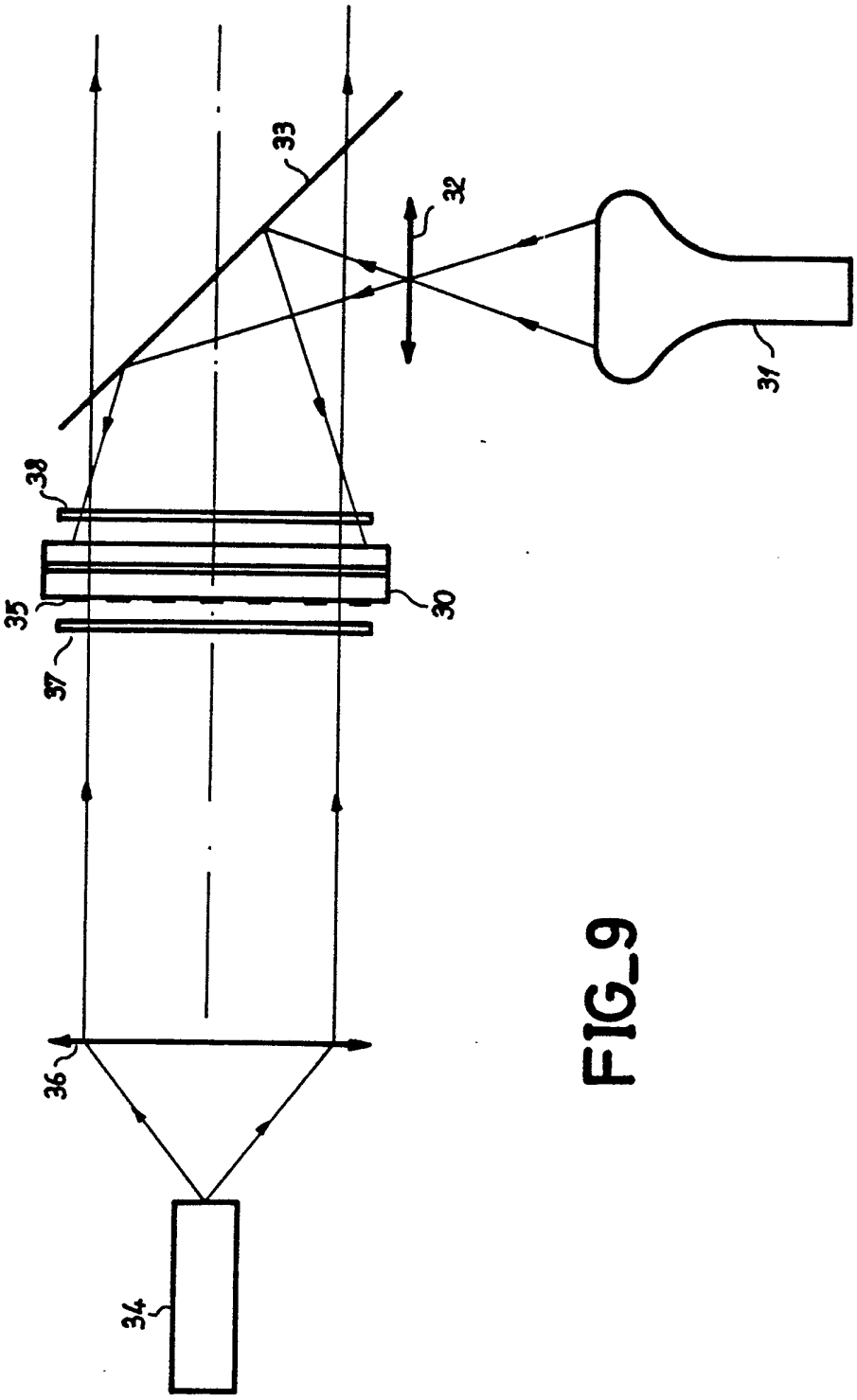



FIG_9

FIG_10

