(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 605 166**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **86 14058**

(51) Int Cl⁴ : H 04 N 3/14; H 01 L 21/84, 27/14.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 9 octobre 1986.

(30) **Priorité** :

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande** : BOPI « Brevets » n° 15 du 15 avril 1988.

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

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

(72) **Inventeur(s)** : Marc Arques ; Lucien Guyot.

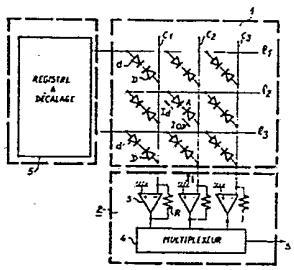
(73) **Titulaire(s)** :

(74) **Mandataire(s)** : Michèle Mayeux, Thomson-CSF, SCPI.

(54) Dispositif photosensible à l'état solide, procédé de lecture et procédé de fabrication.

(57) La présente invention concerne un dispositif photosensible à l'état solide. Elle concerne également un procédé de lecture et un procédé de fabrication de ce dispositif.

Il s'agit d'un dispositif photosensible matriciel, organisé suivant une structure dite « x-y », et dont chaque élément photosensible est constitué par deux photodiodes d, D, montées tête-bêche. L'une des photodiodes d a une capacité au moins sensiblement dix fois plus faible que celle de l'autre photodiode D. La photodiode de faible capacité d est connectée à une ligne 1_1, 1_2, 1_3 de la matrice et fonctionne comme un interrupteur fermé seulement lors de l'adressage de cette ligne par des moyens d'adressage 5.



FR 2 605 166 - A1

DISPOSITIF PHOTOSENSIBLE A L'ETAT SOLIDE, PROCEDE DE LECTURE ET PROCEDE DE FABRICATION

La présente invention concerne un dispositif photosensible à l'état solide. Elle concerne également un procédé de lecture et un procédé de fabrication d'un tel dispositif.

On connaît dans l'art antérieur de nombreux dispositifs photosensibles matriciels organisés suivant une structure dite "x-y", c'est-à-dire qu'ils comportent un réseau de lignes et de colonnes et qu'à l'intersection de chaque ligne et de chaque colonne on trouve un élément photosensible relié à cette ligne et à cette colonne. L'adressage électronique de chaque ligne déclenche le passage des informations contenues par les éléments photosensibles de cette ligne sur les colonnes auxquelles sont reliés ces éléments photosensibles. En bout de colonnes, on trouve des dispositifs de lecture, tels que des amplificateurs ou des registres à transfert de charge qui récupèrent les informations et les multiplexent.

La présente invention propose un dispositif photosensible à l'état solide, qui peut être matriciel ou linéaire, et qui présente notamment les avantages suivants :

- les capacités des colonnes sont très faibles, ce qui simplifie la réalisation des dispositifs de lecture situés en bout de colonnes,
- les éléments photosensibles des lignes non adressées sont très bien découplés des colonnes ce qui minimise les problèmes de courants de fuite, diaphonie, "smearing"...

Par l'article intitulé "Amorphous silicon linear image sensors" publié par Hitachi, dans la revue "Amorphous Semiconductor Technologies ans Devices" en 1984, on connaît une barrette dont les éléments photosensibles sont constitués par deux photodiodes identiques, montées en série et tête-bêche.

Par rapport à l'article d'Hitachi, notre invention qui propose des éléments photosensibles constitués par deux éléments de capacités très différentes permet d'abaisser notablement la valeur des capacités des colonnes et d'améliorer aussi le découplage par

rapport aux colonnes des éléments photosensibles des lignes non adressées. De plus, dans l'article d'Hitachi, l'une des photodiodes de chaque élément photosensible est rendue insensible au rayonnement lumineux, ce qui complique la réalisation et n'est pas le cas dans notre invention.

La présente invention concerne un dispositif photosensible à l'état solide comportant :

- un réseau de connexions horizontales ou lignes et au moins une connexion verticale ou colonne croisant les lignes ;
- un élément photosensible reliant chaque ligne et chaque colonne qui se croisent ;
- des moyens assurant l'adressage séquentiel de chaque ligne d'éléments photosensibles en vue de sa lecture ;
- un circuit assurant la lecture et le multiplexage des colonnes ;

dispositif caractérisé en ce que chaque élément photosensible est constitué par un premier et un second éléments montés en série, le premier élément dit de faible capacité ayant une capacité au moins sensiblement dix fois plus faible que celle du second élément dit de forte capacité, en ce que au moins chaque élément de forte capacité est photosensible, la photosensibilité d'un élément se traduisant par un courant de fuite de cet élément et en ce que chaque élément de faible capacité est connecté à une ligne, et fonctionne comme un interrupteur, fermé seulement lors de l'adressage de la ligne par les moyens d'adressage.

La présente invention concerne aussi divers procédés de lecture et de fabrication du dispositif photosensible selon l'invention.

D'autres objets, caractéristiques et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les figures annexées qui représentent :

- la figure 1, le schéma d'un mode de réalisation d'un dispositif photosensible matriciel selon l'invention ;
- les figures 2a, b, c, 3a, b, c, d, e, des schémas expliquant le fonctionnement du dispositif de la figure 1 ;
- les figures 4a, b, c, 8a, b, c, 9a, b, c, d des schémas illustrant

divers procédés de lecture du dispositif photosensible selon l'invention ;

- les figures 5, 6, 7, des schémas de trois modes de réalisation des éléments photosensibles ;

- la figure 10, le schéma d'un mode de réalisation des moyens d'adressage ;

- les figures 12a, b, 13, 14a, b, et 15a, b, des schémas illustrant divers procédés de fabrication du dispositif selon l'invention.

Sur les différentes figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments, mais, pour des raisons de clarté, les cotes et proportions des divers éléments ne sont pas respectées.

La figure 1 représente de façon schématique un dispositif photosensible à l'état solide de type matriciel.

Ce dispositif comporte un réseau de connexions horizontales ou lignes l_1, l_2, l_3 et un réseau de connexions verticales ou colonnes c_1, c_2, c_3. Pour simplifier le schéma, on n'a représenté sur la figure 1 que trois lignes et trois colonnes.

Un élément photosensible relie chaque ligne et chaque colonne qui se croisent. Dans le mode de réalisation de la figure 1, chaque élément photosensible est constitué par deux photodiodes d et D, en série, et tête-bêche. L'anode de la photodiode d est reliée à une ligne et l'anode de la photodiode D est reliée à une colonne. Les photodiodes d et D ont des capacités très différentes. La capacité de la photodiode d est au moins sensiblement dix fois plus faible que celle de la photodiode D. Pour des raisons de réalisation pratique, on obtient des photodiodes d et D de capacités très différentes en jouant sur les surfaces respectives des diodes d et D dont les autres paramètres sont identiques ou similaires.

Il est possible d'obtenir des photodiodes de capacités très différentes en jouant sur d'autres paramètres que la surface tels que l'épaisseur, le dopage, les matériaux de constantes diélectriques différentes, ou en jouant sur plusieurs paramètres simultanément.

Les colonnes sont portées à une tension fixe, égale par

exemple à la masse, dans le mode de réalisation de la figure 1 où le circuit 2 assurant la lecture et le multiplexage des colonnes est constitué par des amplificateurs de transimpédance.

Chaque colonne est reliée à l'entrée négative d'un amplificateur opérationnel 3 dont l'entrée positive est à la masse. Les sorties des amplificateurs sont reliées à un multiplexeur 4 qui fournit le signal de sortie S de la matrice. Les sorties des amplificateurs sont également re-bouclées sur leur entrée négative par l'intermédiaire d'une résistance R.

Lorsque le circuit assurant la lecture et le multiplexage des colonnes est constitué par un dispositif à transfert de charge, les colonnes ne sont pas portées à une tension fixe mais les fluctuations de tension sont cependant négligeables devant les variations de tension sur les lignes et sur les éléments photosensibles.

En plus de sa fonction de polarisation des colonnes à une tension sensiblement constante, le circuit 2 doit lire le courant ou la charge circulant sur les colonnes et multiplexer ces informations.

Un registre à décalage logique 5 assure l'adressage séquentiel de chaque ligne d'éléments photosensibles en vue de sa lecture. Chaque sortie du registre est reliée à une ligne de la matrice. Ce registre 3 véhicule une impulsion de tension V_o de ligne en ligne, alors que les autres lignes sont à la masse.

On va maintenant décrire le fonctionnement du dispositif photosensible de la figure 1 en s'intéressant en particulier au fonctionnement de l'élément photosensible relié à la colonne c_2 et à la ligne l_2. On appelle A le point commun aux photodiodes d et D.

Sur les figures 2a, b et c, on a représenté, en fonction du temps t, la tension Vl_2 appliquée à la ligne l_2 par le registre à décalage 5, la tension V_A au point A de l'élément photosensible relié à la ligne l_2 et à la colonne c_2 et ensuite, la contribution i de la ligne l_2 au courant de la colonne c_2.

A l'instant t_1, une impulsion de tension d'amplitude V_o arrive sur la ligne l_2 et s'y maintient jusqu'à l'instant t_2 où la tension sur la ligne l_2 redevient égale à zéro.

Au bout d'un temps t_i, la tension sur la ligne l_2 redevient égale à V_o et s'y maintient d'un nouvel instant t_1 à un nouvel instant t_2.

L'arrivée de l'impulsion V_o à l'instant t_1 sur la ligne l_2 polarise la photodiode d en direct et la photodiode D en inverse. Le point A se polarise à V_o, à la tension coude de la photodiode d près.

Sur la figure 3a on a représenté les photodiodes d et D en série connectées entre la ligne l_2 et la colonne c_2. La figure 3b montre qu'à l'instant t_1, la photodiode D est en inverse et représentée par un condensateur de capacité égale à C_D, relié à la masse alors que la photodiode d est en direct et représentée par un condensateur de capacité égale à C_d, court-circuité par un interrupteur i, et relié à une tension V_o.

Sur les armatures de la capacité C_D, il y a une quantité de charge égale en valeur absolue à $C_D \cdot V_o$.

A l'instant t_2, le potentiel de la ligne l_2 revient à zéro, la variation de potentiel V_A au point A égale

$$V_o \cdot \frac{C_d}{C_{d+}C_D}$$

et est donc très faible puisque $C_d \ll C_D$. En conséquence, le potentiel sur A reste peu éloigné de V_o et la photodiode d se trouve polarisée en inverse. La photodiode D reste polarisée en inverse.

La polarisation en inverse de la photodiode d entraîne la circulation d'une quantié de charge Q_p fournie par la colonne et égale à

$$- \frac{C_d \cdot C_D}{C_d + C_D} \cdot V_o$$

qui est illustrée sur la figure 2c. Sur les armatures de la capacité C_D, il y a une quantité de charge égale en valeur absolue à

$$\left| C_D V_o - \frac{C_d C_D}{C_d + C_D} \cdot V_o \right|$$

A partir de l'instant t_2, les photodiodes d et D sont polarisées en inverse, c'est la période d'intégration des charges t_i qui

commence. Les photodiodes d et D se comportent donc comme des capacités C_d et C_D avec des courants I_d et I_D. Ces courants de fuite sont composés d'un courant I_o lié à la caractéristique I(V) des diodes dans l'obscurité et d'un courant I_{ph} proportionnel à l'éclairement.

Entre l'instant t_2 et l'instant t_3, qui précède le nouvel instant t_1, pendant la période d'intégration t_i, il y a sommation au point A des courants de fuite provenant des photodiodes d et D, en inverse et tête-bêche, d'où

$$\frac{dV_{Ai}}{d_t} = - \frac{|I_D| + |I_d|}{C_D + C_d}$$

et la charge stockée au point A après un temps d'intégration t_i égale :

$$-Q_A = - (|I_D| + |I_d|) \cdot t_i$$

Pendant que s'effectue le stockage de la charge Q_A au point A, il y a injection d'un courant I_i sur la colonne C_2 qui égale :

$$I_i = |I_D| \cdot \frac{C_d}{C_d + C_D} - |I_d| \cdot \frac{C_D}{C_d + C_D}$$

La charge $- Q_A$ se répartit sur les deux capacités C_d et C_D. La charge stockée sur la photodiode D égale

$$- Q_A \cdot \frac{C_D}{C_D + C_d}$$

Sur les armatures de la capacité C_D, il y a une quantité de charge égale en valeur absolue à $\mathcal{E}$:

$$\left| C_D V_o - \frac{C_d C_D}{C_d + C_D} \cdot V_o - Q_A \cdot \frac{C_D}{C_d + C_D} \right|$$

Lors d'un nouvel instant t_1, la tension sur la ligne l_2 passe à nouveau à V_o. La photodiode d est à nouveau polarisée en direct, ce qui revient à court-circuiter la capacité C_d. La capacité C_D se retrouve chargée en valeur absolue à $|C_D V_o|$. Il y a donc circulation sur la colonne c_2 d'une charge $Q_{lecture}$ égale à

$$\frac{C_d C_D}{C_d + C_D} V_o + Q_A \cdot \frac{C_D}{C_D + C_D}$$

Cette charge contient l'information utile puisque :

$$-Q_A = -(|I_d| + |I_D|) \cdot t_i$$

Elle est lue par un amplificateur de transimpédance qui la transforme en tension, puis est multiplexée avec les charges délivrées par les autres éléments photosensibles de la même ligne l_2 et le signal multiplexé constitue le signal de sortie S du dispositif.

Pendant la période t_i d'intégration des charges dans les éléments photosensibles de la ligne l_2, on va examiner quel est le courant injecté dans les colonnes par les éléments photosensibles de la ligne l_2.

Pendant la période t_i, les photodiodes d et D sont en inverse et produisent un courant de fuite I_D et I_d et un courant de bruit.

Le courant I_i qui est injecté dans les colonnes à cause du courant de fuite I_D et I_d des photodiodes s'écrit :

$$I_i = |I_D| \cdot \frac{C_d}{C_d + C_D} - |I_d| \cdot \frac{C_D}{C_d + C_D}$$

La condition posée sur les valeurs respectives des capacités $C_d \ll C_D$, et donc C_d au moins sensiblement dix fois inférieure à C_D, implique que le courant I_i a une faible valeur et peut même être nul.

En particuier, lorsque les photodiodes ne diffèrent que par leurs surfaces, les courants I_d et I_D sont proportionnels aux surfaces des diodes et donc à leurs capacités, ce qui s'écrit :

$$|I_d| = |I_D| \cdot \frac{C_d}{C_D}$$

et le courant I_i n'annule. Il faut cependant dans ce cas que les photidiodes d et D reçoivent le même éclairement, quelle que soit sa valeur.

Le courant de fuite I_i injecté par les photodiodes sur les colonnes peut être bruité. On désigne par I_{bD} et I_{bd} les courants de bruit dus respectivement aux photodiodes D et d. Ces courants sont faibles, du second ordre.

Le courant de bruit I_{bi} injecté sur la colonne c_2 par l'élément

photosensible relié à la ligne l_2 et à la colonne c_2 s'écrit :

$$I_{bi} = \sqrt{(I_{bD} \cdot \frac{C_d}{C_d + C_D})^2 + (I_{bd} \cdot \frac{C_D}{C_d + C_D})^2}$$

Dans le cas particulier considéré prédédement où

$$|I_d| = |I_D| \cdot \frac{C_d}{C_D}$$

$$I_{bi} = I_{bD} \cdot \sqrt{2 \frac{C_d}{C_d + C_D}}$$

Comme $C_d \ll C_D$, le courant de bruit injecté sur la colonne c_2 est très faible.

Dans les autres cas, le courant de bruit I_{bi} est toujours faible, du second ordre, et ne s'annule pas non plus.

En conclusion, on constate donc que pendant la période d'intégration des charges t_i de la ligne l_2, le courant de fuite et de bruit des photodiodes d et D polarisées en inverse qui est injecté sur les colonnes est très faible. On peut donc utiliser les colonnes pour lire les autres lignes de la matrice, sans que la ligne l_2 soit cause de diaphonie.

Pendant la période d'intégration t_i de la ligne l_2, le registre à décalage déplace l'impulsion V_o de ligne en ligne sur toute la matrice puis revient à la ligne l_2 pour qu'elle soit lue. Dans ce type de fonctionnement, l'information lumineuse arrive en permanence sur toute la matrice, comme dans le cas d'une prise de vue de télévision par exemple.

Sur les figures 4a, b, c, on a représenté de façon symbolique, l'information lumineuse i qui arrive en permanence sur la matrice et les tensions V_{l2} et V_{lm} reçues par les lignes l_2 et l_m. L'arrivée d'une impulsion de tension V_o entraîne la lecture des éléments photosensibles de la ligne. Deux lectures successives sont séparées par une période d'intégration t_i. On ne lit qu'une ligne à la fois et alors que les autres ligne sont en période d'intégration.

En ce qui concerne la capacité des colonnes, le calcul montre

qu'elle est très faible grâce à la condition imposée sur les capacités C_d et C_D.

La capacité d'un élément photosensible en période d'intégration vaut :

$$\frac{C_d \cdot C_D}{C_d + D} \backsimeq C_d$$

La capacité d'un élément photosensible qui est en train d'être lu vaut C_D.

Dans le cas d'une matrice de n lignes, la capacité d'une colonne égale :

$$(n - 1) \cdot C_d + C_D$$

Si n est grand, la capacité d'une colonne est donc sensiblement égale à $n \cdot C_d$.

Comme la capacité C_d est choisie de faible valeur, la capacité des colonnes est donc faible ce qui simplifie la réalisation du circuit de lecture des colonnes.

Dans le mode de réalisation de la figure 1, on a considéré que chaque élément photosensible comportait deux photodiodes d et D. On peut remplacer la photodiode d par une diode d', ce qui peut être obtenu en rendant aveugle la photodiode d. En effet, ce qui est essentiel est que l'élément d ou d' de faible capacité se comporte comme un interrupteur, que l'on ferme lors de la lecture d'une ligne et qui reste ouvert lors de l'intégration des charges dans cette ligne. Il est souhaitable que l'élément de faible capacité soit photosensible car cela augmente l'information recueillie puisque les courants de fuite des éléments de faible et de forte capacité s'ajoutent en valeur absolue. Un autre avantage à l'utilisation d'un élément de faible capacité photosensible est que cela permet d'annuler le courant de fuite injecté dans les colonnes pendant la période d'intégration, notamment dans le cas de deux photodiodes ne différant que par leur surface et recevant le même éclairement.

La description précédente essentiellement basée sur la figure 1 où chaque élément photosensible est constitué de deux photodiodes

en série et tête-bêche s'applique aussi, plus généralement au cas où chaque élément photosensible est constitué par un premier et un second éléments en série, avec les caractéristiques suivantes :

- le premier élément dit de faible capacité a une capacité au moins sensiblement dix fois plus faible que celle du second élément dit de forte capacité ;
- au moins le second élément est photosensible et sa photosensibilité se traduit par un courant de fuite ;
- le premier élément est connecté à une ligne et fonctionne comme un interrupteur, fermé seulement lors de l'adressage de la ligne par les moyens d'adressage.

On va examiner dans ce qui suit divers modes de réalisation des éléments photosensibles.

Sur la figure 5, on a représenté de façon schématique un mode de réalisation d'un élément photosensible dans lequel l'élément de forte capacité est constitué par une photo-résistance P.R. L'élément de forte capacité lorsqu'il est constitué par une photodiode est en permanence en inverse ; or, il y a peu de différence entre la caractéristique d'une photodiode en inverse et celle d'une photo-résistance.

Dans le mode de réalisation de la figure 6, l'élément de faible capacité est une photodiode d commandée optiquement. La photodiode d est reliée à une source de tension continue de valeur V_o et la tension V_o n'est transmise au point A que lorsque la photodiode d reçoit une impulsion de lumière.

Il est bien entendu que l'on peut combiner les deux modes de réalisation des figures 5 et 6. On obtient alors comme élément de faible capacité une photodiode d, commandée optiquement, en série avec une photorésistance.

Dans le mode de réalisation de la figure 7, l'élément de faible capacité est constitué par une photo-résistance $P.R_2$. Cette photo-résistance est reliée à une source de tension continue de valeur V_o et la tension V_o n'est transmise au point A que lorsque la photo-résistance PR_2 reçoit une impulsion de lumière. La commande de la

photo-résistance ne peut être qu'une commande optique. Sous l'action d'un flash lumineux la photo-résistance $P.R_2$ fonctionne comme un interrupteur à l'état fermé. Lorsqu'elle ne reçoit pas de flash lumineux, la photo-résistance a une caractéristique peu différente de celle d'une photodiode en inverse.

Lorsque l'élément de faible capacité est constitué par une photo-résistance commandée optiquement, l'élément de forte capacité peut être constitué par une photodiode, comme illustré sur la figure 7 ou par une photo-résistance.

Il est bien entendu que dans ce qui précède on n'a pas envisagé toutes les possibilités permettant de réaliser des éléments photosensibles de faible et de forte capacités avec toutes les caractéristiques requises.

L'invention concerne bien entendu les dispositifs photosensibles de type matrice ayant de nombreuses lignes et colonnes et les dispositifs photosensibles linéaires, obtenus par exemple à partir du dispositif matriciel de la figure 1 en n'en conservant qu'une seule colonne.

Dans les figures 4a, b et c, et leur description, on a envisagé un procédé de lecture d'un dispositif photosensible selon l'invention. D'autres procédés de lecture peuvent être envisagés.

En particulier lors d'une utilisation du dispositif photosensible selon l'invention en radiologie, l'information lumineuse arrive généralement sous forme de flashes périodiques sur l'ensemble du dispositif, comme cela est illustré sur la figure 8a. Comme dans le procédé illustré par les figures 4a, b et c, deux lectures successives d'une même ligne, par exemple la ligne l_m sur la figure 8c, sont séparées par une période d'intégration t_i et on ne lit qu'une ligne à la fois, alors que les autres lignes sont en période d'intégration. Entre la lecture de la dernière ligne d'une trame et celle de la première ligne de la trame suivante, on crée un temps mort θ pendant lequel est délivrée une impulsion qui permet de déclencher le flash de lumière - voir figure 8b.

Pour l'utilisation du dispositif selon l'invention en radiologie,

on peut soit recouvrir le dispositif photosensible d'un scintillateur qui convertit les rayons X en un rayonnement détecté par le semiconducteur utilisé pour réaliser le dispositif, soit réaliser le dispositif photosensible sur un semiconducteur sensible aux rayons X, comme par exemple de l'arséniure de sélénium en couche épaisse.

Les figures 9a, b, c et d illustrent un autre procédé de lecture d'un dispositif photosensible selon l'invention. Ce procédé ne diffère de celui illustré sur les figures 8a, b et c que parce que l'on cherche à diminuer le temps d'intégration t_i pour réduire les effets du courant d'obscurité des photodiodes.

Les moyens d'adressage séquentiel des lignes envoient une impulsion de tension V_o sur toutes les lignes de la matrice, avant l'arrivée du flash lumineux - voir figures 9a et b -. On décrira par la suite en se référant à la figure 10 un dispositif permettant de générer ces impulsions de tension V_o simultanément sur toutes les lignes du dispositif. L'arrivée de ces impulsions de tension V_o entraîne la fin de la période d'intégration en cours pour toutes les lignes du dispositif. Une fois le flash lumineux appliqué au dispositif, toutes les lignes du dispositif sont en période d'intégration et on lit les lignes l'une après l'autre, voir figure 9c. On voit sur la figure 9d, quelle réduction du temps d'intégration a été apportée pour la ligne l_m par rapport au fonctionnement de la figure 8c.

La figure 10 décrit un mode de réalisation d'un circuit adressant séquentiellement chaque ligne d'éléments photosensibles en vue de sa lecture et envoyant une impulsion de tension V_o simultanément sur toutes les lignes du dispositif.

Ce circuit comporte un registre à décalage logique 5 piloté par au moins une horloge H. Dans l'exemple de la figure 10, ce registre comporte trois sorties R_1 à R_3. Des transistors I_1 à I_3 sont commandés par les sorties R_1 à R_3 et reliés entre une tension V_o et une sortie du circuit d'adressage S_1 à S_3. Entre chaque sortie du circuit et une tension V_{com}, on connecte une résistance de rappel R_{01} à R_{03} qui impose la tension V_{com} sur les sorties du circuit reliées à des lignes qui ne sont pas lues.

Tant que le signal R_1 n'est pas au niveau haut, le transistor I_1 est bloqué et la résistance de rappel impose la tension V_{com} sur la sortie S_1. La tension V_{com} est généralement la tension de référence, c'est-à-dire la masse du dispositif. Lorsque le signal R_1 est au niveau haut, la tension V_o se retrouve sur la sortie S_1.

Pour accélérer le retour à V_{com} des lignes lorsque leur lecture est terminée, on a disposé dans le mode de réalisation de la figure 10 un transistor J_1 à J_3 en parallèle sur les résistances de rappel. Les transistors J_1 à J_3 sont du même type que les transistors I_1 à I_3 mais ils sont commandés par la sortie suivante du registre.

Ainsi le transistor J_1 est commandé par la sortie R_2, le transistor J_2 est commandé par la sortie R_3 ...

Lorsque la sortie R_1 est au niveau haut, la tension V_o se retrouve sur la sortie S_1 et le transistor J_1 est bloqué.

Lorsque la sortie R_1 passe au niveau bas, la sortie R_2 passe au niveau haut et rend passant le transistor J_1, la tension V_{com} se retrouve sur la sortie S_1.

On peut aussi utiliser des transistors I_1 à I_3 et J_1 à J_3 du même type, mais en faisant commander les transistors J_1 à J_3 par les sorties complémentaires du registre. Ainsi, le transistor I_1 est commandé par la sortie R_1 et le transistor J_1 par la sortie complémentaire $\bar{R}_1$ et ainsi de suite.

On peut aussi utiliser des transistors I_1 à I_3 et J_1 à J_3 qui sont complémentaires. Dans ce cas, les transistors I_1 et J_1 sont commandés par la même sortie du registre, de même pour les transistors I_2 et J_2 ... Ainsi, par exemple, le transistor I_1, est passant, alors que le transistor J_1 est bloqué.

Les transistors utilisés peuvent être des transistors MOS ou des TFT par exemple.

Pour appliquer une impulsion de tension V_o sur toutes les lignes du dispositif photosensible, il suffit de superposer cette impulsion V_o à la tension V_{com} et de ne porter aucune des sorties R_1 à R_3 au niveau haut.

Selon une variante aux procédés de lecture illustrés par les

figures 8a, b, et c et 9a, b, c, d, les lignes du dispositif sont lues selon un ordre choisi en fonction de l'image analysée, et non pas selon un ordre pré-déterminé par exemple de haut en bas de l'image. Ainsi, on peut réduire les effets du courant d'obscurité sur la zone de l'image jugée la plus intéressante.

Une autre variante du procédé de lecture illustré par les figures 9a, b, c, d vise à diminuer le temps nécessaire à la lecture des éléments photosensibles en utilisant des impulsions de lecture d'un niveau V_1 supérieur à V_o. Il est alors nécessaire d'effectuer une remise à niveau des éléments photosensibles par un flash optique avant de traiter l'image suivante. Les figures 11a et b sont identiques aux figures 9a et b. Par contre sur la figure 11c, on a montré que la lecture de la ligne l_m se fait en utilisant des impulsions de tension d'amplitude V_1 supérieure à V_o.

On a indiqué également qu'une remise à niveau optique précède le traitement d'une nouvelle image.

On va maintenant décrire à titre d'exemple quelques procédés de fabrication de dispositifs selon l'invention.

L'un de ces procédés va être décrit en se référant aux figures 12a et b, vue en coupe et vue de dessus du dispositif.

On utilise une couche de matériau 6, isolant, qui sert de support. Il faut utiliser un matériau transparent si l'on désire éclairer les éléments photosensibles à travers ce support 6. On peut utiliser par exemple du verre, du quartz...

On réalise un dépôt conducteur 7 qui est gravé en bandes larges.

On réalise un autre dépôt isolant 8 qui est gravé en bandes étroites, perpendiculaires aux bandes larges obtenues précédemment.

On réalise un dépôt conducteur 9 et on le grave en bandes étroites incluses dans les bandes en isolant 8.

On réalise un dépôt semiconducteur de type nip 10 et on y grave des pavés en contact à la fois avec une bande conductrice 7 et une bande conductrice 9.

L'épaisseur de la couche inférieure n est choisie suffisamment faible pour ne pas créer de fuite significative entre les bandes conductrices 7 et 9.

Par contre la couche supérieure p doit être suffisamment conductrice pour être équipotentielle et réaliser la connexion entre les photodiodes d et D.

Sur la figure 12a, on a représenté de façon schématique les photodiodes d et D afin d'indiquer leur localisation.

La photodiode d est réalisée par le dépôt nip dans la zone où le dépôt n qui constitue sa cathode est en contact avec la connexion 9. Elle est reliée à la photodiode D par la couche de type p du dépôt nip. La photodiode D est constituée par le dépôt nip, dans la zone où le dépôt n qui constitue sa cathode est en contact avec une connexion 7.

On peut éventuellement encapsuler la structure ainsi obtenue par un dépôt isolant 11, par exemple en nitrure, en silice ou en polyimide.

On peut au lieu d'un dépôt pin utiliser un dépôt nip. La réalisation pratique des éléments photosensibles est simple lorsque l'on utilise un semiconducteur photosensible en couche mince, de type pin ou nip, tel que par exemple du silicium amorphe ou des chalcogénures. C'est le semiconducteur qui détermine la bande spectrale de sensibilité du dispositif. L'utilisation de silicium donne une bande spectrale correspondant approximativement au rayonnement visible.

Sur la figure 12b, les connexions de colonne 7 sont horizontales et les connexions de ligne 9 sont verticales.

La figure 13 ne diffère de la figure 12b que par une modification de structure destinée à réduire la capacité parasite qui existe dans le procédé illustré par les figures 12a et b entre les conducteurs 7 et 9 à travers l'isolant 8.

La solution proposée sur la figure 13 consiste dans les zones où le conducteur 7 est en vis-à-vis avec l'isolant 8 et le conducteur 9, à rétrécir le conducteur 7, ainsi que la couche nip ou pin 10 qui le

recouvre.

Le procédé décrit en se référant aux figures 12 et 13 peut être utilisé pour réaliser des éléments photosensibles, constitués non plus de photodiodes mais de photo-résistances.

Au lieu d'un dépôt pin ou nip on réalise un dépôt donnant des photo-résistances qu'il faut recouvrir par un dépôt conducteur qui doit être transparent à la lumière au niveau de la photo-résistance de faible capacité pour permettre sa commande optique, alors qu'il doit être opaque à la lumière au niveau de la photo-résistance de forte capacité. On peut utiliser par exemple de l'oxyde d'indium et d'étain ou ITO pour le dépôt conducteur transparent et un métal quelconque pour le dépôt conducteur opaque.

Le rayonnement à analyser provient dans ce cas du bas du dispositif du côté du support isolant transparent.

En se référant aux figures 14a et b, vue en coupe et vue de dessus, on va décrire un autre procédé de fabrication du dispositif selon l'invention dans le cas où chaque élément photosensible comporte deux photodiodes, en série et tête-bêche, mais qui sont superposées. Les deux photodiodes ne reçoivent pas le même éclairement. Pour annuler les courants injectés dans les colonnes, on peut jouer sur les épaisseurs respectives des photodiodes en augmentant l'épaisseur de la photodiode située en deuxième position sur le trajet du rayonnement optique et qui est donc moins éclairée, de façon à augmenter son absorption.

On réalise un dépôt conducteur 13 sur un support isolant transparent 12, tel que du verre, du quartz, ce qui permet d'éclairer indifféremment par le haut ou le bas, ou sur un support isolant tel que de la céramique qui nécessite un éclairage par le haut.

On grave le dépôt conducteur 13 en bandes étroites.

On réalise un dépôt 14 en semiconducteur photosensible en couches minces, tel que du silicium amorphe.

Dans ce cas, on réalise un empilement pinip et on le grave pour délimiter les éléments photosensibles.

La gravure doit être suffisamment profonde pour isoler entre

elles les couches n de chaque élément photosensible. Elle peut être poursuivie jusqu'au support 12 comme cela est illustré sur la figure 14a.

Les photodiodes de faible capacité sont en contact par leur anode avec une bande conductrice 13.

La couche intermédiaire n du dépôt ninip est suffisamment dopée et suffisamment épaisse pour constituer une équipotentielle qui relie les photodiodes de faible et de forte capacité.

La couche inférieure p des dépôts pinip doit être suffisamment résistante pour que la partie active des photodiodes d se limite aux zones où cette couche p est en contact avec les électrodes conductrices 13.

On dépose ensuite une couche isolante 15, par exemple en silicium intrinsèque, en nitrure de silicium Si_3N_4, Si N, en oxyde de silicium SiOx, SiO_2.

On réalise des ouvertures de grandes dimensions sur cet isolant 15 au-dessus des éléments photosensibles. Ces ouvertures délimitent les photodiodes de fortes capacités.

On réalise un dépôt conducteur 16 gravé en bandes larges croisées par rapport aux bandes conductrices 13.

Les bandes conductrices 16 sont en contact avec les photodiodes de forte capacité.

On peut envoyer la lumière à analyser non pas à travers la couche support 12 mais à travers les bandes conductrices 16, qu'il faut alors choisir transparentes.

On peut réaliser un dépôt semiconducteur indifféremment de type nipin ou pinip.

En se référant aux figures 15a et b, vue en coupe et vue de dessus, on va décrire un dernier procédé de fabrication qui par rapport aux deux autres procédés décrits, à l'avantage de ne pas nécessiter un bon contrôle de la résistivité des couches dopées n ou p, ainsi que l'avantage de ne nécessiter que trois couches pin ou nip en ce qui concerne le matériau photosensible déposé.

On réalise sur un support isolant, transparent éventuellement,

17 un dépôt conducteur 18 gravé en bandes et en rectangles.

On réalise un dépôt en semiconducteur photosensible en couches minces 19, de type pin ou nip et on le grave de façon à ce que le dépôt semiconducteur soit localisé sur les bandes et les rectangles conducteurs 18. Les photodiodes de forte capacité sont ainsi réalisées sur les rectangles et celles de faibles capacités sur les bandes.

On réalise un dépôt isolant 20 que l'on ouvre au-dessus des photodiodes de faibles et de fortes capacités. On ouvre aussi ce dépôt isolant sur une partie des rectangles conducteurs 18 qui n'a pas reçu de dépôt semiconducteur 19.

On réalise ensuite un dépôt conducteur 21 qui d'une part relie le dessus des photodiodes de faibles capacités, situées sur les bandes 18, aux rectangles 18 qui portent les photodiodes de fortes capacités. Ainsi, on réalise la mise en série des photodiodes. D'autre part, le dépôt conducteur 21 relie entre elles les photodiodes de forte capacité, par leur partie supérieure, en constituant des bandes étroites 21 croisées par rapport aux bandes 18. Ainsi, on réalise la connexion des photodiodes de fortes capacités aux colonnes.

Les procédés de fabrication décrits précédemment dans le cas d'éléments photosensibles comportant deux photodiodes en série et tête-bêche peuvent être adaptés aux divers modes de réalisation des éléments photosensibles qui ont été décrits précédemment.

REVENDICATIONS

1. Dispositif photosensible à l'état solide, comportant :

- un réseau de connexions horizontales ou lignes (l_1, l_2, l_3) et au moins une connexion verticale ou colonne (c_1, c_2, c_3) croisant les lignes ;
- un élément photosensible reliant chaque ligne et chaque colonne qui se croisent ;
- des moyens (5) assurant l'adressage séquentiel de chaque ligne d'éléments photosensibles en vue de sa lecture ;
- un circuit (2) assurant la lecture et le multiplexage des colonnes,

caractérisé en ce que chaque élément photosensible est constitué par un premier et un second éléments montés en série, le premier élément dit de faible capacité ayant une capacité au moins sensiblement dix fois plus faible que celle du second élément dit de forte capacité, en ce que au moins chaque élément de forte capacité est photosensible, la photosensibilité d'un élément se traduisant par un courant de fuite de cet élément et en ce que chaque élément de faible capacité est connecté à une ligne, et fonctionne comme un interrupteur, fermé seulement lors de l'adressage de la ligne par les moyens d'adressage.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments photosensibles sont constitués par deux photodiodes (d, D) montées tête-bêche.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que les deux photodiodes (d, D) ne diffèrent que par leurs surfaces.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les premiers éléments de faible capacité sont constitués par une photodiode (d).

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les premiers éléments de faible capacité, sont constitués par une photorésistance ($P.R_2$).

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les seconds éléments de forte capacité sont constitués par une photo-

diode (D).

7. Dispositif selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que les seconds éléments de forte capacité sont constitués par une photo-résistance ($P.R_1$).

8. Dispositif selon l'une des revendications 2 ou 4, caractérisé en ce que les moyens d'adressage sont constitués par un registre à décalage (5) dont les sorties sont reliées aux lignes, et qui véhicule une impulsion de commande.

9. Dispositif selon l'une des revendications 2, 4 ou 5, caractérisé en ce que les moyens d'adressage sont des moyens de commande optique séquentielle des éléments de faible capacité de chaque ligne.

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les éléments photosensibles sont réalisés sur un semiconducteur photosensible en couches minces.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que ce semiconducteur est du silicium amorphe.

12. Procédé de lecture d'un dispositif photosensible selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il consiste à envoyer aux éléments de faible capacité (d) d'une ligne que l'on désire lire des impulsions de commande assurant la fermeture des interrupteurs constitués par ces éléments.

13. Procédé de lecture selon la revendication 12, caractérisé en ce que :

- l'information lumineuse est envoyée en permanence sur le dispositif photosensible,
- deux lectures successives d'une même ligne sont séparées par une période d'intégration (t_i),
- on ne lit qu'une ligne à la fois, alors que les autres lignes sont en période d'intégration.

14. Procédé de lecture selon la revendication 13, caractérisé en ce que :

- l'information lumineuse est envoyée sous forme de flashes périodiques sur l'ensemble du dispositif ;

- deux lectures successives d'une même ligne sont séparées par une période d'intégration (t_i) ;
- on ne lit qu'une ligne à la fois alors que les autres lignes sont en période d'intégration ;
- entre la lecture de la dernière ligne d'une trame et celle de la première ligne de la trame suivante, on crée un temps mort (τ) pendant lequel est délivrée une impulsion qui permet de déclencher le flash lumineux.

15. Procédé de lecture selon la revendiction 12, caractérisé en ce que :
- l'information lumineuse est envoyée sous forme de flashes périodiques sur l'ensemble du dispositif et avant l'arrivée de chaque flash, les moyens d'adressage génèrent des impulsions de tension appliquées simultanément à toutes les lignes du dispositif qui entraînent la fin des périodes d'intégration en cours pour toutes les lignes du dispositif,
- on ne lit qu'une ligne à la fois, alors que les autres lignes sont en période d'intégration,
- entre la lecture de la dernière ligne d'une trame et celle de la première ligne de la trame suivante, on crée un temps mort (τ) pendant lequel est délivrée une impulsion qui permet de déclencher le flash lumineux.

16. Procédé selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que les lignes du dispositif sont lues selon un ordre choisi en fonction de l'image analysée.

17. Procédé selon l'une des revendications 14 à 16, caractérisé en ce que :
- la lecture des éléments photosensibles se fait au moyen d'impulsions de tension d'amplitude (V_1) supérieure à celle (V_o) des impulsions de tension appliquées simultanément à toutes les lignes du dispositif,
- un flash lumineux assure une remise à niveau des éléments photosensibles avant que les impulsions de tension soient appliquées simultanément à toutes les lignes de la matrice.

18. Procédé de fabrication d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

a) on réalise un dépôt conducteur (7) sur un support isolant transparent (6) et on grave en bandes larges le dépôt conducteur,

b) on réalise sur le dépôt conducteur (7) un dépôt isolant (8) gravé en bandes étroites perpendiculaires aux bandes larges déjà obtenues,

c) on réalise un autre dépôt conducteur (9) gravé en bandes étroites incluses dans les bandes en isolant (7),

d) on réalise un dépôt semiconducteur photosensible en couche mince (10), de type pin ou nip, et on y grave des pavés en contact à la fois avec une bande conductrice (7) et avec une bande conductrice (9).

19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que lors des étapes a et d, on grave le dépôt conducteur (7) et le dépôt semiconducteur (10) de façon à diminuer la surface de conducteurs (7), recouvert de semiconducteur (10) dans les zones où les conducteurs (7) se trouvent en vis-à-vis avec l'isolant (8) et le conducteur (9).

20. Procédé selon l'une des revendications 18 ou 19, caractérisé en ce que lors de l'étape d on ne réalise plus un dépôt semiconducteur de type pin ou nip, mais un dépôt donnant des photo-résistances, que l'on recouvre par une couche conductrice transparente, à la lumière au niveau de la photo-résistance de faible capacité et opaque à la lumière au niveau de la photo-résistance de forte capacité.

21. Procédé de fabrication d'un dispositif photosensible selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

a) on réalise un dépôt conducteur (13) sur un support isolant (12) et on grave le dépôt conducteur en bandes étroites,

b) on réalise un dépôt (14) semiconducteur photosensible en couches minces, de type pinip ou nipin, et on le grave de façon à isoler au moins entre elles les couches n ou p des éléments photosensibles,

c) on dépose une couche isolante (15) dans laquelle des ouvertures sont réalisées pour délimiter les photodiodes de forte capacité,

d) on réalise un dépôt conducteur (16) gravé en bandes larges croisées par rapport aux bandes conductrices (13).

22. Procédé de fabrication d'un dispositif photosensible selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

a) on réalise sur un support isolant (17) un dépôt conducteur (18) gravé en bandes et en rectangles,

b) on réalise un dépôt en semiconducteur photosensible en couches minces (19) et on le grave de façon à le localiser sur les rectangles et sur les bandes et à réaliser des photodiodes de fortes et de faibles capacités,

c) on réalise un dépôt isolant (20) ouvert au-dessus des photodiodes ainsi que sur une partie des rectangles (18) qui n'a pas reçu de dépôt semiconducteur (19),

d) on réalise un dépôt conducteur (21) qui d'une part relie le dessus des photodiodes de fortes capacités portées par les rectangles (18) et qui d'autre part relie le dessus des photodiodes de faibles capacités portées par les bandes (18) aux rectangles (18).

FIG_1

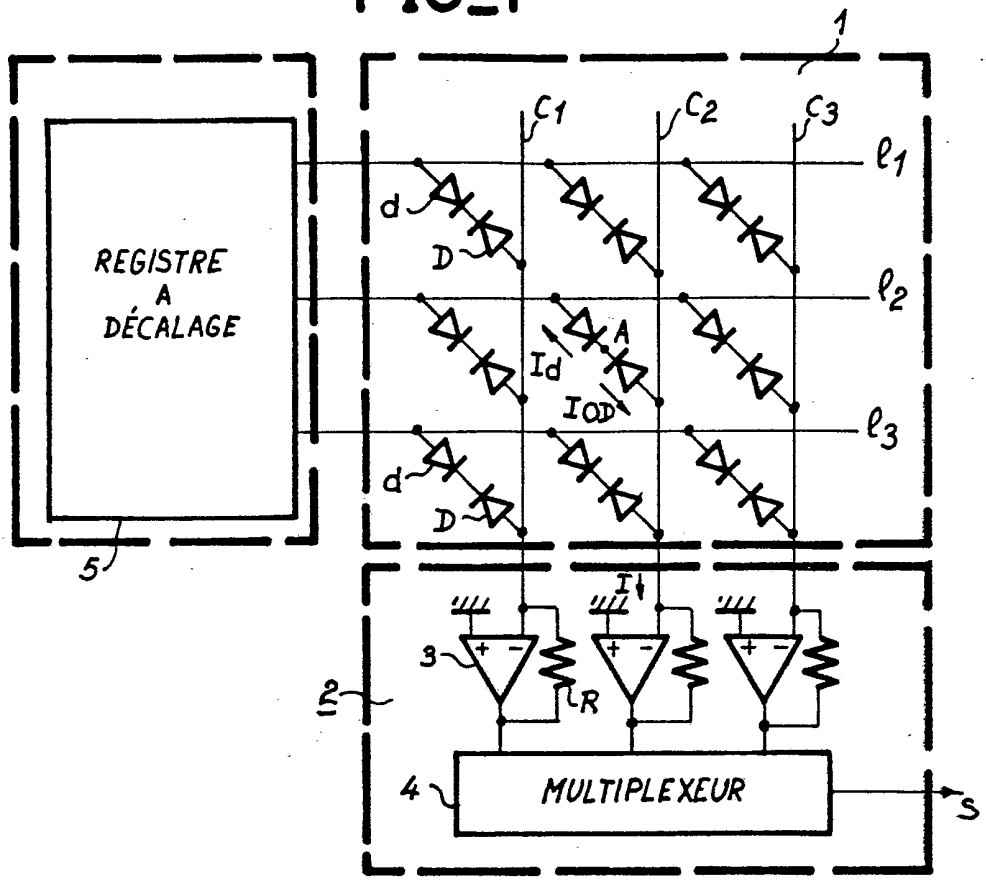


FIG_2a

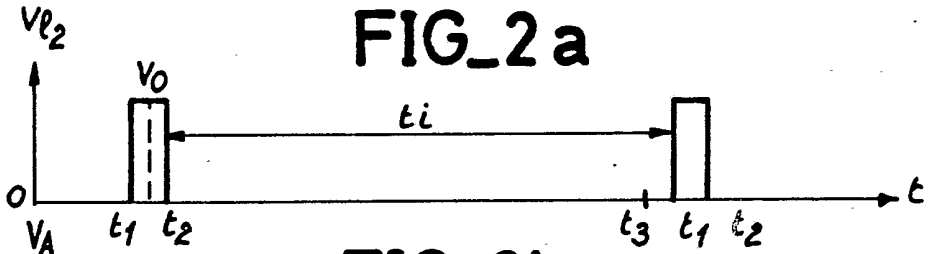


FIG_2b

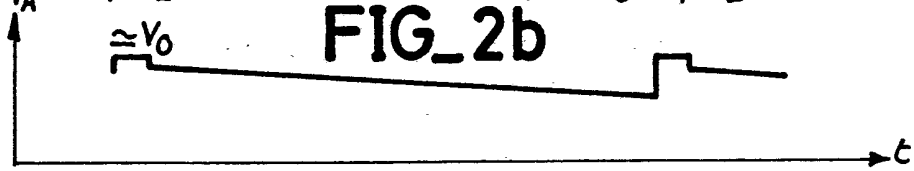


FIG_2c

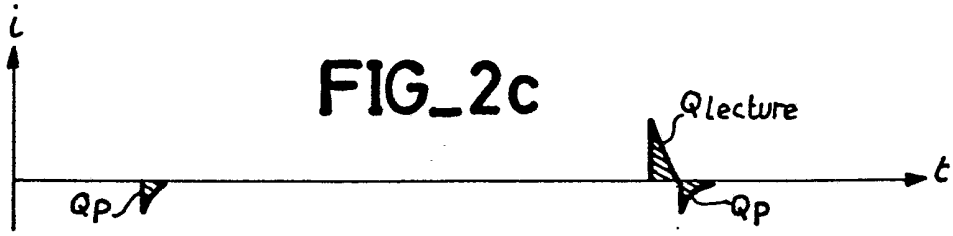


FIG_3a

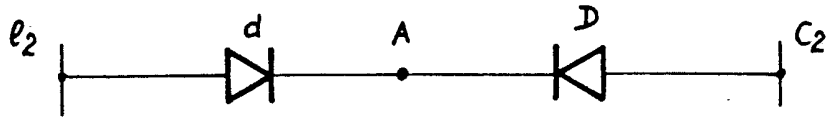


FIG_3b

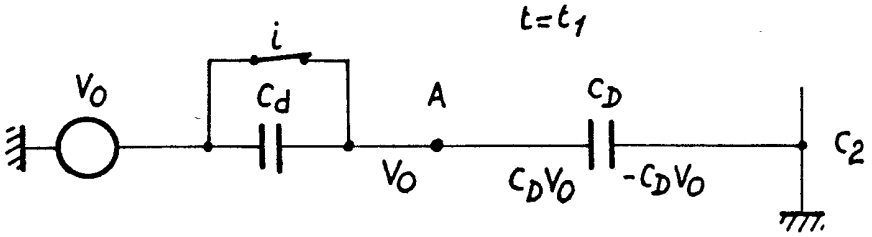


FIG_3c

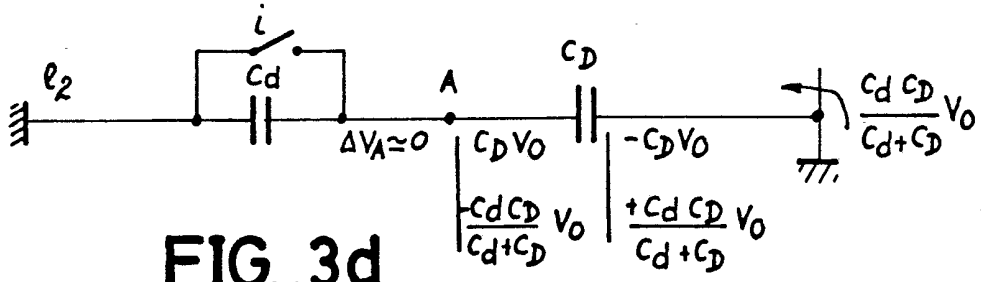


FIG_3d

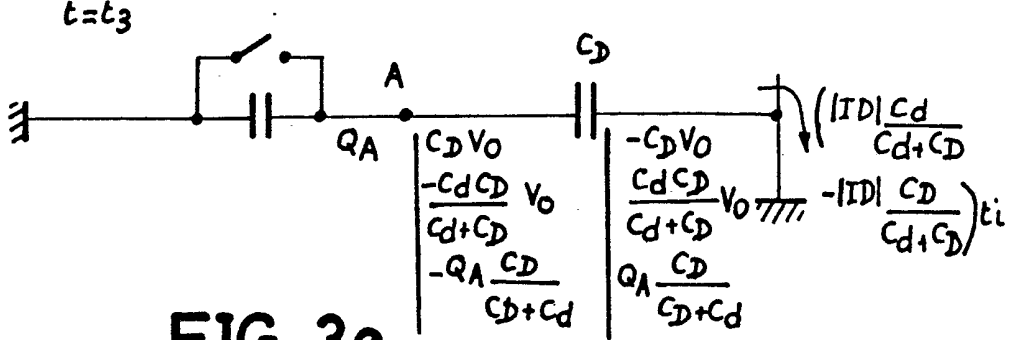


FIG_3e

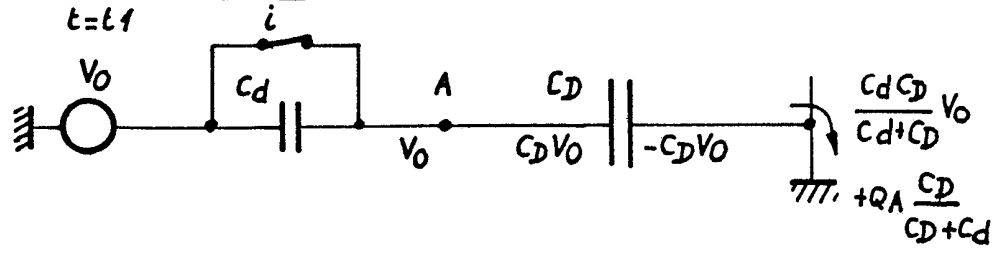


FIG_4a

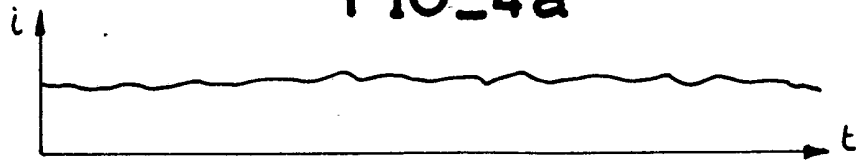


FIG_4b

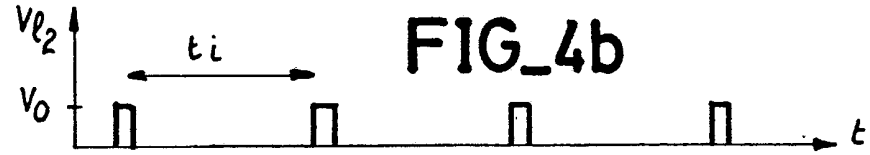


FIG_4c



FIG_5

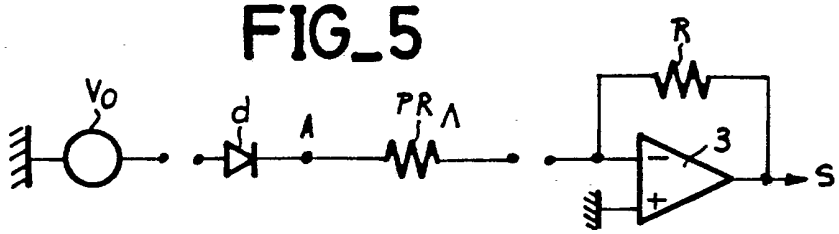


FIG_6

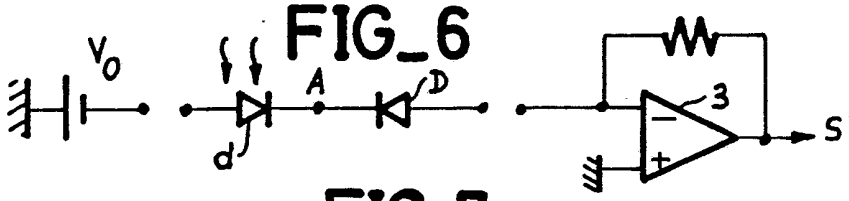


FIG_7

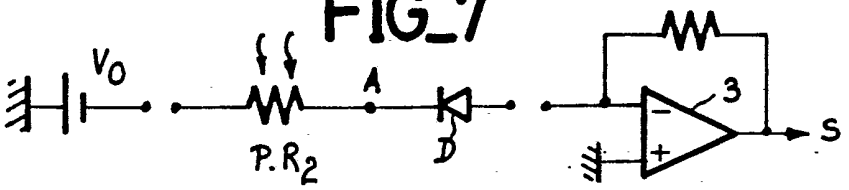


FIG_8a

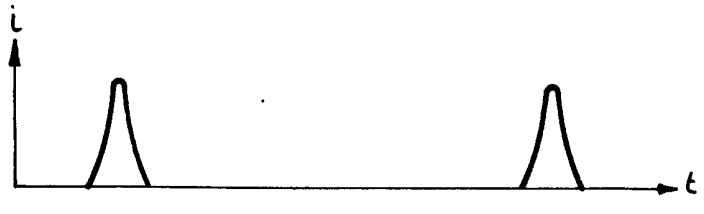


FIG_8b

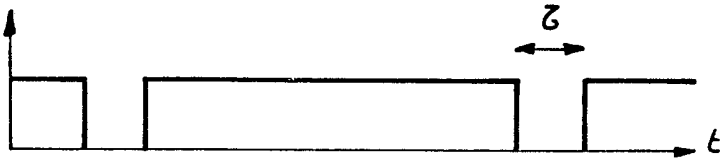


FIG_8c

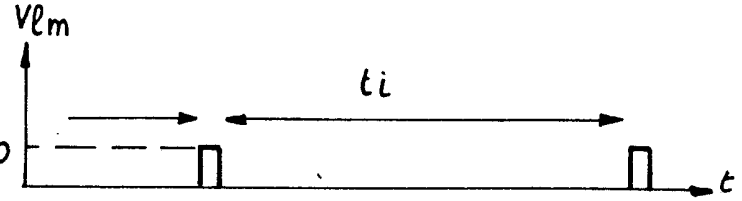


FIG_9a

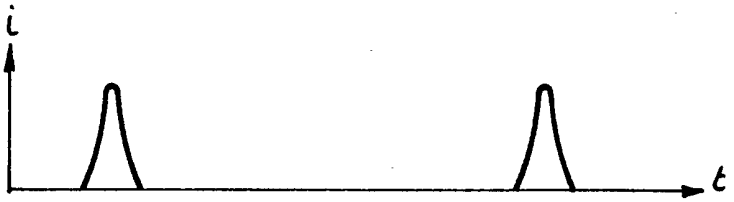


FIG_9b

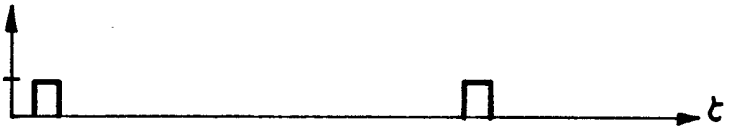


FIG_9c

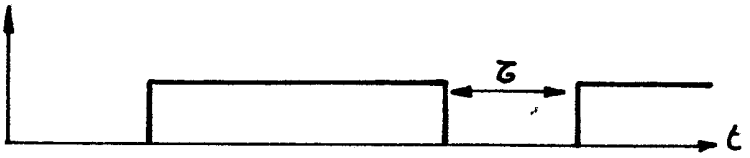


FIG_9d

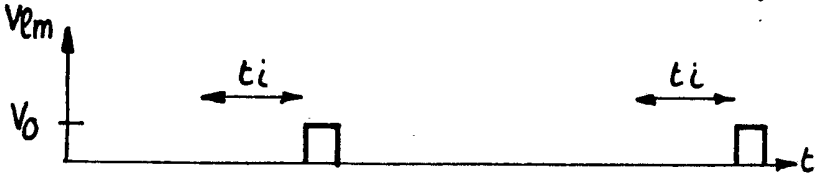


FIG_10

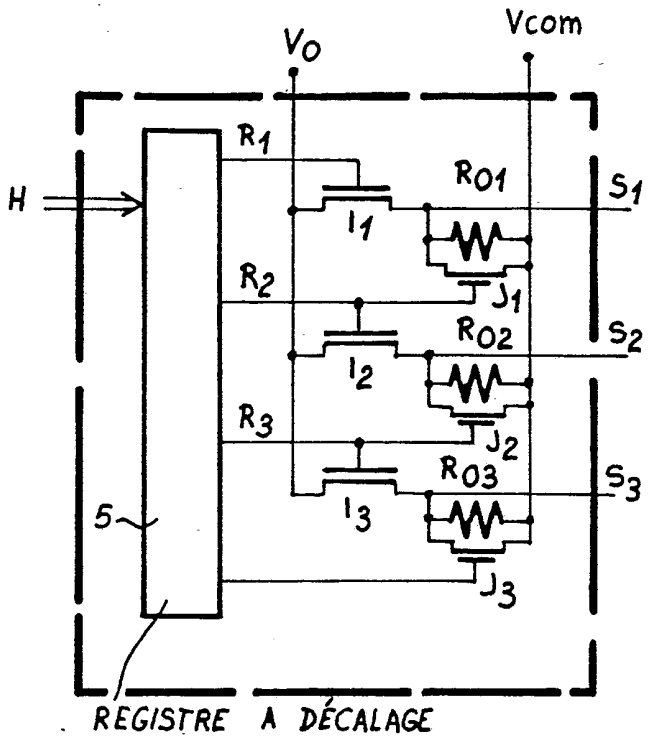


FIG_11a



FIG_11b



FIG_11c

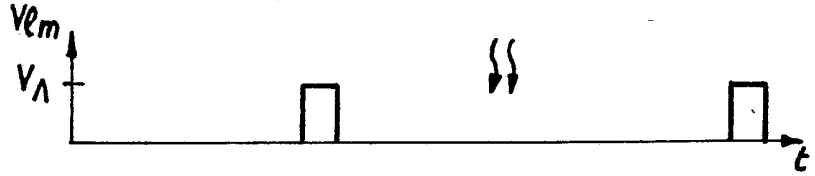
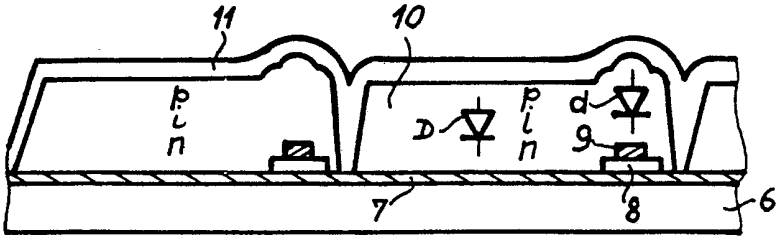


FIG_12a



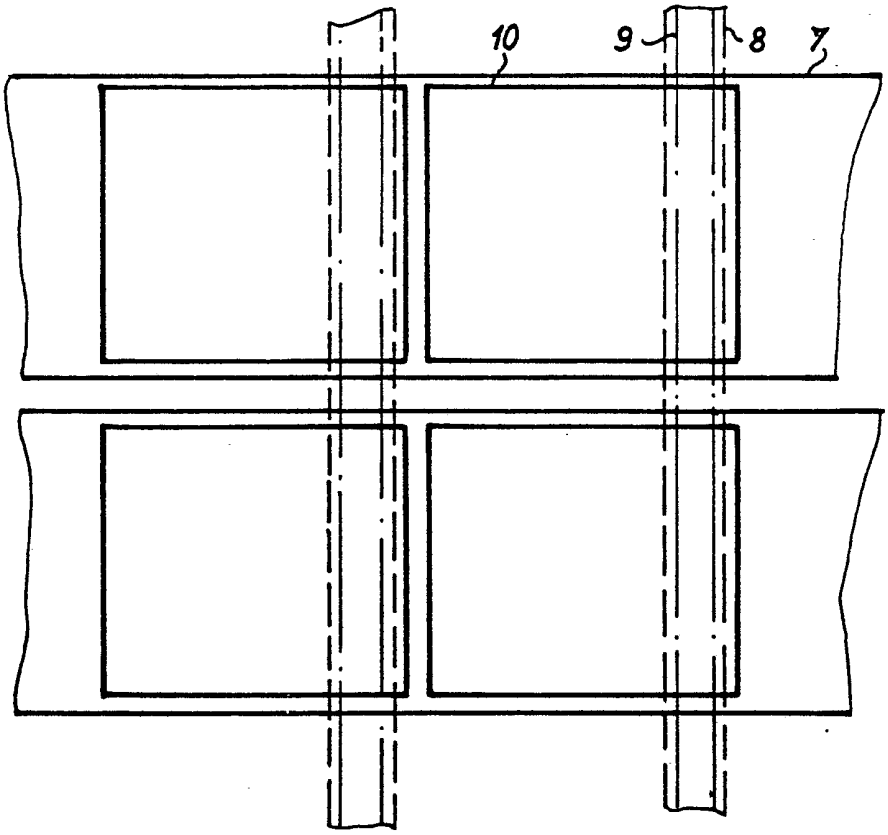


FIG_12b

FIG_13

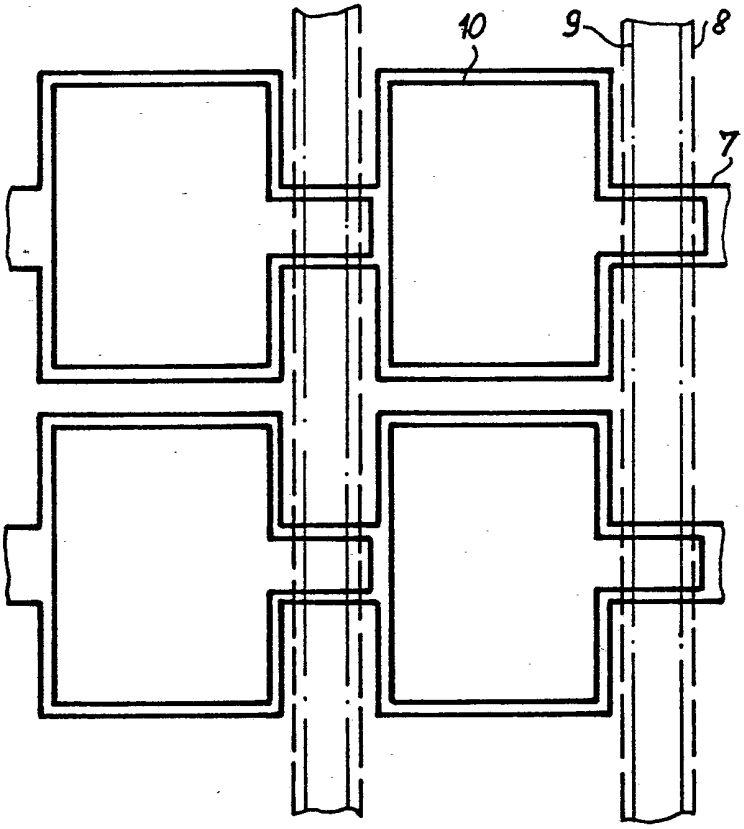
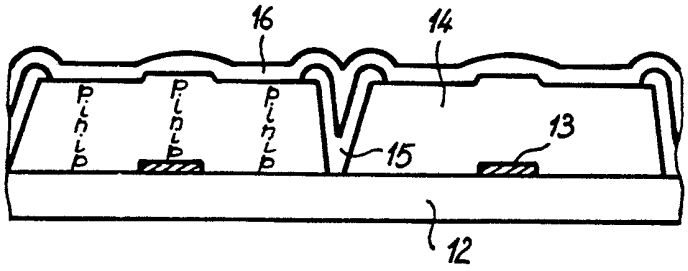


FIG_14a



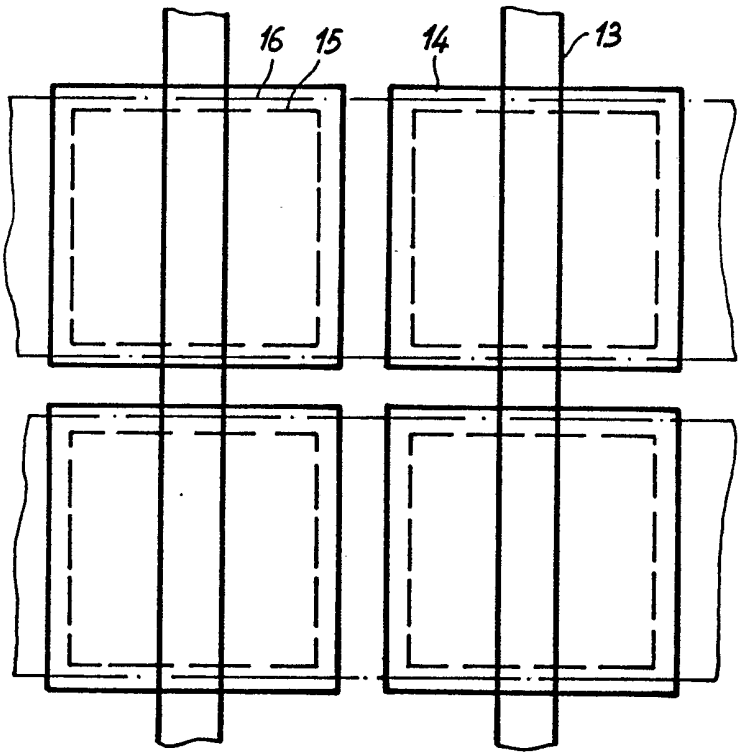
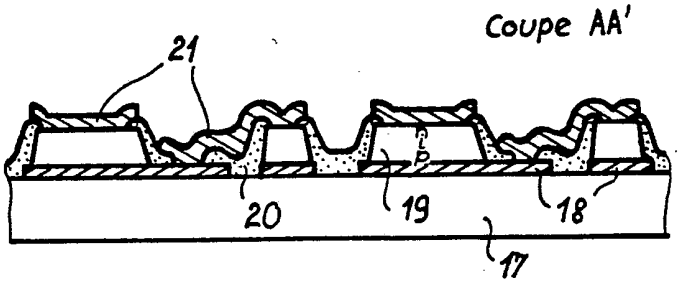


FIG_14b

FIG_15a



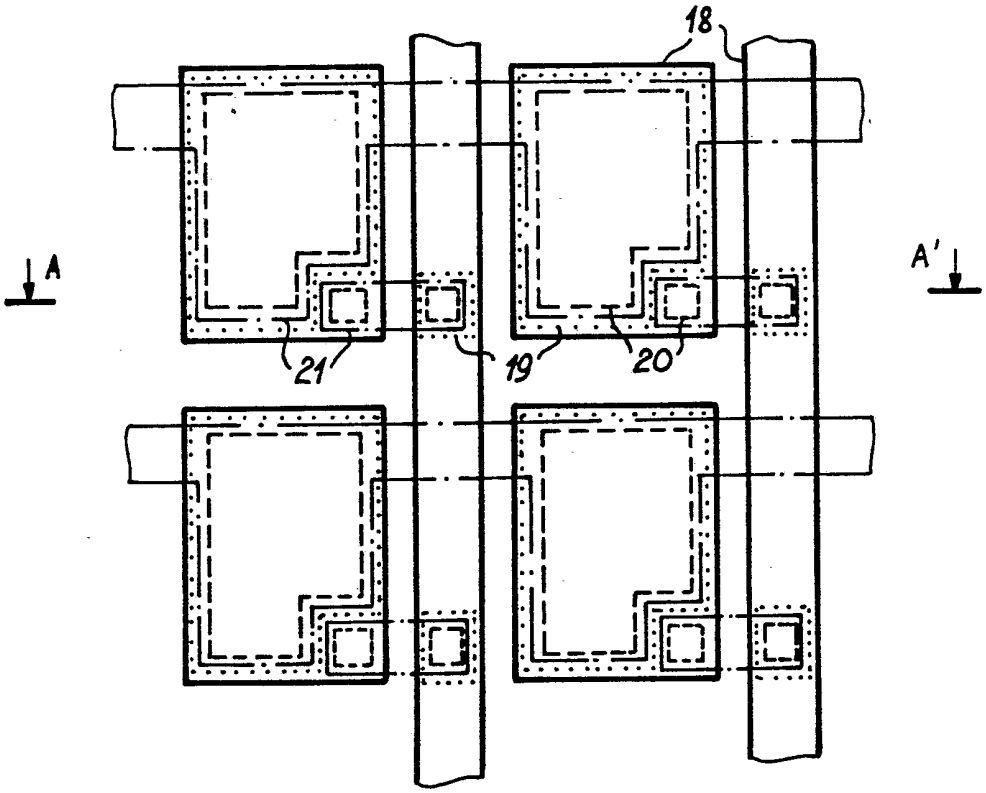


FIG_15b