

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 04.07.97.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.01.99 Bulletin 99/01.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : THOMSON CSF SOCIETE ANONYME — FR.

72) Inventeur(s) : ROSENCHER EMMANUEL et COSTARD ERIC.

73) Titulaire(s) :

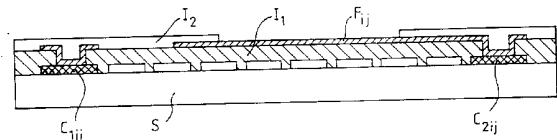
74) Mandataire(s) : THOMSON CSF.

54) COMPOSANT HYBRIDE SEMICONDUCTEUR.

57) L'invention concerne un composant semiconducteur hybride comportant une matrice de pixels photoconducteurs ( $P_{ij}$ ) sur un substrat, hybridés à un circuit de lecture par l'intermédiaire de microbilles.

Chaque pixel comporte une zone photoconductrice ( $D_{ij}$ ) en forme de serpent et deux contacts ohmiques ( $C1_{ij}$ ) et ( $C2_{ij}$ ), à chaque extrémité d'un même serpent. L'ensemble des pixels est recouvert d'une couche de diélectrique comportant des via-trous métallisés, centrés sur les contacts ohmiques, un réseau d'interconnexion pour connecter les contacts ( $C1_{ij}$ ) entre eux, des électrodes ( $E_{ij}$ ) reliées aux contacts ( $C2_{ij}$ ).

Application: Détection infrarouge.



## COMPOSANT HYBRIDE SEMICONDUCTEUR

Le domaine de l'invention est celui des composants semiconducteurs et notamment celui des détecteurs infrarouge.

Actuellement, il existe des détecteurs infrarouge réalisés à partir de matériaux semiconducteurs optimisés pour la détection d'ondes  
5 électromagnétiques à une longueur d'onde donnée. Ainsi pour la gamme 3-5  $\mu\text{m}$ , le détecteur pourra être une jonction p/n InSb ou HgCdTe, des jonctions Schottky Si/PtSi ... Pour la gamme 8-12  $\mu\text{m}$ , les détecteurs pourront être des jonctions p/n HgCdTe, des puits quantiques GaAs/AlGaAs.

Néanmoins, ces matériaux ne conviennent pas pour réaliser  
10 aisément des circuits de lecture des charges photoélectriques détectées ou des circuits de traitement des signaux issus de cette lecture. Ces circuits doivent plutôt être réalisés à partir de silicium, dont la technologie est maintenant bien maîtrisée et donc peu coûteuse. C'est pourquoi, on a essayé de développer des dispositifs mixtes silicium/autre matériau  
15 semiconducteur.

Une solution actuellement largement utilisée industriellement consiste à faire un montage hybride regroupant un composant intégré sur un substrat de silicium et un composant intégré sur un substrat en matériau différent (AsGa, InP, HgCdTe, PbTe). Dans le cas de détecteurs infrarouge,  
20 la technologie d'hybridation la plus utilisée consiste à prendre, comme substrat principal d'hybridation, un substrat silicium sur lequel sont intégrés des circuits de lecture et de traitement électronique, et à souder sur ce circuit intégré, face contre face, un circuit de détection, formé sur un substrat autre que du silicium et comportant les éléments photosensibles. La figure 1  
25 représente un tel montage dans le cas classique d'une hybridation par billes d'indium. Un circuit de détection (substrat 10) comporte des plots de contact 12, reliés à des éléments photosensibles 14 ; le substrat de silicium 15 comporte des plots de contact 16 reliés à des entrées correspondantes des circuits de lecture formés sur ce substrat, les plots des deux composants  
30 intégrés sont disposés exactement en regard les uns des autres et sont soudés ensembles par l'intermédiaire de microbilles 18. L'hybridation des deux substrats se fait donc par une soudure de l'ensemble des plots de contact en vis-à-vis, cette soudure établissant à la fois la liaison mécanique

des deux substrats et la liaison électrique point par point entre chacun des éléments photosensibles et leurs circuits de lecture respectifs.

De manière générale, dans ce type de composant hybride, l'impédance de chaque élément actif doit être suffisamment grande pour que  
5 le courant photocréé puisse être détectable sur un circuit d'impédance compatible avec les technologies actuelles à base de silicium. Typiquement, l'impédance minimale par élément actif est de l'ordre de 10 k ohms. Au-dessous de cette valeur, les difficultés de mesure sont extrêmes. Si la surface d'un élément photodétecteur est  $S$ , la résistance dudit élément est  
10  $\rho d/S$  avec  $\rho$  la résistivité du matériau,  $d$  l'épaisseur de la couche détectrice. Or, dans le cadre de l'imagerie infrarouge, si l'on envisage des matrices avec beaucoup d'éléments de petite taille, typiquement de surface  $S = 50 \times 50 \mu\text{m}^2$  et en utilisant un matériau typique par exemple InSb dopé à  $10^{16} \text{cm}^{-3}$ , de résistivité  $\rho$  égale à  $7,810^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ , on obtient une résistance  
15 par élément actif de  $0,03 \Omega$ , qui ne peut être lue par un circuit de lecture intégrable en micro-électronique silicium.

Pour augmenter la résistance par élément photoconducteur, on peut utiliser une géométrie de type serpentín permettant d'augmenter la surface dudit élément photoconducteur. A titre indicatif, un serpentín de  
20 largeur  $W = 4 \mu\text{m}$  composé de branches espacées de  $1 \mu\text{m}$ , avec 10 branches de serpentín, localisées sur un pixel de  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$  conduit à une résistance de  $10^4 \Omega$ , ce qui devient compatible avec les circuits de lecture actuels, en silicium. Dans ce cas, les prises de contact d'un élément actif, se font toutes en face avant et le courant photocréé est parallèle à la surface et  
25 non plus perpendiculaire à la surface comme dans les composants semiconducteurs hybrides selon l'art connu.

Pour rendre compatible la technologie d'hybridation avec une configuration d'élément actif de type « serpentín », l'invention a pour objet un composant semiconducteur hybride, comportant une matrice de pixels  
30 photoconducteurs sur un substrat, hybridés à un circuit de lecture par l'intermédiaire de microbilles, caractérisé en ce que :

- chaque pixel comporte une zone photoconductrice en forme de serpentín et deux contacts ohmiques, à chaque extrémité d'un même serpentín ;

- l'ensemble des pixels est recouvert d'une première couche diélectrique comportant :

- \* des via-trous métallisés, centrés sur les contacts ohmiques,
- 5       \* un réseau d'interconnexion pour connecter les contacts entre eux,
- \* des électrodes reliées aux contacts, lesdites électrodes ayant des dimensions de l'ordre de grandeur des microbilles et étant connectées auxdites microbilles.

10       Avantageusement, le composant semiconducteur selon l'invention peut comprendre une seconde couche diélectrique recouvrant les via-trous métallisés et ouverte au niveau des électrodes, de manière à augmenter la stabilité dudit composant.

15       Dans le composant semiconducteur selon l'invention, le circuit de lecture peut avantageusement être en silicium, et les zones photoconductrices en forme de serpent, réalisées à partir de matériaux III-V, tels que GaAs, InP ou de matériaux II-IV tels que PbTe ou bien encore de matériaux II-VI tels que HgCdTe.

20       L'invention a aussi pour objet un procédé de fabrication d'un composant semiconducteur hybride comportant une matrice de pixels photoconducteurs sur un substrat, hybridés à un circuit de lecture par l'intermédiaire de microbilles caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- la réalisation d'une couche de matériau photoconducteur sur un substrat ;
- 25       - la réalisation d'éléments en forme de serpent dans la couche de matériau photoconducteur ;
- la réalisation de contacts ohmiques aux extrémités de chaque serpent ;
- le dépôt d'une première couche diélectrique sur l'ensemble des
- 30       éléments ;
- la réalisation de via-trous dans la première couche diélectrique, au niveau des contacts ohmiques ;
- la métallisation desdits via-trous ;
- la réalisation d'électrodes de dimensions voisines de celles des
- 35       microbilles sur la première couche de diélectrique centrée sur

chaque pixel et connectées aux contacts par l'intermédiaire de via-trous métallisés.

La réalisation d'éléments photoconducteurs en forme de serpent in peut être obtenue par gravure de la couche semiconductrice ou bien encore  
5 par une étape d'implantation ionique de ladite couche.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, données à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- 10 - la figure 1 représente un composant semiconducteur hybridé, selon l'art connu ;
- la figure 2 illustre une vue de dessus d'un composant semiconducteur selon l'invention ;
- la figure 3 illustre une vue en coupe d'un composant semiconducteur selon l'invention ;
- 15 - les figures 4a à 4c illustrent les différentes étapes d'un premier exemple de procédé de fabrication d'un composant semiconducteur selon l'invention ,
- les figures 5a et 5b illustrent les différentes étapes d'un second exemple de procédé de fabrication d'un composant  
20 semiconducteur selon l'invention.

Le composant semiconducteur selon l'invention comprend comme illustré en figure 2, un ensemble de pixels  $P_{ij}$  sur un substrat  $S$ . Chaque pixel  $P_{ij}$  comprend un élément photoconducteur  $D_{ij}$  en forme de serpent in, dont les extrémités sont des contacts ohmiques  $C1_{ij}$  et  $C2_{ij}$ . Une couche de  
25 diélectrique non représentée pour la compréhension du composant, recouvre l'ensemble des pixels, et est dégagée au niveau des contacts  $C1_{ij}$  et  $C2_{ij}$  pour réaliser un niveau d'interface avec le circuit de lecture par l'intermédiaire de microbilles. A ce titre, la figure 3 met en évidence cette première couche de diélectrique  $I_1$  déposée à la surface des pixels. La  
30 figure 3 illustre la vue en coupe selon l'axe  $AA'$ , d'un unique pixel. Des via-trous sont réalisés au niveau des contacts  $C1_{ij}$  et  $C2_{ij}$ , puis métallisés. Il devient possible de connecter les contacts  $C1_{ij}$  par un réseau d'interconnexion  $R1$ , de manière à pouvoir polariser l'ensemble des éléments photoconducteurs. Par ailleurs, des électrodes  $E_{ij}$  centrées sur les  
35 pixels sont établies à la surface de la couche  $I_1$  et connectées aux contacts

C2<sub>ij</sub>. Typiquement ces électrodes peuvent avoir un diamètre de l'ordre de 20 µm, adapté à celui des microbilles (In ou PbSn ou autre) qui assurent les liaisons électriques entre les pixels de détecteurs et le circuit de lecture en silicium. Une seconde couche diélectrique isolante I<sub>2</sub> peut être déposée à la surface de l'ensemble puis ouverte pour dégager les électrodes E<sub>ij</sub>. Une telle couche permet d'assurer une meilleure stabilité et permet d'éviter tout contact électrique entre les contacts C1<sub>ij</sub> et les contacts C2<sub>ij</sub> par l'intermédiaire des microbilles.

Nous allons décrire, plus en détails, un premier exemple de procédé de fabrication d'un composant semiconducteur selon l'invention. L'ensemble des pixels est obtenu de manière collective.

Les différentes étapes de réalisation d'un pixel sont illustrées en figure 4. A partir d'un substrat semiconducteur de type matériau III-V, II-IV ou II-VI, on réalise par épitaxie la croissance d'une couche active de matériau photoconducteur. Puis localement on procède au dépôt de métal, qui par recuit diffuse dans la couche de matériau photoconducteur, de manière à constituer les éléments métalliques M1<sub>ij</sub> et M2<sub>ij</sub> comme illustrées en figure 4a.

Dans un second temps, on procède à la réalisation des serpentins. Cette réalisation peut être obtenue par gravure sèche ou humide de manière à définir les éléments D<sub>ij</sub> et les contacts ohmiques C1<sub>ij</sub> et C2<sub>ij</sub> comme illustrés en figure 4b.

On procède alors à la réalisation du niveau d'interface souhaité en :

- déposant un isolant par exemple de polyimide sur l'ensemble de la matrice de serpentins ;
- ouvrant cet isolant localement au niveau des contacts ohmiques C1<sub>ij</sub> et C2<sub>ij</sub> ;
- réalisant des pistes électriques reliant les contacts de polarisation C1<sub>ij</sub> ;
- réalisant les électrodes E<sub>ij</sub> par dépôt puis gravure de la couche métallique par un procédé lift-off classique de l'art connu pour obtenir le pixel illustré en figure 4c.

Selon un second exemple de procédé de fabrication, le serpentins de matériau semiconducteur D<sub>ij</sub> peut être obtenu par implantation ionique

comme illustré en figure 5a, l'étape de réalisation des contacts ohmiques  $C1_{ij}$  et  $C2_{ij}$  étant obtenues à partir des métallisations diffusées  $M1_{ij}$  et  $M2_{ij}$  (comme illustré en figure 4a).

La réalisation du niveau d'interface recherché est analogue à  
5 celui évoqué ci-dessus et est illustré en figure 5b.

Il est à noter que les procédés de gravure, ou d'implantation ionique, permettent typiquement d'obtenir des branches de serpentins de quelques microns séparés également de quelques microns.

## REVENDEICATIONS

1. Composant semiconducteur hybride, comportant une matrice de pixels photoconducteurs ( $P_{ij}$ ) sur un substrat, hybridés à un circuit de lecture par l'intermédiaire de microbilles, caractérisé en ce que :

- 5 - chaque pixel comporte une zone photoconductrice ( $D_{ij}$ ) en forme de serpentín et deux contacts ohmiques ( $C1_{ij}$ ) et ( $C2_{ij}$ ), à chaque extrémité d'un même serpentín ;
- l'ensemble des pixels est recouvert d'une première couche diélectrique comportant :
  - 10 \* des via-trous métallisés, centrés sur les contacts ohmiques,
  - \* un réseau d'interconnexion pour connecter les contacts ( $C1_{ij}$ ) entre eux,
  - \* des électrodes ( $E_{ij}$ ) reliées aux contacts ( $C2_{ij}$ ), lesdites électrodes ayant des dimensions de l'ordre de grandeur des microbilles et étant connectées auxdites microbilles.
- 15

2. Composant semiconducteur hybride, selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, une seconde couche diélectrique recouvrant les via-trous métallisés et ouverte au niveau des électrodes ( $E_{ij}$ ).

3. Composant semiconducteur hybride selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque serpentín ( $D_{ij}$ ) comprend une dizaine de branches de quelques microns de large, séparées d'environ 1  $\mu\text{m}$ .

4. Composant semiconducteur hybride selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le circuit de lecture est en silicium et les zones photoconductrices ( $D_{ij}$ ) sont réalisés en matériau semiconducteur de type composé III-V (GaAs, InP), composé II-IV (PbTe) composé II-VI (HgCdTe).

5. Procédé de fabrication d'un composant semiconducteur hybride comportant une matrice de pixels photoconducteurs ( $P_{ij}$ ) sur un substrat, hybridés à un circuit de lecture par l'intermédiaire de microbilles caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- 30 - la réalisation d'une couche de matériau photoconducteur sur un substrat ;

- la réalisation d'éléments (Dij) en forme de serpent in dans la couche de matériau photoconducteur ;
- la réalisation de contacts ohmiques (C1ij) et (C2ij) aux extrémités de chaque serpent in (Dij) ;
- 5 - le dépôt d'une première couche diélectrique sur l'ensemble des éléments (Dij) ;
- la réalisation de via-trous dans la première couche diélectrique, au niveau des contacts ohmiques (C1ij) et (C2ij) ;
- la métallisation desdits via-trous ;
- 10 - la réalisation d'électrodes (Eij) sur la première couche de diélectrique centrée sur chaque pixel (Pij) et connectées aux contacts (C2ij) par l'intermédiaire de via-trous métallisés.

6. Procédé de fabrication d'un composant semiconducteur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, la réalisation  
15 d'un réseau d'interconnexion sur la première couche de diélectrique, de manière à connecter ensemble les contacts ohmiques (C1ij) par l'intermédiaire de via-trous métallisés.

7. Procédé de fabrication d'un composant semiconducteur selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre,  
20 le dépôt d'une seconde couche diélectrique au-dessus des via-trous métallisés.

8. Procédé de fabrication d'un composant semiconducteur selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend la gravure de la couche de matériau photoconducteur pour définir les éléments en  
25 forme de serpent in (Dij).

9. Procédé de fabrication d'un composant semiconducteur selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'implantation ionique dans la couche de matériau photoconducteur, de manière à définir les éléments en forme de serpent in (Dij).

30

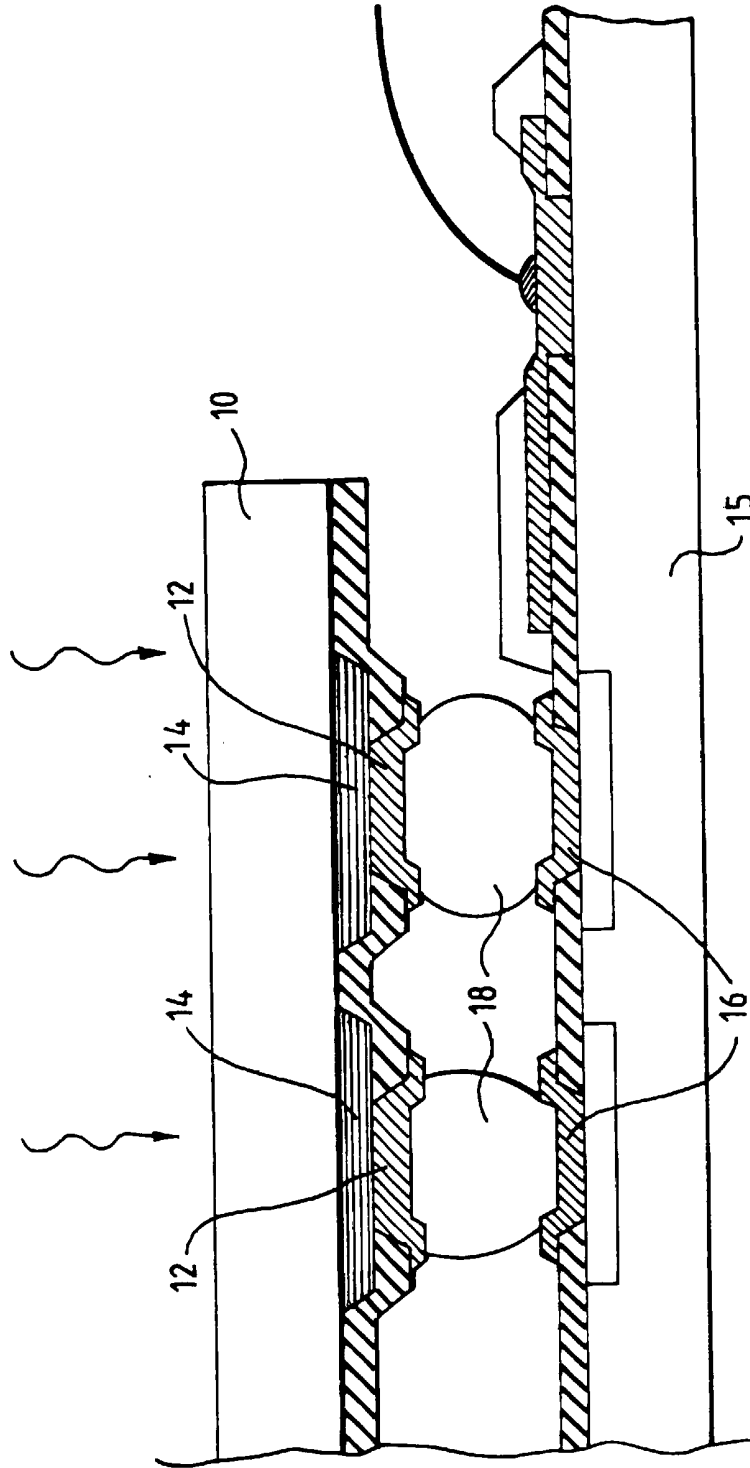


FIG.1

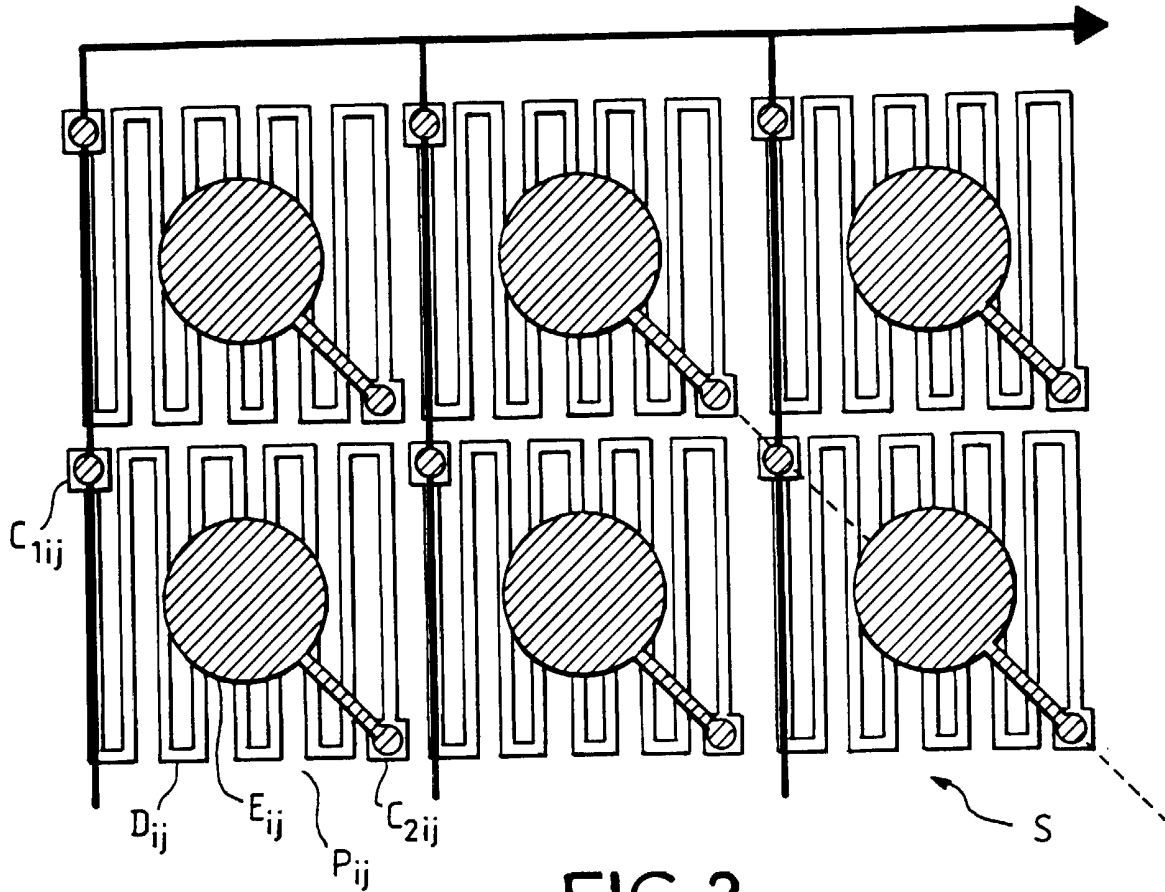


FIG. 2

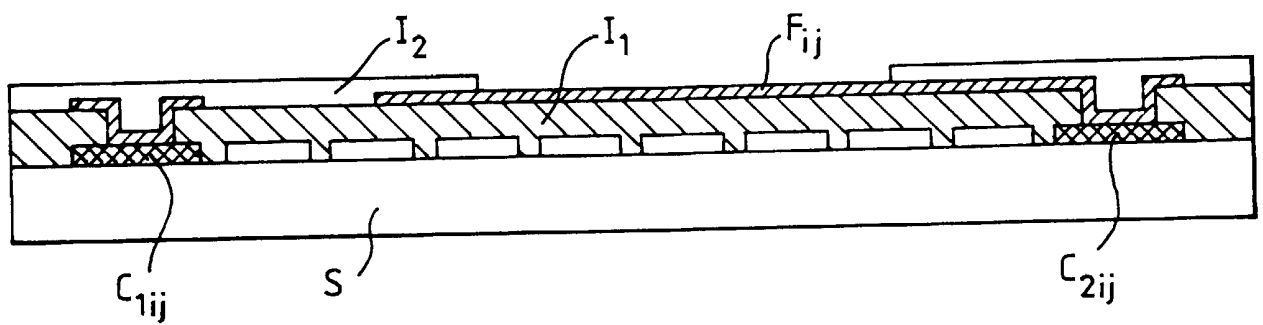


FIG. 3

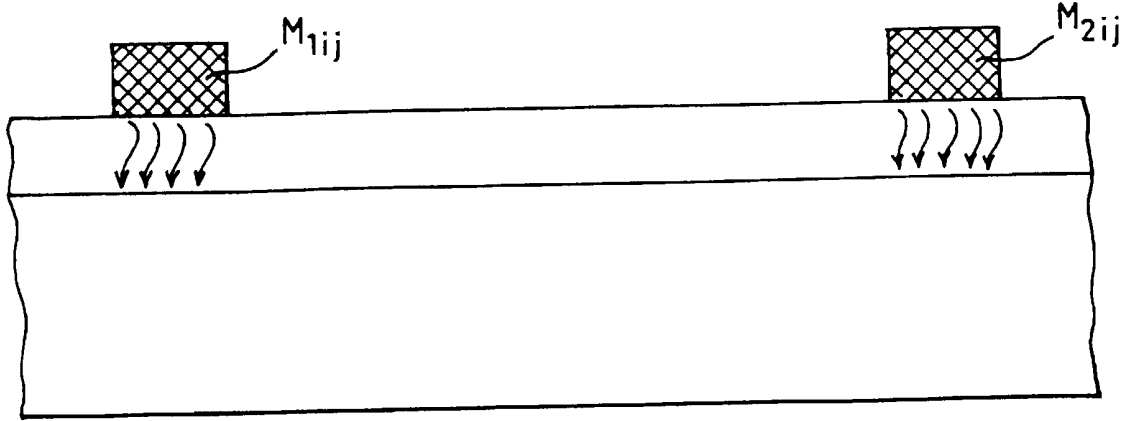


FIG. 4a



FIG. 4b

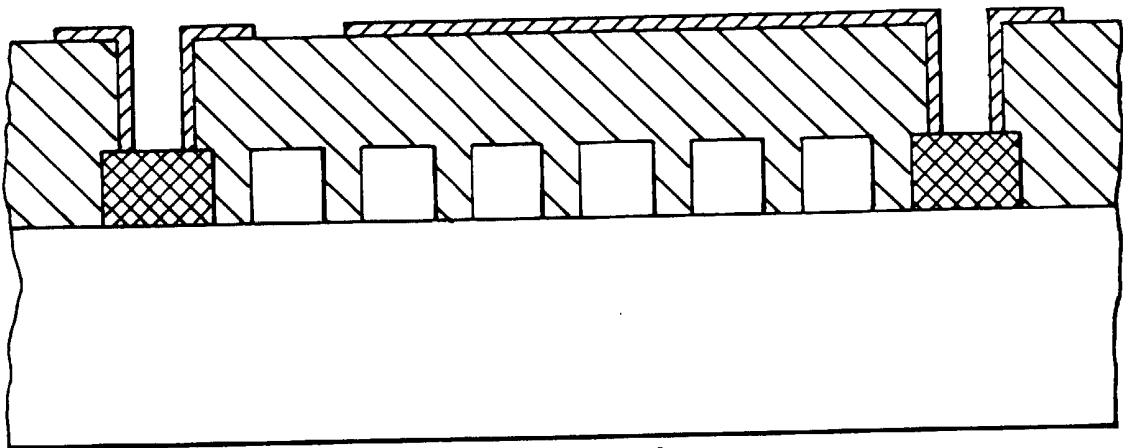


FIG. 4c

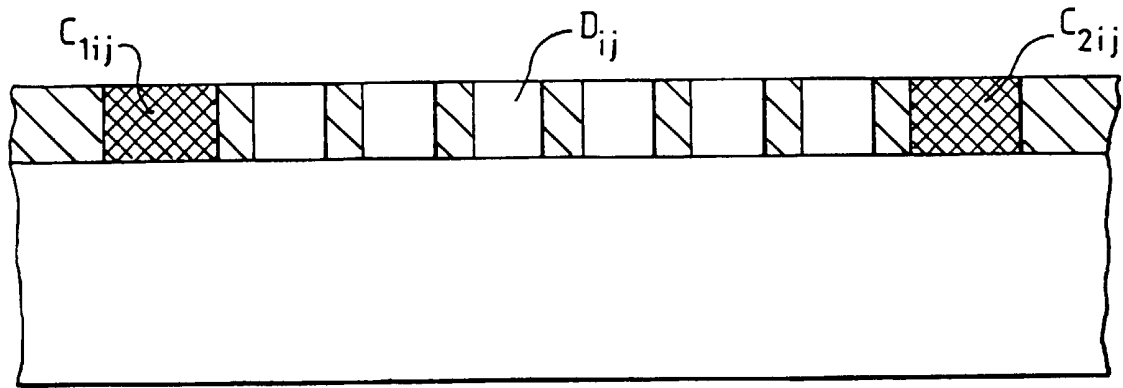


FIG. 5a

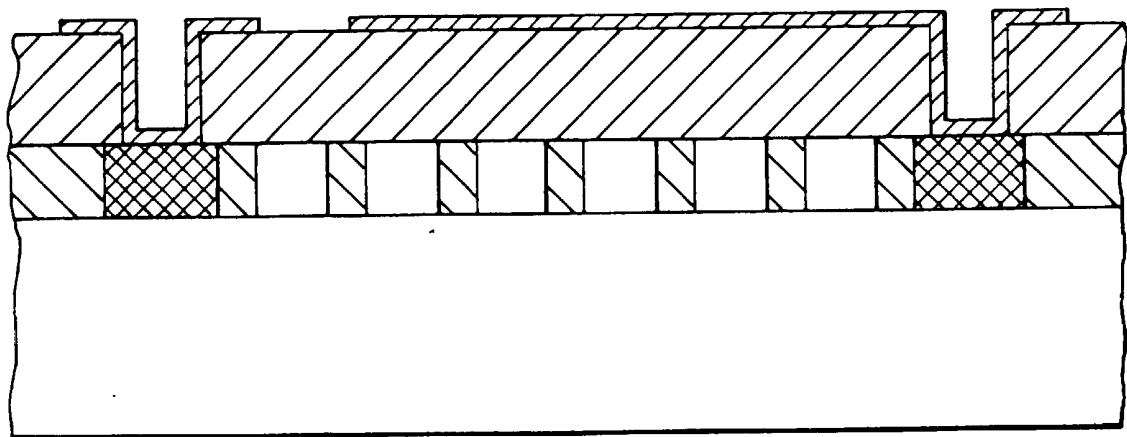


FIG. 5b

INSTITUT NATIONAL

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

de la

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

PROPRIETE INDUSTRIELLE

FA 549846  
FR 9708507

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US 4 258 254 A (ELLIOTT CHARLES T) * le document en entier * ---	1,2,4-8
Y	FR 2 718 570 A (THOMSON CSF) * le document en entier * ---	1,2,4-8
A	EP 0 755 081 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) * le document en entier * ---	1,5
A	US 4 801 802 A (DYSON CLIVE M) * le document en entier * -----	1,5
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
9 mars 1998		Lina, F
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie                      A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général                      O : divulgation non-écrite                      P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention                      E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.                      D : cité dans la demande                      L : cité pour d'autres raisons                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C19)