(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 687 851**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **83 07621**

(51) Int Cl⁵ : H 01 Q 23/00

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 06.05.83.

(30) **Priorité** : 11.05.82 GB 8213349.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 27.08.93 Bulletin 93/34.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :** *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

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

(71) **Demandeur(s) :** *THE SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE IN HER BRITANNIC MAJESTY'S GOVERNMENT OF THE UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND* — GB.

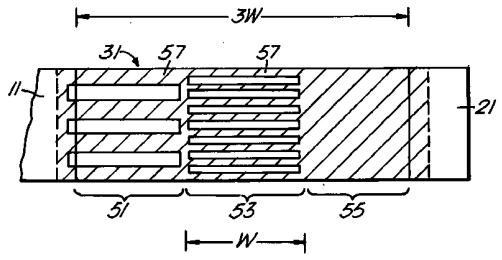
(72) **Inventeur(s) :** Rees Huw David.

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

(74) **Mandataire :** Cabinet Plasseraud.

(54) Dispositif à antenne intégrée avec connexion resistive.

(57) Le dispositif comprend une antenne métallique planar (11) montée sur un corps semi-conducteur et incorporant un élément de circuit actif (diode) intégré. La connexion entre l'antenne et un contact périphérique (21) est assurée à l'aide d'un raccord (31) résistif en feuille subdivisé, par perforations ou inclusions de matériau à haute résistivité, en une multitude de pistes conductrices (57) dont les largeurs et écartements sont petits par rapport à la largeur (W) de l'antenne. Ce raccord assure ainsi à la fois entre l'antenne et le contact une bonne isolation HF et une faible résistance pour les liaisons de polarisation et d'extraction des signaux MF.



FR 2 687 851 - A1

Dispositif à antenne intégrée avec connexion résistive.

L'invention est relative à un dispositif à antenne intégrée - par exemple un récepteur à antenne intégrée -, dispositif comportant un corps en matériau semi-conducteur, une antenne métallique plane ou "planar" supportée par ce corps, et au moins un élément de circuit incorporé audit corps, élément intégré avec l'antenne métallique. Une connexion résistive est établie entre les éléments de circuit et des contacts correspondants éloignés de l'antenne métallique de façon à faciliter le couplage desdits éléments avec des composants opératifs - par exemple avec des composants d'alimentation de type source de puissance ou de polarisation, extérieurs au dispositif, ou avec un circuit de commande d'entrée ou de traitement de sortie -, composants extérieurs au dispositif ou incorporés au corps semi-conducteur en des zones éloignées de l'antenne métallique.

Des récepteurs et émetteurs à antenne intégrée, pour la bande millimétrique, ont été décrits dans "Electronics Letters" Vol. 17, n° 20, pages 729-730 (octobre 1981). Cet article concerne des récepteurs et émetteurs qui comportent chacun une antenne dipôle métallique de type planar sur un corps en matériau hautement diélectrique, par exemple en silicium semi-conducteur, et un élément de circuit actif - par exemple un transistor à effet de champ ou une diode mélangeuse de type barrière Schottky - disposé entre les branches du dipôle et connecté à ces branches.

Pour éviter les perturbations de résonance d'antenne et d'impédance, la charge résistive doit être minimum. Il est nécessaire que les connexions résistives établies présentent

une forte résistivité en feuille à haute fréquence, c'est-à-dire aux fréquences de résonance du dipôle ou aux fréquences voisines. Par exemple pour un dipôle sur un corps en silicium résonant à la demie longueur d'onde, une résistivité en feuille supérieure à 500 ohms au carré est désirable. Réaliser des connexions résistives présentant une forte résistivité en feuille, de façon reproductible, pose un problème. C'est donc un problème de réaliser les dispositifs du genre ci-dessus avec un bon rendement.

Pour éviter un couplage réactif entre l'antenne et les composants opératifs, il est en outre nécessaire que les contacts soient disposés à une certaine distance de l'antenne métallique, c'est-à-dire en des zones où l'amplitude du champ électromagnétique de bordure est minimum, par exemple à une distance de l'antenne de l'ordre de trois fois la largeur du dipôle d'antenne ou davantage.

Par ailleurs les composants opératifs ont en général une basse impédance et pour que le fonctionnement soit optimum, cela requiert que la résistance de chaque connexion soit aussi faible que possible, au moins à basse fréquence, par exemple aux fréquences allant de la fréquence continue à 100 MHz, selon les cas. Mais par exemple une connexion en feuille présentant une résistivité de 500 ohms au carré a une résistance minimum de 1 kilohm environ pour une distance du contact à l'antenne égale à trois largeurs. Une résistance plus faible serait désirable.

Le dispositif à antenne intégrée selon l'invention comporte :

un circuit d'antenne comprenant une antenne métallique de type planar sur un corps semi-conducteur, avec au moins un élément de circuit actif incorporé audit corps et intégré avec l'antenne ;

un contact disposé sur le corps semi-conducteur, en une zone éloignée de l'antenne ;

et une connexion résistive en feuille s'étendant entre le circuit d'antenne et le contact.

Il est essentiellement caractérisé en ce que la connexion en feuille est subdivisée en pistes ou bandes résistives présentant des largeurs et écartements latéraux petits par rapport à la largeur d'antenne.

La feuille peut être ainsi subdivisée par des vides ou perforations, ou par des régions de résistivité très élevée telles que celles produites par bombardement ionique de la feuille ou par attaque de celle-ci à l'aide d'un rayonnement.

Comme la structure de la connexion est à petite échelle - les pistes présentant de faibles largeurs et écartements -, la connexion subdivisée est, à haute fréquence, l'équivalent d'une feuille de résistivité uniforme. La connexion peut ainsi être constituée à partir d'une feuille résistive de relativement faible résistivité, avec les avantages de robustesse et de reproductibilité inhérents aux matériaux correspondants, alors que la connexion présente par elle-même une résistivité en feuille effective beaucoup plus élevée.

De plus, comme le champ de bordure ne présente une amplitude élevée que dans une région proche de l'antenne, la résistivité de feuille effective de chaque connexion peut être modifiée de façon continue ou discontinue de façon à réduire la résistance globale de la connexion à basse fréquence. Cette modification continue ou non peut être obtenue en faisant varier en largeur, écartement et/ou nombre les pistes résistives entre le circuit d'antenne et le contact correspondant : par exemple on peut à cet effet faire varier, dans les divers tronçons de la connexion, la densité et la distribution des vides, ou le nombre et la largeur des pistes.

La connexion entre le contact et le circuit d'antenne peut être établie comme une connexion directe entre le contact et un élément de circuit. Selon une variante, la connexion entre le contact et l'élément de circuit peut être indirecte, c'est-à-dire effectuée par l'intermédiaire de l'antenne métallique, la connexion au circuit étant établie comme une connexion entre le contact et le métal d'antenne lui-même.

Des modes de réalisation de l'invention vont maintenant être décrits à titre purement illustratif et non limitatif en se référant aux dessins ci-annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en plan d'un récepteur à antenne intégrée avec des connexions résistives entre l'antenne métallique et des contacts de polarisation ;
- les figures 2 et 3 montrent plus en détail, respectivement en plan et en section selon X-X, figure 1, l'une des connexions résistives du récepteur montré sur la figure 1 ;
- et les figures 4 à 7 montrent également en coupe des variantes de ladite connexion.

Le récepteur à antenne intégrée montré sur la figure 1 comprend une antenne métallique plane ou "planar" 1 montée sur un corps ou substrat de support 3 en matériau semi-conducteur tel que le silicium. L'isolation entre le métal de l'antenne et le matériau semi-conducteur est réalisée à l'aide d'une couche d'écartement mince 5 d'un matériau diélectrique tel que du bioxyde de silicium obtenu par croissance thermique. Ceci évite la formation de composés intermétalliques entre l'antenne et le semi-conducteur.

L'antenne métallique planar 1 comprend deux dipôles orthogonaux 7 et 9, chacun de ces dipôles étant défini par une paire de bras constitués par des bandes métalliques, savoir respectivement les bras 11, 13 et les bras 15, 17. L'un des quatre bras, savoir le bras 17, est divisé selon sa longueur en deux portions 17A et 17B. Ces portions 17A et 17B sont isolées à basse fréquence, mais à haute fréquence elles sont couplées intimement et se comportent comme un bras unique. Une voie de contact de polarisation correspond à chaque bras, les contacts 21, 23 et 25 correspondant aux bras 11, 13 et 15 et les contacts 27A et 27B correspondant aux portions 17A et 17B du bras divisé 17. Chaque contact est écarté du bord extrême de chaque bras d'une distance égale à trois fois la largeur d'antenne désignée par le symbole W sur les dessins. Des connexions résistives 31, 33, 35, 37A et 37B sont prévues, savoir l'une entre chacun des

contacts 21, 23, 25, 27A et 27B et l'antenne métallique 1.

Au centre de l'antenne métallique 1 sont disposés tête-à-tête et queue-à-queue selon une configuration en anneau quatre éléments de circuit actifs constitués par des diodes mélangeuses barrières de Schottky 41, 43, 45 et 47. Chaque diode 41, 43, 45 et 47 est connectée entre deux bras orthogonaux, savoir respectivement entre les bras 11 et 17, 17 et 13, 13 et 15 et 15 et 11. Chaque diode est incorporée au corps semi-conducteur et dans chaque cas la diode est connectée au métal de l'antenne à travers des fenêtres évidées dans la couche isolante 5 de sorte que chaque élément est intégré à l'antenne. Pour une fréquence particulière, l'un des dipôles - par exemple le dipôle 7 - présente exactement une longueur d'une demi-longueur d'onde $\lambda_{eff}/2$, où λ_{eff} désigne la longueur d'onde d'interface effective. L'impédance de diode est choisie de façon à être accordée à l'impédance de résonance de l'antenne 1.

Le récepteur sert à mélanger les signaux de rayonnement ou radiation de la bande millimétrique de polarisation orthogonale - par exemple un signal de radiation d'entrée polarisé parallèlement à l'un des dipôles -, tel que le dipôle 7, et un signal de référence d'oscillateur local polarisé parallèlement à l'autre dipôle, tel que le dipôle 9 -. Un signal mélangeur de basse fréquence (par exemple de 100 MHz) - savoir la différence de fréquence entre les deux signaux - est développé entre les deux portions de bras 17A et 17B lorsque des courants de polarisation appropriés sont appliqués aux diodes. Les contacts 27A et 27B servent de contacts de sortie. Tous les contacts 21, 23, 25, 27A et 27B doivent être connectés à des composants opératifs externes, savoir des composants d'alimentation de polarisation, pour obtenir les courants de polarisation requis.

La structure de l'une des connexions 31 est montrée en détail sur les figures 2 et 3. Cette connexion 31, qui est constituée en un matériau résistif - par exemple un polysilicium - s'étend entre le bord extrême de l'un des bras

d'antenne 11 et le contact de polarisation correspondant 21. La connexion résistive 31 présente trois tronçons 51, 53 et 55 s'étendant chacun approximativement sur une longueur égale à la largeur d'antenne W. Le premier tronçon 51, le plus proche de l'antenne, présente une résistivité effective élevée, par exemple de 500 ohms au carré ou davantage. Il comprend une grille de pistes résistives 57. La largeur et l'écartement de ces pistes sont petits par rapport à la largeur totale de la connexion, largeur qui est comparable à celle W de l'antenne. Dans le troisième tronçon, le matériau résistif en feuille est uniforme et non divisé. La résistivité de ce tronçon est alors la résistivité en feuille du matériau de connexion, par exemple une résistivité nominale de 100 ohms au carré. Entre ces deux tronçons, dans le tronçon médian 53, le matériau en feuille est également divisé, mais les nombre, largeur et écartement des pistes résistives 57 sont différents de ceux du premier tronçon 51. La résistivité effective présente une valeur intermédiaire telle que 300 ohms au carré. La résistance totale entre le bras d'antenne 11 et le contact 21 est d'environ 900 ohms pour une résistivité en feuille du polysilicium de l'ordre de 100 ohms au carré. La résistivité effective varie de façon discontinue le long de la connexion, mais dans le tronçon le plus proche de l'antenne, où une haute résistivité est requise a priori, la résistivité effective est de 500 ohms au carré.

Les connexions résistives 31 à 37B peuvent être formées simultanément pendant la fabrication du dispositif. Une couche de polysilicium est déposée sur la surface en oxyde de silicium du corps semi-conducteur. Cette couche peut être mise en forme de lignes ou "dessinée" à ce stade de la fabrication en utilisant un masque préformé. Selon une variante le "dessin" de la connexion peut être tracé par photolithographie classique et les vides compris entre les pistes résistives peuvent être formés par gravure. A la suite de cela le métal de l'antenne et les contacts sont formés par évaporation

d'une couche métallique, par photolithographie et par une gravure finale.

Dans l'exemple montré, l'antenne est résonante à une fréquence de 90 GHz et la longueur et la largeur d'antenne à l'interface silicium/air sont respectivement d'environ 600 microns et 50 à 100 microns. L'écartement entre les pistes est inférieur à 20 microns.

En général, la résistivité en feuille du matériau résistif est inférieure à 500 ohms au carré, mais il ne doit pas être bas au point d'agir comme une couche métallique aux fréquences élevées. Une limite inférieure raisonnable pour cette résistivité est l'impédance caractéristique du semi-conducteur, c'est-à-dire environ 100 ohms au carré, valeur choisie pour l'exemple ci-dessus.

Sur la figure 1, le couplage haute fréquence entre les tronçons fendus 17A et 17B du bras 17 peut être amélioré en utilisant un recouvrement métallique isolé 19. Ce recouvrement 19 est isolé par rapport aux portions de bras métalliques 17A et 17B et par rapport aux connexions correspondantes 37A et 37B par une couche 20 de matériau isolant (voir figure 4).

Comme variante de ce revêtement, chaque connexion résistive - par exemple la connexion 31 - peut être incorporée au corps 3 de matériau semi-conducteur (voir figure 5). Ceci peut être effectué pendant la fabrication du dispositif en implantant et en annihilant des donneurs ou accepteurs appropriés en utilisant un masque dessiné de façon appropriée pour tracer la configuration de la connexion.

Dans les variantes représentées sur les figures 6 et 7, une connexion directe est établie jusqu'à un élément de circuit actif 61 disposé sous le métal de l'antenne 1. Cet élément peut être par exemple un transistor amplificateur disposé au-dessous du bras fendu 17 de la figure 1, utilisé pour une pré-amplification de signal de sortie. La connexion résistive 63 peut être effectuée par un matériau de recouvrement (voir figure 5) ou par un matériau incorporé (voir

figure 7).

Dans les structures en rangées qui comprennent plusieurs antennes rapprochées côte à côte, il peut être avantageux de former les connexions avec les bords latéraux de chaque antenne plutôt qu'avec leurs bords d'extrémité .

Comme il va de soi, et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation, qui ont été plus spécialement envisagés ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDICATIONS

1. Dispositif à antenne intégrée comprenant une antenne métallique planar (11) supportée sur la surface d'un corps semi-conducteur (3) et présentant une connexion (31) s'étendant entre l'antenne et un contact périphérique (21), caractérisé en ce que la connexion (31) est constituée par un matériau résistif en feuille et est subdivisée en pistes résistives (57) dont les largeurs et écartements respectifs sont petits par rapport à la largeur de l'antenne (11).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les pistes résistives (57) sont séparées par des vides formés dans la feuille.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les pistes résistives (57) sont séparées par des portions en un matériau de résistivité plus élevée.

4. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé en ce que la résistivité en feuille effective de la connexion (31) à basse fréquence évolue de façon continue ou discontinue de façon à réduire la résistance globale de la connexion (31).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la largeur, l'écartement ou le nombre des pistes (57) varient avec la distance à l'antenne.

6. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé en ce que la connexion (31) est formée dans le matériau du corps semi-conducteur (3) par des pistes implantées (57) de matériau dopant.

Fig. 1.

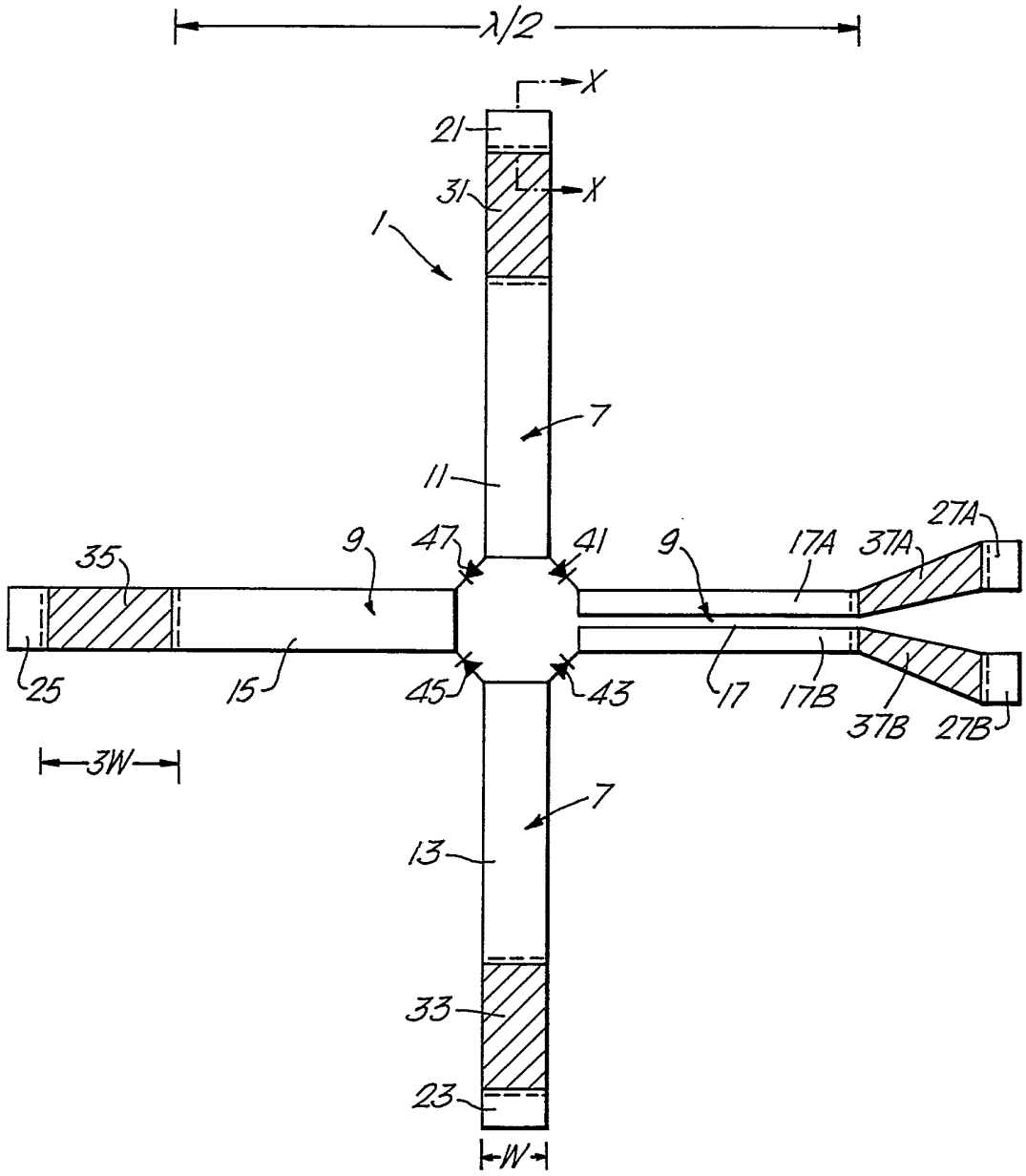

λ/2
X
21
31
X
1
7
11
9
47
41
9
35
17A
37A
27A
25
15
45
43
17
17B
37B
27B
3W
7
13
33
23
W

Fig. 2.

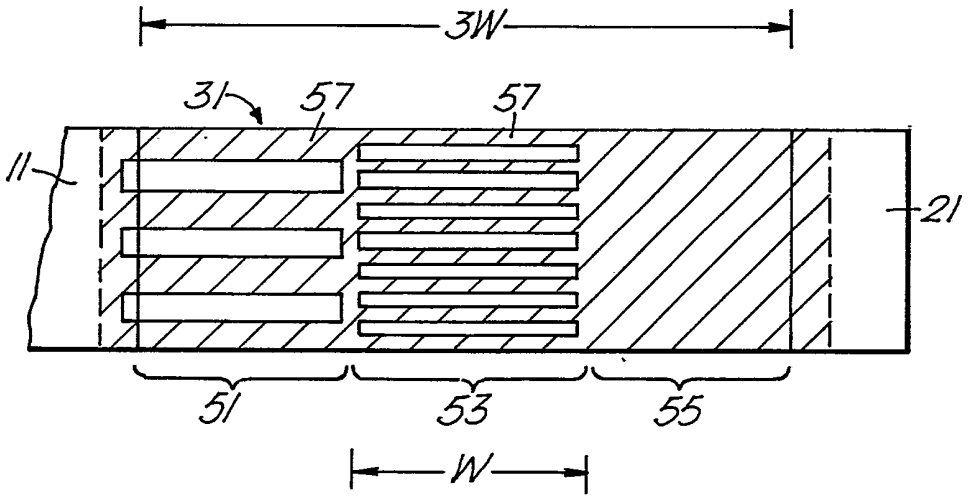
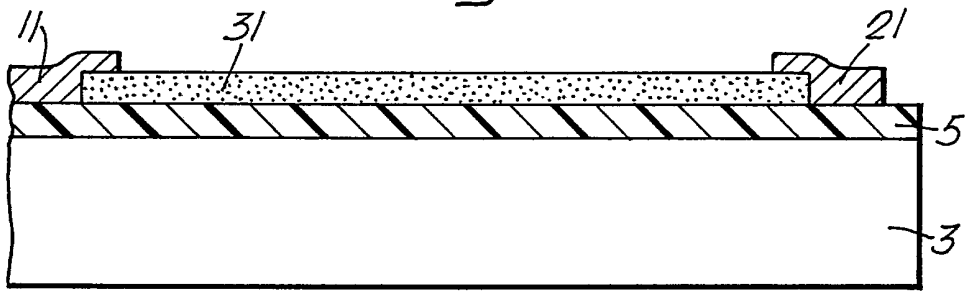


Fig. 3.



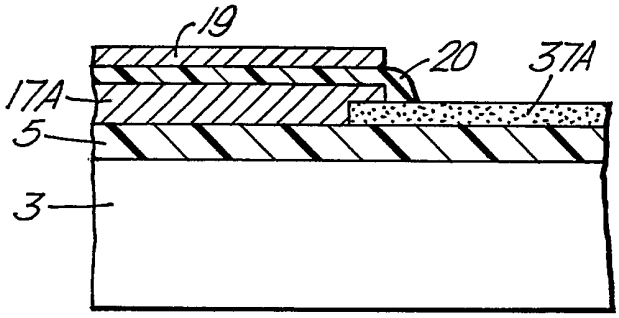


Fig. 4.

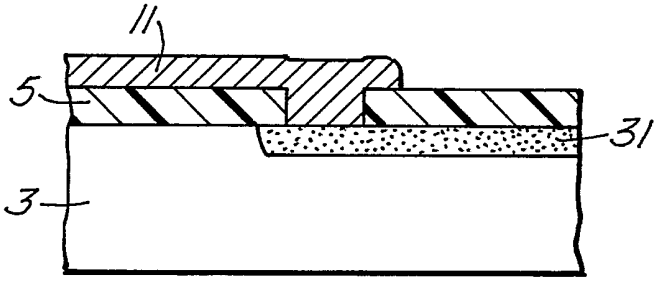


Fig. 5.

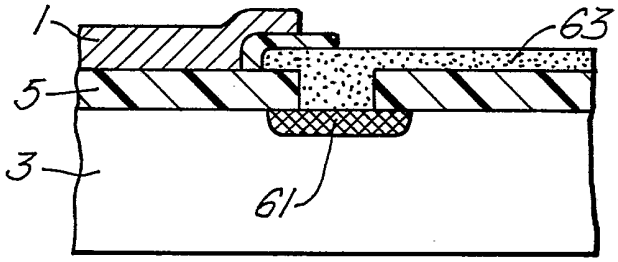


Fig. 6.

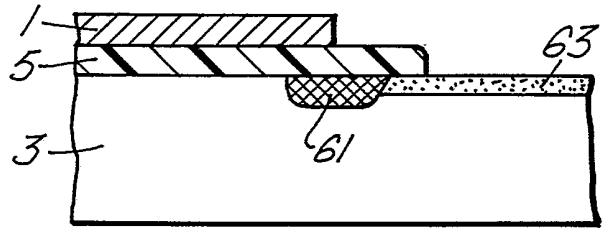


Fig. 7.