

12

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **90109889.7**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01P 3/00, H01Q 21/06**

22 Date de dépôt: **23.05.90**

30 Priorité: **24.05.89 FR 8906783**

43 Date de publication de la demande:  
**28.11.90 Bulletin 90/48**

64 Etats contractants désignés:  
**DE FR GB IT SE**

71 Demandeur: **ALCATEL ESPACE**  
**11, avenue Dubonnet**  
**F-92407 Courbevoie Cédex(FR)**

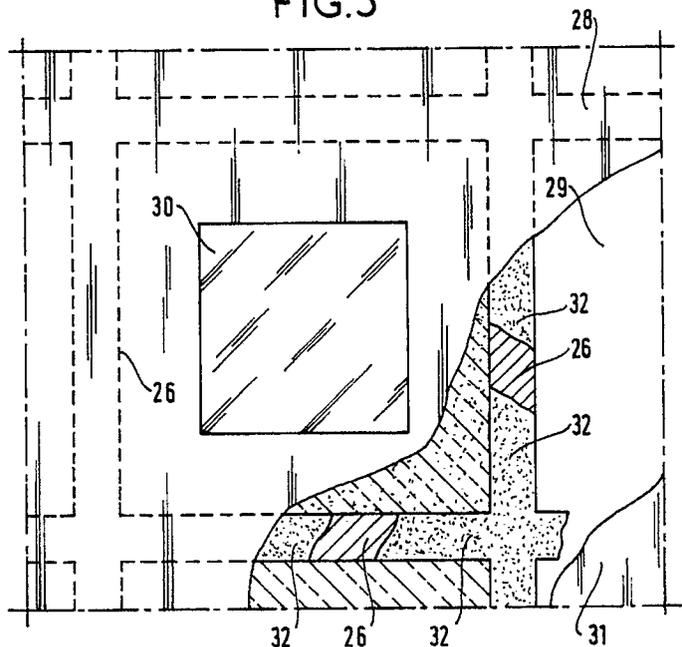
72 Inventeur: **Raguenet, Gérard**  
**2868 Route Plantaurel, Labarthe Sur Leze**  
**F-31120 Portet Sur Garonne(FR)**  
Inventeur: **Remondiere, Olivier**  
**25bis, chemin de Montbel**  
**F-31270 Frouzins(FR)**

74 Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al**  
**Lennéstrasse 9 Postfach 24**  
**D-8133 Feldafing(DE)**

54 **Structure de réalisation de circuits et composants appliquée aux hyperfréquences.**

57 L'invention concerne une structure de réalisation de circuits et composants appliquée aux hyperfréquences, dans laquelle les fonctions mécanique et électrique sont globalement intégrées, mais localement dissociées. Application notamment au domaine spatial (antennes spatiales).

**FIG.5**



**EP 0 399 524 A1**

## Structure de réalisation de circuits et composants appliquée aux hyperfréquences.

L'invention concerne une structure de réalisation de circuits et composants appliquée aux hyperfréquences.

Le développement croissant de l'utilisation des ondes électromagnétiques dans des domaines aussi divers que télécommunications, applications médicales, radar ... a conduit à varier les techniques mises en oeuvre afin, d'une part, de maîtriser leur propagation, d'autre part, d'en maîtriser leur rayonnement. Les moyens mis en oeuvre dans un cas comme dans l'autre sont définis par les caractéristiques générales radio-électriques requises : bandes de fréquence, puissances nécessaires, niveaux de pertes admissibles, niveaux de complexité de la connectique, mission au sens large du terme, ainsi que par un ensemble non spécifiquement radioélectrique d'autres critères mettant en jeu des paramètres comme la masse, le volume des circuits ou encore la plage de températures admissibles que devront supporter les technologies utilisées. L'ensemble de ces contraintes supplémentaires sont, là aussi, régies par l'aspect "mission au sens large" ; le choix précis d'une technologie devant aussi bien intégrer des critères d'ordre radioélectrique que des critères d'ordre mécanique, structural et thermique.

On comprend aisément que les données d'environnement et d'implantation soient différentes lorsqu'il s'agit de monter un équipement hyperfréquence sur un satellite, un avion, ou dans un sous-marin par exemple et que ceci ait un impact sur la définition et le choix de la technologie requise pour réaliser l'équipement.

Le moyen sans doute le plus connu pour véhiculer une onde électromagnétique est sans conteste le tube creux. Celui-ci peut revêtir des formes simples de section rectangulaire ou circulaire ou encore des formes plus élaborées par exemple section hexagonale. Son champ d'utilisation en fréquence est très large de quelques gigahertz à plusieurs centaines de gigahertz, c'est-à-dire du centimétrique ou sub-millimétrique. En deçà de quelques gigahertz, l'emploi du guide d'onde s'avère difficile en raison de son encombrement et de sa masse. D'autres types de propagation sont alors utilisées.

De façon non exhaustive on peut citer :

- les lignes coaxiales et dérivées,
- les lignes triplaques,
- les lignes "microstrip" et dérivées,

qui sont largement utilisées pour propager des signaux allant du continu jusqu'à quelques dizaines de gigahertz. De façon simple on peut dire que les propriétés radioélectriques (impédance, constante de propagation etc...) résultent du positionnement de deux conducteurs l'un par rapport à l'autre à l'aide d'un matériau support ou espaceur diélectrique. Dans la pratique on emploie couramment des matériaux dont les constantes diélectriques varient de 1 à 10, voire 40 pour certaines applications.

En ce qui concerne le rayonnement sont apparus depuis une dizaine d'années des éléments rayonnants remarquables quant à leur simplicité de réalisation et à leurs caractéristiques de légèreté et capacité à être conformés : Ce sont les antennes imprimées dont la réalisation de principe utilise un élément résonnant gravé sur un support diélectrique, l'ensemble étant implanté sur un plan de masse. Là encore, de tels concepts, permettent de proposer des solutions très compétitives en termes de volume, compacité et masse.

Ces deux pôles d'intérêts (réalisation de circuits et d'éléments rayonnants) ont conduits les fabricants à proposer une gamme de plus en plus vaste de matériaux diélectriques possédant des domaines d'application de plus en plus étendus.

Les contraintes d'utilisation en environnement spatial sont bien connues et portent en général sur :

- la masse des équipements,
- les plages de température et les contraintes thermiques,
- les niveaux de vibration,
- la stabilité physique au vide (non dégazage).

L'invention a pour objet de proposer une réalisation de substrats à permittivité variable.

A cet effet, l'invention propose une structure de réalisation de circuits et composants appliquée aux hyperfréquences, dans laquelle les fonctions mécanique et électrique sont globalement intégrées, mais localement dissociées ; une structure mécanique formant une enceinte dans laquelle est disposé un pavé de matériau diélectrique. De part et d'autre de l'ensemble structure mécanique-pavé diélectrique est disposée une couche de matériau diélectrique, la première supportant un élément conducteur disposé au-dessus du pavé diélectrique, l'autre supportant un plan de masse métallique, une couche de collage étant disposée entre la structure mécanique et chacune des deux couches diélectriques.

L'intérêt de l'invention résulte de sa versatilité et de son gain de masse considérable par rapport à des

solutions plus conventionnelles. Sa simplicité de réaliser des diélectriques à constante quelconque et sa faible masse rendent cette solution très attractive pour des utilisations spatiales.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre, à titre d'exemple non limitatif, en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- 5 - les figures 1, 2 et 3 illustrent des réalisations de l'art connu ;
- les figures 4 et 5 illustrent une vue en coupe et une vue de dessus, en partie éclatée, d'une structure de circuits et composants appliquée aux hyperfréquences selon l'invention.

Pour la réalisation d'une structure(respectivement de circuits de propagation) telle que représentée à la figure 1, le problème principal de conception est de maintenir un élément conducteur 10 à une distance  
10 précise d'un plan de masse 11 (respectivement de deux plans de masse).

Le milieu 12, ainsi délimité par l'élément conducteur 10, le (ou les) plan(s) de masse 11 et une distance caractéristique  $d$  choisie lors de la conception en fonction de son influence sur les phénomènes d'interaction entre le champ électromagnétique et la matière contenue dans ce milieu, doit présenter les caractéristiques électriques  $\epsilon_r$  (constante diélectrique) et  $\operatorname{tg} \delta$  (facteur de perte) choisies par le concepteur.

15 D'autre part, l'ensemble du dispositif doit présenter des performances compatibles avec son utilisation. Par exemple, pour une application spatiale, les performances principales seront :

- légèreté,
- rigidité,
- tenue en température (typiquement  $130^\circ \text{C}$ ),
- 20 - faible dégazage,
- stabilité dimensionnelle (faible coefficient de dilatation thermique, faible coefficient de dilatation par désorption d'humidité, conductivité thermique élevée).

Plusieurs solutions d'un point de vue radioélectrique sont habituellement retenues.

Ainsi, dans le domaine d'un circuit de propagation, on peut conférer, comme représenté sur la figure 2,  
25 une rigidité importante aux plans de masse 17 et il est ainsi possible de maintenir entre-eux le conducteur 15 et le matériau diélectrique 16. On a alors le conducteur central 15 disposé entre deux couches 16 de matériau diélectrique, deux structures 17 formant plan de masse étant situées de part et d'autre de cet ensemble. Chacune de ces structures est formée par exemple d'un "sandwich" peau de carbone 18-"nid d'abeille" en aluminium 19-peau de carbone 20, la peau de carbone 20 située vers l'intérieur étant  
30 métallisée 21. Le matériau diélectrique 15 peut être réalisé en "nid d'abeille", en mousse organique ou par des entretoises diélectriques par exemple.

Le matériau diélectrique 15 est choisi pour ses performances radioélectriques, ce qui permet une grande latitude de choix. On peut finalement obtenir une solution performante du point de vue radioélectrique. En revanche l'addition d'éléments mécaniques (rigidification des plans de masse, maintien du  
35 conducteur central et du milieu diélectrique) conduit à de faibles performances mécaniques. Ce type de solution est donc bien adapté pour des dispositifs de faibles dimensions (surfaces typiquement inférieures à  $0,5 \text{ m}^2$ ) et/ou pour des dispositifs où les plans de masse sont utilisés pour assurer des fonctions mécaniques supplémentaires (maintien d'éléments rayonnants de type cornets ou hélices par exemple).

Dans le cas où des performances mécaniques élevées sont demandées (cas de grandes antennes par  
40 exemple), des solutions radicalement opposées sont généralement retenues. Celles-ci consistent en effet en une intégration totale des fonctions mécanique et électrique. Ceci est obtenu, comme représenté sur la figure 3, en faisant participer le matériau diélectrique 22 à la rigidité mécanique de l'ensemble par collage notamment. On a alors le conducteur central métallique 25 disposé entre deux couches de diélectrique 22, et deux plans métalliques 23 formant des plans de masse, des couches de collage 24 étant situées entre  
45 chacun des plans au contact. L'intérêt est alors d'utiliser des matériaux à forte rigidité spécifique (matériaux composites par exemple) le plus loin possible de la fibre neutre du "sandwich" (surfaces inférieure et supérieure du panneau) et de coller entre ces faces un matériau ayant de bonnes propriétés de cisaillement et une faible masse volumique ("Nid-d'abeille", par exemple). Ce principe est bien adapté pour la réalisation de dispositifs de grandes dimensions où l'on cherche une masse surfacique très faible (antenne,  
50 répartiteur,  $5 \text{ kg/m}^2$  typiquement). Les contraintes à prendre alors en compte pour le choix du matériau diélectrique sont très fortes, puisqu'il doit satisfaire les exigences radioélectriques, mécaniques et de tenue à l'environnement. On arrive généralement à un bon compromis, mais les performances électriques ne sont pas toujours suffisantes (facteur de perte trop élevé dû à la présence de films de colle) ou même les performances mécaniques peuvent se trouver détériorées (si l'on veut par exemple utiliser un diélectrique  
55 à constante supérieure à 2 avec une épaisseur supérieure au millimètre).

L'invention concerne une structure dans laquelle les fonctions électrique et mécanique sont globalement intégrées, mais localement dissociées.

Comme représenté sur les figures 4 et 5, la structure selon l'invention comprend une structure

mécanique 26 formant une enceinte 33 dans laquelle peut être disposé un pavé 27 de matériau diélectrique. De part et d'autre de l'ensemble ainsi formé est disposé une couche de matériau diélectrique 28, (29), la première 28 supportant l'élément conducteur 30 disposé au-dessus du pavé diélectrique 27, l'autre 29 supportant le plan de masse 31 métallique. Une couche de collage 32 est disposée entre la structure mécanique et chacune des deux couches diélectriques.

Ainsi, dans la structure suivant l'invention, le milieu au voisinage de l'élément conducteur est constitué d'un matériau diélectrique dont les critères de choix sont principalement électriques ( $\epsilon_r$ ,  $\text{tg } \delta$ ) et qui ne participe pas à la rigidité mécanique de l'ensemble. Au-delà de ce voisinage, une structure mécanique permet de contenir le matériau diélectrique précédent et de garantir les performances mécaniques globales du dispositif. Les critères de choix des matériaux constituant cette structure étant principalement mécaniques ( $E/\rho$ ,  $E$  = module d'Young,  $\rho$  masse volumique), celle-ci peut être très efficace.

Les avantages de l'invention sont les suivants :

- performances radioélectriques élevées et ajustables ( $\epsilon_r$ ) : un matériau diélectrique quelconque pouvant être utilisé, pourvu qu'il soit léger et résistant à l'environnement, de plus il n'est pas fait appel à un film de colle,
- performances mécaniques élevées : la structure étant réalisées à l'aide du matériau le mieux adapté, voire même à l'aide d'un matériau conducteur (composite à renfort graphite par exemple) si cela est admissible du point de vue radioélectrique.

Dans un premier exemple de réalisation on peut réaliser, avec une hauteur  $h$  par exemple de 3 mm, une antenne imprimée sur diélectrique ayant les performances recherchées suivantes :

- $\epsilon_r = 2,5$
- $\text{tg } \delta$  aussi faible que possible
- $E/\rho$  (rigidité spécifique) aussi élevée que possible.

Avec les dispositifs de l'art connu, où l'on intègre les fonctions mécanique et électrique. les matériaux les mieux adaptés sont des matrices PTFE (polytétrafluoréthylène) à renfort de verre. En effet, les matrices epoxyde et polyimide, bien qu'elles permettent d'atteindre des propriétés mécaniques supérieures, font remonter les valeurs de  $\epsilon_r$  et  $\text{tg } \delta$ .

On a ainsi le tableau suivant :

30

Matériau	$\epsilon_r$	$\text{tg } \delta \times 10^{-4}$	$E/\rho \times 10^5$ (SI)
Verre/PTFE	2.5	9	6
Quartz/polyimide	3.6	40	100
Kevlar/epoxy	3.9	130	193

35

d'où les performances suivantes :

- Radiofréquence (RF)
  - .  $\text{tg } \delta = 9 \cdot 10^{-4}$
- Mécanique
  - .  $\gamma = 6,99 \text{ kg/m}^2$  (masse surfacique brute : sans connecteur, contrôle thermique,...)
  - .  $f = 13 \text{ Hz}$  (première fréquence de résonance pour une plaque carrée de 0,5 m de côté, dont les bords sont simplement supportés).

45

Alors que dans le cas du dispositif de l'invention le matériau diélectrique est choisi pour ses propriétés radioélectriques uniquement. Par exemple, avec du feutre d'Alumine on obtient :  $\rho = 750 \text{ kg.m}^3$   $\epsilon_r = 2,5$   $\text{tg } \delta = 2 \cdot 10^{-4}$  (en supposant une variation linéaire de  $\epsilon_r$  et  $\text{tg } \delta$  en fonction de la densité).

Le matériau constituant la structure est lui choisi principalement pour ses caractéristiques mécaniques.

Les performances obtenues dans cet exemple sont :

- radiofréquence :  $\text{tg } \delta = 2 \cdot 10^{-4}$
- mécanique (avec une structure en Kevlar/epoxy, de largeur 2 mm) :
  - .  $f = 19,8 \text{ Hz}$
  - .  $\gamma = 2,83 \text{ kg/m}^2$

55

Avec un dispositif suivant l'invention, le gain peut donc être d'un facteur 4 sur les pertes R.F. et d'un facteur environ 2,5 sur la masse.

Dans un second exemple de réalisation on peut réaliser une antenne imprimée sur diélectrique ayant une constante la plus proche possible de 1, avec une distance patch/plan de masse = 6 mm, les

performances recherchées étant celles du premier exemple de réalisation avec  $\epsilon_r \approx 1$ .

Avec les dispositifs de l'art connu, où l'on intègre les fonctions mécanique et électrique, les architectures les mieux adaptées sont obtenues par collage d'un matériau organique très aéré (mousse, nid d'abeilles) entre les substrats supportant les éléments rayonnants et le plan de masse par l'intermédiaire de films de colle ou de couches de matériaux composites.

On obtient les performances suivantes :

- radiofréquence :  $\epsilon_r \approx 1,04$
- .  $\text{tg} \delta \approx 6.10^{-4}$
- mécanique :  $\gamma \approx 0,928 \text{ kg/m}^2$
- .  $f \approx 107 \text{ Hz}$

Par contre en utilisant le dispositif selon l'invention le volume sous l'élément rayonnant restant vide, on obtient les performances suivantes :

- Radiofréquence :  $\epsilon_r = 1$
- $\text{tg} \delta \approx 0$
- mécanique (avec une structure en fibres de carbone) :
- .  $\gamma = 1,126 \text{ kg/m}^2$  (même fréquence de résonance  $f = 107 \text{ Hz}$ )

Pour un accroissement de masse d'environ 20%, on réalise un élément rayonnant pour lequel les pertes sont pratiquement nulles.

Les composants de l'élément rayonnant selon l'invention peuvent être réalisés en utilisant de nombreux matériaux, ainsi :

- la structure mécanique 26 peut être réalisée en matériaux composites à base, par exemple :
  - . de Kevlar ;
  - . de carbone ;
  - . de verre ;
- . ou de tout autre renfort :

Le matériau diélectrique utilisé peut être :

- . de la céramique ( $\epsilon_r > 1$ ) ; (céramique aérée, ou fibre de céramique ou feutre de céramique)
- . un matériau organique ou composite ( $\epsilon_r > 1$ )
- le volume peut être rempli :
  - . de gaz ;
  - . d'air ;
  - . de vide.

Il est bien entendu que la présente invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et que l'on pourra remplacer ses éléments constitutifs par des éléments équivalents sans, pour autant, sortir du cadre de l'invention.

## Revendications

1/ Structure de réalisation de circuits et composants appliquée aux hyperfréquences, dans laquelle les fonctions mécanique et électrique sont globalement intégrées, mais localement dissociées, la fonction mécanique étant assurée par une structure mécanique (26) formant une enceinte (33), caractérisée en ce qu'un pavé de matériau diélectrique (27) est disposé dans ladite enceinte ; et en ce que de part et d'autre de l'ensemble structure mécanique (26) pavé diélectrique (27) sont disposés un élément conducteur (30), et un plan de masse métallique (31), extérieurs par rapport audit ensemble (26, 27).

2/ Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'une première couche de matériau diélectrique (28) supporte l'élément conducteur (30) disposé au dessus du pavé diélectrique (27).

3/ Structure selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce qu'une seconde couche diélectrique (29) supporte le plan de masse métallique (31).

4/ Structure selon la revendication 3, caractérisée en ce qu'une couche de collage (32) est disposée entre la structure mécanique (26) et chacune de ces deux couches diélectriques (28 et 29).

5/ Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la fonction mécanique est assurée par une structure mécanique (26) située en dehors des volumes de matière sous les éléments conducteurs (30).

6/ Structure selon la revendication 5, caractérisée en ce que le volume disponible sous les éléments conducteurs (30) présente les caractéristiques désirées du point de vue électrique.

7/ Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que la structure mécanique est réalisée en matériau composite.

8/ Structure selon la revendication 7, caractérisée en ce que le matériau composite utilisé est à base de fibre de Kevlar.

9/ Structure selon la revendication 7, caractérisée en ce que le matériau composite utilisé est à base de carbone.

5 10/ Structure selon la revendication 7, caractérisée en ce que le matériau composite utilisé est à base de verre.

11/ Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que, pour obtenir la constante diélectrique voulue, l'enceinte (33) est remplie d'un gaz.

12/ Structure selon la revendication 11, caractérisée en ce que le gaz a une pression très faible.

10 13/ Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le matériau diélectrique utilisé comporte de la céramique.

14/ Structure selon la revendication 13, caractérisé en ce que la céramique est aérée.

15/ Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que le matériau diélectrique utilisé comporte un matériau organique ou composite.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

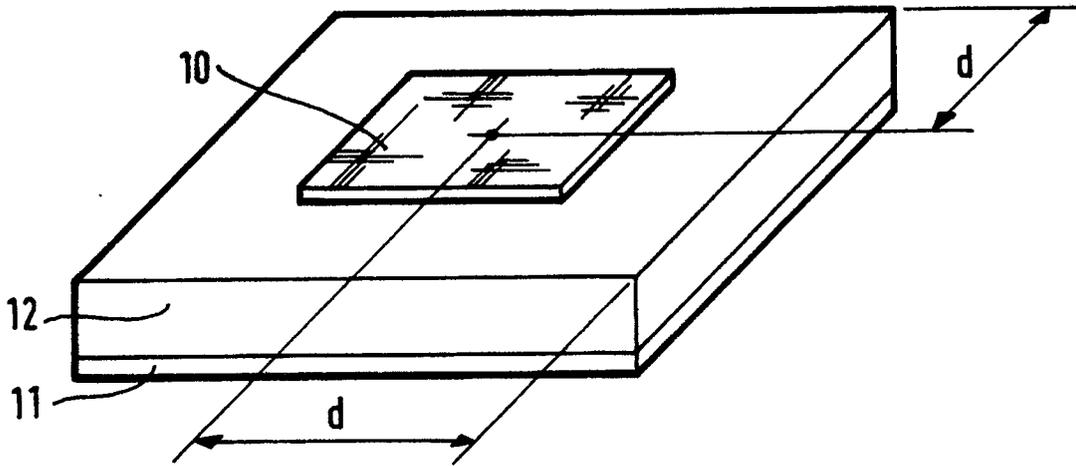


FIG.2

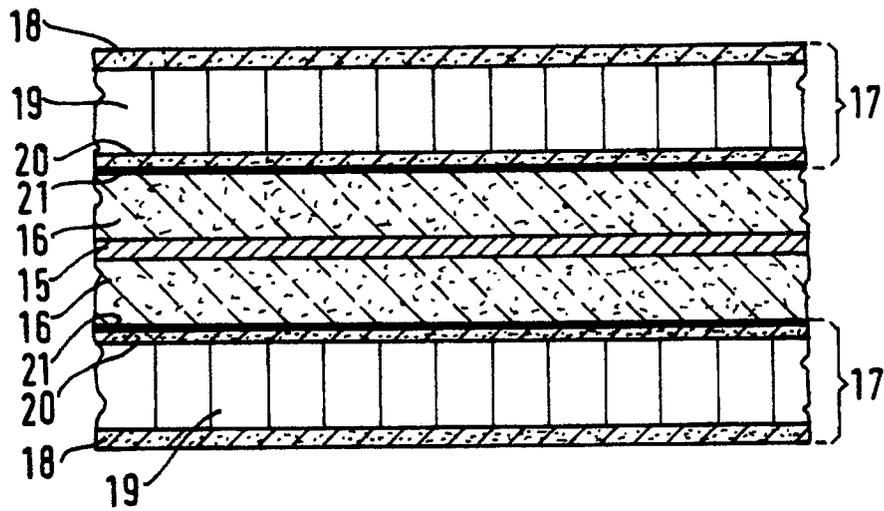


FIG.3

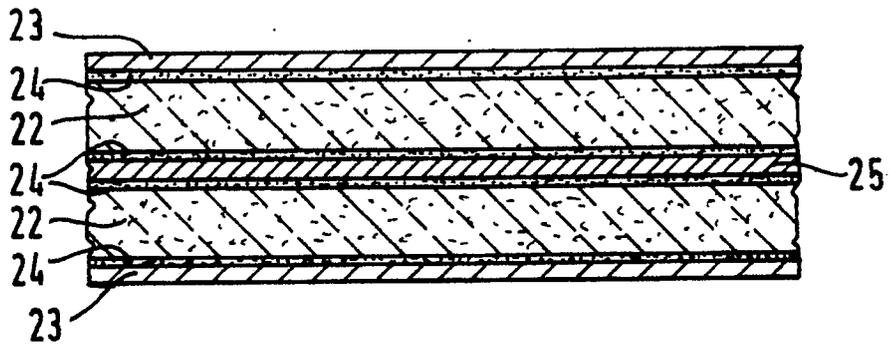


FIG.4

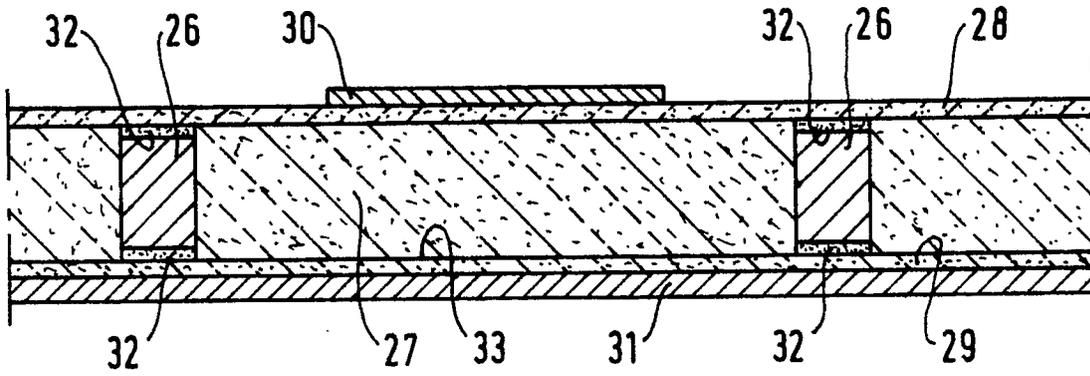
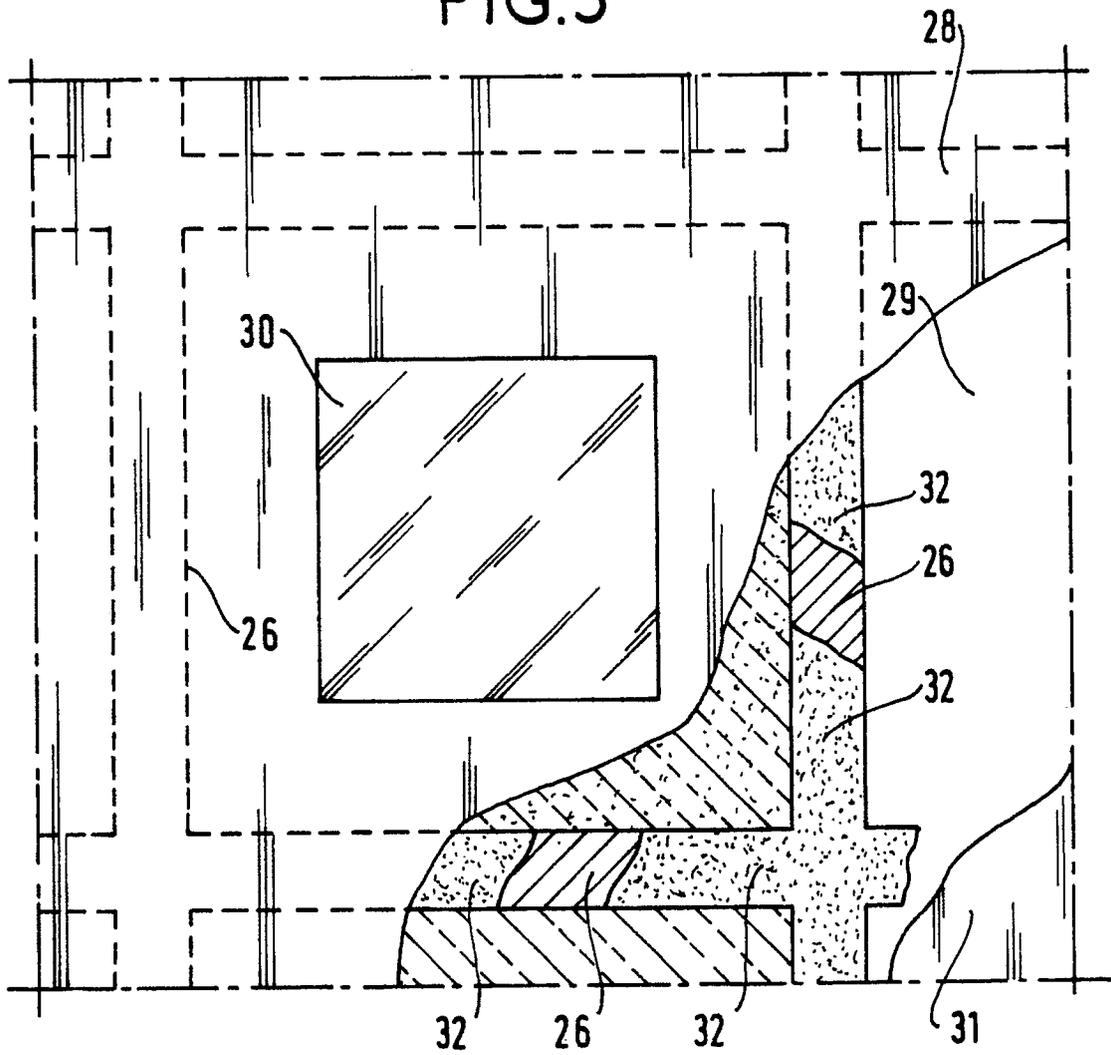


FIG.5





European Patent  
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number

EP 90 10 9899

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. Cl.5)
X	EP-A-0 055 572 (FUJITSU LTD) * Abstract; figures 5,8,9 *	1,2,5-8	H 01 L 27/108 G 11 C 11/409
Y	---	9,11	
Y	US-A-4 700 328 (INTEL CORP.) * Abstract; figure 3 *	11	
Y	IEDM 88 TECHNICAL DIGEST, 1989, pages 596-599, New York, US; S. KIMURA et al.: "A new stacked capacitor DRAM cell" * Abstract; figure 2 *	9	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 11, no. 130 (E-502)[2577], 23rd April 1987; & JP-A-61 274 357 (TOSHIBA) 04-12-1986	1-10	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 13, no. 106 (E-726)[3454], 14th March 1989; & JP-A-63 278 363 (HITACHI) 16-11-1988	10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 13, no. 301 (E-785)[3649], 11th June 1989; & JP-A-01 80 068 (HITACHI LTD) 24-03-1989 * The whole document *	1-11	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int. Cl.5)  H 01 L G 11 C
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search <b>THE HAGUE</b>		Date of completion of the search <b>19-07-1990</b>	Examiner <b>SINEMUS M.</b>
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS		T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons ..... & : member of the same patent family, corresponding document	
X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document			

EPO FORM 1503 03.82 (P0401)