

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21.12.89.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 28.06.91 Bulletin 91/26.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : BULL (S.A.) — FR.

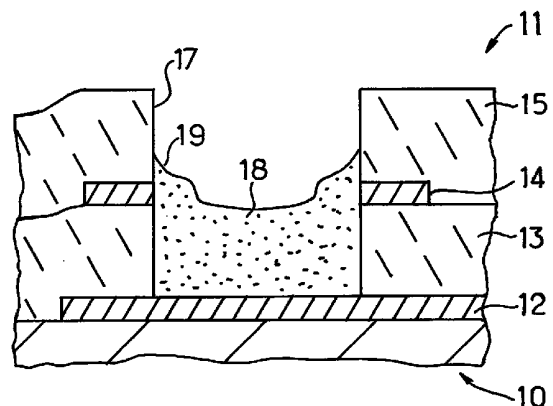
⑦2 Inventeur(s) : Chantraine Philippe et Zorilla Marta.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Bull S.A. Denis Hervé.

⑤4 Procédé d'interconnexion de couches métalliques du réseau multicouche d'une carte électronique, et carte en résultant.

⑤7 Dans la carte 10, le réseau 11 est fait de couches métalliques superposées 12, 14 reliées entre elles par un pilier 18 dans une traversée 17 commune aux couches.



Procédé d'interconnexion de couches métalliques du réseau multicouche d'une carte électronique, et carte en résultant.

L'invention a pour objets un procédé d'interconnexion de
5 couches métalliques du réseau multicouche d'une carte
électronique, et la carte en résultant. Une carte
électronique sert à la connexion d'au moins un circuit
intégré de haute densité encore appelé circuit VLSI (Very
Large Scale Integrated circuit). Elle peut servir à
10 l'interconnexion de plusieurs circuits intégrés montés en
surface, ou simplement au support d'un seul circuit intégré
placé dans un boîtier, par exemple en substitution du support
classique actuel couramment appelé "chip carrier".

15 Dans une telle carte, le réseau multicouche est ordinairement
porté par un substrat fait d'une plaque isolante incorporant
les plans de distribution des potentiels d'alimentation du ou
des circuits intégrés. Le substrat peut être une plaque de
céramique cuite, ou une plaque faite d'un matériau
20 organique, en plastique par exemple. La carte pourrait aussi
être simplement formée du réseau multicouche, prenant alors
la forme d'une carte souple. La carte peut encore être une
plaque de matériau semiconducteur incorporant les circuits
intégrés et recouverte d'un réseau multicouche pour
25 l'interconnexion de ces circuits intégrés selon la
technologie dite WSI (Wafer Scale Integration). Dans toutes
ces cartes, le réseau multicouche se compose d'un empilement
de couches conductrices et isolantes alternées. Dans cet
empilement, une couche isolante est percée de traversées
30 (via-holes en terminologie anglo-saxonne) pour la liaison

électrique des couches conductrices entre elles. Les couches conductrices sont ordinairement faites d'aluminium ou de cuivre, et les couches isolantes sont aujourd'hui faites de préférence en un matériau polymérisé tel qu'un polyimide.

5

Un problème dans la fabrication du réseau métallique multicouche est l'optimisation de la densité du réseau métallique multicouche. Actuellement, les traversées sont évasées pour faciliter le dépôt de la couche métallique supérieure. Cependant, l'évasement exige un positionnement précis sur chaque traversée et un contrôle du degré d'évasement. De plus, l'évasement oblige à élargir les conducteurs, au détriment de la haute densité recherchée des conducteurs dans le réseau. Pour résoudre ce problème, les traversées sont simplement des trous cylindriques ou prismatiques. Cependant, la présence de ces simples trous pose un second problème, résidant dans l'obtention de couches relativement planes afin de superposer un grand nombre de couches métalliques dans le réseau. Ce problème est d'autant plus grave que les couches isolantes sont épaisses. Dans les cartes actuelles, des couches isolantes peuvent avoir une épaisseur dépassant 10 micromètres. Une solution au problème consiste à remplir au moins partiellement les traversées d'un matériau métallique. Le remplissage aboutit à ce qui est couramment appelé un pilier. Grâce aux piliers, on réduit les déformations des couches conductrices supérieures.

Un procédé connu de fabrication des piliers consiste à faire un dépôt chimique (électroless) de nickel. La traversée est d'abord mise en contact avec une solution catalytique,

30

généralement à base de palladium pour obtenir une surface métallique activée. Ensuite, on plonge la traversée dans un bain à base de diméthylaminoborane, couramment désigné sous la forme contractée DMAB, qui sert d'agent réducteur. Les polyimides notamment s'avèrent en effet inertes au DMAB. Ce procédé de dépôt chimique de nickel est utilisable sur toute surface métallique activée.

La description la plus connue du phénomène de dépôt chimique (électroless) est celle donnée par Van Meerakker dans un article de la revue "Journal of Applied Electrochemistry", 1981, Vol. 11, pages 395 et suivantes. Le dépôt de métal procède par les réactions simultanées d'oxydation anodique de l'agent réducteur et de la réduction cathodique du métal. L'activation de la surface métallique de support qui constitue le fond d'une traversée doit à la fois permettre la déhydrogénation du réducteur et la désorption de l'hydrogène par recombinaison ou oxydation à une vitesse suffisante pour que le dépôt métallique se fasse. L'activation est faite en traitant la surface métallique avec une solution catalytique généralement faite à base de palladium. Par exemple, une activation faite selon un procédé humide consiste à mettre en contact la couche isolante et ses traversées avec une solution de chlorure de palladium (PdCl_2). Dans ce cas, l'activation n'a théoriquement lieu que sur la surface métallique du fond de chaque traversée. Dans le bain suivant de DMAB, le palladium présent au fond des traversées accumule le nickel. Normalement, la surface de la couche isolante est inerte à ce type de bain. Cependant, l'expérience montre qu'une nucléation de nickel apparaît sur la surface de la

couche isolante ayant subi une activation. Cette nucléation crée des défauts d'isolation dans le réseau multicouche fini. Pour éviter ces défauts, il est nécessaire de protéger la surface extérieure de la couche isolante par un masque ne
5 faisant apparaître que le fond des traversées.

Une autre forme de traitement catalytique est le procédé classique connu sous le nom de "lift-off". Ce procédé consiste à former un masque photorésistant sur la couche
10 isolante de façon à ne faire apparaître que les traversées, puis à procéder à l'évaporation de palladium sous vide. Le palladium recouvre uniformément le fond des traversées et leurs parois latérales, ainsi que toute la surface du masque. Le masque est ensuite éliminé. Après le traitement
15 catalytique, la carte est plongée dans un bain de DMAB pour le dépôt chimique de nickel. Ce dépôt se forme en présence du palladium à partir de toutes les parois de chaque traversée.

Les deux formes de traitement catalytique présentent des
20 inconvénients. Dans la première forme décrite plus haut, il est nécessaire de recouvrir la couche isolante d'un masque photorésistant ne laissant apparaître que les traversées pour éviter les nucléations de nickel. Quant au procédé par lift-off, le masque s'impose normalement. Le procédé de masquage
25 requiert plusieurs opérations exigeant un centrage précis sur les traversées. Le masquage est donc délicat, long et coûteux. De plus, il pose aussi un grave problème lorsque les traversées sont profondes, comme c'est généralement le cas des cartes d'interconnexion. Le masquage commence par
30 l'étalement d'une résine photorésistante, par rotation de la

carte par exemple. La couche de résine remplit les traversées et présente une surface relativement plane au-dessus de la couche isolante. Autrement dit, la couche de résine présente une épaisseur beaucoup plus importante à l'intérieur des traversées qu'à l'extérieur. Les conditions d'insolation d'une résine à photosensibilité positive, ou les conditions de développement d'une résine à photosensibilité négative dépendent de l'épaisseur de la résine. Il s'avère ainsi difficile d'obtenir un masque limité au seul contour des traversées et ne laissant aucune trace de résine sur les parois de la traversée. En outre, cette opération requiert un centrage précis sur chaque trou. En résumé, le masquage qui s'impose dans les procédés classiques consiste en des opérations supplémentaires longues, délicates et coûteuses, et donnent des résultats non satisfaisants.

Le procédé de "lift-off" présente un autre inconvénient. A cause de la présence de palladium sur toutes les parois d'une traversée, la croissance du nickel dans la traversée se développe verticalement et latéralement. Quand la traversée a un diamètre plus grand que sa profondeur, la couche de nickel croît en forme de U et présente une cuvette. De plus, les bords supérieurs de la couche de nickel s'élèvent et forment une couronne au-dessus de la surface de la couche isolante. La cuvette et la couronne s'opposent au nivellement désiré.

D'autre part, les procédés connus de fabrication de réseaux métalliques multicouches consistent à former itérativement les couches complètes désirées. Sur une couche métallique, on forme une couche isolante et on la grave pour y ménager des

traversées. Puis, on remplit les traversées pour faire les piliers et on recouvre la couche isolante et ses piliers d'une autre couche métallique. On reprend ces étapes pour les couches supérieures. Afin d'accroître la densité d'interconnexion du réseau, il est souhaitable de superposer des piliers du réseau. Cela est possible si les piliers sont coplanaires avec la couche isolante qui les incorporent. Le procédé humide de dépôt chimique de nickel produit des piliers relativement coplanaires. Cependant, chaque pilier a un rebord dû à un effet de bord de la croissance du nickel au contact des parois latérales de la traversée. Ce rebord crée une légère cuvette sur la face supérieure du pilier. Le pilier supérieur superposé aura une cuvette plus creuse. Une trop grande dénivellation a l'inconvénient de créer des défauts dans la couche métallique. Par conséquent, il est en pratique impossible de superposer plus de deux ou trois piliers ainsi formés. La superposition requiert un centrage très précis dans toutes les opérations de masquage et de gravure pour aligner correctement deux piliers. De plus, ces opérations sont nécessaires dans les procédés connus. Le procédé de dépôt chimique par "lift-off" crée une grande cuvette dans des traversées larges et rend pratiquement impossible la formation d'un pilier supérieur. Il en est de même pour les traversées évasées. La solution actuelle consiste à décaler les traversées supérieures. Ce décalage est souvent fait en spirale autour d'une ligne verticale. Cependant, la section de cette spirale est beaucoup plus grande que celle des traversées et s'oppose à la haute densité désirée. En outre, une spirale disposant par exemple les traversés à 90° les uns des autres fait que la cinquième

traversée se superposera à celle du bas et créera une dépression excessive. Il faut alors agrandir la section de la spirale, au détriment de la haute densité recherchée.

5 L'invention présente un procédé n'ayant pas les inconvénients des procédés classiques de formation d'un réseau métallique multicouche par dépôt chimique.

Le procédé conforme à l'invention d'interconnexion de couches
10 métalliques d'un réseau multicouche d'une carte électronique utilisant un dépôt chimique métallique dans une traversée, est caractérisé en ce qu'il consiste à déposer les couches métalliques superposées, à ménager une traversée commune aux couches métalliques, et à faire le dépôt chimique dans la
15 traversée commune.

Il en résulte une carte électronique incluant un réseau métallique multicouche incorporant au moins un pilier métallique reposant sur une couche métallique au fond d'une
20 traversée, caractérisée en ce que le pilier relie directement dans une traversée commune au moins une autre couche métallique.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortent
25 de la description qui suit, donnée à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés.

Dans les dessins, les figures 1A-1E sont des vues en coupe schématique partielle d'une carte présentant un réseau
30 métallique multicouche pour la connexion d'au moins un

circuit intégré, illustrant des phases successives d'un procédé d'interconnexion conforme à l'invention.

Les figures 1A-1E illustrent une carte 10 portant un réseau
5 métallique multicouche 11 pour la connexion d'au moins un
circuit intégré, non représenté. Le réseau 11 est vu en coupe
schématique partielle au niveau d'un conducteur d'une couche
conductrice métallique 12. Dans la figure 1A, la couche
10 métallique 12 est recouverte uniformément d'une couche
isolante 13. Au niveau de la figure 1A, il est prévu de
former une traversée et un pilier réunissant le conducteur
représenté de la couche métallique 12 à un conducteur d'une
couche métallique supérieure. Selon l'invention, on forme les
15 conducteurs de la couche métallique supérieure 14 sur la
couche isolante 13, comme représenté sur la figure 1B. Les
conducteurs des couches métalliques adjacentes sont
ordinairement orthogonaux, comme illustré. Puis, comme
illustré dans la figure 1C, on forme une couche isolante
supérieure 15 uniformément sur toute la couche métallique
20 supérieure 14. En pratique, le réseau 11 était fait de cuivre
électrolytique déposé en couche de 5 μm d'épaisseur et de
polyimide déposé en couche d'épaisseur de l'ordre de 10 μm .
En référence à la figure 1D, un masque minéral 16 a été formé
sur la couche isolante supérieure 15. Le masque 16 sert à
25 graver successivement les couches sous-jacentes 15, 14 et 13
pour créer une traversée commune 17 ayant la couche
métallique inférieure 12 comme paroi de fond. En pratique,
les traversées dans le réseau 11 avaient un diamètre
d'environ 40 μm et étaient espacées les unes des autres d'au
30 moins 125 μm centre à centre. La gravure du polyimide a été

faite par plasma et celle du cuivre par usinage ionique (ion milling). Le réseau 11 illustré dans la figure 1D a été activé avec une solution de chlorure de palladium. La carte 10 a ensuite été plongée dans un bain de DMAB selon le procédé humide de dépôt chimique de nickel. Il en est résulté le pilier 18 représenté sur la figure 1E. Le palladium déposé sur le cuivre dans la traversée 17 fait croître le nickel verticalement à partir de la couche 12, et à la fois verticalement et horizontalement à partir de la couche 14. On peut ainsi arrêter le dépôt au milieu de la traversée 17 illustrée pour avoir un contact efficace et fiable entre les couches métalliques 12 et 14. Un rebord 19 se forme au-dessus de la couche supérieure 14. Le rebord qui s'est formé en dessous s'est associé à la masse de nickel formée à partir de la couche 12.

Grâce à l'invention, la traversée commune 17 peut avoir une section sensiblement égale ou inférieure à sa profondeur et devient adaptée à tout dépôt chimique pour un remplissage sensiblement plan. Cependant, un remplissage partiel en forme de U peut créer un contact efficace et fiable entre les deux couches de cuivre.

L'invention n'est donc pas limitée à l'exemple décrit et illustré. D'une manière générale, elle peut s'appliquer à toute couche métallique conductrice utilisée dans une carte de connexion de circuits intégrés, le cuivre, l'or et l'aluminium notamment, ainsi qu'à tout procédé de dépôt chimique d'un métal de remplissage pour constituer un pilier et à l'interconnexion de plusieurs couches métalliques

superposées. L'invention a aussi l'avantage d'éviter le problème du centrage des piliers et les masquages successifs pour le dépôt chimique, et de convenir à la haute densité de connexion recherchée. Bien entendu, tout mode de gravure connu peut être employé, par laser par exemple. De même, le masque pourrait être formé sur la couche métallique supérieure. Enfin, il est clair que la liaison conforme à l'invention peut aussi être faite entre deux couches métalliques non adjacentes.

Revendications :

1. Procédé d'interconnexion de couches métalliques (12, 14)
d'un réseau multicouche (11) d'une carte électronique (10)
5 utilisant un dépôt chimique métallique dans une traversée,
caractérisé en ce qu'il consiste à déposer les couches
métalliques superposées, à ménager une traversée (17) commune
aux couches métalliques, et à faire le dépôt chimique dans la
traversée commune.

10

2. Carte électronique (10) incluant un réseau métallique
multicouche (11) incorporant au moins un pilier métallique
(18) reposant sur une couche métallique (12) au fond d'une
traversée, caractérisée en ce que le pilier (18) relie
15 directement dans une traversée commune (17) au moins une
autre couche métallique (14).

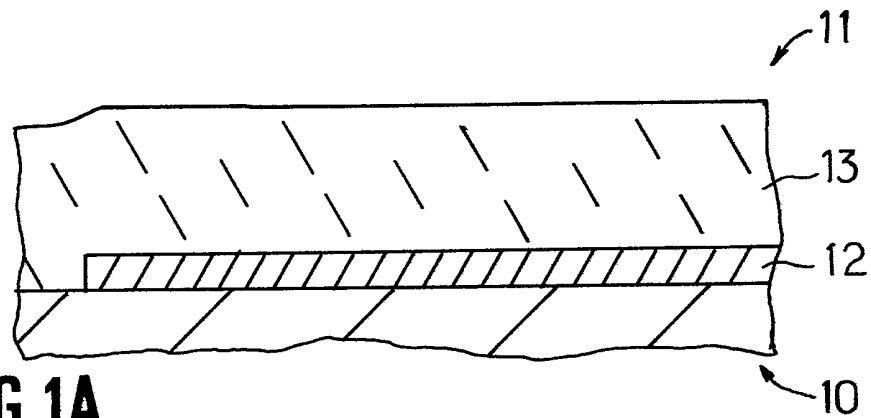


FIG. 1A

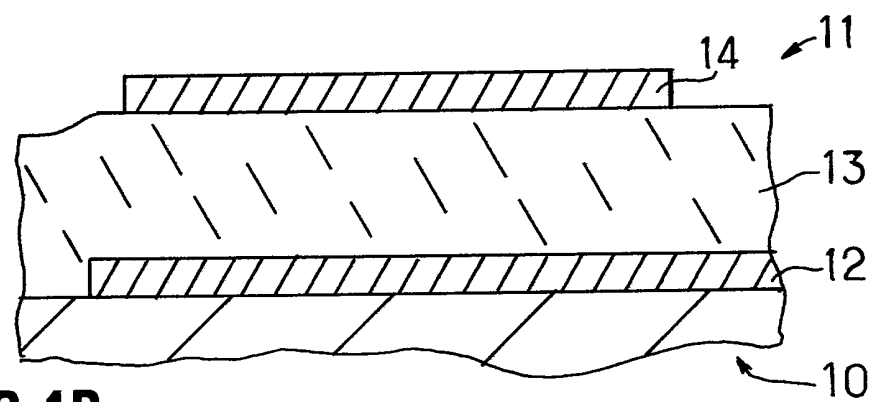


FIG. 1B

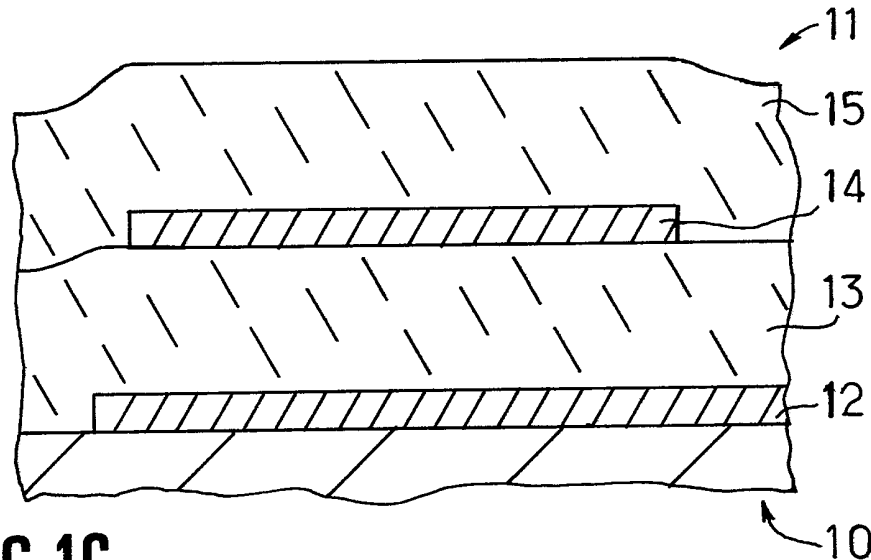


FIG. 1C

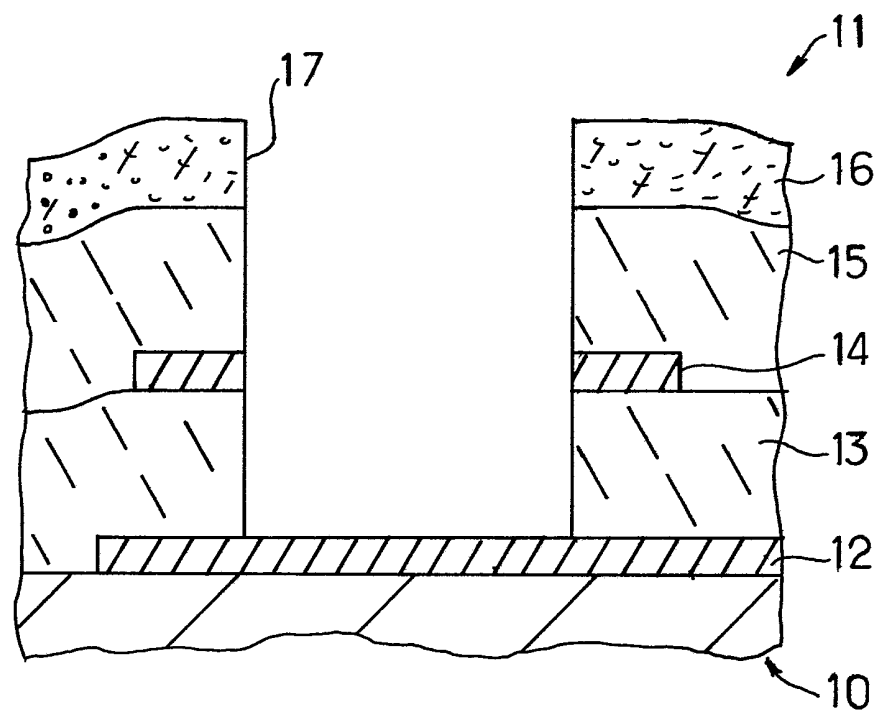


FIG. 1D

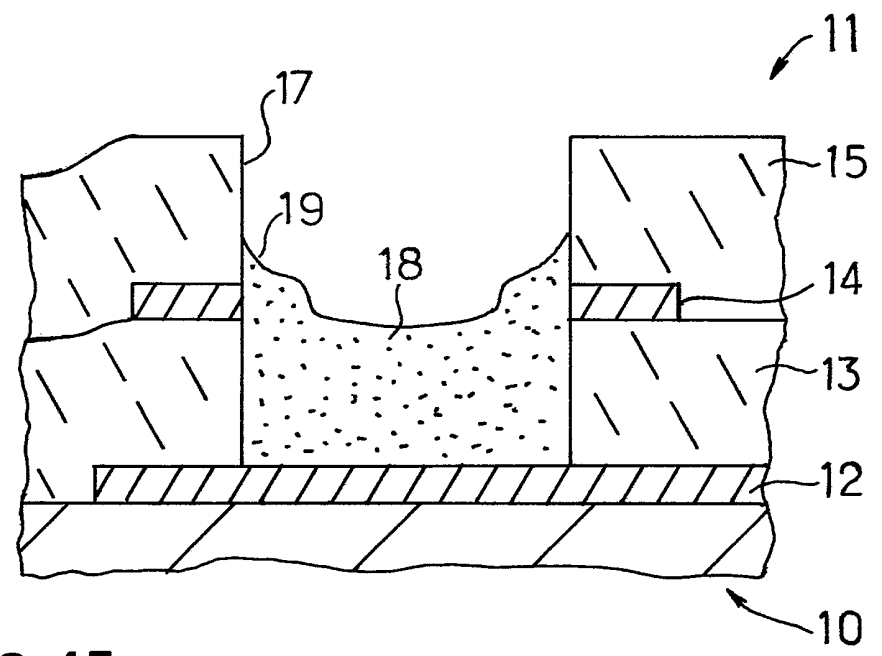


FIG. 1E

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

FR 8916956
FA 439378

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-3 319 317 (K.J. ROCHE et al.) * colonne 1, lignes 63-65; colonne 2, lignes 23-30; colonne 3, lignes 5-8,13-23; figures 1-4 *	1
X	US-A-3 672 986 (F. SCHNEBLE et al.) * colonne 1, ligne 58 - colonne 2, ligne 2; colonne 17, lignes 44-60; figure 27 *	1
A	---	2
X	US-A-3 634 602 (K. VOM BRUCK) * colonne 1, lignes 4-7; colonne 3, lignes 1-20,47-53; figures 1-3 *	1
X	FR-A-2 117 172 (SIEMENS) * page 1, lignes 6-13 *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		H 05 K 1/00 H 05 K 3/00 H 01 R 9/00
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
31-08-1990		ALEXATOS G
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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 & : membre de la même famille, document correspondant
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		

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)